

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

УТВЕРЖДЕНО

Решением Ученого совета инженерно-физического факультета высоких технологий)

от « 24 » мая 2023 г. Протокол № 10

Председатель В. В. Рыбин
(подпись)

«25» мая 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

| | |
|-------------|--|
| Дисциплина: | «Многофазные потоки в трубопроводе» . |
| Факультет | Инженерно-физический факультет высоких технологий |
| Кафедра, | Нефтегазовое дело и сервис |
| Курс | 3 |

Направление (специальность) **21.03.01 «Нефтегазовое дело»**

код направления, полное наименование)

Направленность (профиль): **Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти**

Форма обучения – **очная, заочная, очно-заочная**

Дата введения в учебный процесс УлГУ: **« 01 » сентября 2023 г.**

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № от

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № от

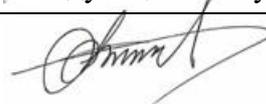
.Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № от

Сведения о разработчиках:

| Ф.И.О. | Кафедра | Должность,ученая степень, звание |
|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Буров Дмитрий Олегович | Нефтегазового дела и сервиса | Старший преподаватель |

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой



А.И.Кузнецов/

(ФИО)

(Подпись)

« 12 » мая 2023 г.

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины - формирование у студентов базовых знаний по математическому моделированию процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа и расширение представлений о структуре и свойствах транспортируемых потоков, подходах и методах их гидродинамической оценки. При изучении дисциплины обеспечивается фундаментальная подготовка по основным законам механики и термодинамики, определяющих движение жидкостей и газов в трубах.

Задачи освоения дисциплины - ознакомление студентов с основными принципами построения системы подготовки, выполнять простые и усложненные тепло и гидравлические расчеты трубопроводов, транспорта и хранения скважинной продукции;

- получения навыков решения теоретических задач по определению условий и режимов транспорта углеводородов с учетом их физико-химических свойств;
- формирование навыков оптимального и рационального использования современных технологий подготовки, транспорта и хранения скважинной продукции;
- применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина «Многофазные потоки в трубопроводе» относится к вариативной части (дисциплины по выбору) Блока 1 – дисциплины (модули). Дисциплина изучается на 3-м курсе в 5-м семестре и базируется на дисциплинах: Математика, Физика, Геология и Литология, Гидравлика и Подземная гидродинамика, Физика нефтегазового пласта и предшествует изучению специальных дисциплин: «Интерпретация результатов гидродинамических исследований», «Моделирование разработки нефтяных месторождений», «Управление разработкой нефтяных месторождений».

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций

| Код и наименование реализуемой компетенции | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций |
|--|--|
|--|--|

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

| | |
|---|---|
| <p>ПК-2 Способность осуществлять оперативное сопровождение технологических процессов добычи нефти, газа и газового конденсата</p> | <p>Знать:- нормативные правовые документы регулирующие проведение исследований скважин и пластов -особенности применения отечественных и импортных глубинных приборов - Уметь: переформулировать программу исследования при возникновении непредвиденных обстоятельств ; - описать результаты исследований и представить их заказчику в согласованном формате. Владеть: навыками проведения качественных исследований скважин и пластов в соответствии с регламентами и инструкциями</p> |
| <p>ПК-10 Способность осуществлять оперативный контроль потоков углеводородного сырья и режимов работы технологических объектов и управление ими в границах зоны обслуживания организации нефтегазовой отрасли;</p> | <p>Знать: нормативные правовые документы регулирующие проведение исследований скважин и пластов ; -особенности применения отечественных и импортных глубинных приборов - Уметь: описать технические средства и технологию расшифровки показаний автономных глубинных приборов ; Владеть: -навыками использования современных технологий исследования скважин и пластов в различных геолого-технических условиях</p> |

4.ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1.Объем дисциплины в зачетных единицах – 3 зачётные единицы

