


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматизации и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ИАПУ ДВО РАН)

«СОГЛАСОВАНО»

Зам. директора по научно-образовательной деятельности,
ученый секретарь, к.т.н.

 С.Б. Змеу

«29» декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН
член-корреспондент РАН

 Р.В. Ромашко

«29» декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

Теория пластичности

**Группа научных специальностей 1.1 - «Математика и механика»
научная специальность «Механика деформируемого твердого тела»
Основная образовательная программа «Механика деформируемого твердого тела»**

Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК) ИАПУ ДВО РАН

курс 2 семестр 4
лекции 18 час. / 0.5 з.е.
практические занятия – 18 час. / 0.5 з.е.
лабораторные работы – нет
всего часов аудиторной нагрузки 36 (час.) / 1.0 з.е.
самостоятельная работа 20 (час.) / 0.56 з.е.
контрольные работы – нет
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены.
зачет 4 семестр
экзамен _____ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации и срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 № 951.

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК ИАПУ ДВО РАН, протокол № 3 от «17» ноября 2021 г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составитель: чл.-корр. РАН, д-р физ.- мат. наук Л.В. Ковтанюк

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Теория пластичности» предназначена для аспирантов, обучающихся по основной образовательной программе «Механика деформируемого твердого тела» и входит в число дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по группе научных специальностей 1.1 – «Математика и механика» и научной специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела» и учебный план подготовки аспирантов по научной специальности «Механика деформируемого твердого тела».

Цель - научить математической постановке задач теории пластичности, анализу дифференциальных уравнений равновесия и движения и их решению, методам их интегрирования.

Задачи:

1. Ознакомление с теорией течения, деформационной теорией пластичности, понятием длительной прочности.
2. Ознакомление с теориями старения, упрочнения, методами определения времени разрушения конструкций и с механическими моделями деформируемого тела.
3. Формирование умения внедрять результаты научно-технических разработок в реальный сектор проектирования конструкций.

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины
Универсальные компетенции:

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.

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК - 1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

Профессиональные компетенции:

ПК - 1 Способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, с целью установления законов деформирования, повреждения и разрушения материалов; выявлять новые связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования;

ПК - 2 Способность самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению краевых задач механики деформируемого твердого тела;

ПК - 3 Способность овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований процессов деформирования; планировать и проводить эксперименты; интерпретировать экспериментальные данные; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов.

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

знать:

- методы реализации научно-исследовательской деятельности в области

математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий

- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов.

- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях

уметь:

- планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

- использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.

- использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения.

владеть:

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики деформируемого твердого тела

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях.

I. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 час.)

МОДУЛЬ 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ (10 час.)

Тема 1. Введение. (2 час.)

Задачи курса, его структура. Исторические сведения. Экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в металлах и твердых сплавах. Напряжения, деформации, скорости деформаций и их инварианты. Основные теоретические соотношения между напряжениями и деформациями за пределами упругости.

Тема 2. Модели твердых тел. (4 час.)

Понятие простого нагружения. Схематизация диаграмм деформирования. Модели идеального упругопластического и жесткопластического тела. Критерий текучести и поверхность текучести в пространстве напряжений. Критерий Треска, критерий Мизеса, критерий максимального приведенного напряжения. Геометрическая интерпретация условий текучести в пространстве главных напряжений. Условие полной пластичности Хаара-Кармана. Модели упрочняющегося упругопластического и жесткопластического тела. Функция нагружения и поверхность нагружения. Упрочнение и разрушение. Параметры упрочнения.

Тема 3. Теория течения (2 час.)

Теория пластического течения. Принцип Мизеса, постулат Друккера. Ассоциированный закон пластического течения. Теория скольжения. Краевые задачи теории течения. Теоремы единственности. Вариационные принципы теории течения.

Тема 4. Теория предельного равновесия (2 час.)

Теория предельного равновесия. Статическая и кинематическая теоремы теории предельного равновесия. Верхние и нижние оценки. Примеры.

МОДУЛЬ 2. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ (8 час.)

Тема 1. Теория малых упругопластических деформаций. (2 час.)

Теорема Ильюшина о простом нагружении. Теория пластического течения. Связь между теориями при простом нагружении.

Тема 2. Система уравнений теории пластичности. (2 час.)

Условия на границе, разделяющей упругую и пластическую зоны. Методы решения задач теории пластичности. Методы дополнительных напряжений, дополнительных деформаций и переменных параметров упругости. Вариационные принципы в теории малых упругопластических деформаций и их применение при решении задач. Анализ неустойчивости процессов деформирования.

