

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра теории упругости и вычислительной математики

имени академика А.С. Космодамианского



УТВЕРЖДАЮ:

профессор по научно-методической
и учебной работе

Е.И. Скафа

«22» апреля 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ В ВОЛНОВОЙ МЕХАНИКЕ»**

Направление подготовки:	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Образовательная программа:	бакалавриат
Квалификация:	Академический бакалавр
Форма обучения:	<u>очная</u> , очно-заочная, заочная, в том числе <u>с ускоренным сроком обучения</u> нужное подчеркнуть

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета математики
и информационных технологий
И. А. Моисеенко

«16» апреля 2020

МП

Программа учебной дисциплины «Методы компьютерно-математического моделирования в волновой механике» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от «04» апреля 2016 г. № 280;

Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.;
учебного плана и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Профессор кафедры теории упругости и
вычислительной математики имени
академика А.С. Космодамианского



В.И. Сторожев

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теории упругости
и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского

Протокол № 11 от «9» апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой



В.И. Сторожев

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией
факультета математики и информационных технологий
Протокол № 8 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета



Л.И. Селякова

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебная дисциплина ПБ. ВВ. 11. «Методы компьютерно-математического моделирования в волновой механике» относится к вариативной части профессионального блока учебного плана направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» и состоит из одного модуля. В рамках преподавания дисциплины изучаются основные методы математического моделирования процессов волновой механики деформируемых сред и получение навыков в области исследования моделей распространения, отражения, преломления, локализации и дифракционного рассеяния объемных, поверхностных и нормальных волн деформаций в анизотропных упругих телах и элементах конструкций для применения результатов в прогнозировании динамической прочности и надежности конструкций машин, приборов и сооружений, в технологиях неразрушающего ультразвукового контроля, в сейсмоакустике и акустоэлектронике.

Представляемые методики исследования базируются на моделях теории деформирования сплошных сред и методах математической физики.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими и сопутствующими дисциплинами учебного плана направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»:

- ПБ. Б. 1. Математический анализ I
- ПБ. Б. 2. Математический анализ II
- ПБ. Б. 3. Математический анализ III
- ПБ. Б. 11. Численные методы
- ПБ. Б. 12. Дифференциальные уравнения
- ПБ. Б. 13. Комплексный анализ
- ПБ. Б. 14. . Функциональный анализ
- ПБ. ВВ. 6. Уравнения математической физики
- ПБ. ВВ. 12. Математические модели деформирования сред с усложненными свойствами
- ПБ. ВС. 1. Математические модели механики твердого тела
- ПБ. ВС. 2. Математические модели и методы теории упругости

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>				
Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика			
Профиль				
Образовательная программа	бакалавриат			
Квалификация	Академический бакалавр			
Количество содержательных модулей	6			
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	Вариативная часть профессионального блока			
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	1 модульный контроль, 1 письменный экзамен в 5 семестре			
Показатели	очная форма обучения		заочная форма обучения	
	нормат. срок	ускор. срок	нормат. срок	ускор. срок
Количество зачетных единиц (кредитов)	3	3		
Год подготовки	4	3		
Семестр	7	5		
Количество часов	108	108		

- лекционных	64	64		
- практических, семинарских	-	-		
- лабораторных	-	-		
- самостоятельной работы	44	44		
в т.ч. индивидуальное задание	-	-		
Недельное количество часов,	6,8	6,8		
в т.ч. аудиторных	4	4		

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Целями освоения дисциплины «Методы компьютерно-математического моделирования в волновой механике» являются:

- освоение знаний в области методов математического моделирования процессов волновой механики деформируемых сред и получение навыков в области исследования характеристик распространения, отражения, преломления и дифракционного рассеяния объемных поверхностных и нормальных волн в анизотропных упругих телах и элементах конструкций для применения результатов в прогнозировании динамической прочности и надежности конструкций машин, приборов и сооружений, в технологиях неразрушающего ультразвукового контроля, в сейсмоакустике и акустоэлектронике;
- формирование умения демонстрировать знание и понимание основных определений, алгоритмов и методов решения задач по тематике учебной дисциплины;
- приобретение умений строить логически выверенные рассуждения;
- формирование умений использования методов математического моделирования и вычислительной математики для формализации моделей и решения прикладных задач волновой механики;
- развитие навыков самостоятельной работы и умений находить и перерабатывать дополнительную информацию в данной предметной области;
- развитие творческого, научного потенциала студентов, их познавательных интересов в области компьютерно-математического моделирования в волновой механике, стимулирование к дальнейшему занятию научной деятельностью.

Задачи освоения дисциплины – усвоение теоретических основ и приобретение практических навыков использования методов математического моделирования процессов волновой механики деформируемых сред, получение навыков в области исследования характеристик распространения, отражения, преломления и дифракционного рассеяния объемных поверхностных и нормальных волн в анизотропных упругих телах и элементах конструкций для применения результатов в прогнозировании динамической прочности и надежности конструкций машин, приборов и сооружений, в технологиях неразрушающего ультразвукового контроля, в сейсмоакустике и акустоэлектронике.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины «Методы компьютерно-математического моделирования в волновой механике» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

а) общекультурных (ОК):

- способностей к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-5);
- способностей работать в команде, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОК-6);
- способностей к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

б) общепрофессиональных (ОПК):

- способностей использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой (ОПК-1);

способностей приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2);

в) профессиональных (ПК):**научно-исследовательская деятельность:**

- способностей собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям (ПК-1);

- способностей понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат (ПК-2);

проектная и производственно-технологическая деятельность:

- способностей работать в составе научно-исследовательского и производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности (ПК-4);

- способностей осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") и в других источниках (ПК-5);

способностей формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций (ПК-6);

организационно-управленческая деятельность:

- способностей составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы (ПК-9);

социально-педагогическая деятельность:

- способностей к реализации решений, направленных на поддержку социально-значимых проектов, на повышение информационной грамотности населения, обеспечения общедоступности информационных услуг (ПК-10).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:**знать:**

1. Основные понятия и законы теории волнового движения:

- определение понятия упругой волны (волны деформаций);
- понятие траектории (направления распространения волны);
- понятие продольных и поперечных волн, поляризация поперечных волн;
- понятие напряженности волновых движений;
- понятие волновода, бегущих и стоячих волн;
- понятия линейных и нелинейных волн;
- понятия волнового импульса, волнового пакета, стационарной гармонической волны;
- понятие фронта стационарной и нестационарной волны;
- понятие о сферических, цилиндрических, плоских и квазиплоских волнах;
- систему обозначений и физические размерности в системе СИ для характеристик волновых движений.

2. Основные понятия и законы описания гармонических упругих волн:

- общие формы записи функций напряженности трехмерных векторных гармонических упругих волн в действительной и комплексной экспоненциальной форме;
- понятия циклической частоты, технической частоты и периода волны;
- понятия длины волны и волнового числа;

- понятие фазы гармонической волны;
- понятие, методику вывода формулы для фазовой скорости гармонической упругой волны.