4.2 Объем дисциплины и виды учебной работы

Форма обучения: очная

| Вид учебной работы | Количество часов (форма обучения очная) | | | |
|---|--|---------------------|-----------------------------|--|
| | Всего по плану | в т.ч. по семестрам | | |
| 1 | | 5 | - | |
| Контактная работа обучающегося с преподавателем в соответствии с УП | 54 | 54 | | |
| Аудиторные занятия: | 54 | 54 | | |
| - лекции | 36 | 36 | | |
| - практические и семинарские занятия | 18 | 18 | | |
| Самостоятельная работа | 54 | 54 | | |
| Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов) | устный опрос, собеседование | - | устный опрос, собеседование | |

| | | | | | |
|--|------------|------------|---|--|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | | Форма | | |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | | | | |
| Курсовая работа | - | - | - | | |
| Виды промежуточного контроля (экзамен, зачет) | зачёт | зачёт | | | |
| Всего часов по дисциплине | 108 | 108 | | | |

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения»;

Форма обучения: очно-заочная

| Вид учебной работы | Количество часов (форма обучения очно-заочная) | | | |
|---|--|---------------------|-----------------------------|--|
| | Всего по плану | в т.ч. по семестрам | | |
| | | 6 | - | |
| 1 | | | | |
| Контактная работа обучающегося с преподавателем в соответствии с УП | 16 | 16 | | |
| Аудиторные занятия: | 16 | 16 | | |
| - лекции | 8 | 8 | | |
| - практические и семинарские занятия | 8 | 8 | | |
| Самостоятельная работа | 92 | 92 | | |
| Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов) | устный опрос, собеседование | - | устный опрос, собеседование | |
| Курсовая работа | - | - | - | |
| Виды промежуточного контроля (экзамен, зачет) | Зачёт | Зачёт | | |
| Всего часов по дисциплине | 108 | 108 | | |

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения»;

Форма обучения: заочная

| Вид учебной работы | Количество часов (форма обучения заочная) | | | |
|---|---|---------------------|---|--|
| | Всего по плану | в т.ч. по семестрам | | |
| | | 3 | - | |
| 1 | | | | |
| Контактная работа обучающегося с преподавателем в соответствии с УП | 10 | 10 | | |
| Аудиторные занятия: | 10 | 10 | | |
| - лекции | 4 | 4 | | |
| - практические и семинарские занятия | 6 | 6 | | |
| Самостоятельная работа | 94 | 94 | | |

| | | | | | |
|---|-----------------------------|------------|-----------------------------|--|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | | Форма | | |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | | | | |
| Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов) | устный опрос, собеседование | - | устный опрос, собеседование | | |
| Курсовая работа | - | - | - | | |
| Виды промежуточного контроля (экзамен, зачет) | Зачёт (4) | Зачёт (4) | | | |
| Всего часов по дисциплине | 108 | 108 | | | |

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения»;

4.3 Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная

| Название и разделов и тем | Всего | Виды учебных занятий | | | | | Самостоятельная работа | Форма текущего контроля знаний |
|---|------------|----------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|--------------------------------|
| | | Аудиторные занятия | | | | | | |
| | | лекции | практические занятия, семинары | Лабораторная работа | Занятия в интерактивной форме | | | |
| Тема 1. 1 Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе | 24 | 6 | 4 | | | 14 | Устный опрос | |
| Тема 2. Феноменологическая теория многоскоростного континуума | 26 | 12 | 4 | | 2 | 16 | Устный опрос | |
| Тема 3. Перемещение нефти по трубам. Инженерные методы | 30 | 10 | 6 | | 2 | 12 | Устный опрос | |
| Тема 4 Численные методы, компьютерные Численные методы, компьютерные методики расчета нефтегазовых задач | 28 | 8 | 4 | | 1 | 12 | Устный опрос | |
| Итого | 108 | 36 | 18 | | 5 | 54 | | |

