

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем машиноведения
Российской академии наук
(ИПМаш РАН)

Одобрено на Ученом совете
ИПМаш РАН
Протокол № 5/17

«03» октября 2017 г.

**УТВЕРЖДАЮ**
Директор ИПМаш РАН д.ф.-м.н.
А. К. Беляев
«03» октября 2017 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ «НЕСТАЦИОНАРНЫЕ УПРУГИЕ ВОЛНЫ»

Направление подготовки
01.06.01 «МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА»

Направленность (профиль) программы:
01.02.04 «МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА»

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения:

очная, заочная

Санкт-Петербург
2017

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих универсальных (УК) и профессиональных (ПК) компетенций:

УК-1: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

ПК-16: способность создавать математические модели механических систем, свободно применять прикладные методы классической механики и методы механики сплошных сред к их расчету и исследованию;

ПК-17: способность обладать цельным представлением о современном состоянии и достижениях рациональной механики, основных математических и физических наук.

Этапы формирования компетенций в процессе изучения дисциплины.

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего учебного года по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В результате изучения дисциплины «Нестационарные упругие волны» обучающийся должен

Знать:

- теорию обобщенных функций и ее приложения к теории дифференциальных уравнений;
- основные типы волн, распространяющихся в сплошной упругой среде;
- теорию упругих волн, распространяющихся вблизи поверхности среды и экспоненциально затухающие с глубиной, – волны Рэлея, их физические свойства, области их практического применения, траектории движения частиц в волне Рэлея.
- решение задачи о действии локального источника на границе упругого полупространства;
- решение задачи о действии движущейся нагрузки по границе упругого полупространства;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Уметь:

- квалифицированно оперировать основными теоретическими понятиями курса;
- выяснять физические особенности волновых процессов и представлять решения нестационарных задач в наглядной форме, из которой непосредственно можно получить физические следствия прикладных задач.
- анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов;
- при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации, исходя из наличных ресурсов и ограничений.

Владеть:

- навыками построения и анализа математических моделей нестационарных волновых процессов в сплошных средах;
- навыками использования математического аппарата теории обобщенных функций для правильной постановки и решения классических задач прикладного значения в области нестационарных упругих волн;
- навыками работы с научной литературой.
- основами методологии научного познания и системного подхода при изучении различных уровней организации материи, информации, пространства и времени;
- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

2. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов.

Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИПМаш РАН – Положением о текущей аттестации в аспирантуре ИПМаш РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в обсуждениях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;

- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 5-ти бальной системе (5 – отлично, 4 – хорошо; 3 – удовлетворительно, 2 - неудовлетворительно).

Промежуточная аттестация аспирантов.

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в соответствии с локальным актом ИПМаш РАН – Положением о промежуточной аттестации в аспирантуре ИПМаш РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме зачета в период летней зачетно-экзаменационной сессии и в форме экзамена в период зимней сессии. Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных программой учебной дисциплины. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации в форме зачета осуществляется с использованием нормативных оценок – *зачтено / не зачтено*.

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка зачета (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>Зачтено</i>	<p>Аспирант при ответе</p> <ul style="list-style-type: none"> - демонстрирует в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач; - демонстрирует в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач; - демонстрирует в целом успешные, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценку потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов; - демонстрирует в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач генерировать

	<p>идеи, поддающиеся операционализации, исходя из наличных ресурсов и ограничений</p> <ul style="list-style-type: none"> - демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.
<i>Не зачтено</i>	<p>Аспирант при ответе</p> <ul style="list-style-type: none"> - фрагментарно применяет навыки анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач; - фрагментарно применяет технологии критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач; - демонстрирует частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов; - демонстрирует частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации, исходя из наличных ресурсов и ограничений; - показывает фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации в форме экзамена осуществляется с использованием нормативных оценок по 5-ти бальной системе (5 – отлично, 4 – хорошо; 3 – удовлетворительно, 2 - неудовлетворительно).

Оценка экзамена (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>Отлично</i>	<p>Аспирант при ответе</p> <ul style="list-style-type: none"> - успешно и систематически применяет навыки анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; - успешно и систематически применяет технологии критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач; - демонстрирует сформированное умение анализировать

	<p>альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - демонстрирует сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации, исходя из наличных ресурсов и ограничений; - демонстрирует сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.
<i>Хорошо</i>	<p>Аспирант при ответе</p> <ul style="list-style-type: none"> - демонстрирует в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач; - демонстрирует в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач; - демонстрирует в целом успешные, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценку потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов; - показывает в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации, исходя из наличных ресурсов и ограничений; - сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.
<i>Удовлетворительно</i>	<p>Аспирант при ответе</p> <ul style="list-style-type: none"> - демонстрирует в целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач; - демонстрирует в целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач; - в целом успешно, но не систематически осуществляет анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач и оценку

