

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Национальный исследовательский университет
Новосибирский государственный университет
Механико-математический факультет**

УТВЕРЖДАЮ

«_____» _____ 201__ г.

Рабочая программа дисциплины
Введение в механику сплошных сред

Направление подготовки

Профиль подготовки

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Новосибирск 2010

Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Программирование II» является частью математического цикла ООП. Дисциплина реализуется на Механико-математическом факультете Национального исследовательского университета Новосибирский государственный университет кафедрой Теоретической механики ММФ НИУ НГУ.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением и использованием математических моделей теории упругости и пластичности, гидродинамики идеальной и вязкой жидкости, а также дозвуковой и сверхзвуковой газовой динамики.

Дисциплина нацелена на формирование общекультурных компетенций ОК-6, ОК-8, ОК-11, ОК-12, профессиональных компетенций ПК-12, ПК-20, ПК-21, ПК-25, ПК-29 выпускника.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, подготовка и сдача семестрового задания.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме опроса на практических занятиях, промежуточный контроль в форме сдачи семестрового задания. Итоговый контроль в форме экзамена. Формы рубежного контроля определяются решениями Ученого совета, действующими в течение текущего учебного года.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2,5 зачетных единицы, 92 академических часа. Программой дисциплины предусмотрены 36 часов лекционных и 18 часов практических занятий, а также 36 часов самостоятельной работы студентов. Остальное время – контроль в форме контрольной и зачета.

1. Цели освоения дисциплины

Курс «Введение в механику сплошных сред» ставит своей целью усвоение студентами понятий, связанных с математическими моделями упругого и упруго-пластического тела, гидродинамики идеальной и вязкой жидкости, а также газовой динамики; развивает базовые навыки в области теории упругости и пластичности, механики сплошных сред несжимаемых и сжимаемых жидкостей, обобщенных движений газа, сильных и слабых разрывов.

Первый раздел данного курса «Упругость и пластичность» знакомит студентов с основным инструментарием механики сплошных сред: тензорами деформации и напряжения, связи между ними. В курсе выводятся уравнения равновесия упругопластических тел, обсуждается постановка различных типов граничных условий, решаются конкретные задачи об изгибе и кручении бруса, о вдавливании штампа.

Второй раздел данного курса «Гидродинамика» знакомит студентов с понятиями идеальной и вязкой жидкости. Значительное внимание уделяется выводу из интегральных законов сохранения замкнутой системы уравнений Эйлера и Навье-Стокса, постановке граничных и начальных условий, формулировке и доказательству теорем, методологии решения конкретных задач обтекания тел идеальной и вязкой жидкостью, а также волновых движений. В практической части курса даются навыки использования общей методологии при решении стационарных и нестационарных задач гидродинамики.

Третий раздел данного курса «Газовая динамика» знакомит студентов с расширением гидродинамических представлений на случай сжимаемых жидкостей – газов. Материал дает представление об элементах термодинамики, обобщенных движениях газа с сильными и слабыми разрывами, характеристиках уравнений газовой динамики, одномерных неустановившихся газа. Практические занятия проводятся с использованием общей методологии при решении конкретных газодинамических задач.

В целом изучение данной дисциплины служит достижению понимания концептуального единства математических моделей теории упругости и пластичности, гидродинамики идеальной и вязкой жидкостей, а также газовой динамики, при всем имеющемся их разнообразии в конкретных разделах механики сплошных сред.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Введение в механику сплошных сред» является частью математического цикла ООП.

Дисциплина «Введение в механику сплошных сред» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Теоретическая механика;
- Дифференциальные уравнения;
- Уравнения математической физики;
- Математическое моделирование.