Форма обучения: очно – заочная

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

| Название и разделов и тем | Всего | Виды учебных занятий | | | | | |
|--|------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| | | Аудиторные занятия | | | | Самостоятельная работа | Форма текущего контроля знаний |
| | | лекции | практические занятия, семинар | Лабораторная работа | Занятия в интерактивной форме | | |
| Тема 1. 1 Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе | 24 | 2 | 2 | | | 24 | Устный опрос |
| Тема 2. Феноменологическая теория многоскоростного континуума | 26 | 2 | 2 | | 2 | 24 | Устный опрос |
| Тема 3. Перемещение нефти по трубам. Инженерные методы | 30 | 2 | 2 | | 2 | 24 | Устный опрос |
| Тема 4 Численные методы, компьютерные Численные методы, компьютерные методики расчета нефтегазовых задач | 28 | 2 | 2 | | - | 20 | Устный опрос |
| зачет | | | | | | | |
| Итого | 108 | 8 | 8 | | 4 | 92 | |

Форма обучения: заочная

| Название и разделов и тем | Всего | Виды учебных занятий | | | | | |
|--|-------|----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| | | Аудиторные занятия | | | | Самостоятельная работа | Форма текущего контроля знаний |
| | | лекции | практические занятия, семинар | Лабораторная работа | Занятия в интерактивной форме | | |
| Тема 1. 1 Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе | 24 | 2 | - | | | 24 | Устный опрос |

| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | | | | Форма | | |  |
|--|------------|----------|----------|-------|----------|-----------|---|
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | | | | | | |
| Тема 2. Феноменологическая теория многоскоростного континуума | 26 | - | 2 | | 2 | 24 | Устный опрос |
| Тема 3. Перемещение нефти по трубам. Инженерные методы | 30 | 2 | 2 | | 2 | 24 | Устный опрос |
| Тема 4 Численные методы, компьютерные Численные методы, компьютерные методики расчета нефтегазовых задач | 24 | - | 2 | | - | 22 | Устный опрос |
| зачет | 4 | | | | | | |
| Итого | 108 | 4 | 6 | | 4 | 94 | |

5.СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тема 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Лекция 1.1 Предмет, цель, задачи, структура курса и его связь с дисциплинами физико-химического профиля курсами специальности “проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ”.

Перечень дисциплин, изучение которых необходимо для усвоения вопросов курса. Области приложения механики многофазных сред. Теоретические модели, схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики многофазных сред

Лекция 1.2 Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания физических явлений, свойств, взаимодействий и движений материальных сред.

Достоинства и недостатки. Проблема моделирования многофазных сред. Масштабы, микропараметры и микроуравнения. Уравнения для локальных параметров на межфазной поверхности. Осредненные параметры гетерогенной среды. Основные свойства осредненных величин. Система осредненных уравнений.

Тема 2.Феноменологическая теория многоскоростного континуума

Лекция 2.1. Вводные положения. Основные понятия и определения

Кинематические характеристики движения и их свойства: скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, главные оси тензоров, вектор вихря, потенциал и циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды. Многокомпонентные и многофазные среды, дисперсные системы. Главные допущения в математическом моделировании процессов переноса в гомогенных и гетерогенных смесях. Многоскоростной континуум, модель раздельного движения взаимопроникающих континуумов. Различие многокомпонентной и многофазной среды. Реальные и условные фазы.

Лекция 2.2 Элементы термодинамики двухфазных сред, схематизация газожидкостных систем, структура и формы движения двухфазных потоков

Волновые процессы в газожидкостных средах. Основные законы термодинамики двухфазных сред. Равновесие фаз: тепловое и динамическое. Состояние устойчивого, неустойчивого и метастабильного равновесия сред. Изотермические и неизотермические течения. Скорость звука в

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

двухфазных жидкостях. Тепломассообмен и гидродинамика в трубах с двухфазными потоками. Межфазный массообмен и фазовые переходы. Конденсация и испарение. Связь теории устойчивости и флуктуаций. Гетерогенные флуктуации и кинетическое уравнение конденсации.

Скорость образования ядер конденсации, роль твердых поверхностей, ограничивающих движение смесей. Стабильный и нестабильный конденсат. Гомогенный и гетерогенный режимы фазовых переходов. Основные представления термогидродинамики многофазных сред.