	<p>потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - показывает в целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации, исходя из наличных ресурсов и ограничений - демонстрирует общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.
<i>Неудовлетворительно</i>	<p>Аспирант при ответе</p> <ul style="list-style-type: none"> - фрагментарно применяет навыки анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач; - фрагментарно применяет технологии критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач; - демонстрирует частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов; - демонстрирует частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации, исходя из наличных ресурсов и ограничений; - демонстрирует фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды работ: изучение теоретического (лекционного) материала, самостоятельные исследования и изучение теоретического материала по решению различных задач теории нестационарных упругих волн, выполнение упражнений, подготовка докладов для практических занятий, подготовка к дискуссиям по темам практических занятий.

ФОС: оценочные средства текущего и промежуточного контроля

Контрольные вопросы для проведения текущего и промежуточного контроля

1. Метод характеристик для гиперболических уравнений.

Линейное уравнение первого порядка. Система N линейных уравнений первого порядка. Система N квазилинейных уравнений первого порядка. Одномерное волновое уравнение. Характеристики. Растяжение конечного стержня нестационарными нагрузками, приложенными на его концах. Кинематическое нагружение. Силовое нагружение. Перемещения. Парадокс исчезновения волнового процесса (Е.Е. Павловская, Ю.В. Петров, 2002).

2. Начальные сведения об обобщенных функциях.

Интеграл Лебега: множества меры нуль. Интеграл Лебега: измеримые функции и множества. Интеграл Лебега от неотрицательной функции по \mathbb{R}^n . Интеграл Лебега от вещественной функции по \mathbb{R}^n . Интеграл Лебега от комплекснозначной функции. Интеграл по измеримому множеству. Связь с интегралом Римана. Теорема Лебега. Локально интегрируемые функции. Теорема Фубини. Обобщенные функции. δ -функция Дирака: наивное представление. δ -функция: определение. Основные и обобщенные функции: определение. Основные и обобщенные функции: свойства. Сходимость в D' и полнота D' . Носитель основной функции. Нулевое множество обобщенной функции. Носитель обобщенной функции. Регулярные обобщенные функции. Сингулярные обобщенные функции. Линейная замена переменной в обобщенных функциях. Умножение обобщенных функций. Дифференцирование обобщенных функций из $D'(\mathbb{R}^1)$. Дифференцирование функции, имеющей разрыв 1 рода. Свойства $\delta'(t)$. Дифференцирование обобщенных функций из $D'(\mathbb{R}^n)$. Свойства обобщенных производных. $\delta^{(n)}(f(t))$. Задачи. Структура обобщенных функций. Дифференцирование произведения обобщенной функции на бесконечно дифференцируемую. Формулы Сохоцкого. Прямое произведение обобщенных функций. Свойства прямого произведения обобщенных функций. Пример. Свертка регулярных обобщенных функций. Свертка обобщенных функций: определение. Свертка с δ . Свойства свертки. Достаточные условия существования свертки обобщенных функций.

3. Фундаментальное решение и обобщенная задача Коши для линейного обыкновенного дифференциального уравнения.

Обобщенное решение линейных ODE/PDE с постоянными коэффициентами. Первообразная обобщенной функций из $D'(\mathbb{R}^1)$. Фундаментальное решение линейного ODE с постоянными коэффициентами. Обобщенная задача Коши для линейного ODE 2-го порядка с постоянными коэффициентами. Обобщенное решение неоднородного линейного ODE с постоянными коэффициентами. Задача Коши для линейного ODE 2-го

порядка с постоянными коэффициентами. Интеграл Дюамеля. Задача Коши для линейного ODE с постоянными коэффициентами.

4. Фундаментальное решение одномерного волнового уравнения.

5. Фундаментальное решение уравнения Лапласа в R_3 .

6. Фундаментальное решение волнового уравнения в R_3 .

7. Фундаментальное решение волнового уравнения в R_2 .

8. Фундаментальное решение волнового уравнения в R_1 .

9. Уравнения линейной изотропной эластодинамики (Ламэ, Навье-Стокса).

Уравнения линейной изотропной эластодинамики (Ламэ, Навье-Стокса). Плоские волны. Плоские P & S волны. Потенциалы (P-волны). Потенциалы (S-волны). Потенциалы: уравнения с объемными силами.

10. Фундаментальное решение уравнения Ламе.

Тензор Стокса. Центр расширения. Центр вращения. Гармонические по времени решения. Гармонические плоские волны.

11. Гармонические плоские P & S волны.

Потенциалы в гармоническом случае. Двумерные движения.

