

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

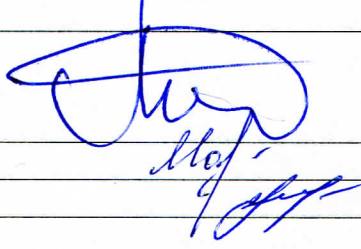
И.о. директора ИИИПР

Н.В. Гусева

«30» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

| Подземная гидромеханика и гидродинамика | | | |
|---|--|---------|-----------------|
| Направление подготовки/ специальность Образовательная программа (направленность (профиль)) Специализация Уровень образования | 21.03.01 «Нефтегазовое дело» | | |
| | «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» | | |
| | «Бурение нефтяных и газовых скважин» | | |
| | высшее образование – бакалавриат | | |
| | | | |
| Курс | 3 | семестр | 5 |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) | 6 | | |
| Виды учебной деятельности | Временной ресурс | | |
| Контактная (аудиторная) работа, ч | Лекции | | 32 |
| | Практические занятия | | 32 |
| | Лабораторные занятия | | 24 |
| | ВСЕГО | | 88 |
| Самостоятельная работа, ч | | | 128 |
| в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа) | | | курсовой проект |
| ИТОГО, ч | | | 216 |

| Вид промежуточной аттестации | экзамен диф. зачет | Обеспечивающее подразделение | ОНД |
|--|--|---------------------------------|----------------|
| И. о. заведующего кафедрой - руководителя отделения на правах кафедры ОНД Руководитель ООП Преподаватель |  | | И.А. Мельник |
| | | | Ю.А. Максимова |
| | | | Е.Г. Карпова |

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Подземная гидромеханика и гидродинамика» является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенций | | Составляющие результатов обучения | |
|-----------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| | | Код индикатора | Наименование индикатора достижения | Код | Наименование |
| ОПК(У)-1 | Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания | И.ОПК(У)-1.8 | Выполняет построение различных моделей в подземной гидромеханике и гидродинамике с использованием методик расчета этих моделей | ОПК(У)-1.8B1 | Владеет терминологией и методами механики сплошной среды, для осуществления учебного и профессионального видов деятельности |
| | | | | ОПК(У)-1.8У1 | Умеет выбирать для описания движения сплошных сред физическую и математическую модель, выбрать метод решения задачи |
| | | | | ОПК(У)-1.831 | Знает основные законы механики сплошных сред, свойства твердых, жидких, газообразных сред, основные законы движения жидкостей и газа |
| | | | | ОПК(У)-1.8B2 | Владеет алгоритмами решения задач гидравлики: расчета силовых стационарных и импульсных нагрузок на гидравлические сооружения; расчета простых и сложных трубопроводов; расчета расходов жидкости и газа при их фильтрации через пористые среды |
| | | | | ОПК(У)-1.8У2 | Умеет проводить гидравлические расчеты для существующих систем добычи, хранения и транспорта скважинной продукции, оптимизировать потери в этих системах |
| | | | | ОПК(У)-1.832 | Знает законы гидростатики, уравнения, описывающие движение жидкости и газа в каналах, трубопроводах, пористых средах, изменения давления при гидравлическом ударе в трубах |

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине | | Индикатор достижения компетенции |
|---|---|----------------------------------|
| Код | Наименование | |
| РД 1 | Приобретение знаний о течении флюидов в коллекторах | И.ОПК(У)-1.8 |
| РД 2 | Теоретическое освоение законов фильтрации флюидов в пористых и трещиноватых горных породах | И.ОПК(У)-1.8 |
| РД 3 | Практическое применение законов фильтрации для рациональной разработки нефтяных и газовых месторождений | И.ОПК(У)-1.8 |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|---|--|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Физические основы подземной гидромеханики. | РД1 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | - |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 2. Дифференциальные уравнения фильтрации. | РД1 | Лекции | 4 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | - |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 3. Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация. | РД1 | Лекции | 4 |
| | | Практические занятия | 4 |
| | | Лабораторные занятия | - |
| | | Самостоятельная работа | 12 |
| Раздел 4. Нестационарная фильтрация упругой жидкости и газа. | РД1 РД2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | 2 |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 5. Основы теории фильтрации многофазных систем. | РД1 РД2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | 4 |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 6. Основы фильтрации неньютоновских жидкостей. | РД1 РД2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | 2 |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 7. Установившаяся потенциальная плоская (двухмерная) фильтрация. | РД1 РД2 | Лекции | 6 |
| | | Практические занятия | 4 |
| | | Лабораторные занятия | 4 |
| | | Самостоятельная работа | 18 |
| Раздел 8. Основы численного моделирования. | РД1 РД2 | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | - |

| | | | |
|---|-----|------------------------|----|
| | | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 9. Гидродинамические подходы в установлении рациональной системы разработки. | РДЗ | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | - |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 10. Рациональные схемы размещения скважин в нефтяных пластах с напорным режимом. | РДЗ | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 4 |
| | | Лабораторные занятия | 4 |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 11. Определение приведенных контуров питания. | РДЗ | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 4 |
| | | Лабораторные занятия | 4 |
| | | Самостоятельная работа | 10 |
| Раздел 12. Определение дебитов скважин в нефтяных пластах с напорным режимом. Определение времени эксплуатации скважин. | РДЗ | Лекции | 2 |
| | | Практические занятия | 2 |
| | | Лабораторные занятия | 4 |
| | | Самостоятельная работа | 10 |

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Физические основы подземной гидромеханики.

Введение. Понятие о моделировании. Характеристики коллекторов. Законы фильтрации.

Темы лекций:

1. Модели: фильтрационного течения, флюидов и коллекторов.

Темы практических занятий:

1. Определение коэффициента фильтрации и проницаемости в нефтяной и газовой залежах.

Раздел 2. Дифференциальные уравнения фильтрации.

Дифференциальный подход к описанию фильтрационного течения. Изотермическое приближение и область его применения. Уравнения течения для пористых сред. Уравнения фильтрации для трещиновато-пористой среды.

Темы лекций:

2. Закон Дарси, границы применимости. Вывод основного уравнения потенциального фильтрационного течения

Темы практических занятий:

2. Определение скорости фильтрации u и средней скорости движения нефти у стенки гидродинамически совершенной скважины.
3. Определение скорости фильтрации u и средней скорости движения газа у стенки гидродинамически совершенной скважины.

Раздел 3. Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация.

Исследование одномерных течений. Сравнительный анализ основных видов одномерного течения по закону Дарси. Исследование плоско-радиального течения. Анализ одномерных потоков при нелинейных законах фильтрации. Фильтрация в неоднородных средах.

Темы лекций:

3. Виды одномерных потоков. Общее дифференциальное уравнение потенциального одномерного потока.
4. Фильтрация жидкости в неоднородных средах. Приток жидкости к несовершенным скважинам.

Темы практических занятий:

4. Определение давления на расстоянии 10 и 100 м от скважины при плоско-радиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по линейному закону фильтрации.
5. Определение средневзвешенного по объему пластового давления.

| |
|---|
| Раздел 4. Нестационарная фильтрация упругой жидкости и газа. |
|---|

Упругая жидкость. Примеры течений. Приток к скважине в пласте неограниченных размеров. Приток к скважине в пласте конечных размеров в условиях упруго-водонапорного и замкнуто-упругого режима. Неустановившееся фильтрация газа в пористой среде.

Темы лекций:

5. Основные параметры теории упругого режима. Определение коллекторских свойств пласта по данным исследования скважин нестационарными методами.

Темы практических занятий:

6. Определение количества нефти, которое можно отобрать за счет объемного упругого расширения жидкостей при падении давления.
7. Определение упругого запаса нефти в замкнутой области нефтеносности.

Темы лабораторных занятий:

1. Сравнительный анализ приближенных методов исследования нестационарных течений.

| |
|---|
| Раздел 5. Основы теории фильтрации многофазных систем. |
|---|

Исходные уравнения многофазной фильтрации. Потенциальное движение газированной жидкости. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей. Задача Баклея-Левретта и ее обобщения. Задача Рапопорта – Лиса.