Лекция 2.3 Математическая формулировка процессов переноса в однофазных и многофазных средах.

Свойства изотропии и анизотропии. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред. Предпосылки при выводе уравнений сохранения. Характеристики смеси: плотность, скорость (барицентрическая, среднемассовая, диффузионная); субстанциональные производные составляющих смеси и среды в целом. Простейшие модели материальных сред. Идеальная жидкость.

Уравнения Эйлера. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации. Возникновение вихрей. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Модели жидких и газообразных сплошных сред: вязкая, несжимаемая, ньютоновская, упругая, с тепловым расширением, совершенного и реального газов. Уравнения движения и сплошности в форме Эйлера в однофазной области для многокомпонентной смеси. Смеси с реагирующими компонентами. Векторы потоков диффузии. Понятие о массовых и поверхностных, внутренних и внешних силах. Тензор напряжений и его свойства. Механическое взаимодействие на границе раздела фаз. Скачок давления на границе раздела фаз. Уравнение сохранения количества движения в потоке многофазной среды. Уравнение сохранения полной энергии. Кинетическая энергия и уравнение кинетической энергии для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Коэффициенты молекулярного переноса и различные формы уравнений Стефана-Максвелла. Краевые условия на непроницаемых поверхностях, условия сопряжения. Дифференциальные уравнения одномерного течения смеси в каналах постоянного поперечного сечения.

Лекция 2.4 Диффузионное (одножидкостное) приближение для гомогенных смесей.

Особенности математического описания гетерогенных смесей. Межфазный обмен импульсом и энергией. Термодинамические уравнения состояния фаз, работа внутренних сил. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Вектор потока тепла и температуры. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы для притока тепла. Различные частные процессы: нестационарный, изотермический, адиабатический.

Лекция 2.5 Система уравнений N-фазной смеси вязких сжимаемых (несжимаемых) фаз с общим давлением, поверхности разрыва.

Энтропия, некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция и производство энтропии в двухфазной среде с фазовыми переходами. Основные макроскопические механизмы диссипации. Термодинамические силы и потоки. Уравнения Онзагера. Принципы взаимности, симметрии Кюри

Лекция 2.6 Методы усреднения параметров течения жидкости и газа.

Элементы теории вычисления осредненных по межфазной поверхности параметров в уравнениях механики гетерогенных сред. Уравнения, описывающие эволюцию осредненных параметров межфазной поверхности и их вычисление в случае, когда межфазная поверхность есть поверхность несжимаемой ньютоновской жидкости. Граничные условия а межфазной поверхности для локальных параметров в случае несжимаемых фаз. Система уравнений механики гетерогенных сред в криволинейной ортогональной системе координат в случае, когда межфазной поверхностью является поверхность раздела несжимаемых ньютоновских жидкостей. Теория размерности в динамике однофазных и многофазных сред.

Лекция 2.7 Физическое подобие, моделирование.

Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Размерные и безразмерные величины. Первичные и вторичные единицы измерения. Величины

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

с зависимыми и независимыми размерностями. Формула размерности. Основные теоремы теории подобия. П–теорема, ее значение в вопросах математического моделирования. Сущность физического моделирования. Примеры моделирования с использованием метода подобия в решении задач о течении вязкой жидкости в трубах и каналах, тепловых процессов в трубах. Общий метод приведения системы определяющих уравнений к безразмерному виду. Критерии и числа подобия в математической модели, уравнения подобия. Автомодельные движения. Течения в трубах. Модели и методы. Физические особенности каналовых течений одно- и многофазных сред, качественные эффекты влияния вязкости. Сопротивление частиц в несущем потоке. Силы, действующие на частицу в потоке жидкости. Проблема гидродинамической устойчивости. Уравнения Орра-Зоммерфельда. Теоремы Сквайра, Рэля о кривизне профиля скорости и устойчивости потока. Равномерное и неравномерное движение. Течение Пуазейля. Понятие о пограничном слое. Уравнение Прандтля. Гидродинамика и теплообмен при ламинарном течении вязкого потока в круглой трубе произвольного поперечного сечения с учетом (или без) действия внешних сил.