3. Понятие и свойства амплитудно-модулированных гармонических волн (АМВ):

- действительная форма представления АМВ, понятия о несущей и модулирующей составляющей;
- методику использования АМВ для переноса сигнальной информации;
- методику вывода формулы для групповой скорости гармонических волн;
- физический смысл групповой скорости гармонических волн, являющихся несущей компонентой амплитудно-модулированного сигнала.

4. Понятие о дисперсионных свойствах и модах гармонических упругих волн в волноводах:

- понятие моды гармонической упругой волны;
- понятие дисперсии гармонических волн, связь термина «дисперсия» с особенностями распространения волновых импульсов по модам с дисперсией и без дисперсии;
- понятие о диаграммах дисперсионных кривых (классических и расширенных), дисперсионных кривых;
- понятие о бездисперсных модах, критических частотах мод бегущих волн, модах обратных упругих волн;
- геометрический смысл фазовой и групповой скоростей упругих гармонических волн на диаграммах дисперсных кривых;
- информационный потенциал диаграмм дисперсионных кривых.

5. Структуру системы основных соотношений динамической теории упругости анизотропных деформируемых сред:

- вид определяющих соотношений для материалов, принадлежащих основным классам симметрии механических свойств и точечные диаграммы матриц упругих постоянных для этих материалов;
- состав полной системы уравнений динамического деформирования;
- природу отличия уравнений движения упругой среды от уравнений равновесия;
- тензорную форму записи соотношений динамической теории упругости анизотропного тела;
- способ введения волновых потенциалов для изотропной упругой среды и уравнения для определения потенциалов.
- представление для компонент среднего за период потока мощности, переносимого упругими волнами.

6. Основные свойства гармонических объемных упругих волн в изотропных и анизотропных средах:

- число мод гармонических объемных упругих волн в изотропных и анизотропных телах;
- выражения для скоростей объемных упругих волн продольного и сдвигового типа в изотропных средах;
- закономерности изменения скоростей объемных упругих волн продольного и сдвигового типа в изотропных средах в зависимости от плотности и модулей упругости материалов;
- основные законы отражения и преломления упругих волн при нормальном и наклонном падении на граничные поверхности;
- понятие волнового сопротивления (импеданса) для изотропных упругих сред.

7. Основные сведения из теории нормальных упругих волн:

- определение понятия нормальных упругих волн;
- понятие бегущих и краевых стоячих упругих волн, их физическую природу и интерпретацию;
- структуру диаграмм дисперсионных кривых для нормальных волн сдвига в изотропном упругом слое;
- асимптотические свойства нормальных волн сдвига в изотропном упругом слое в высокочастотном коротковолновом диапазоне;

– основы метода рядов по базисным множествам бегущих и краевых стоячих нормальных упругих волн.

8. Основные сведения из теории поверхностных упругих волн:

- понятие о поверхностных упругих волнах;
- понятие о поверхностных упругих волнах Лява, их основных свойствах и законах распространения;
- понятие о поверхностных упругих волнах Релея, их основных свойствах и законах распространения;
- связь поверхностных упругих волн с сейсмическими явлениями.

уметь:

- определять тип и поляризацию волны по ее аналитическому представлению;
- записывать представление функции напряженности трехмерных векторных гармонических упругих волн в действительной и комплексной экспоненциальной форме по данным об их физико-механических и геометрических характеристиках;
- рассчитывать фазовые и групповые скорости объемных упругих волн;
- рассчитывать время движения упругих волн по заданной траектории и расстояния, которые проходит фронт волны за указанное время;
- определять критические частоты мод бегущих нормальных волн.

владеть:

- навыками и опытом анализа дисперсии гармонических волн и ее связи с особенностями распространения волновых импульсов по модам с дисперсией и без дисперсии;
- навыками и опытом построения и интерпретации классических и расширенных диаграмм дисперсионных кривых;
- навыками и опытом расчета компонентов среднего за период потока мощности, переносимого упругими волнами;
- навыками и опытом определения углов отражения и преломления упругих волн при нормальном и наклонном падении на граничные поверхности и поверхности раздела в составных телах;
- навыками и опытом расчета волновых сопротивлений (импедансов) для изотропных упругих сред;
- навыками и опытом применения метода рядов по базисным множествам бегущих и краевых стоячих нормальных упругих волн для расчета характеристик возбуждения упругих волн в конечных и полубесконечных деформируемых телах;
- навыками и опытом оценивания возможностей распространения поверхностных упругих волн Лява и расчета их скорости;
- навыками и опытом расчета скорости поверхностных упругих волн Релея;
- навыками и опытом расчета траектории, времени задержки импульсов-откликов и изменений амплитуд импульсов-откликов упругих волн в изотропном слоистом полупространстве;
- навыками и опытом применения теоретико-экспериментальной методики волновой диагностики строения слоистого упругого полупространства.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1. Основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах.	
Тема 1. Сферы применения знаний в области волнового	Рассматриваются основные положения теории моделирования волновых процессов в

деформирования упругих сред. Неклассические области применения теории упругих волн – неразрушающий ультразвуковой контроль, сейсмоакустика, акустоэлектроника.	деформируемых упругих средах, классические и неклассические сферы применения знаний в области волнового деформирования упругих сред, неразрушающий ультразвуковой контроль, сейсмоакустика, акустоэлектроника.
Тема 2. Основные определения теории упругих волн. Траектория и напряженность. Типы и поляризация. Ведущие классификационные признаки волновых процессов, линейность и нелинейность, стационарность и нестационарность. Фронт волны.	Рассматриваются основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн, понятия траектории и напряженности, типа и поляризации волн, ведущие классификационные признаки волновых процессов - линейность и нелинейность, стационарность и нестационарность, понятие фронта волны.
Тема 3. Понятие гармонической волны. Формирование представлений гармонических волн по заданным физико-геометрическим характеристикам.	Рассматриваются основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн, понятия гармонической волны, приемы формирования представлений гармонических волн по заданным физико-геометрическим характеристикам.
Тема 4. Фронт гармонической волны. Плоские гармонические волны. Фазовая скорость гармонических упругих волн. Комплексное экспоненциальное представление гармонических упругих волн.	Рассматриваются основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн - понятия фронта гармонической волны, плоских гармонических волн, фазовой скорости гармонических упругих волн, комплексного экспоненциального представления гармонических упругих волн.
Тема 5. Амплитудно-модулированные гармонические упругие волны. Перенос энергии амплитудно-модулированными волнами. Групповая скорость гармонической волны.	Рассматриваются основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн - понятия амплитудно-модулированных гармонических упругих волн, переноса энергии амплитудно-модулированными волнами, групповой скорости гармонической волны.
Тема 6. Понятие моды гармонической упругой волны. Дисперсия гармонических волн. Диаграммы дисперсионных кривых. Бездисперсные волны. Обратные волны.	Рассматриваются основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн, понятия моды гармонических упругих волн, дисперсии гармонических волн, диаграммы дисперсионных кривых, бездисперсных волн, обратных волн.
<i>Содержательный модуль 2. Основные соотношения моделей динамического деформирования анизотропных упругих сред.</i>	
Тема 7. Структура основной системы динамических уравнений теории упругости. Уравнения движения упругой среды. Векторная форма записи	Изучаются основные соотношения моделей динамического деформирования анизотропных упругих сред, структура основной системы динамических уравнений теории упругости, уравнения движения упругой среды, векторная

