

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра теоретической физики

Авторы-составители: **Марышев Борис Сергеевич**
Демин Виталий Анатольевич

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ
Код УМК 95920

Утверждено
Протокол №5
от «03» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Теория многокомпонентной фильтрации

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.04.02** Физика

направленность Физика акустических и гидродинамических волновых процессов

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Теория многокомпонентной фильтрации** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.02 Физика (направленность : Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)

ПК.1 Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики

Индикаторы

ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики

ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области физики

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.04.02 Физика (направленность: Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	5
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (5 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Теория многокомпонентной фильтрации (1 семестр)

Свойства и характеристики пористой среды

Пористая среда. Природа пористой среды. Пористость. Аналитическая теория пористой среды. Укладка шаров. Классификация пород. Их свойства по накоплению жидкостей. Залегание и миграция подземных жидкостей. Залегание газа и нефти.

Модель Дарси

Закон Дарси. Степень обоснованности модели. Проницаемость пористой среды. Измерение и вычисление проницаемости. Измерения пористости. Основные гидродинамические соотношения. Обобщённая форма закона Дарси. Уравнения движения жидкости. Граничные и начальные условия. Аналогия с другими физическими задачами. Недекартовы системы координат.

Эксплуатация скважин

Радиальное и несимметричное течение в скважину. Круговой питающий контур. Линейный питающий контур. Метод отражений. Метод сопряжённых функций. Общая теория потенциала. Теорема Грина. Группы скважин. Линейные ряды. Ограниченные группы скважин. Коэффициент полезного действия скважин.

Расчёт характеристик гидротехнических сооружений

Обтекание гидротехнических сооружений. Задачи о противодавлении на плотину. Фильтрационный расход под плотинами. Обтекание сооружений со шпунтами. Фильтрация из каналов.

Задача о взаимном вытеснении жидкостей

Многокомпонентная фильтрация несмешивающихся жидкостей. Граница раздела. Граничные условия. Взаимное вытеснение жидкостей различных вязкостей. Плоскопараллельная задача. Плоскорадиальная задача. Неустойчивость фронта вытеснения.

Конвекция в пористой среде

Устойчивость равновесия неравномерно нагретой жидкости в пористой среде. Возникновение конвективного течения. Влияние граничных условий. Особенности задачи конвекции в пористой среде. Косимметрия.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Молокович, Ю. М. Неравновесная фильтрация и ее применение в нефтепромысловой практике / Ю. М. Молокович. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 218 с. — ISBN 978-5-4344-0696-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/91966.html>
2. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 6 : Гидродинамика — 2001. — 736 с. — ISBN 5-9221-0121-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619860>

Дополнительная:

1. Квеско Б. Б. Основы геофизических методов исследования нефтяных и газовых скважин: Учебное пособие/Квеско Б. Б.-Москва:Инфра-Инженерия,2018, ISBN 978-5-9729-0208-8.-228.
<http://www.iprbookshop.ru/78226.html>
2. Мироненко В. А. Динамика подземных вод:учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Геология и разведка полезных ископаемых", специальности "Поиск и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания"/В. А. Мироненко.-Москва:Издательство Московского государственного горного университета,2001, ISBN 5-7418-0110-2.-519.-Библиогр.: с. 506-509

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

library.psu.ru/node/738 Электронные ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Теория многокомпонентной фильтрации** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: Электронные мультимедийные библиотеки и учебные пособия, в том числе предоставляемые научной библиотекой ПГНИУ и цифровой библиотекой ПГНИУ "ELiS":

- материалы базы ЭБС IPRbooks;
- материалы цифровой библиотеки «Библиотех»;
- Электронно-библиотечная система издательства «Лань».

Дополнительный перечень используемых информационных технологий определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с

доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Теория многокомпонентной фильтрации**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