Лекция 2.8 Турбулентные движения.

Опыт Рейнольдса. Осреднение характеристик турбулентного движения. Уравнения Рейнольдса. Современные методы моделирования и расчета турбулентных потоков инертных и реагирующих однофазных и многофазных сред. Особенности моментного метода, моделирования крупных вихрей, прямого численного моделирования, стохастической теории. Пристеночная турбулентность.

Лекция 2.9 Управление интегральными параметрами течения и тепломассообмена

Роль аналитических и численных методов. Моделирование низкорейнольдсовых течений. Многопараметрические модели турбулентного переноса импульса, тепла и массы. Уравнения баланса турбулентной кинетической энергии двухфазного потока и скорости ее диссипации. Микро- и макротурбулентные пульсации в газожидкостных потоках. Математические модели течений жидкости и газа в трубопроводе.

Лекция 2.10 Установившееся и неустановившееся течение слабосжимаемой системы жидкость-газ в трубопроводе постоянного и переменного поперечного сечений.

Распространение волн в трубопроводе. Гидравлическое сопротивление трения. Пробковая, расслоенная структуры течения и основные критерии подобия. Гидравлический удар, условия возникновения воздушных и водных “пробок”, методы борьбы с ними. Потери на трение, местные сопротивления. Течения с неполным заполнением поперечного сечения трубопровода. Аналогия с русловыми течениями.

Тема 3. Перемещение нефти по трубам. Инженерные методы.

Технологический расчет трубопровода.

Лекция 3.1 Уравнение Бернулли для участка трубопровода.

Законы трения, базисные формулы. Гидравлический уклон, влияние геометрии на режим течения, самотечные участки нефтепровода. Гидравлический расчет нефтепровода при движении смеси нефти и газа. Специальные методы транспорта высоковязких и застывающих нефтей: изменения релогии, физические, физико-химические, химические. Последовательная перекачка нефтепродуктов. Математическое моделирование смесеобразования, рост объема смеси, интегральное содержание нефтей в смеси.

Лекция 3.2 Тепловой и гидравлический расчет неизотермических трубопроводов.

Характерная и вероятностная температуры. Коэффициент теплопередачи от нефтепродукта в трубопроводе в окружающую среду. Коэффициент теплоотдачи посредством конвекции от нефтепродукта к вертикальной и горизонтальной стенке. Критические параметры и критерии подобия (Re , Gr , Ar , Ra , Pr , Pe , Zh , St , Nu , cf). Длины начальных участков и участков установления параметров течения и теплообмена в режимах течения нефтепродукта: ламинарном, турбулентном. Потери напора на трение и тепло-

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

отдачу в данных режимах течения нефти в трубопроводе.

Лекция 3.3 Структура газожидкостных течений и области их существования

Пробковая и расслоенная структура газожидкостной среды в горизонтальных и наклонных трубах. Зона кольцевой структуры течения смеси в горизонтальных и наклонных трубах. Газожидкостные потоки в вертикальных трубах. Закономерности изменения газосодержания в газожидкостных смесях при пробковой структуре в условиях переменности угла наклона трубы, числа Рейнольдса, теплофизических свойств компонентов смеси. Интегральные параметры при пробковой и кольцевой структуре течения смеси. Расслоенное течение жидкости и газа в цилиндрических трубах. Постановка задачи для ламинарного и турбулентного потоков. Основные уравнения. Локальные скорости и объемные расходы. Расчетные зависимости для структуры при восходящем и нисходящем течениях. Области существования расслоенного течения. Осредненные и пульсационные скорости, касательные напряжения, их корреляционный анализ. Масштабы турбулентности.

Лекция 3.4 Методы гидравлического и теплового расчета горизонтальных и рельефных трубопроводов.

Оценка динамики, трения и теплообмена в прямоточном, закрученном ламинарном и турбулентном потоках.

Тема 4. Численные методы, компьютерные методики расчета нефтегазовых задач

Лекция 4.1. Введение в численные методы. Основные определения теории разностных схем и методов численного анализа явлений.