Темы лекций:

6. Основные характеристики многофазной фильтрации. Фильтрация водонефтяной смеси и многофазной жидкости.

Темы практических занятий:

8. Определение коэффициента нефтеотдачи за счет упругого расширения нефти, воды и горной породы.

Темы лабораторных занятий:

2. Исследование влияния несовершенства нефтяных скважин на продуктивность

| |
|--|
| Раздел 6. Основы фильтрации неньютоновских жидкостей. |
|--|

Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости. Образование застойных зон при вытеснении нефти водой.

Темы лекций:

7. Реологические модели фильтрующихся жидкостей и нелинейные законы фильтрации

Темы практических занятий:

9. Определение дебита скважины методом последовательной смены стационарных состояний.

Темы лабораторных занятий:

3. Сравнительный анализ изменения радиуса призабойной зоны от типа коллектора

Раздел 7. Установившаяся потенциальная плоская (двухмерная) фильтрация.

Фильтрационный поток от нагнетательной скважины к эксплуатационной. Приток к группе скважин с удаленным контуром питания. Приток к скважине в пласте с прямолинейным контуром питания. Приток к скважине, расположенной вблизи непроницаемой прямолинейной границы. Приток к скважине в пласте с произвольным контуром питания. Приток к бесконечным цепочкам и кольцевым батареям скважин. Взаимодействие скважин в анизотропном пласте. Взаимодействие скважин при нестационарных процессах.

Темы лекций:

8. Метод суперпозиции (потенциалов).
9. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений (метод Борисова).
10. Интерференция несовершенных скважин

Темы практических занятий:

10. Определение потенциалов на скважинах, расположенных симметрично
11. Определение дебитов скважин, расположенных тремя кольцевыми батареями (Метод эквивалентных сопротивлений Ю. П. Борисова.)

Темы лабораторных занятий:

4. Исследование влияния величины призабойного давления на продуктивность нефтяной скважины.

Раздел 8. Основы численного моделирования.

Прямые и обратные задачи при решении задач фильтрации флюида. Основные проблемы гидродинамического моделирования.

Темы лекций:

11. Сущность математического моделирования

Темы практических занятий:

12. Определение дебита галереи, расположенной в полосообразном полубесконечном пласте.

Раздел 9. Гидродинамические подходы в установлении рациональной системы разработки.

Движение жидкой частицы вдоль линии тока при установившемся течении Движение жидкой линии или жидкой поверхности. Скорость вытеснения одной жидкостью другой. Характер движения водо-нефтяного контакта

Темы лекций:

12. Движение и равновесие границы раздела двух жидкостей в пористой среде.

Темы практических занятий:

13. Определение дебита галереи, расположенной в круговой залежи.

Раздел 10. Рациональные схемы размещения скважин в нефтяных пластах с напорным режимом.

Рациональная расстановка галерей в полосообразной залежи. Рациональная расстановка галерей в круговой залежи. Влияние на расстановку галерей неоднородностей пласта.

Темы лекций:

13. Общая методика определения положения галерей при напорном режиме разработки нефтяных пластов

Темы практических занятий:

14. Рациональные схемы размещения скважин в нефтяных пластах с напорным режимом.

Темы лабораторных занятий:

5. Прямолинейное движение водонефтяного контакта

6. Плоско-радиальное движение водонефтяного контакта

7. Определение оптимального размещения галерей на полосообразной залежи при газонапорном режиме.

8. Определение оптимального размещения галерей на круговой залежи при водонапорном режиме.

Раздел 11. Определение приведенных контуров питания.

Определение приведённых контуров для полосообразной залежи. Определение приведённых контуров для круговой залежи.

Темы лекций:

14. Режимы работы скважин и методы расчета.

Темы практических занятий:

15. Определение приведенных контуров питания.

Темы лабораторных занятий:

9. Приведенный контур питания для начальных условий в полосообразной залежи при водонапорном режиме.

