

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический универси-
тет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ


Проректор по УР
А.В. Бурмистров
« 12 » 09 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ДВ.6.1 «Механика сплошных сред»

Специальность 21.05.04 «Горное дело»

Специализация «Взрывное дело»

Квалификация (степень) выпускника ГОРНЫЙ ИНЖЕНЕР (СПЕЦИАЛИСТ)

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет ИХТИ, ФЭМИ

Кафедра-разработчик рабочей программы ТТХВ

Курс 3, семестр 6

| | Часы | Зачетные единицы |
|------------------------------------|------|------------------|
| Лекции | 36 | 1 |
| Практические занятия | | |
| Семинарские занятия | | |
| Лабораторные занятия | 36 | 1 |
| Самостоятельная работа | 72 | 2 |
| Форма аттестации – зачет с оценкой | | |
| Всего | 144 | 4 |

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования №1298 от 17.10.2016 года по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Взрывное дело», на основании учебного плана набора обучающихся 2017 года. Типовая программа по дисциплине Б1.В.ДВ.6.1 «Механика сплошных сред» отсутствует.

Разработчик программы:

доцент каф. ТТХВ
(должность)


(подпись)

И.Г.Бекбулатов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТТХВ, протокол № 1 от 3.09.2018г.

Зав. кафедрой ТТХВ


(подпись)

В.Я.Базотов

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания учебно-методической комиссии ИХТИ от 12.09.2018г. № 8.

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

В.Я. Базотов

Начальник УМЦ


(подпись)

Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются изучение основных принципов построения моделей конкретных сплошных сред.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Механика сплошных сред» относится к вариативной части ООП и формирует у обучающихся по специальности подготовки 21.05.04 «Горное дело» специализации «Взрывное дело» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской и проектной профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Механика сплошных сред» обучающийся по направлению подготовки 21.05.04 «Горное дело» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.Б.7 Математика
- б) Б1.Б.9 Физика
- в) Б1.Б.16.1 Теоретическая механика
- г) Б1.Б.16.2 Соппротивление материалов

Дисциплина «Механика сплошных сред» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) Б1.Б.27 Геомеханика
- б) Б1.Б.30.2 Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании

Знания, полученные при изучении дисциплины «Механика сплошных сред», могут быть использованы при прохождении производственной и преддипломной практик, а также при подготовке отчетов по ним и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки специалистов 21.05.04 «Горное дело».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

Общепрофессиональные:

1. (ОПК-6) готовностью использовать научные законы и методы при оценке состояния окружающей среды в сфере функционирования производств по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а

также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.

2. (ОПК-9) владением методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений.

Профессиональные:

1. (ПК-1) владением навыками анализа горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

а) основные гипотезы, лежащие в основе построения механики сплошных сред;

б) два основных способа описания движения сплошной среды, основные характеристики напряженно-деформируемого состояния сплошной среды;

в) интегральную и дифференциальную формы законов сохранения, законы термодинамики.

2) Уметь:

а) строить полные системы уравнений, описывающих поведение конкретной среды, ставить для них краевые и начальные условия;

б) выбрать метод решения поставленной задачи.

3) Владеть:

- умением правильного выбора определяющих соотношений, соответствующих сути рассматриваемого натурального явления.

- навыками самостоятельного решения задач механики сплошной среды.

4. Структура и содержание дисциплины «Механика сплошных сред»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов.

Распределение нагрузки для очной формы обучения:

| № п/п | Раздел дисциплины | Всего часов на раздел | Семестр | Виды учебной работы (в часах) | | | | Информационные и другие образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса | Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам |
|-------|---|-----------------------|---------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----|--|--|
| | | | | Лекции | Семинар (Практические занятия) | Лабораторные работы | СРС | | |
| 1 | Р.1 Физические законы и постановка задач механики сплошной среды. Гипотеза сплошности. Кинематика сплошной среды | 13 | 6 | 4 | | 4 | 5 | Лекция, лабораторная работа, расчетно-графическая работа. | Выполнение лабораторной работы №1 |
| 2 | Р.2 Силы и напряжения в сплошной среде. Тензор напряжений | 13 | 6 | 4 | | 4 | 5 | Лекция, лабораторная работа, расчетно-графическая работа. | Выполнение лабораторной работы №1 |
| 3 | Р.3 Интегральные законы сохранения сплошной среды. Дифференциальные законы сохранения сплошной среды. | 13 | 6 | 4 | | 4 | 5 | Лекция, лабораторная работа, расчетно-графическая работа. | Защита лабораторной работы №1 |
| 4 | Р.4 Тензор деформаций. Тензор скоростей деформаций | 13 | 6 | 4 | | 4 | 5 | Лекция, лабораторная работа, расчетно-графическая работа. | Выполнение лабораторной работы № 2 |
| 5 | Р.5 Математическая модель идеальной жидкости. Основы газовой динамики. | 13 | 6 | 4 | | 4 | 5 | Лекция, лабораторная работа, расчетно-графическая работа. | Защита лабораторной работы № 2, прием расчетно-графической работы №1 |
| 6 | Р.6 Математическая модель вязкой жидкости. | 13 | 6 | 4 | | 4 | 5 | Лекция, лабораторная работа, расчетно-графическая работа. | Выполнение лабораторной работы № 3 |
| 7 | Р.7 Математическая модель линейного упругого тела. | 13 | 6 | 4 | | 4 | 5 | Лекция, лабораторная работа, расчетно-графическая работа. | Защита лабораторной работы №3 |
| 8 | Р.8 Основные понятия механики многофазных сред. | 13 | 6 | 4 | | 4 | 5 | Лекция, лабораторная работа, расчетно-графическая работа. | Выполнение лабораторной работы № 4 |
| 9 | Р.9 Дифференциальные, интегральные законы сохранения многофаз- | 13 | 6 | 4 | | 4 | 5 | Лекция, лабораторная работа, расчетно-графическая | Защита лабораторной работы № 4, прием расчетно- |

| | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----|--|----|--|----|-----------------|-----------------------|
| | ных сред. | | | | | | работа. | графической работы №2 |
| Итого | | 117 | | 36 | | 36 | 45 | |
| Форма аттестации | | | | | | | Зачет с оценкой | |

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций.

