

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, НГУ)**

Утверждаю:

« _____ » _____ 201__ г.

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Рабочая программа дисциплины

ВВЕДЕНИЕ В МЕХАНИКУ СПЛОШНЫХ СРЕД

Направление подготовки

010200 – «Математика и компьютерные науки»

Квалификация (степень)

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Новосибирск – 2014 год

Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Введение в механику сплошных сред» является частью математического цикла ООП по направлению подготовки 010200 – «Математика и компьютерные науки», все профили подготовки. 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 3 зачетных единицы, 54 аудиторных академических часа.

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

механического цикла ООП по направлению подготовки 010200 – «Математика и компьютерные науки», все профили подготовки.

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

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

Результаты освоения дисциплины «Введение в механику сплошных сред» 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 единицы, 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	Лабор. работа	Самост. работа	Контр. работа	Зачет		
1.	Теория упругости и пластичности									
	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				
	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				
	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				
	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				
	Задача о кручении бруса приложенным моментом. Теория пластичности. Диаграмма напряжение-деформация для упруго-пластического тела. Способы аппроксимации.	5	5	2	0	2				
	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				
	Уравнения плоской задачи идеальной пластичности. Задача Прандтля о вдавливании гладкого штампа в пластическое полупространство.	5	7	2	0	2				
2.	Гидродинамика									
	Эйлеров и лагранжевы способы описания движения. Формула Эйлера для якобиана отображения эйлеровых координат в лагранжевы. Интегральные законы сохранения.	5	8	2	2	2				
	Теорема переноса. Вывод дифференциальных уравнений движения жидкости. Связь между тензорами напряжений и скоростей деформаций.	5	9	2	0	2				

	Постулаты Стокса. Идеальная и вязкая жидкости. Постановка начально-краевой задачи.								
	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			
	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			
	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			
	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			
	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								
	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			
	Уравнение для внутренней энергии в идеальном газе. Движения газа с сильными разрывами. Обобщенные решения.	5	16	2	2	2			
	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			
	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	18	0	36	

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., Карабут Е.А. Задачи по гидродинамике. Уч. пособие. НГУ, 2002.
6. Дж. Е. Марсден, 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 по направлению 010200 – «Математика и компьютерные науки».

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

Рецензент (ы) _____

Программа одобрена на заседании _____
от _____ года, протокол № _____