10. Приведенный контур питания для всего периода перемещения контура нефтеносности от начального его положения до галереи условий в полосообразной залежи при водонапорном режиме.

Раздел 12.

Часть 1: Определение дебитов скважин в нефтяных пластах с напорным режимом.

Часть 2: Определение времени эксплуатации скважин.

Дебит галереи при наклонном пласте. Приближенные методы определения дебитов скважин батарей при постоянном предельном давлении на забое скважин. Приближенные методы определения дебитов скважин при постоянном предельном отборе жидкости.

Полосообразная залежь: водонапорный и газонапорный режимы, газо-водонапорный режим. Круговая залежь: водонапорный режим, газонапорный режим, газо-водонапорный режим, овальная залежь.

Темы лекций:

16. Приближенные методы определения дебитов скважин.

17. Приближенные методы расчета продвижения водо- и газонефтяного контакта.

Темы практических занятий:

18. Определение дебитов галерей.

Темы лабораторных занятий:

11. Приближенные методы определения дебитов скважин при постоянном предельном давлении на забое скважин
12. Приближенные методы определения дебитов скважин при постоянном предельном отборе жидкости и предельном давлении на забое скважин

Тематика курсовых проектов (теоретический раздел):

1. Движение жидкости в пласте.
2. Движение газа в пласте
3. Движение жидкости в скважине
4. Движение газа в скважине

Выбор варианта для расчетного раздела курсовой работы осуществляется в соответствии с приведенным планом:

Выбор флюида

Выбор флюида (нефть или газ) осуществляется по четности - нечетности варианта. Если вариант – четное число, то происходит движение нефти. Свойства нефти:

ρ - плотность нефти, кг/м^3 ;

μ - динамическая вязкость нефти, $\text{Па}\cdot\text{с}$,

и некоторые параметры скважины

L - длина скважины, м;

p_k - пластовое (контурное) давление, Па;

p_y - давление на устье (на поверхности), Па;

$D_{ш}$ - диаметр штуцера, мм. Штуцер представляет собой диафрагму с отверстия диаметром $D_{ш}$.

Эти величины выбираются по последней цифре варианта из таблицы 1.1.

Таблица 0.1

| посл. цифра | 0 | <u>1</u> | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------------|-----|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ρ , кг/м^3 | 700 | <u>715</u> | 730 | 745 | 760 | 775 | 790 | 805 | 820 | 835 |
| μ , $\text{мПа}\cdot\text{с}$ | 1 | <u>3</u> | 8 | 16 | 30 | 50 | 80 | 100 | 130 | 150 |
| L , м | 440 | <u>925</u> | 1590 | 1950 | 3020 | 3775 | 4390 | 5105 | 5820 | 6350 |
| p_k , МПа | 5 | <u>11</u> | 17 | 21 | 32 | 39 | 46 | 53 | 61 | 66 |
| p_y , МПа | 0,1 | <u>0,2</u> | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| $D_{ш}$, мм | 10 | <u>15</u> | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 30 |

Если вариант число **нечетное**, то происходит движение **газа**. Свойства газа:

$\rho_{ат}$ - плотность газа при атмосферном давлении, кг/м^3 ;

μ - динамическая вязкость газа, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

и некоторые параметры скважины

L - длина скважины, м;

p_k - пластовое (контурное) давление, Па;

p_y - давление на устье (на поверхности), Па; выбираются по последней цифре варианта из таблицы 1.2.

Таблица 0.2

| посл. цифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\rho_{ат}, \text{кг/м}^3$ | 0,72 | 0,74 | 0,75 | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,85 | 0,86 |
| $\mu, \text{мПа}\cdot\text{с}$ | 0,006 | 0,007 | 0,008 | 0,011 | 0,013 | 0,010 | 0,018 | 0,019 | 0,021 | 0,025 |
| $L, \text{м}$ | 540 | 1025 | 1690 | 2150 | 3120 | 3875 | 4490 | 5205 | 5920 | 6450 |
| $p_k, \text{МПа}$ | 4 | 10 | 16 | 20 | 31 | 37 | 44 | 50 | 59 | 63 |
| $p_y, \text{МПа}$ | 3,4 | 8,1 | 13,1 | 15 | 16 | 22 | 29 | 30 | 31 | 33 |