определяющих материальных соотношений. Уравнения динамического деформирования в перемещениях.	форма записи определяющих материальных соотношений, уравнения динамического деформирования в перемещениях.
Тема 8. Основные классы анизотропии упругих сред. Точечные диаграммы матриц упругих постоянных. Материалы моноклинной, орторомбической, гексагональной и кубической системы.	Изучаются основные соотношения моделей динамического деформирования анизотропных упругих сред, основные классы анизотропии упругих сред, основные классы анизотропии упругих сред, точечные диаграммы матриц упругих постоянных, материалы моноклинной, орторомбической, гексагональной и кубической системы
Тема 9. Матрично-операторная форма уравнений волнового деформирования для орторомбической среды. Тензорная форма записи соотношений основной системы динамического деформирования. Тензорные уравнения движения.	Изучаются основные соотношения моделей динамического деформирования анизотропных упругих сред, структура основной системы динамических уравнений теории упругости, матрично-операторная форма уравнений волнового деформирования для орторомбической среды, тензорная форма записи соотношений основной системы динамического деформирования, тензорные уравнения движения.
Тема 10. Векторная форма уравнений движения для изотропных сред. Волновые потенциалы.	Изучаются основные соотношения моделей динамического деформирования анизотропных упругих сред, структура основной системы динамических уравнений теории упругости, векторная форма уравнений движения для изотропных сред, теория волновых потенциалов.
Содержательный модуль 3. Теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн.	
Тема 11. Объемные упругие волны в изотропных и гексагональных средах. Решение задачи об объемных волнах в среде с произвольной анизотропией на основе тензорных уравнений движения. Уравнение Кристоффеля.	Изучаются теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн, проблемы расчета скоростей объемных упругих волн в изотропных и гексагональных средах. Рассматриваются решение задачи об объемных волнах в среде с произвольной анизотропией на основе тензорных уравнений движения, получение уравнения Кристоффеля.
Тема 12. Преломление продольных и сдвиговых объемных упругих волн при нормальном падении на границу раздела разнородных изотропных полупространств. Волновые сопротивления упругих сред.	Изучаются теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн, проблемы анализа процессов преломления продольных и сдвиговых объемных упругих волн при нормальном падении на границу раздела разнородных изотропных полупространств, волновые сопротивления упругих сред.
Тема 13. Распространение импульсных упругих волн в изотропном слоистом полупространстве. Траектории и задержки импульсов-откликов. Анализ изменений амплитуд импульсов-откликов с заданными	Изучаются теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн, задачи распространения импульсных упругих волн в изотропном слоистом полупространстве и основанная на их решении теоретико-экспериментальная методика волновой диагностики строения слоистого упругого

траекториями.	полупространства, методики расчета траекторий и задержки импульсов-откликов, анализа изменений амплитуд импульсов-откликов с заданными траекториями
Тема 14. Теоретико-экспериментальная методика волновой диагностики строения слоистого упругого полупространства.	Изучаются теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн, задачи распространения импульсных упругих волн в изотропном слоистом полупространстве и основанная на их решении теоретико-экспериментальная методика волновой диагностики строения слоистого упругого полупространства.
Тема 15. Отражение плоских упругих волн сдвига и продольных упругих волн при нормальном и наклонном падении на свободную границу изотропного полупространства.	Изучаются теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн, проблемы анализа процессов отражения плоских упругих волн сдвига и продольных упругих волн при нормальном и наклонном падении на свободную границу изотропного полупространства.
<i>Содержательный модуль 4. Теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое.</i>	
Тема 16. Распространение нормальных упругих волн в изотропном слое. Нормальные волны сдвига. Нормальные волны Релея-Лэмба.	Рассматриваются теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое, распространения нормальных упругих волн в изотропном слое, распространения нормальных волн сдвига, распространения нормальных волн Релея-Лэмба.
Тема 17. Симметричные и антисимметричные нормальные волны сдвига в свободном изотропном слое. Диаграммы дисперсионных кривых.	Рассматриваются теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое, распространения симметричных и антисимметричных нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое, построение диаграмм дисперсионных кривых.
Тема 18. Асимптотические свойства нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое. Фазовые скорости нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое. Краевые стоячие волны и их физическая интерпретация.	Рассматриваются теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое, асимптотические свойства нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое, вопросы определения фазовых скоростей нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое, описания краевых стоячих волн и их физическая интерпретация
Тема 19. Симметричные и антисимметричные нормальные волны сдвига в закрепленном на гранях изотропном слое. Диаграммы дисперсионных кривых.	Рассматриваются теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое, симметричных и антисимметричных нормальных волн сдвига в закрепленном на гранях изотропном слое, вопросы построения диаграмм дисперсионных кривых
Тема 20. Задачи о возбуждении нормальных волн сдвига в изотропном полуслое. Базисные системы нормальных волн. Методики алгебраизации	Рассматриваются теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое, диаграммы дисперсионных кривых нормальных волн сдвига в изотропном слое, вопросы физической

функциональных граничных условий.	интерпретации краевых стоячих волн, методы исследования задач о возбуждении нормальных волн сдвига в изотропном полупространстве.
<i>Содержательный модуль 5. Теоретические модели процессов распространения поверхностных упругих волн.</i>	
Тема 21. Задача о распространении и свойствах поверхностных волн Лява в составном изотропном полупространстве.	Изучаются теоретические модели процессов распространения поверхностных упругих волн Лява в составном изотропном полупространстве.
Тема 22. Задача о распространении и свойствах поверхностных волн Релея в изотропном полупространстве со свободной границей.	Изучаются теоретические модели процессов распространения поверхностных упругих волн Релея в изотропном полупространстве со свободной границей.
<i>Содержательный модуль 6. Теоретические модели процессов распространения слабо нелинейных упругих волн.</i>	
Тема 23. Теория исследования малых ангармонических эффектов при распространении упругих волн. Концепция последовательных приближений.	Изучаются основные соотношения теории исследования малых ангармонических эффектов при распространении упругих волн, а также концепция применения алгоритма последовательных приближений для описания нелинейных ангармонических возмущений.
Тема 24. Ангармонические эффекты при распространении монохроматических объемных волн.	Строится и исследуется решение задачи об ангармонических эффектах при распространении монохроматических объемных волн сдвига в упругой среде кубической системы.
Тема 25. Нелинейное ангармоническое взаимодействие объемных упругих волн.	Строится и исследуется решение задачи о нелинейном ангармоническом взаимодействии пары объемных упругих волн сдвига в упругой среде кубической системы.