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Волны в сплошных средах;
- Групповой анализ дифференциальных уравнений;
- Уравнения Навье-Стокса.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

- общекультурные компетенции: ОК-6, ОК-8, ОК-11, ОК-12;
- профессиональные компетенции: ПК-12, ПК-20, ПК-21, ПК-25, ПК-29.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- знать основные понятия механики сплошных сред, базовые математические модели и типы дифференциальных уравнений, описывающих поведение

упругопластических сред, гидродинамику идеальной и вязкой жидкости, а также дозвуковые и сверхзвуковые течения сжимаемых сред – газов;

- уметь анализировать уравнения и замыкающие соотношения, связанные с качественным анализом гидродинамических и газодинамических структур, понимать физические различия в постановке граничных условий на твердой стенке и на свободной поверхности для идеальной и вязкой жидкости, разбираться в ударно-волновых структурах и определении газодинамических параметров за фронтом ударных волн для конкретных газов;
- владеть навыками решения задач теории упругости и пластичности, гидро- и газодинамики, встречающихся в курсе.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2,5 зачетные единиц, 92 часа.

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-----------|---|---------|-----------------|--|-------------|----------------|---------------|-------|---|
| | | | | Лекция | Лаб. работа | Самост. работа | Контр. работа | Зачет | |
| 1. | Теория упругости и пластичности | | | | | | | | |
| 1.1. | Тензор деформаций. Приведение к главным осям. Относительные удлинения. Малые деформации. Тензор напряжений. Свойство симметрии. Уравнения равновесия упругого тела. Граничные условия. | 5 | 1 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 1.2. | Связь тензоров напряжений и деформаций в случае изотропного тела. Закон Гука. Уравнения равновесия в терминах перемещений. Связь тензоров напряжений и деформаций в общем случае упругого тела. Упругая энергия и потенциал деформаций. | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 1.3. | Линейная теория упругости для анизотропного тела. Постановка краевой задачи теории упругости. Однородная деформация. Задача о растяжении стержня. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона. | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 1.4. | Динамическая задача теории упругости. Распространение плоских волн в неограниченной упругой среде. Кручение и изгиб прямого бруса. Постановка задачи. Полуобратный метод Сен-Венана. Задача об изгибе бруса приложенным моментом. | 5 | 4 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 1.5. | Задача о кручении бруса приложенным моментом. Теория пластичности. Диаграмма напряжение-деформация для упруго-пластического тела. Способы аппроксимации. | 5 | 5 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 1.6. | Идеальная пластичность. Поверхность текучести и ее свойства. Условия пластичности Мизеса и Треска. Связь напряжений и скоростей деформаций для пластического тела. Принцип максимума. Постановка задачи упругопластичности. | 5 | 6 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 1.7. | Уравнения плоской задачи идеальной пластичности. Задача Прандтля о вдавливании гладкого штампа в пластическое полупространство. | 5 | 7 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 2. | Гидродинамика | | | | | | | | |
| 2.1. | Эйлеров и лагранжев способы описания движения. Формула Эйлера для якобиана отображения эйлеровых координат в лагранжевы. Интегральные законы | 5 | 8 | 2 | 2 | 2 | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----------|--|---|----|-----------|-----------|-----------|----------|----------|--|
| | сохранения. | | | | | | | | |
| 2.2. | Теорема переноса. Вывод дифференциальных уравнений движения жидкости. Связь между тензорами напряжений и скоростей деформаций. Постулаты Стокса. Идеальная и вязкая жидкости. Постановка начально-краевой задачи. | 5 | 9 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 2.3. | Идеальная баротропная жидкость. Ротор скорости. Циркуляция. Теорема Кельвина о сохранении циркуляции. Вихревой слой, вихревая нить и вихревая трубка. Теорема Гельмгольца. | 5 | 10 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 2.4. | Спиральность. Теорема о сохранении спиральности. Топологическая природа спиральности. Интегралы уравнений Эйлера. Уравнения в форме Громеки-Ламба. Интеграл Бернулли. Интеграл Коши-Лагранжа. | 5 | 11 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 2.5. | Плоские потенциальные течения идеальной жидкости. Комплексный потенциал. Примеры: равномерный поток, обтекание угла, источник и сток, точечный вихрь. Плоская задача обтекания потоком идеальной жидкости. Теорема Блазиуса. Теорема Жуковского. Парадокс Даламбера. | 5 | 12 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 2.6. | Волновые движения идеальной жидкости. Задача Коши-Пуассона. Линейная задача о волновых движениях идеальной жидкости. Дисперсионное соотношение. Описание движения частиц в линейных волнах. Групповая и фазовая скорости распространения волн. Предельные случаи глубокой и мелкой воды. | 5 | 13 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 2.7. | Динамика вязкой жидкости. Коэффициенты вязкости. Уравнения Навье-Стокса. Постановка начально-краевой задачи. Законы подобия физических процессов. Числа Рейнольдса и Фруда. Влияние вязкости на движения жидкости. Диссипация энергии. Задача об обтекании сферы потоком вязкой жидкости в приближении Стокса. | 5 | 14 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 3. | Газовая динамика | | | | | | | | |
| 3.1. | Уравнения одномерной нестационарной газовой динамики. Скорость звука. Инварианты Римана. Простые волны Римана в одномерных движениях газа. Теорема о примыкании одномерного движения к покою. Пример: задача о выдвигании поршня. | 5 | 15 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 3.2. | Уравнение для внутренней энергии в идеальном газе. Движения газа с сильными разрывами. Обобщенные решения. | 5 | 16 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 3.3. | Условия на сильном разрыве в идеальном газе. Классификация разрывов. Условия Ренкена-Гюгонио. Основные свойства ударных волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена. | 5 | 17 | 2 | 0 | 2 | | | |
| 3.4. | Задача о распаде разрыва. Метод (u,p) – диаграмм. (u,p) – диаграммы ударных волн и простых волн Римана. Схема Годунова. | 5 | 18 | 2 | 2 | 2 | | | |
| | | | | 36 | 18 | 36 | 0 | 0 | |