Способен использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики</p>	<p>Знать основные понятия и определения, используемые в теории фильтрации. Уметь анализировать задачи эксплуатации скважин, обтекания сооружений. Владеть навыками описания изотермических фильтрационных течений.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные понятия и определения, используемые в теории фильтрации. Не умеет анализировать задачи эксплуатации скважин, обтекания сооружений. Не владеет навыками описания изотермических фильтрационных течений.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания основных понятий и определений, используемых в теории фильтрации. Демонстрирует частично сформированное умение анализировать задачи эксплуатации скважин, обтекания сооружений. Имеет представление о принципах описания изотермических фильтрационных течений.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных понятий и определений, используемых в теории фильтрации. В целом успешно, но с отдельными пробелами умеет анализировать задачи эксплуатации скважин, обтекания сооружений. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет навыками описания изотермических фильтрационных течений.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания основных понятий и определений, используемых в теории фильтрации. Сформированное умение анализировать задачи эксплуатации скважин, обтекания сооружений. Успешное и систематическое применение навыков описания изотермических фильтрационных течений</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области физики</p>	<p>Знать основные особенности описания многокомпонентной фильтрации. Иметь представление о теории устойчивости фронтов вытеснения. Владеть навыками исследования задач конвективной фильтрации.</p>	<p>Неудовлетворител Не знает основные особенности описания многокомпонентной фильтрации. Не умеет анализировать устойчивость фронтов вытеснения. Не владеет навыками исследования задач конвективной фильтрации.</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания теории многокомпонентной фильтрации. Демонстрирует частично сформированное умение анализировать устойчивость фронтов вытеснения. Имеет представление о подходах к исследованию задач конвективной фильтрации.</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания теории многокомпонентной фильтрации. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения анализировать устойчивость фронтов вытеснения. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методами исследования задач конвективной фильтрации.</p> <p>Отлично Сформированные систематические знания теории многокомпонентной фильтрации. Сформированное умение анализировать устойчивость фронтов вытеснения. Успешное и систематическое применение навыков исследования задач конвективной фильтрации.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Свойства и характеристики пористой среды Входное тестирование	Базовые законы гидродинамики. Элементы теории функций комплексного переменного
ПК.1.1 Определяет цели и задачи современных научных исследований в области физики	Эксплуатация скважин Письменное контрольное мероприятие	базовые понятия теории фильтрации жидкостей и газов в пористых средах; пористость, проницаемость, закон Дарси, закон Дарси-Форхгеймера, модель Бринкмана; течения к скважинам и системам скважин.
ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области физики	Задача о взаимном вытеснении жидкостей Письменное контрольное мероприятие	Основные законы многофазной фильтрации, движения несмешивающихся жидкостей в пористой среде, задачи о вытеснении; принципы расчёта гидротехнических сооружений, фильтрации под плотинами, шпунтами
ПК.1.2 Использует основные теоретические и экспериментальные подходы при решении поставленных задач в области физики	Конвекция в пористой среде Итоговое контрольное мероприятие	Конвекция жидкостей в пористой среде; механическое равновесие жидкостей в неизотермической пористой среде и его устойчивость; косимметрия.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Свойства и характеристики пористой среды

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Вычисление интеграла по контуру в комплексной плоскости	5
Уравнения Навье-Стокса. Уравнения неразрывности	5

Эксплуатация скважин

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Владеет навыками расчёта режимов скважин, имеет представление о гидравлических испытаниях скважин	5
Владеет навыками расчёта течений к единичным скважинам, к системам скважин	5
Умеет оценивать пределы применимости закона Дарси в средах с различными свойствами	5
Знает расширения закона Дарси, критерии их применения, умеет производить соответствующие оценки	5
Умеет находить поля скорости, давления, в системах с заданными свойствами среды и граничными условиями	5
Знает закон Дарси, понятия пористости и проницаемости, умеет находить их для модельных грунтов	5

Задача о взаимном вытеснении жидкостей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Владеет навыками исследования задачи о неустойчивости фронта вытеснения	5
Знает основные методы, владеет принципами расчёта обтекания гидротехнических сооружений.	5
Умеет решать задачи о взаимном вытеснении жидкостей различных вязкостей, ставить условия на границе раздела.	5
Знает основные принципы теории многокомпонентной фильтрации смешивающихся и несмешивающихся жидкостей	5
Умеет производить расчёт давления на плотину, потока под плотиной	5
Знает основные методы расчёта сооружений со шпунтами, фильтрации из каналов	5

Конвекция в пористой среде

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Владеет навыками анализа условий возникновения конвективного течения и развития течения	10
Имеет представление о явлении косимметрии	10
Имеет представление о влиянии граничных условий на устойчивость равновесия и динамику конвективных течений	10
Знает основные принципы теории конвективной устойчивости. Умеет определять условия равновесия жидкостей и газов в неизотермической пористой среде с различными параметрами	10