[illegible]

	Содержательный модуль 3																			
Тема 11. Объемные упругие волны в изотропных и гексагональных средах. Решение задачи об объемных волнах в среде с произвольной анизотропией на основе тензорных уравнений движения. Уравнение Кристоффеля.	4	2	0	0	2	0	4	2	0	0	2	0								
Тема 12. Преломление продольных и сдвиговых объемных упругих волн при нормальном падении на границу раздела разнородных изотропных полупространств. Волновые сопротивления упругих сред.	4	2	0	0	2	0	4	2	0	0	2	0								
Тема 13. Распространение импульсных упругих волн в изотропном слоистом полупространстве. Траектории и задержки импульсов-откликов. Анализ изменений амплитуд импульсов-откликов с заданными траекториями.	6	2	0	0	2	0	6	2	0	0	2	0								
Тема 14. Теоретико-экспериментальная методика волновой диагностики строения слоистого упругого полупространства.	4	2	0	0	2	0	4	2	0	0	2	0								
Тема 15. Отражение плоских упругих волн сдвига и	6	4	0	0	2		6	4	0	0	2	0								

[illegible]

[illegible]

[illegible]

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Темы лекционных занятий

№ n/n	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Сферы применения знаний в области волнового деформирования упругих сред. Неклассические области применения теории упругих волн – неразрушающий ультразвуковой контроль, сейсмоакустика, акустоэлектроника.	2
2	Основные определения теории упругих волн. Траектория и напряженность. Типы и поляризация. Ведущие классификационные признаки волновых процессов, линейность и нелинейность, стационарность и нестационарность. Фронт волны.	2
3	Понятие гармонической волны. Формирование представлений гармонических волн по заданным физико-геометрическим характеристикам.	2
4	Фронт гармонической волны. Плоские гармонические волны. Фазовая скорость гармонических упругих волн. Комплексное экспоненциальное представление гармонических упругих волн.	2.
5	Амплитудно-модулированные гармонические упругие волны. Перенос энергии амплитудно-модулированными волнами. Групповая скорость гармонической волны.	2
6	Понятие моды гармонической упругой волны. Дисперсия гармонических волн. Диаграммы дисперсионных кривых. Бездисперсные волны. Обратные волны.	2
7	Структура основной системы динамических уравнений теории упругости. Уравнения движения упругой среды. Векторная форма записи определяющих материальных соотношений. Уравнения динамического деформирования в перемещениях.	2
8	Основные классы анизотропии упругих сред. Точечные диаграммы матриц упругих постоянных. Материалы моноклинной, орторомбической, гексагональной и кубической системы.	4
9	Матрично-операторная форма уравнений волнового деформирования для орторомбической среды. Тензорная форма записи соотношений основной системы динамического деформирования. Тензорные уравнения движения.	2
10	Векторная форма уравнений движения для изотропных сред. Волновые потенциалы.	2
11	Объемные упругие волны в изотропных и гексагональных средах. Решение задачи об объемных волнах в среде с произвольной анизотропией на основе тензорных уравнений движения. Уравнение Кристоффеля.	2
12	Преломление продольных и сдвиговых объемных упругих волн при нормальном падении на границу раздела разнородных изотропных полупространств. Волновые сопротивления упругих сред.	2
13	Распространение импульсных упругих волн в изотропном слоистом полупространстве. Траектории и задержки импульсов-откликов. Анализ изменений амплитуд импульсов-откликов с заданными	4

	траекториями.	
14	Теоретико-экспериментальная методика волновой диагностики строения слоистого упругого полупространства.	2
15	Отражение плоских упругих волн сдвига и продольных упругих волн при нормальном и наклонном падении на свободную границу изотропного полупространства.	4
16	Распространение нормальных упругих волн в изотропном слое. Нормальные волны сдвига. Нормальные волны Релея-Лэмба.	4
17	Симметричные и антисимметричные нормальные волны сдвига в свободном изотропном слое. Диаграммы дисперсионных кривых.	2
18	Асимптотические свойства нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое. Фазовые скорости нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое. Краевые стоячие волны и их физическая интерпретация.	2
19	Симметричные и антисимметричные нормальные волны сдвига в закрепленном на гранях изотропном слое. Диаграммы дисперсионных кривых.	2
20	Задачи о возбуждении нормальных волн сдвига в изотропном полуслое. Базисные системы нормальных волн. Методики алгебраизации функциональных граничных условий.	4
21	Задача о распространении и свойствах поверхностных волн Лява в составном изотропном полупространстве.	2
22	Задача о распространении и свойствах поверхностных волн Релея в изотропном полупространстве со свободной границей.	2
23	Теория исследования малых ангармонических эффектов при распространении упругих волн. Концепция последовательных приближений.	2
24	Ангармонические эффекты при распространении монохроматических объемных волн.	4
25	Нелинейное ангармоническое взаимодействие объемных упругих волн.	4
	ВСЕГО	64

Темы (практических, лабораторных, семинарских) занятий – не предусмотрены учебным планом

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Организация самостоятельной работы студентов

(соответственно данным в таблице тематического плана)

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, классические и неклассические сферы применения знаний в области волнового деформирования упругих сред, неразрушающий ультразвуковой контроль, сейсмоакустика, акустоэлектроника.	1
2	Основные положения теории моделирования волновых процессов в	1

	деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн, понятия траектории и напряженности, типа и поляризации волн, ведущие классификационные признаки волновых процессов - линейность и нелинейность, стационарность и нестационарность, понятие фронта волны.	
3	Основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн, понятия гармонической волны, приемы формирования представлений гармонических волн по заданным физико-геометрическим характеристикам.	1
4	Основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн - понятия фронта гармонической волны, плоских гармонических волн, фазовой скорости гармонических упругих волн, комплексного экспоненциального представления гармонических упругих волн.	1
5	Основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн - понятия амплитудно-модулированных гармонических упругих волн, переноса энергии амплитудно-модулированными волнами, групповой скорости гармонической волны.	1
6	Основные положения теории моделирования волновых процессов в деформируемых упругих средах, основные определения теории упругих волн, понятия моды гармонических упругих волн, дисперсии гармонических волн, диаграммы дисперсионных кривых, бездисперсных волн, обратных волн.	1
7	Основные соотношения моделей динамического деформирования анизотропных упругих сред, структура основной системы динамических уравнений теории упругости, уравнения движения упругой среды, векторная форма записи определяющих материальных соотношений, уравнения динамического деформирования в перемещениях.	2
8	Основные соотношения моделей динамического деформирования анизотропных упругих сред, основные классы анизотропии упругих сред, основные классы анизотропии упругих сред, точечные диаграммы матриц упругих постоянных, материалы моноклинной, орторомбической, гексагональной и кубической системы	2
9	Основные соотношения моделей динамического деформирования анизотропных упругих сред, структура основной системы динамических уравнений теории упругости, матрично-операторная форма уравнений волнового деформирования для орторомбической среды, тензорная форма записи соотношений основной системы динамического деформирования, тензорные уравнения движения.	2
10	Основные соотношения моделей динамического деформирования анизотропных упругих сред, структура основной системы динамических уравнений теории упругости, векторная форма уравнений движения для изотропных сред, теория волновых потенциалов.	2
11	Теоретические модели процессов распространения, отражения и	2

