Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
Сибирского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИФПМ СО РАН
чл.-к. РАН _____ С.Г. Псахье
«17» сентября 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФТД.2 ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

Направление подготовки
22.06.01 Технологии материалов

Профиль (направленность программы)
05.16.09 Материаловедение (в машиностроении)

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
очная

ТРУДОЕМКОСТЬ – 1 ЗЕТ (36 часов)

ТОМСК 2015 г

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа составлена в соответствии с Учебным планом и на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 22.06.01 Технологии материалов (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 888.

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал:
доктор физико-математических наук, доцент
ведущий научный сотрудник
лаборатории механики структурно-неоднородных сред И.Ю. Смолин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании Ученого совета ИФПМ СО РАН, протокол № 6 от 16 сентября 2015 г.

Ученый секретарь ИФПМ СО РАН
доктор технических наук, доцент В.С. Плешанов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины являются формирование у аспирантов теоретических знаний физической и математической постановки, а так же современных методов решения динамических задач механики деформируемого твердого тела.

Задачи

Приобретение аспирантами практических навыков решения динамических задач деформирования твердых тел при их колебаниях и распространении в них волн, в том числе при ударно-волновом нагружении.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

2.1. Учебная дисциплина является основной в подготовке аспирантов по научной специальности 05.16.09 Материаловедение (в машиностроении), входит в список факультативных дисциплин основной образовательной программы подготовки аспиранта по направлению **22.06.01 Технологии материалов**.

2.2. **Связь с предшествующими дисциплинами**

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по механике сплошной среды, теории упругости, пластичности и ползучести, математическому анализу, уравнениям математической физики в объеме магистерской или инженерной программы высшего профессионального образования.

2.3. **Связь с последующими дисциплинами**

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке и написании диссертации по специальности 05.16.09 Материаловедение (в машиностроении)

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Динамические задачи механики деформируемого твердого тела» направлен на формирование компетенций или отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП по направлению подготовки 22.06.01 Технологии

материалов по профилю (направленности программы) 05.16.09 Материаловедение (в

машиностроении):

1. Универсальных компетенций:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Аспирант, изучивший дисциплину «Динамические задачи механики деформируемого твердого тела» должен:

Знать

- основные виды колебательных и волновых процессов, происходящих в телах разных размеров и формы, и их характеристики;
- методы расчета основных параметров, характеризующих колебательные и волновые процессы, а также определение их критических значений;
- основные требования к динамическим свойствам и характеристикам конструкционных материалов.

Уметь

- применять экспериментальные данные и теоретические подходы к решению конкретных задач определения нагрузок, величин деформаций и напряжений в различных материалах и деформируемых телах при динамическом нагружении; проводить процедуры поиска необходимой информации;
- определять и анализировать пределы применимости различных моделей механики деформируемого твердого тела, связанных с нелинейностью процесса деформирования, в условиях быстропротекающих процессов взаимодействия материалов.

Владеть навыками

- постановки задачи по определению напряженно-деформированного состояния объекта в различных условиях, проведения оценок параметров процесса, нахождения приближенных аналитических решений задач.
- проведения анализа полученных данных, оценки опасных состояний тел и элементов конструкций при динамических процессах.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Динамические задачи механики деформируемого твердого тела» составляет **1 ЗЕТ (36 часов)**

Вид учебной работы	**Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)**
	Всего: 36
Аудиторные занятия	***4***
Лекции	4
Другие виды работ	***32***
Самостоятельная работа	32
Формы текущего контроля	**опрос**
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	**зачет**

4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Наименование разделов дисциплины	Аудиторные часы				самостоятельная работа (час.)
		Всего (в часах)	лекции	Практические (семинары)	лабораторные	
1	2	3	4	5	6	7
1	Основы механики сплошной среды. Описание движения. Деформации и напряжения	1	1		-	8
2	Основы механики сплошной среды. Законы сохранения и определяющие уравнения	1	1		-	8
3	Колебания	1	1		-	8
4	Волны. Ударные волны	1	1		-	8
	Итого:	**4**	**4**		**-**	**32**