5. Образовательные технологии

Лекционная форма обучения предусматривает использование современных демонстрационных возможностей для облегчения понимания основных закономерностей механики сплошных сред (теории упругости и пластичности, гидродинамики и газовой динамики). Практические занятия преследуют цель закрепления навыков, необходимых для выполнения самостоятельной работы по освоению предмета.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по

итогам освоения дисциплины

Самостоятельная работа обучающегося происходит в виде домашнего и индивидуального семестрового задания. (Задачи для домашнего задания предлагаются из сборника задач по пройденной теме данной дисциплины). Контроль выполнения: в начале каждого семинарского занятия - анализ решения домашних задач обучающимися у доски. Проверка индивидуального семестрового задания осуществляется в конце семестра.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. М.: Физматлит, 2003. Т. VII. Теория упругости.
2. А. Ю. Ишлинский, Д. Д. Ивлев. *Математическая теория пластичности*. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. М.: Физматлит, 2003 Т. VI. Гидродинамика.
4. С. А. Ждан, В. П. Рябченко, В. М. Тешуков *Лекции по гидродинамике*. Уч. пособие. НГУ, 2002.
5. Рябченко В.П., Карabut Е.А. Задачи по гидродинамике. Уч. пособие. НГУ, 2002.
6. Дж. Е. Марсен, А. Чорин. *Математические основы механики жидкости*. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004.
7. Л. В. Овсянников *Лекции по основам газовой динамики*. Москва–Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003.

б) дополнительная литература:

1. Бетчелор Дж.К. Введение в динамику жидкости. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004.
2. Серрин Дж. Математические основы классической механики жидкости. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
3. Валандер С.В. Лекции по гидроаэродинамике: Учебное пособие / Под ред. Н.Н. Полякова. -2-е изд.. СПб, Изд-во С. Петербургского университета, 2005.
4. Горелов Д.Н. Теоретическая гидромеханика. Краткий курс. Омск: Омский гос. ун-т, 2000.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Доска, мел.
- Ноутбук, медиа-проектор, экран.
- Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и **ПрООП ВПО**.

Автор: _____ Головин Сергей Валерьевич
к.ф.-м.н., доцент ММФ НГУ
с.н.с. ИГиЛ СО РАН

Рецензент (ы) _____

Программа одобрена на заседании _____
(Наименование уполномоченного органа вуза (УМК, НМС, Ученый совет)

от _____ года, протокол № _____