	преломления объемных упругих волн, проблемы расчета скоростей объемные упругие волны в изотропных и гексагональных средах. Рассматриваются решение задачи об объемных волнах в среде с произвольной анизотропией на основе тензорных уравнений движения, получение уравнения Кристоффеля.	
12	Теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн, проблемы анализа процессов преломления продольных и сдвиговых объемных упругих волн при нормальном падении на границу раздела разнородных изотропных полупространств, волновые сопротивления упругих сред.	2
13	Теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн, задачи распространения импульсных упругих волн в изотропном слоистом полупространстве и основанная на их решении теоретико-экспериментальная методика волновой диагностики строения слоистого упругого полупространства, методики расчета траекторий и задержки импульсов-откликов, анализа изменений амплитуд импульсов-откликов с заданными траекториями	2
14	Теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн, задачи распространения импульсных упругих волн в изотропном слоистом полупространстве и основанная на их решении теоретико-экспериментальная методика волновой диагностики строения слоистого упругого полупространства.	2
15	Теоретические модели процессов распространения, отражения и преломления объемных упругих волн, проблемы анализа процессов отражения плоских упругих волн сдвига и продольных упругих волн при нормальном и наклонном падении на свободную границу изотропного полупространства.	2
16	Теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое, распространения нормальных упругих волн в изотропном слое, распространения нормальных волн сдвига, распространения нормальных волн Релея-Лэмба.	2
17	Рассматриваются теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое, распространения симметричных и антисимметричных нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое, построение диаграмм дисперсионных кривых.	2
18	Теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое, асимптотические свойства нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое, вопросы определение фазовых скоростей нормальных волн сдвига в свободном изотропном слое, описания краевых стоячих волн и их физическая интерпретация	2
19	Теоретические модели процессов возбуждения и распространения нормальных упругих волн в слое, симметричных и антисимметричных нормальных волн сдвига в закрепленном на гранях изотропном слое, вопросы построения диаграмм дисперсионных кривых	2
20	Теоретические модели процессов возбуждения и распространения	2

	нормальных упругих волн в слое, диаграммы дисперсионных кривых нормальных волн сдвига в изотропном слое, вопросы физической интерпретации краевых стоячих волн, методы исследования задач о возбуждении нормальных волн сдвига в изотропном полуслое.	
21	Теоретические модели процессов распространения поверхностных упругих волн Лява в составном изотропном полупространстве.	2
22	Теоретические модели процессов распространения поверхностных упругих волн Релея в изотропном полупространстве со свободной границей.	2
23	Основные соотношения теории исследования малых ангармонических эффектов при распространении упругих волн, а также концепция применения алгоритма последовательных приближений для описания нелинейных ангармонических возмущений.	2
24	Решение задачи об ангармонических эффектах при распространении монохроматических объемных волн сдвига в упругой среде кубической системы.	2
25	Решение задачи о нелинейном ангармоническом взаимодействии пары объемных упругих волн сдвига в упругой среде кубической системы.	2
	ВСЕГО	44

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ – не предусмотрены программой

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Основные понятия и законы теории волнового движения:

- определение понятия упругой волны (волны деформаций);
- понятие траектории (направления распространения волны);
- понятие продольных и поперечных волн, поляризация поперечных волн;
- понятие напряженности волновых движений;
- понятие волновода, бегущих и стоячих волн;
- понятия линейных и нелинейных волн;
- понятия волнового импульса, волнового пакета, стационарной гармонической волны;
- понятие фронта стационарной и нестационарной волны;
- понятие о сферических, цилиндрических, плоских и квазиплоских волнах;
- систему обозначений и физические размерности в системе СИ для характеристик волновых движений.

Основные понятия и законы описания гармонических упругих волн:

- общие формы записи функций напряженности трехмерных векторных гармонических упругих волн в действительной и комплексной экспоненциальной форме;
- понятия циклической частоты, технической частоты и периода волны;
- понятия длины волны и волнового числа;
- понятие фазы гармонической волны;
- понятие, методику вывода формулы для фазовой скорости гармонической упругой волны.

Понятие и свойства амплитудно-модулированных гармонических волн (АМВ):

- действительна форма представления АМВ, понятия о несущей и модулирующей составляющей;
- методику использования АМВ для переноса сигнальной информации;
- методику вывода формулы для групповой скорости гармонических волн;
- физический смысл групповой скорости гармонических волн, являющихся несущей компонентой амплитудно-модулированного сигнала.

Понятие о дисперсионных свойствах и модах гармонических упругих волн в волноводах:

- понятие моды гармонической упругой волны;
- понятие дисперсии гармонических волн, связь термина «дисперсия» с особенностями распространения волновых импульсов по модам с дисперсией и без дисперсии;
- понятие о диаграммах дисперсионных кривых (классических и расширенных), дисперсионных кривых;
- понятие о бездисперсных модах, критических частотах мод бегущих волн, модах обратных упругих волн;
- геометрический смысл фазовой и групповой скоростей упругих гармонических волн на диаграммах дисперсных кривых;
- информационный потенциал диаграмм дисперсионных кривых.

Структура системы основных соотношений динамической теории упругости анизотропных деформируемых сред:

- вид определяющих соотношений для материалов, принадлежащих основным классам симметрии механических свойств и точечные диаграммы матриц упругих постоянных для этих материалов;
- состав полной системы уравнений динамического деформирования;
- природу отличия уравнений движения упругой среды от уравнений равновесия;
- тензорную форму записи соотношений динамической теории упругости анизотропного тела;
- способ введения волновых потенциалов для изотропной упругой среды и уравнения для определения потенциалов.
- представление для компонент среднего за период потока мощности, переносимого упругими волнами.

Основные свойства гармонических объемных упругих волн в изотропных и анизотропных средах:

- число мод гармонических объемных упругих волн в изотропных и анизотропных телах;
- выражения для скоростей объемных упругих волн продольного и сдвигового типа в изотропных средах;
- закономерности изменения скоростей объемных упругих волн продольного и сдвигового типа в изотропных средах в зависимости от плотности и модулей упругости материалов;
- основные законы отражения и преломления упругих волн при нормальном и наклонном падении на граничные поверхности;
- понятие волнового сопротивления (импеданса) для изотропных упругих сред.

Основные сведения из теории нормальных упругих волн:

- определение понятия нормальных упругих волн;
- понятие бегущих и краевых стоячих упругих волн, их физическую природу и интерпретацию;

- структуру диаграмм дисперсионных кривых для нормальных волн сдвига в изотропном упругом слое;
- асимптотические свойства нормальных волн сдвига в изотропном упругом слое в высокочастотном коротковолновом диапазоне;
- основы метода рядов по базисным множествам бегущих и краевых стоячих нормальных упругих волн.

Основные сведения из теории поверхностных упругих волн:

- понятие о поверхностных упругих волнах;
- понятие о поверхностных упругих волнах Лява, их основных свойствах и законах распространения;
- понятие о поверхностных упругих волнах Релея, их основных свойствах и законах распространения;
- связь поверхностных упругих волн с сейсмическими явлениями.