| № п/п | Раздел дисциплины | Часы | Тема лекционного занятия | Краткое содержание | Формируемые компетенции |
|-------|---|------|---|--|-------------------------|
| 1 | Р.1 Физические законы и постановка задач механики сплошной среды. Гипотеза сплошности. Кинематика сплошной среды | 4 | Т.1 Физические законы и постановка задач механики сплошной среды. Гипотеза сплошности. Кинематика сплошной среды | Гипотеза сплошности. Кинематика сплошной среды. Методы описания движения сплошной среды. Локальная и субстанциональная производная. Скалярные и векторные поля. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 2 | Р.2 Силы и напряжения в сплошной среде. Тензор напряжений. | 4 | Т.2 Силы и напряжения в сплошной среде. Тензор напряжений | Силы и напряжения в сплошной среде. Тензор напряжений. Определение тензора второго ранга. Общее определение тензора. Обозначение тензоров. Алгебраические операции над тензорами. Геометрическая интерпретация тензоров второго ранга. Линейная векторная функция и тензор второго ранга. Главные значения и главные направления симметричного тензора второго ранга. Силы и напряжения в сплошной среде. Принцип напряжений Коши. Теорема о напряженном состоянии в точке сплошной среды. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 3 | Р.3 Интегральные законы сохранения сплошной среды. Дифференциальные законы сохранения сплошной среды. | 4 | Т.3 Интегральные законы сохранения сплошной среды. Дифференциальные законы сохранения сплошной среды. | Интегральные законы сохранения сплошной среды. Закон сохранения массы. Закон сохранения количества движения. Закон изменения момента количества движения. Закон сохранения энергии. Закон баланса энтропии. Дифференцирование по времени интеграла, взятого по подвижному (материальному) объему. Дифференциальные законы сохранения сплошной среды. Уравнение неразрывности (закон сохранения массы). Уравнение неразрывности для трубки тока. Уравнение неразрывности (закон сохранения массы) в переменных Лагранжа. Уравнения движения в напряжениях. Уравнения движения в напряжениях для трубки тока. Закон сохранения количества движения для трубки тока. Закон изменения момента количества движения (закон парности касательных напряжений). Закон сохранения энергии. Закон сохранения энергии для трубки тока. Теорема об изменении кинетической энергии (теорема живых сил). Теорема живых сил для трубки тока. Уравнение притока тепла. Система уравнений движения сплошной среды. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 4 | Р.4 Тензор деформаций. Тензор скоростей деформаций | 4 | Т.4 Тензор деформаций. Тензор скоростей деформаций | Тензор деформаций. Тензор скоростей деформаций. Деформация малой частицы. Теорема Гельмгольца. Тензор деформаций. Геометрический смысл компонент тензора деформаций. Инварианты тензора деформаций. Кубическое (объемное) расширение. Теорема Коши-Гельмгольца. Тензор скоростей деформаций. Геометрический смысл компонент тензора деформаций. Главные компоненты тензора скоростей деформаций. Инварианты тензора скоростей деформаций. Скорость кубического (объемного) расширения. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 5 | Р.5 Математическая модель идеальной жидкости. Основы газовой динамики. | 4 | Т.5 Математическая модель идеальной жидкости. Основы газовой динамики. | Математическая модель идеальной жидкости. Математическая модель идеальной несжимаемой жидкости. Уравнения Эйлера в форме Громеко-Ламда. Интеграл Бернулли. Частные виды интеграла Бернулли. Интеграл Коши –Лагранжа идеальной жидкости. Частные виды интеграла Коши–Лагранжа. Потенциальные течения баротропной идеальной жидкости. Малые возмущения состояния идеальной жидкости. Основы характеристики газа. Адиабата Пуассона. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|--|---------------------|
| | | | | <p>Адиабатическая скорость звука. Законы сохранения для газа в дифференциальной постановке. Интеграл Бернулли установившегося движения газа. Интеграл Бернулли изометрического течения газа. Интеграл Бернулли адиабатического течения газа.</p> <p>Одномерное движение газа в трубе переменного сечения. Уравнение баланса энергии вдоль линии тока. Число Маха. Критические параметры. Уравнение Гюгонио. Изозэнтропические формулы для газа. Газодинамическая функции.</p> <p>Истечение газа через сходящиеся насадки. Расчетные и нерасчетные режимы течения. Расчет истечения без учета сжимаемости газа. Адиабатическое течение с трением в трубе постоянного сечения.</p> <p>Скорость распространения волн малых возмущений в газе. Простые волны. Распространение волн конечной интенсивности. Волны Римана. Ударные волны. Соотношения на скачке. Адиабата Гюгонио. Косой скачок уплотнения. Задача о распаде произвольного разрыва</p> | |
| 6 | Р.6 Математическая модель вязкой жидкости. | 4 | Т.6 Математическая модель вязкой жидкости. | <p>Вязкая жидкость. Тензор напряжений в вязкой жидкости. Ньютоновская жидкость. Уравнения движения вязкой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Закон сохранения энергии для вязкой жидкости. Работа внутренних сил. Уравнение притока тепла.</p> <p>Понятие ламинарного и турбулентного течения. Прямолинейное движение вязкой несжимаемой жидкости по призматическим трубам. Прямолинейное течение между двумя параллельными стенками. Прямолинейное течение в осесимметричных трубах (течение Пуазейля). Течение в межтрубном пространстве.</p> <p>Гидравлические приложения теории вязкой жидкости. Расчет трубопроводов. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Виды потерь напора. Расчет трубопроводов.</p> | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 7 | Р.7 Математическая модель линейного упругого тела. | 4 | Т.7 Математическая модель линейного упругого тела. | <p>Определение упругого тела. Закон Гука. Постановка статических задач линейной теории упругости. Уравнение совместности деформаций. Постановка статистических задач линейной теории упругости в перемещениях. Постановка статистических задач линейной теории упругости в напряжениях.</p> <p>Простейшие случаи упругого равновесия. Растяжение стержня под действием осевой силы. Растяжение стержня под действием собственного веса. Деформации и напряжения, возникающие в круглой трубе под воздействием внутреннего и внешнего давления.</p> | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 8 | Р.8 Основные понятия механики многофазных сред. | 4 | Т.8 Основные понятия механики многофазных сред. | <p>Введение в механику многофазных сред. Классификация многофазных сред. Метод объемного осреднения, как способ введения параметров двухфазного континуума. Определение N фазного континуума. Параметры многофазного континуума. Законы сохранения для многофазного континуума. Интегральные уравнения изменения массы фаз и смеси в целом.</p> | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 9 | Р.9 Дифференциальные, интегральные законы сохранения многофазных сред. | 4 | Т.9 Дифференциальные, интегральные законы сохранения многофазных сред. | <p>Интегральные уравнения движения фаз. Дифференциальные уравнения движения фаз и смеси в целом. Тензор напряжений в фазах.</p> <p>Кинетическая, внутренняя и полная энергии фаз. Интегральные уравнения полной энергии фаз. Межфазный теплообмен. Фазовое равновесие. Дифференциальные уравнения полной энергии фаз и смеси в целом.</p> | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |

6. Содержание семинарских, практических занятий (лабораторного практикума). Не предусмотрено учебным планом.

7. Содержание лабораторных занятий.

Студенты выполняют четыре лабораторные работы по основным разделам курса, читаемого в шестом семестре. Каждая лабораторная работа содержит цель работы, постановку задачи, алгоритм решения задачи, задание на выполнение работы и содержание пояснительной записки.

| № п/п | Разделы дисциплины | Часы | Наименование лабораторной работы | Формируемые компетенции |
|-------|--|------|--|-------------------------|
| 1 | Р.1- Р.3. Интегральные, дифференциальные законы сохранения сплошной среды. | 9 | Л.1. Лабораторное занятие № 1. Применение уравнений сохранения при изучении течения несжимаемой жидкости. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 2 | Р.3- Р.5. Математическая модель идеальной жидкости. Основы газовой динамики. | 9 | Л.2. Лабораторное занятие № 2. Применение уравнений сохранения при изучении течения сжимаемого газа. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 3 | Р.5- Р.7. Математическая модель вязкой жидкости. Модель линейного упругого тела. | 9 | Л.3. Лабораторное занятие № 3. Расчет стационарного течения в газодинамическом сопле Лавалья. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |
| 4 | Р.7- Р.9. Модель линейного упругого тела. Дифференциальные, интегральные законы сохранения многофазных сред. | 9 | Л.4. Лабораторное занятие № 4. Применение метода характеристик для расчета нестационарных течений сжимаемого газа. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |

Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории кафедры ТТХВ без использования специального оборудования.

8. Самостоятельная работа специалиста.

| № п/п | Темы, выносимые на самостоятельную работу | Часы | Форма СРС | Формируемые компетенции |
|-------|---|------|--|-------------------------|
| 1 | Р.1- Р.5. Законы сохранения сплошной среды, Тензор скоростей деформаций, модель идеальной жидкости. Основы газовой динамики. | 36 | Подготовка к практическому занятию (проработка теоретического материала и рекомендованной литературы) и к зачету, выполнение расчетно-графической работы №1. | ОПК-6, ПК-9, ПК-1. |
| 2 | Р.5- Р.9. Математическая модель вязкой жидкости. Математическая модель линейного упругого тела. Основные понятия механики многофазных сред. | 36 | Подготовка к практическому занятию (проработка теоретического материала и рекомендованной литературы) и к зачету, выполнение расчетно-графической работы №2. | ОПК-6, ОПК-9, ПК-1. |

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Механика сплошных сред» используется балльно-рейтинговая система.

Применение рейтинговой системы осуществляется согласно «Положения о балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов в КНИТУ», специально разработанной для данной дисциплины, с учетом значимости и трудоемкости выполняемой учебной работы.

После окончания семестра, на основании семестровой составляющей (которая распределяется по семестру равномерно), студент, набравший от 60 до 100

баллов и успешно сдавший экзамен, получает зачет с оценкой. Студент набравший менее 60 баллов, считается неуспевающим.