4.3. Содержание лекционного курса

Тема 1. **Основы механики сплошной среды. Описание движения. Деформации и напряжения.** Концепция сплошной среды. Описание движения по Эйлеру и Лагранжу. Вектор перемещения. Деформации и скорости деформации. Тензоры конечных деформаций Грина и Альманси, линейный тензор малых деформаций Коши. Тензор и вектор поворота. Напряженное состояние. Вектор и тензор напряжений Коши. Уравнения равновесия и симметрия тензора напряжений.

Тема 2. **Основы механики сплошной среды. Законы сохранения и определяющие уравнения.** Законы сохранения массы, количества движения, момента количества движения и механической энергии. Элементы термодинамики. Термодинамические переменные и функции состояния. Законы термодинамики. Переход механической и тепловой энергий. Термические и калорические уравнения состояния. Замыкание основной системы уравнений. Определяющие уравнения и модели сред. Уравнения для линейно упругого тела. Модули упругости изотропного тела.

Тема 3. **Колебания.** Динамические процессы. Колебательные и волновые движения. Общая постановка динамической задачи теории упругости. Уравнения Ламе. Свободные и вынужденные колебания. Собственные частоты и формы колебаний. Резонанс. Нахождение собственных частот. Метод Рэлея-Ритца. Модальный анализ в программах МКЭ.

Тема 4. **Волны. Ударные волны.** Общая информация о волнах и волновых процессах. Собственные волны. Фазовая и групповая скорость. Нормальные волны. Стационарные и нестационарные волны. Распространение плоских волн в неограниченной упругой среде. Формулы для скорости продольных и поперечных волн в упругой изотропной среде. Распространение упругих волн в полуограниченном пространстве. Поверхностные волны Рэлея. Поверхностные акустические волны. Волны Лява и Стоунли. Распространение упругих волн в ограниченных телах. Волны Лэмба в пластинках. Продольные, изгибные и крутильные волны в тонких стрежнях. Технические, приближенные и точные теории. Зависимость скоростей от длин волн. Сильные и слабые разрывы. Понятие об ударной волне. Распад произвольного разрыва. Контактный разрыв и волна разряжения. Условия совместности Ренкина-Гюгонио. Понятие об ударной адиабате. Уравнение состояния при высоких давлениях. «Холодная» и «тепловая» составляющие. Баротропное уравнение. Уравнения Альтшуллера и Осборна. Плоские ударные волны. Задача о распаде разрыва при ударе. Структура упругопластической волны. Предел Гюгонио.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий.

Аудиторные (лекционные) занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемно-ориентированного обучения. Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Цели настоящей дисциплины достигаются за счет большой доли самостоятельной (внеаудиторной) работы аспирантов. Она состоит в проработке лекционного материала и дополнительного по заданию преподавателя материала из литературы, а также в подготовке к практическим занятиям.

6. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Цель контроля – получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости аспиранта, т.е. проверка усвоения учебного материала, *регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся*

организован как устный групповой опрос (УГО).

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний.

6.2. Промежуточная аттестация

Зачет по дисциплине осуществляется в конце 1-го семестра. Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой.

Оценивание обучающегося осуществляется с использованием нормативных оценок на зачете – зачтено (не зачтено).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка зачета (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
Зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует уверенное знание содержания тем и владеет основными понятиями учебной дисциплины, знает особенности колебательных процессов, упругих и ударных волн в твердом теле, имеет представление о методах расчета собственных частот твердых тел и скоростей упругих волн в неограниченной среде, а также в пластинках и стержнях, владеет математическим аппаратом решения динамических задач. Информирован и способен делать анализ проблем и намечать пути их решения.
Не зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области динамических задач механики деформируемого твердого тела. Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и или не в состоянии наметить пути их решения.