9. ОБРАЗЕЦ ЗАДАНИЯ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(образец варианта и критерии оценивания)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет: математики и информационных технологий

Направление подготовки: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Программа подготовки: бакалавриат

Семестр 7 (5)

Учебная дисциплина «Методы компьютерно-математического моделирования в волновой механике»

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №1

1. Определение понятия упругой волны. Продольные и поперечные упругие волны. Поляризация поперечных упругих волн. Символьные обозначения типов волн.
2. Векторная форма уравнений движения в перемещениях для изотропной упругой среды. Интегрирование векторных уравнений в волновых потенциалах.
3. Записать представление гармонической волны, которая распространяется вдоль оси Ox_1 , является продольной, имеет амплитуду $|u_0| = 0.001 \text{ см}$, период $T = 1$ микросекунда и скорость $V_f = 25 \text{ км/час}$.
4. Какое расстояние проходит за 4 секунды фронт объемной продольной гармонической волны в упругой среде с параметрами $\omega = 9 \text{ рад/с}$, $k = 50 \text{ рад/м}$.

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского, протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ В.И. Сторожев

Преподаватель _____ В.И. Сторожев

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет: математики и информационных технологий

Направление подготовки: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Программа подготовки: бакалавриат

Семестр 7 (5)

Учебная дисциплина «Методы компьютерно-математического моделирования в волновой механике»

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №2

1. Определение понятия линейных и нелинейных волн. Волновые импульсы, волновые пакеты, гармонические волны.

2. Тензорная форма записи уравнений движения и обобщенного закона Гука.

3. За какое время фронт продольной объемной гармонической упругой волны проходит расстояние $\lambda = 2 \cdot 10^{10}$ Па, $\mu = 1 \cdot 10^{10}$ Па, $\rho = 1 \cdot 10^4$ кг / м³

4. Записать представление гармонической волны, которая распространяется вдоль Ox_1 , является продольной, имеет амплитуду $|u_0| = 0.001$ см частоту $\omega = 9$ рад/с и скорость $v_f = 25$ км/час.

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского, протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ В.И. Сторожев

Преподаватель _____ В.И. Сторожев

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет: математики и информационных технологий

Направление подготовки: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Программа подготовки: бакалавриат

Семестр 7 (5)

Учебная дисциплина «Методы компьютерно-математического моделирования в волновой механике»

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №3

1. Представление гармонической упругой волны в действительной форме (с характеристикой входящих в него параметров).

2. Структура полной системы динамических уравнений теории упругости. Отличие уравнений движения от уравнений равновесия.

3. Записать представление гармонической волны, которая распространяется вдоль оси Ox_3 , является продольной, имеет амплитуду $|u_0| = 1$ мк, период $T = 1$ миллисекунда и принадлежит моде $\omega = 2k$.

4. Какое расстояние проходит за 2 секунды фронт объемной продольной гармонической волны в упругой среде с параметрами $\lambda = 2 \cdot 10^{10}$ Па, $\mu = 1 \cdot 10^{10}$ Па, $\rho = 1 \cdot 10^4$ кг / м³.

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского, протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ В.И. Сторожев
 Преподаватель _____ В.И. Сторожев

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет: математики и информационных технологий

Направление подготовки: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Программа подготовки: бакалавриат

Семестр 7 (5)

Учебная дисциплина «Методы компьютерно-математического моделирования в волновой механике»

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №4

1. Вывод формулы для фазовой скорости гармонических упругих волн.
2. Характеристика анизотропных упругих материалов гексагональной системы (включая вид точечных диаграмм матрицы упругих постоянных).
3. Записать представление гармонической волны, которая распространяется вдоль оси Ox_2 , является продольной, имеет амплитуду $|u_0| = 1 \text{ мк}$ период $T = 1$ миллисекунда и принадлежит моде $\omega = 2k$.
4. Какое расстояние проходит за 9 секунд фронт объемной продольной гармонической волны в упругой среде с параметрами $\lambda = 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}$, $\mu = 1 \cdot 10^{10} \text{ Па}$, $\rho = 1 \cdot 10^4 \text{ кг / м}^3$.

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского, протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ В.И. Сторожев
 Преподаватель _____ В.И. Сторожев

Схема оценивания модульного контроля

Номер задания	Количество баллов
1	12
2	12
3	8
4	8
Всего	40

Критерии оценивания ответов на вопросы модульной контрольной работы.

Ответ на вопрос 1 теоретического характера оценивается по шкале от 0 до 12 баллов:

0 баллов - полное отсутствие знаний по рассматриваемой проблеме;
 1-3 - сделана попытка раскрыть сущность вопроса;
 4-6 - рассуждения и обоснования неверные, но присутствуют знания по данному вопросу;
 7-9 – большинство все рассуждений и обоснований верны, но вопрос рассмотрен не полно;
 10-11 – лишь отдельные рассуждения и обоснования не верны, но в процессе рассмотрения вопроса продемонстрированы глубокие знания предмета;
 12 - грамотно и исчерпывающе полно сформулированы все обоснования.

Ответ на вопрос 2 теоретического характера оценивается по шкале от 0 до 12 баллов:

0 баллов - полное отсутствие знаний по рассматриваемой проблеме;
 1-3 - сделана попытка раскрыть сущность вопроса;
 4-6 - рассуждения и обоснования неверные, но присутствуют знания по данному вопросу;
 7-9 – большинство все рассуждений и обоснований верны, но вопрос рассмотрен не полно;
 10-11 – лишь отдельные рассуждения и обоснования не верны, но в процессе рассмотрения вопроса продемонстрированы глубокие знания предмета;
 12 - грамотно и исчерпывающе полно сформулированы все обоснования.

Ответ на вопрос 3 практического характера оцениваются по шкале от 0 до 8 баллов:

0 баллов - полное отсутствие знаний по рассматриваемой проблеме;
 1-2 - сделана попытка решения задачи;
 3-4 - рассуждения и обоснования неверны, но присутствуют определенные знания по данному вопросу;
 5-6 - не все рассуждения и обоснования верны, однако приведены элементы возможного решения;
 7 - все рассуждения и обоснования верны, но задача рассмотрена не полностью;
 8 - в процессе решения задачи продемонстрированы глубокие знания предмета, грамотно и полно сформулированы все обоснования.

Ответ на вопрос 4 практического характера оцениваются по шкале от 0 до 8 баллов:

0 баллов - полное отсутствие знаний по рассматриваемой проблеме;
 1-2 - сделана попытка решения задачи;
 3-4 - рассуждения и обоснования неверны, но присутствуют определенные знания по данному вопросу;
 5-6 - не все рассуждения и обоснования верны, однако приведены элементы возможного решения;
 7 - все рассуждения и обоснования верны, но задача рассмотрена не полностью;
 8 - в процессе решения задачи продемонстрированы глубокие знания предмета, грамотно и полно сформулированы все обоснования.

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

(теоретические вопросы к экзамену, образец билета и критерии оценивания)

Теоретические вопросы к экзамену

1. Определение понятия упругой волны (волны деформаций).
2. Понятие траектории (направления распространения волны).
3. Понятие продольных и поперечных волн, поляризация поперечных волн.
4. Понятие напряженности волновых движений.