12. Отражение плоской гармонической P-волны от свободной границы полу пространства.

13. Отражение плоской гармонической SV - волны от свободной границы полупространства.

Полное внутреннее отражение плоской гармонической SV-волны. Отражение плоских гармонических P-SV-волн от свободной границы полупространства. Отражение плоской негармонической SV-волны. Случай полного внутреннего отражения.

14. Закон Снеллиуса.

Закон Снеллиуса для P-волн, для SV-волн.

15. Отражение плоской гармонической SH-волны от свободной границы полупространства.

16. Поверхностная волна Рэлея.

Дисперсионное уравнение Рэлея. Поверхностная волна Рэлея: перемещения.

17. Волна Лава в слое.

18. Сферические волны в упругой среде.

Отражение сферической волны от центра симметрии.

19. Цилиндрические волны в упругой среде.

20. Задача Лэмба.

Аналитическое выражение для вертикального смещения на поверхности в трехмерной задаче.

21. Вертикальные колебания плоского круглого в плане штампа, лежащего на поверхности упругого полупространства.

Постановка задачи. Гармонический случай: осциллирующая точечная нагрузка на поверхности упругого полупространства. Контактная задача. Нулевое приближение. Асимптотическое решение интегрального уравнения в первом приближении.

22. Вертикальные колебания плоского круглого в плане штампа, движущегося с постоянной дорэлеевой скоростью по поверхности упругого полупространства.

Задания для текущего и промежуточного контроля

1. Найти решение ОДУ $\ddot{u} + \omega^2 u = \delta(t) - \delta'(t)$, такое что $u \equiv 0$ при $t < 0$. Здесь δ - дельта-функция Дирака.
2. Упростить выражение $\sin t \cdot \delta(\sin(\pi/4 - t/2))$.
3. На интервале $x \in [-L, L]$ для всех $t > 0$ найти решение уравнения $u'' - \ddot{u} = 0$, удовлетворяющее нулевым начальным условиям и краевым условиям $u(\pm L, t) = \pm vt$ (растяжение стержня с кинематическим нагружением).
4. На интервале $x \in [-L, L]$ для всех $t > 0$ найти решение уравнения $u'' - \ddot{u} = 0$, удовлетворяющее нулевым начальным условиям и краевым условиям $u'(\pm L, t) = v$ (растяжение стержня силовым нагружением).
5. Для $x \in (-\infty, \infty)$ найти решение уравнения $u'' - \ddot{u} = -PH(t)\delta(x - vt)$, удовлетворяющее нулевым начальным условиям. Здесь $|v| > 1$, $H(t)$ - функция Хевисайда.
6. Для $x \in \mathbb{R}^3$ задано неоднородное волновое уравнение $\Delta u - c^{-2}\ddot{u} = \delta(x_1)\delta(x_2)H(1 - |x_3|)\delta(t)$ и нулевые начальные условия. На плоскости $x_3 = 0$ найти выражение для решения задачи.
7. Вычислить решение неоднородного волнового уравнения в \mathbb{R}^2 $\Delta u - c^{-2}\ddot{u} = \delta(x_1)\delta(x_2)H(t)$, удовлетворяющее нулевым начальным условиям.
8. Для $x \in \mathbb{R}^3$ задано однородное волновое уравнение $\Delta u - c^{-2}\ddot{u} = 0$. Рассматривается частное решение, которое при $t < 0$ имеет вид сходящейся сферической волны:

$$u = \frac{H(t + |x|/c)}{|x|}$$
. Найти аналитическое выражение решения при $t > 0$.
9. Пусть известно $G(x, t)$ - решение трехмерной задачи Лэмба. Именно, функция G удовлетворяет уравнениям Ламе в полупространстве $x_2 \geq 0$, нулевым начальным условиям, а также граничным условиям на свободной поверхности полупространства $-\mathbf{e}_2 \cdot \mathbf{T}|_{x_2=0} = H(t)\delta(x_1)\delta(x_3)\mathbf{e}_2$, (1)

где T - тензор напряжений, вычисленный по полю перемещений G . Выписать в виде однократного интеграла свертки решение аналогичной задачи о точечной внезапно возникающей подвижной поверхностной нагрузке, в которой вместо граничного условия (1) задано условие

$$-e_2 \cdot T|_{x_2=0} = f(t)\delta(x_1 - l_1(t))\delta(x_3 - l_3(t))e_2, \quad (2)$$

где $f \equiv 0$ при $t < 0$.

10. Представить векторное поле $F(x, t) = f(t)\delta(x - x_0)n$, $x \in \mathbb{R}^3$, $n = \text{const}$, $x_0 = \text{const}$ в виде $F(x, t) = \nabla\Phi(x, t) + \nabla \times \Psi(x, t)$.