Выбор области движения

Выбор области движения осуществляется по **последней** цифре варианта. Если цифра **четная**, то движение происходит внутри насосно компрессорных труб (НКТ). Размеры НКТ:

D_B - внутренний диаметр НКТ, м;

$L_{\text{НКТ}}$ - длина НКТ, м;

$D_{зв}$ - внутренний диаметр замка НКТ, м;

Δ - шероховатость стенок НКТ, м;

$D_{ок}$ - внутренний диаметр обсадной колонны, м;

D_c - диаметр скважины, м,

выбираются по **последней** цифре из таблицы 1.3.

Таблица 0.3

| Последняя цифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $D_B, \text{мм}$ | 50,3 | 62,0 | 59,0 | 75,9 | 72,9 | 88,6 | 100,3 | 50,3 | 62,0 | 59,0 |
| $L_{\text{НКТ}}, \text{м}$ | 10 | 10 | 5,5 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 9,5 | 10 | 5,5 | 8,5 |
| $D_{зв}, \text{мм}$ | 48,3 | 60,0 | 57,0 | 73,9 | 70,9 | 86,6 | 98,3 | 48,3 | 60,0 | 57,0 |
| $\Delta, \text{мм}$ | 0,5 | 0,1 | 0,17 | 0,21 | 0,32 | 0,39 | 0,46 | 0,27 | 0,61 | 0,15 |
| $D_{ок}, \text{мм}$ | 190,7 | 193,7 | 196,3 | 198,7 | 201,3 | 203,7 | 205,7 | 190,7 | 193,7 | 196,3 |
| $D_c, \text{мм}$ | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 |

Если цифра **нечетная**, то движение происходит между насосно компрессорных труб (НКТ) и обсадной колонной. Размеры НКТ:

D_H - наружный диаметр НКТ, м;

$L_{\text{НКТ}}$ - длина НКТ, м;

$D_{зн}$ - наружный диаметр замка НКТ, м;

Δ - шероховатость стенок, м;

$D_{ок}$ - внутренний диаметр обсадной колонны, м;

D_c - диаметр скважины, м,

выбираются по **последней** цифре из таблицы 1.4.

Таблица 0.4

| Последняя цифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | <u>6</u> | 7 | 8 | 9 |
|----------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|--------------|------|------|------|
| $D_H, \text{мм}$ | 60,3 | 73,0 | 73,0 | 88,9 | 88,9 | 101,6 | <u>114,3</u> | 60,3 | 73,0 | 73,0 |
| $L_{\text{НКТ}}, \text{м}$ | 10 | 10 | 5,5 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | <u>9,5</u> | 10 | 5,5 | 8,5 |
| $D_{зн}, \text{мм}$ | 71,0 | 84,0 | 86,0 | 102,0 | 104,0 | 116,0 | <u>130,0</u> | 71,0 | 84,0 | 86,0 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| Δ , мм | 0,75 | 0,6 | 0,57 | 0,41 | 0,32 | 0,39 | <u>0,36</u> | 0,23 | 0,1 | 0,15 |
| $D_{ок}$, мм | 190,7 | 193,7 | 196,3 | 198,7 | 201,3 | 203,7 | <u>205,7</u> | 190,7 | 193,7 | 196,3 |
| D_c , мм | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 | 219,1 | <u>219,1</u> | 219,1 | 219,1 | 219,1 |

Замечание. В случае движения газа наружный и внутренний диаметры замка НКТ не потребуются.

Выбор Расположение скважины

Выбор расположение скважины производится по варианту по таблице 1.5.