5. Понятие волновода, бегущих и стоячих волн.
6. Понятия линейных и нелинейных волн.
7. Понятия волнового импульса, волнового пакета, стационарной гармонической волны;
8. Понятие фронта стационарной и нестационарной волны.
9. Понятие о сферических, цилиндрических, плоских и квазиплоских волнах.
10. Система обозначений и физические размерности в системе СИ для характеристик волновых движений.
11. Общие формы записи функций напряженности трехмерных векторных гармонических упругих волн в действительной и комплексной экспоненциальной форме.
12. Понятия циклической частоты, технической частоты и периода волны.
13. Понятия длины волны и волнового числа.
14. Понятие фазы гармонической волны.
14. Понятие, методику вывода формулы для фазовой скорости гармонической упругой волны.
15. Действительная форма представления АМВ, понятия о несущей и модулирующей составляющей.
16. Методика использования АМВ для переноса сигнальной информации.
17. Методика вывода формулы для групповой скорости гармонических волн.
18. Физический смысл групповой скорости гармонических волн, являющихся несущей компонентой амплитудно-модулированного сигнала.
19. Понятие моды гармонической упругой волны.
20. Понятие дисперсии гармонических волн, связь термина «дисперсия» с особенностями распространения волновых импульсов по модам с дисперсией и без дисперсии.
21. Понятие о диаграммах дисперсионных кривых (классических и расширенных), дисперсионных кривых.
22. Понятие о бездисперсных модах, критических частотах мод бегущих волн, модах обратных упругих волн.
23. Геометрический смысл фазовой и групповой скоростей упругих гармонических волн на диаграммах дисперсных кривых.
24. Информационный потенциал диаграмм дисперсионных кривых.
25. Вид определяющих соотношений для материалов, принадлежащих основным классам симметрии механических свойств и точечные диаграммы матриц упругих постоянных для этих материалов.
26. Состав полной системы уравнений динамического деформирования.
27. Природа отличия уравнений движения упругой среды от уравнений равновесия.
28. Тензорная форма записи соотношений динамической теории упругости анизотропного тела.
29. Способ введения волновых потенциалов для изотропной упругой среды и уравнения для определения потенциалов.
30. Представление для компонент среднего за период потока мощности, переносимого упругими волнами.
31. Число мод гармонических объемных упругих волн в изотропных и анизотропных телах.
32. Выражения для скоростей объемных упругих волн продольного и сдвигового типа в изотропных средах.
33. Закономерности изменения скоростей объемных упругих волн продольного и сдвигового типа в изотропных средах в зависимости от плотности и модулей упругости материалов.
34. Основные законы отражения и преломления упругих волн при нормальном и наклонном падении на граничные поверхности.
35. Понятие волнового сопротивления (импеданса) для изотропных упругих сред.
36. определение понятия нормальных упругих волн.
37. Понятие бегущих и краевых стоячих упругих волн, их физическую природу и интерпретацию.

38. Структура диаграмм дисперсионных кривых для нормальных волн сдвига в изотропном упругом слое.
39. Асимптотические свойства нормальных волн сдвига в изотропном упругом слое в высокочастотном коротковолновом диапазоне.
40. Основы метода рядов по базисным множествам бегущих и краевых стоячих нормальных упругих волн.
41. Понятие о поверхностных упругих волнах.
42. Понятие о поверхностных упругих волнах Лява, их основных свойствах и законах распространения.
43. Понятие о поверхностных упругих волнах Релея, их основных свойствах и законах распространения.
44. Связь поверхностных упругих волн с сейсмическими явлениями.

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет: математики и информационных технологий

Направление подготовки: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Программа подготовки: бакалавриат

Семестр 7 (5)

Учебная дисциплина «Методы компьютерно-математического моделирования в волновой механике»

БИЛЕТ №1

1. Диаграммы дисперсионных кривых (классические и расширенные), бездисперсные моды, критические частоты мод бегущих волн, моды обратных упругих волн, геометрический смысл фазовой и групповой скоростей упругих гармонических волн на диаграммах дисперсных кривых

2. Поверхностные упругие волны Релея, их основные свойства и законы распространения

3. Записать представление гармонической волны, которая распространяется вдоль Ox_1 , является продольной, имеет амплитуду $|u_0| = 0.001 \text{ см}$ частоту $\omega = 9 \text{ рад/с}$ и скорость $V_f = 25 \text{ км/час}$.

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского, протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ В.И. Сторожев

Преподаватель _____ В.И. Сторожев

Схема оценивания экзамена

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
1	25
2	25
3	10
Всего	60 баллов

**Критерии оценивания
ответов на вопросы экзаменационного билета.**

Ответ на вопрос 1 теоретического характера оценивается по шкале от 0 до 25 баллов:

- 0 баллов - полное отсутствие знаний по рассматриваемой проблеме;
 1-5 - сделана попытка раскрыть сущность вопроса;
 6-10 - рассуждения и обоснования неверные, но присутствуют знания по данному вопросу;
 11-18 – большинство все рассуждений и обоснований верны, но вопрос рассмотрен не полно;
 19-24 – лишь отдельные рассуждения и обоснования не верны, но в процессе рассмотрения вопроса продемонстрированы глубокие знания предмета;
 25 - грамотно и исчерпывающе полно сформулированы все обоснования.

Ответ на вопрос 2 теоретического характера оценивается по шкале от 0 до 25 баллов:

- 0 баллов - полное отсутствие знаний по рассматриваемой проблеме;
 1-5 - сделана попытка раскрыть сущность вопроса;
 6-10 - рассуждения и обоснования неверные, но присутствуют знания по данному вопросу;
 11-18 – большинство все рассуждений и обоснований верны, но вопрос рассмотрен не полно;
 19-24 – лишь отдельные рассуждения и обоснования не верны, но в процессе рассмотрения вопроса продемонстрированы глубокие знания предмета;
 25 - грамотно и исчерпывающе полно сформулированы все обоснования.

Ответ на вопрос 3 практического характера оцениваются по шкале от 0 до 10 баллов:

- 0 баллов - полное отсутствие знаний по рассматриваемой проблеме;
 1-2 - сделана попытка решения задачи;
 3-4 - рассуждения и обоснования неверны, но присутствуют определенные знания по данному вопросу;
 5-6 - не все рассуждения и обоснования верны, однако приведены элементы возможного решения;
 7-9 - все рассуждения и обоснования верны, но задача рассмотрена не полностью;
 10 - в процессе решения задачи продемонстрированы глубокие знания предмета, грамотно и полно сформулированы все обоснования.

11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнения индивидуальной работы и экзамена. Экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

***Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины***

Организационно-учебная работа студента	СРС			Всего
	Индивидуальная работа	Модульный контроль	Индивидуальная творческая работа	
Max 30 баллов	max 30 баллов	max 40 баллов	max 0 баллов	100 баллов

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой и доской.