6.3. Список вопросов для промежуточного аттестации

1. Концепция сплошной среды.
2. Эйлеровы и Лагранжевы подходы к описанию течения сред.
3. Выражения для компонент тензора деформаций через компоненты тензора перемещений
4. Тензор скоростей деформаций. Тензор вихря.
5. Вектор напряжений и тензор истинных напряжений Коши.
6. Уравнение неразрывности в подходах Эйлера и Лагранжа.
7. Уравнение движения и закон сохранения моментов количества движения.
8. Первый и второй законы термодинамики.
9. Определяющие уравнения.
10. Модель упругого изотропного тела. Упругие модули.
11. Полная система уравнений.
12. Проблема замыкания системы динамических уравнений.
13. Стационарные и нестационарные динамические процессы и волны.
14. Калорические и термические уравнения состояния.
15. Общие сведения о колебаниях и волнах.
16. Общая постановка динамических задач. Уравнения Ламе.
17. Свободные колебания. Собственные частоты и формы.
18. Вынужденные колебания. Резонанс.
19. Нахождение собственных частот. Неравенство Рэлея и метод Ритца.
20. Общая информация о волновых процессах.
21. Продольные и поперечные волны в неограниченной среде.
22. Поверхностные волны Рэлея.
23. Поверхностные акустические волны.
24. Волны Лэмба в пластинах.
25. Волны в тонких стержнях.
26. Понятие об ударной волне.
27. Условия Ренкина-Гюгонио и понятие об ударной адиабате.
28. Уравнения состояния при высоких давлениях.
29. Методы расчета распада произвольного разрыва.
30. Плоские упругопластические волны, предел Гюгонио.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Список литературы

Основная

1. Папуша А.Н. Механика сплошных сред. – М.: ИКИ, 2011. – 688 с.
2. Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред. – М.: URSS, 2010. – 206 с.
3. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. 3-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2008. – 656 с.
4. Орленко Л.П. Физика взрыва и удара. – М.: Физматлит, 2008. – 304 с.
5. Аптуков В.Н., Фонарев А.В. Численное моделирование процессов ударного и взрывного деформирования элементов конструкций и грунтов. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2009. – 221 с.
6. Кукуджанов В.Н. Компьютерное моделирование деформирования, повреждаемости и разрушения неупругих материалов и конструкций. Учебное пособие. – М.: МФТИ, 2008. – 215 с.

Дополнительная

7. Седов Л.И. Механика сплошной среды. – СПб.: Лань, 2004. – т. 1, 2. – 528 с.
8. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. – М.: Наука, 1971. – 552с.
9. Гринченко В.Т., Мелешко В.В. Гармонические колебания и волны в упругих телах. — Киев: Наук. думка, 1981. — 284 с.

10. Горшков А.Г., Медведский А.Л., Рабинский Л.Н., Тарлаковский Д.В. Волны в сплошных средах: Учеб. пособ.: Для вузов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.
11. Рыскин Н.М., Трубецков Д.И. Нелинейные волны: Учеб. пособие для вузов. — М.: Наука. Физматлит, 2000. — 272 с.
12. Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В., Соловьев В.С., Сысоев Н.Н. Ударные и детонационные волны. Методы исследования. — 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 376 с.
13. Куликовский А.Г., Свешникова Е.И. Нелинейные волны в упругих средах. — М.: Московский лицей, 1998. —412 с.
14. Уилкинс М.Л. Расчет упругопластических течений // Вычислительные методы в гидродинамике. – М.: Мир, 1967. - 212-263 с.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ИФПМ СО РАН располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы. Есть компьютеры, оснащенные выходом в Интернет и в локальную сеть Института, а также принтеры, сканеры и ксероксы. Программы пакета Microsoft Office, Adobe Reader, WinDjView.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№	Дата внесения изменения	Текст изменения	Подпись лица, внесшего изменение