Численное дифференцирование и вычислительная погрешность формул расчета. Сетка, дискретизация, схема, разностные уравнения, порядок и ошибка аппроксимации, сходимость решений. Приемы построения и исследования разностных операторов. Устойчивость. Основные теоремы устойчивости и сходимости. Явная и неявная схема. Метод Зейделя решения нелинейных уравнений. Конечно-разностные методы. Примеры исследования разностной схемы для уравнений в частных производных: параболический, гиперболический и эллиптический тип. Условие Куранта, Фридрихса и Леви (КФЛ), необходимое для устойчивости явной разностной схемы. Принцип максимума. Схемы и методы решения дифференциальных уравнений о течении смесей жидкостей и газов в трубопроводах.

Лекция 4.2 Методы решения системы ЛАУ с трехдиагональной матрицей.

Матричная прогонка для многомерных задач. Простейшие схемы дробных шагов: продольно-поперечная прогонка и стабилизирующая поправка. Схемы расщепления оператора по пространственным переменным. Понятие о методах конечных элементов, контрольного объема, алгоритме SIMPLE при численном моделировании сложных процессов переноса тепла, массы.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Данный вид работы не предусмотрен УП

7.ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)

Лабораторная работа №1.Исследование скважин методом последовательной смены установившихся притоков.

Цель исследования. Определение коэффициента продуктивности скважин, гидропроводности и проницаемости призабойной части пласта .

Содержание. Исследование скважины методом смены установившихся притоков; построение индикаторной кривой; определение коэффициента продуктивности скважины; определение коэффициента гидропроводности пласта и проницаемости пласта.

Результат лабораторной работы. Определение динамического уровня в скважине; определение

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

дебита скважины; определение среднего значения дебита скважины.

Лабораторная работа №2. Определение параметров пласта по кривой восстановления давления (КВД) в возмущающей скважине.

Цель исследования. Ознакомление с методом обработки кривых восстановления давления в скважине. определение гидропроводности, проницаемости и пьезопроводности; определение приведенного радиуса скважины.

Содержание. Технология получения кривой восстановления давления в промышленных условиях сводится к прекращению отбора жидкости из скважины или остановки откачиваемого жидкость насоса. За изменением забойного давления после остановки скважины следят по приборам.

Результат лабораторной работы. Измерение восстановления давления в скважине

Лабораторная работа №3 Определение параметров пласта по результатам гидродинамического взаимодействия скважин (гидропрослушивания)

Цель исследования. Определение коллекторных свойств пласта методом гидропрослушивания.

Содержание. По данным снятых показаний пьезометром на некотором расстоянии от скважины строится кривая гидропрослушивания и по ней определяются параметры пласта пьезопроводности и проницаемости.

Результат лабораторной работы. Обработка кривой гидропрослушивания и определение пьезопроводности и проницаемости пласта.

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)

1. Сжимаемая и несжимаемая жидкость.
2. Плотность потока энтропии.
3. Поток энергии. Поток импульса, тензор плотности потока импульса.
4. Уравнение Эйлера.
5. Идеальная жидкость.
6. Закон Архимеда.
7. Уравнение Навье-Стокса.
9. Кинематическая, динамическая вязкость.
10. Ламинарное течение несжимаемой жидкости. Число Рейнольдса.
11. Точные решения уравнения движения несжимаемой жидкости: одномерное течение между двумя параллельными плоскими стенками, течение по трубе.
12. Закон Гука.
13. Деформация прямоугольного параллелепипеда.
14. Деформация сдвига, задача о бруске с закрепленными боковыми границами.
15. Истечение жидкости из отверстий при постоянном напоре.
16. Истечение жидкости из отверстий при переменном напоре.

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019 г.).