Таблица 0.5

| Две последние цифры | Рисунок |
|--|------------------|
| 00, 08, <u>16</u> , 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96 | <u>Рис. 1.1.</u> |
| 01, 09, 17, 25, 33, 41, 49, 57, 65, 73, 81, 89, 97 | Рис. 1.2. |
| 02, 10, 18, 26, 34, 42, 50, 58, 66, 74, 82, 90, 98 | Рис. 1.3. |
| 03, 11, 19, 27, 35, 43, 51, 59, 67, 75, 83, 91, 99 | Рис. 1.4. |
| 04, 12, 20, 28, 36, 44, 52, 60, 68, 76, 84, 92 | Рис. 1.5. |
| 05, 13, 21, 29, 37, 45, 53, 61, 69, 77, 85, 93 | Рис. 1.6. |
| 06, 14, 22, 30, 38, 46, 54, 62, 70, 78, 86, 94 | Рис. 1.7. |
| 07, 15, 23, 31, 39, 47, 55, 63, 71, 79, 87, 95 | Рис. 1.8. |

На рисунках обозначено:

a - расстояние от скважины до прямолинейного контура питания или непроницаемой границе, м (Рис. 1.1 - 1.6.);

b - расстояние от скважины до прямолинейного контура питания или непроницаемой границе, м (Рис. 1.3 - 1.6.);

R_k - расстояние от скважины до контура питания, м;

R_6 - расстояние от угла до скважины, м (Рис. 1.7 - 1.8.).

Численные значения выбираются по **последней** цифре из таблицы 1.6.

Таблица 0.6

| Последняя цифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | <u>6</u> | 7 | 8 | 9 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|
| a , м | 50 | 80 | 100 | 120 | 150 | 170 | <u>200</u> | 220 | 240 | 250 |
| b , м | 120 | 150 | 170 | 200 | 220 | 240 | <u>250</u> | 50 | 80 | 100 |
| R_k , м | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | <u>650</u> | 700 | 750 | 800 |
| R_6 , м | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 100 | <u>150</u> | 200 | 250 | 300 |

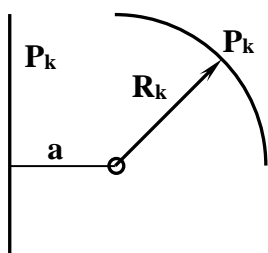


Рис. 1.1.

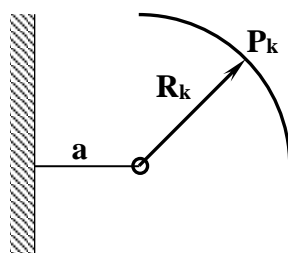


Рис. 1.2.