Тема 3. Энергетические теоремы и экстремальные принципы. (2 час.)

Использование уравнения Ламе. Система уравнений Бельтрами. Общая характеристика современного состояния вопросов решения задач теории упругости.

Тема 4. Теория и методы расчета предельного состояния различных элементов машиностроительных конструкций. (2 час.)

Кинематическая и статическая теоремы и их применение к оценке предельных нагрузок элементов конструкций.

II. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ (18 час.)

Занятие 1. Теория упругопластического деформирования для стержней. (2 часа)

1. Нахождение главных направлений и главных значений декартова тензора.
2. Доказательство ортогональности главных значений тензора.

Занятие 2. Теория упругопластического деформирования для пластин. (4 часа)

1. Определение вектора напряжения в заданной точке пластины.
2. Определение тензора напряжений.

Занятие 3. Теория упругопластического деформирования для оболочек. (4 часа)

1. Нахождение поверхности напряжения Коши для заданных состояний напряжения.

2. Определение главных напряжений и главных осей тензора напряжений.
3. Вычислить инварианты тензора напряжений.
4. Определение максимального касательного напряжения в заданной точке.

Занятие 4. Задачи с осевой и центральной симметрией. (4 часа)

1. Разложение тензора напряжений.
2. Определение главных напряжений для заданного напряжённого состояния.

Занятие 5. Общие методы решения задач пластичности: метод начальных напряжений, метод начальных деформаций, метод переменных параметров упругости (семинар с представлением докладов). (4 часа)

1. Применение метода начальных напряжений.
2. Оптимизация вычислений пластических деформаций.
3. Сведение решения задач деформационной теории пластичности к решению последовательности обычных задач упругости.

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

ВОПРОСЫ К ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМУ ЗАЧЕТУ

1. Интенсивность касательных деформаций.
2. Интенсивность касательного напряжения.
3. Условия пластичности Треска - Сен-Венана, Мизеса, приведенного напряжения
4. Теория течения. Ассоциированный закон течения.
5. Деформационная теория пластичности.
6. Основные соотношения М. Леви и Р. Мизеса.
7. Основные соотношения Г. Генки.
8. Постулат Друкера.
9. Теорема единственности задачи теории пластичности.
10. Экстремальные принципы для жестко - пластического тела.
11. Полная система уравнений равновесия для теории течения.
12. Полная система уравнений равновесия для деформационной теории.
13. Граничные условия и условия непрерывности на границе упругой и пластической
14. Упруго-пластическое равновесие цилиндрической трубы (несжимаемый материал)
15. Упруго - пластическое равновесие цилиндрической трубы (сжимаемый материал).
16. Упруго - пластическое равновесие кольцевого диска (несжимаемый материал).
17. Упруго - пластическое равновесие кольцевого диска (сжимаемый материал).
18. Упруго - пластическое равновесие сферического сосуда (несжимаемый материал).
19. Упруго - пластическое равновесие сферического сосуда (сжимаемый материал).
20. Упруго - пластическое состояние вращающегося диска
21. Жестко - пластическое состояние вращающегося диска.
22. Упруго - пластическое кручение стержней. Основные определения.
23. Упруго - пластическое кручение стержней эллиптического сечения.
24. Упруго - пластическое кручение стержней круглого сечения.
25. Плоская теория пластичности. Линии скольжения.
26. Свойства линий скольжения.
27. Полная система уравнений равновесия плоской теории упругости.
28. Основные краевые задачи плоской теории упругости.
29. Упруго - пластическое растяжение плоскости с круговым отверстием.
30. Решения Прандтля о вдавливании плоского штампа.
31. Решения Хилла о вдавливании плоского штампа.
32. Давление на полуплоскость выпуклого и вогнутого штампов.
33. Внедрение в полуплоскость клинообразных штампов.

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература (печатные и электронные издания)

1. Ишлинский А.Ю. Математическая теория пластичности [Электронный ресурс]/ Ишлинский А.Ю., Ивлев Д.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.— 702 с. <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Ивлев Д.Д. Механика пластических тел. М.: Физматлит. 2001. – 445 с.
Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН
3. Ивлев Д.Д. Механика пластических сред. Том 1. Теория идеальной пластичности [Электронный ресурс]/ Ивлев Д.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.— 448 с. <http://www.iprbookshop.ru/>

11. Зубчанинов В.Г. Устойчивость и пластичность. Том 2. Пластичность [Электронный ресурс]/ Зубчанинов В.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.— 336 с <http://www.iprbookshop.ru/>