13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземп- ляров в библиот еке ДонНУ	Налич ие электр онной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1.	Гордиенко В.А. Векторно-фазовые методы в акустике / В.А. Гордиенко. - Москва: Физматлит, 2007. - 480 с.	5	
2.	Поль Р.Р. Механика, акустика и учение о теплоте: [лекции для студентов вузов] / Р.Р. Поль; пер. с 16-го нем. изд. К.А. Леонтьева и В.М. Южакова ; под ред. Н.П. Суворова. - Москва: Наука, 1971. - 479 с.	44	
3.	Гузь А.Н., Махорт Ф.Г., Гушак И. Введение в акустопругость. – К.: Наукова думка, 1977. – 151 с.	2	
4.	Метсавээр Я.А., Векслер Н.Д., Стулов А.С. Дифракция акустических импульсов на упругих телах. – М.: Наука, 1979. – 239 с.	1	
5.	Гринченко В.Т., Вовк И.В. Волновые задачи рассеяния звука на упругих оболочках. – К.: Наукова думка, 1986. – 237 с.	1	
6.	Шутилов В.А. Основы физики ультразвука. – Л.: ЛГУ, 1980. – 280 с.	3	
7.	Болнокин В.Е., Сторожев В.И., Зыонг Минь Хай. Исследование систем гидроакустического экранирования для подводных транспортных средств. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2016. – 196 с.	2	
8.	Завадский В.Ю. Вычисление волновых полей в открытых областях и волноводах. – М.: Наука, 1972. – 558 с.	1	
9.	Белишев, М.И. Динамические обратные задачи теории волн / М.И. Белишев, А.С. Благовещенский; С.-Петерб. гос. ун-т. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. - 268 с.	1	
10.	Красильников В.А. Введение в физическую акустику : учеб. пособие для студентов физ. спец. вузов / В.А. Красильников, В.В. Крылов ; под ред. В.А. Красильникова. - Москва: Наука, 1984. - 400 с.	4	
11.	Руденко О.В. Нелинейная акустика в задачах и примерах : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям 010701 - Физика, 010802 - Фундаментальная радиофизика и физическая электроника / О.В. Руденко, С.Н. Гурбатов, К.М. Хедберг. - Москва: Физматлит, 2007. - 175 с.	11	
12.	Хайкин С.Э. Физические основы механики : учеб. пособие для студентов ун-тов / С.Э. Хайкин. - Изд. 2-е. - Москва: Наука, 1971. - 751 с.	12	
13.	Зарембо Л.К. Введение в нелинейную акустику: звуковые и ультразвуковые волны большой интенсивности / Л.К. Зарембо, В.А. Красильников. - Москва: Наука, 1966. - 519 с.	4	
14.	Седов Л.И. Механика сплошной среды : [Учеб. для ун-тов и втузов]. Т. 2 / Л.И. Седов. - 2-е изд. - М. : Наука, 1973. - 584 с.	9	
15.	Седов Л.И. Механика сплошной среды : [Учеб. для ун-тов и втузов]. Т. 2 / Л.И. Седов. - 3. изд. - М. : Наука, 1976. - 576 с.	2	
16.	Лебле С.Б. Волноводное распространение нелинейных волн в стратифицированных средах / С.Б. Лебле; Калинингр. ун-т. - Л.:	2	

	Изд-во ЛГУ, 1988. - 197 с.		
17.	Иродов И.Е. Волновые процессы: Основные законы / И.Е. Иродов. - М.: Лаб. Баз. Знаний, 2001. - 256 с.	3	
18.	Трофимчук А.Н. Динамика пористоупругих насыщенных жидкостью сред / А.Н. Трофимчук, О.М. Гомилко, О.А. Савицкий ; Нац. акад. наук Украины; Совет нац. безопасности и обороны Украины; Ин-т гидромеханики и др. - К.: Наук. думка, 2003. - 230 с.	1	
19.	Можен Ж. Механика электромагнитных сплошных сред / Ж. Можен ; Пер. с англ. В.В. Кирюшина под ред. И.М. Дунаева, В.З. Партона. - М.: Мир, 1991. - 560 с.	2	
20.	Трубецков Д.И. Введение в синергетику. Колебания и волны / Д.И. Трубецков. - 2-е изд. - М.: УРСС, 2003. - 220 с.	4	
21.	Горелик Г.С. Колебания и волны: Введение в акустику, радиофизику и оптику / Г.С. Горелик ; Под ред. С. М. Рытова. - 2-е изд. - М.: Физматлит, 1959. - 572 с.	2	
22.	Мешков И.Н. Интерференция и дифракция электромагнитных волн: Учеб. пособие для студентов-физиков по основ. курсу "Электромагнит. поле" / И.Н. Мешков, Б.В. Чириков ; Новосибирский гос. ун-т. - Новосибирск: НГУ, 1979. - 84 с.	2	
23.	Энгельбрехт Ю.К. Нелинейные волны деформации / Ю.К. Энгельбрехт, У.К. Нигул ; АН СССР; АН ЭССР; Ин-т кибернетики. - М.: Наука, 1981. - 255 с.	4	
24.	Тимошенко С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко, Д. Гудьер; Пер. с англ. Г.С. Рейтмана ; Под ред. Г.С. Шапиро. - М.: Наука, 1975. - 575 с.	16	
25.	Лившиц М.С. Операторы, колебания, волны; Открытые системы / М.С. Лившиц. - М.: Наука, 1966. - 298 с.	20	
26.	Исраилов М.Ш. Динамическая теория упругости и дифракция волн / М.Ш. Исраилов. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. - 208 с.	1	
27.	Гринченко В.Т. Гармонические колебания и волны в упругих телах / В.Т. Гринченко, В.В. Мелешко; Отв. ред. Ю.Н. Шевченко; Акад. наук УРСР; Ин-т механики. - К. : Наук. думка, 1981. - 283 с.	2	
Дополнительная литература			
28.	Васильева В.А., Карабутов А.А., Лапшин Е.А., Руденко О.В. Взаимодействие одномерных волн в средах без дисперсии. - М.: МГУ, 1983. - 151 с.	1	
29.	Мясников Л.Л. Неслышимый звук. - Л.: Судпромгиз, 1963. - 111 с.	1	
30.	Каневский И.Н. Фокусирование звуковых и ультразвуковых волн. - М.: Наука, 1977. - 336 с.	1	
31.	Майер В.В. Простые опыты с ультразвуком. - М.: Наука, 1978. - 160 с.	1	
32.	Лямшев Л.М. Отражение звука тонкими пластинками и оболочками в жидкости. - М.: АН СССР, 1955. - 71 с.	2	
33.	Завадский В.Ю. Вычисление волновых полей в открытых областях и волноводах. - М.: Наука, 1972. - 558 с.	1	
34.	Акустика в задачах: Учеб. руководство для студентов физ. спец. вузов / Бархатов А.Н., Горская Н.В., Горюнов А.А. и др. ; Под ред. С.Н. Гурбатова, О.В. Руденко. - М.: Наука, 1996. - 336 с.	2	

14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

(с указанием названия и полного электронного адреса)

femto.com.ua/articles/part_2/4224.html
www.fizportal.ru/elastic-waves
 dic.academic.ru/dic.nsf/bse/143051/Упругие
www.msk.edu.ua/ivk/Fizika/Pages/...i.../volni.htm
 ligis.ru/effects/science/232/index.htm

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий. кафедрой _____ В.И. Сторожев

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий. кафедрой _____ В.И. Сторожев

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий. кафедрой _____ В.И. Сторожев

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий. кафедрой _____ В.И. Сторожев

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий. кафедрой _____ В.И. Сторожев