Обязательным условием для получения положительной оценки, является выполнение студентом предусмотренных настоящей рабочей программой всех видов контроля: выполнение и защита лабораторных работ, выполнение и защита расчетно-графических работ. Текущий рейтинг студентов по дисциплине складывается из оценки следующих видов контроля:

| Оценочные средства | Кол-во | Min, баллов | Max, баллов |
|-----------------------------|--------|-------------|-------------|
| Лабораторная работа | 4 | 36 | 60 |
| Расчетно-графическая работа | 2 | 24 | 40 |
| Итого: | | 60 | 100 |

Пересчет рейтинга в традиционную и международную оценки системы оценки знаний производится в соответствии с установленной шкалой, приведенной в таблице.

| Оценка | Итоговая сумма баллов | Оценка (ECTS) |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Отлично (5) | 87- 100 | Отлично (A) |
| Хорошо (4) | 83-86 | Очень хорошо (B) |
| | 78-82 | Хорошо (C) |
| | 74-77 | Удовлетворительно (D) |
| 68-73 | | |
| Удовлетворительно (3) | 60-67 | Посредственно (E) |
| | Неудовлетворительно (2) Не зачтено | Ниже 60 |

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Механика сплошных сред» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

| Источники информации | Кол-во экз. |
|--|--|
| 1. В.Г. Черняк. Механика сплошных сред: учебное пособие для вузов : ФИЗМАТЛИТ, 2006 . | ЭБС «КнигаФонд» <URL: http://www.knigafund.ru/books/106350 > доступ с любой точки интернета после регистрации с IP – адресов КНИТУ. |
| 2. А.Г. Горшков. Основы тензорного анализа и механика сплошной среды [Учебники] : Учебник для студ.вузов, обуч.по машиностр.напр. / Ин-т проблем механики; Под ред.Д.М.Климова .— М. : Наука, 2000 .— 214 с. | 10 экз. в УНИЦ КНИТУ |
| 3. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1978. – 736 с. | 26 экз. в УНИЦ КНИТУ |

10.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| Источники информации | Кол-во экз. |
|--|---------------------|
| 1. П.К. Рашевский. Риманова геометрия и тензорный анализ. Ч.1 : Евклидовы пространства и аффинные пространства. Тензорный анализ. Математические основы специальной теории относительности /.— 8-е изд., обновл. — М. : УРСС, 2014 .— 343 с. | 1 экз. в УНИЦ КНИТУ |
| 2. П.К. Рашевский. Риманова геометрия и тензорный анализ. Ч.2 : Римановы пространства и пространства аффинной связности. Тензорный анализ. Математические основы общей теории относительности .— 8-е изд., обновл. — М. : УРСС, 2014 .— 334 с. | 1 экз. в УНИЦ КНИТУ |

10.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Механика сплошных сред» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

1. Научная Электронная Библиотека (НЭБ) – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
2. ЭБС «Юрайт» – Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru>
3. ЭБС «IPRbooks» – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>
4. Ruslan.kstu.ru - Электронный каталог УНИЦ КНИТУ
5. ЭБС «Университетская библиотека Онлайн» – Режим доступа: <http://biblioclub.ru>
6. ЭБС «Консультант студента. Студенческая электронная библиотека»
Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
7. ЭБС«Znanium.com» - <http://znanium.com>

Согласовано:
Зав. сектором ОКУФ



11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

1. Лекционные занятия:

- а) комплект электронных презентаций/слайдов,
- б) аудитории (И1-209), оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

2. Лабораторные занятия

Проводятся в традиционной форме.

13. Образовательные технологии

При обучении дисциплине «Механика сплошных сред» могут быть использованы следующие инновационные образовательные технологии:

- лекции-визуализации (с использованием иллюстрационного материала в виде компьютерных презентаций) на основе методов анализа реальных ситуаций и проблемного изложения учебного материала (предполагающего постановку преподавателем проблемных вопросов и задач с последующим их решением на основании сравнения различных подходов);

- лабораторные занятия в традиционной форме и с элементами решения проблемных задач на основе исследовательского подхода (преподавателем проводится постановка задачи, краткий инструктаж, после чего обучающиеся самостоятельно решают поставленную задачу, обобщая лекционный и практический материал) с последующим обсуждением результатов работы в студенческих учебных подгруппах. Часы для занятий, проводимых в интерактивных формах, не предусмотрено учебным планом.