Форма обучения – очная.

| Название разделов и тем | Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.) | Объем в часах | Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.) |
|--|---|------------------|--|
| 1 Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе | <ul style="list-style-type: none"> Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче экзамена | 24 | устный опрос, зачёт |
| 2. Феноменологическая теория много-скоростного континуума | <ul style="list-style-type: none"> Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче экзамена | 26 | устный опрос, зачёт |
| 3. Перемещение нефти по трубам. Инженерные методы | <ul style="list-style-type: none"> Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче экзамена | 30 | устный опрос, зачёт |
| 4 Численные методы, компьютерные | <ul style="list-style-type: none"> Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче экзамена | 28 | устный опрос, зачёт |
| Численные методы, компьютерные методики расчета нефтегазовых задач | <ul style="list-style-type: none"> Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; Подготовка к сдаче экзамена | | зачёт |

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная:

1. Белоусов, А. П. Оптическая диагностика многофазных потоков : учебное пособие / А. П. Белоусов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 227 с. — ISBN 978-5-7782-1696-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45126.html>
2. Нейланд, В. Я. Асимптотическая теория сверхзвуковых течений вязкого газа: учебное пособие / Нейланд В. Я., Боголепов В. В., Дудин Г. Н., Липатов И. И. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 456 с. - ISBN 5-9221-0469-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922104691.html>
3. Нефтегазовые технологии: физико-математическое моделирование течений : учебное пособие для вузов / А. Б. Шабаров [и др.] ; под редакцией А. Б. Шабарова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022 ; Тюмень : Тюменский государственный университет. — 215 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03665-7 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-400-00944-0 (Тюменский государственный университет). — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/498906>

дополнительная литература:

1. Айвазян, О. М. Основы гидравлики бурных потоков / О. М. Айвазян. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, Регулярная и хаотическая динамика, 2019. — 266 с. — ISBN 978-5-4344-0592-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91973.html>
2. Захаров, В. П. Быстрые химические реакции в турбулентных потоках / В. П. Захаров, А. А. Берлин, Г. С. Дьяконов, Р. Я. Дебердеев - Казань : Издательство КНИТУ, 2016. - 436 с. - ISBN 978-5-7882-1964-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788219646.html>
3. Комиссаров, Ю. А. Химическая технология: научные основы процессов ректификации. В 2 ч. **Часть 1** : учебное пособие для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 270 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05628-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515343>
Комиссаров, Ю. А. Химическая технология: научные основы процессов ректификации. В 2 ч. **Часть 2** : учебное пособие для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 416 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05629-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515480>
4. Многофазные испытательные стенды газожидкостных смесей: аппараты, аттестация, воспроизведение : монография / В. Н. Петров, Ю. К. Евдокимов, К. А. Левин [и др.]. — Казань : КНИТУ, 2022. — 196 с. — ISBN 978-5-7882-3181-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/330905>

учебно-методическая литература:

1. Германович П. К. Многофазные потоки в трубопроводе : методические указания к самостоятельной работе студентов бакалавриата очной формы обучения направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» / П. К. Германович; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/8415>

Согласовано:

Ведущий специалист ООП НБ УлГУ / Чамеева А.Ф. /  / _____ 2023 г.
(Должность работника научной библиотеки) (ФИО) (подпись) (дата)

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

б) программное обеспечение -----

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart: электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. –URL:<http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ :образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека :база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букар». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань:электронно-библиотечная система : сайт/ ООО ЭБС «Лань». –Санкт-Петербург, [2023]. –URL:<https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. –Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com:электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва :КонсультантПлюс, [2023].

3.Базы данных периодических изданий:

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»: электронная библиотека: сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL:<https://нэб.рф>. – Режим доступа: для пользователей научной библиотеки. –Текст : электронный.

5. Российское образование: федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Mega-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL:<http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа :для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Начальник ОАДД Тимкова Н.А. Дир - 15.05.2023г.

| | | |
|--|-------|---|
| Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет | Форма |  |
| Рабочая программа по дисциплине «Многофазные потоки в трубопроводе» | | |

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций и семинарских занятий, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Аудитории для практических занятий укомплектованы макетами и образцами оборудования. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

«В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей».

Разработчик _____

(подпись)

старший преподаватель

(должность)

Д. О. Буров

(ФИО)