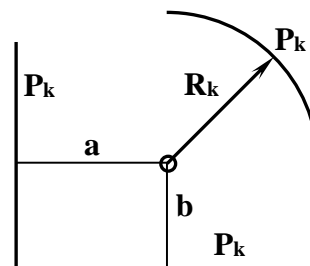
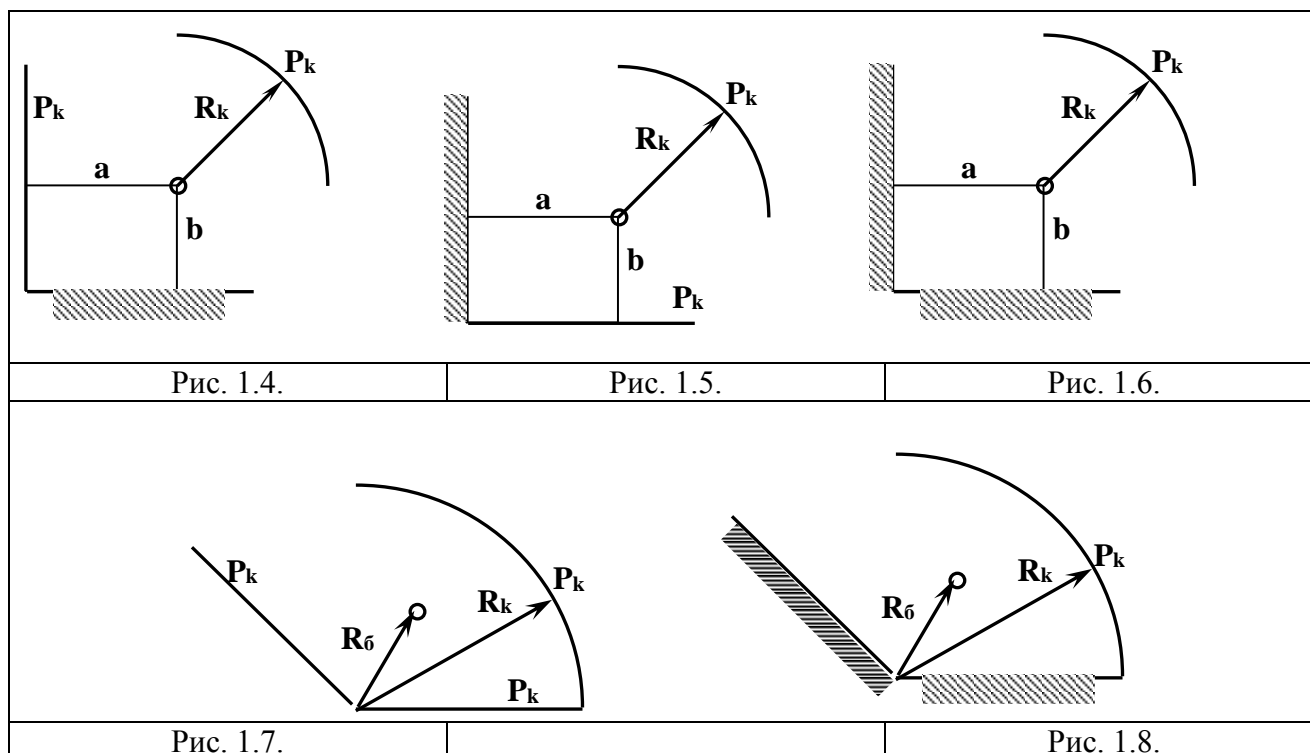


Рис. 1.3.



Выбор неоднородности пласта

Выбор вида неоднородности пласта осуществляется по **последней цифре варианта**. Если последняя цифра **0 - 6**, то пласт неоднородный по толщине.

Параметры неоднородности:

N - число пропластков, (пропластки нумеруются сверху в низ);

k_i - проницаемость i - того пропластка, m^2 ;

h_i - толщина i - того пропластка, м.

Численные значения выбираются по **последней** цифре из таблицы 1.7.

Таблица 0.7

| Последняя цифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | <u>6</u> | 7 | 8 | 9 |
|-----------------|--------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------|----------------------|--|--------------------------------------|--------------|----------------------|
| N | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | <u>4</u> | 5 | 2 | 3 |
| k_i, m^2 | 0,25 0,45 | 0,37 0,15 0,43 | 0,27 0,18 0,32 0,20 | 0,22 0,11 0,08 0,05 0,15 | 0,37 0,55 | 0,25 0,08 0,33 | <u>0,38</u> <u>0,29</u> <u>0,43</u> <u>0,31</u> | 0,31 0,21 0,17 0,11 0,27 | 0,32 0,45 | 0,27 0,15 0,43 |
| h_i, m | 2,0 3,0 | 1,5 4,0 2,0 | 4,0 3,2 2,2 1,8 | 3,5 5,0 6,0 7,0 4,2 | 5,5 6,5 | 2,5 5,0 3,8 | <u>6,0</u> <u>6,2</u> <u>4,2</u> <u>3,8</u> | 6,5 8,0 11,0 17,0 7,2 | 25,0 30,0 | 15,5 14,0 12,0 |

Если последняя цифра **7 - 9**, то пласт зонально неоднородный.

Параметры неоднородности:

N - число зон, (зоны нумеруются от скважины);

k_i - проницаемость i - той зоны, m^2 ;

R_i - внешний радиус i - той зоны, м;

h - толщина пласта, м.

Численные значения выбираются по **последней** цифре из таблицы 1.8.

Таблица 0.8

| Последняя цифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------|--------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------|----------------------|
| N | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| $k_i, \text{мкм}^2$ | 0,15 0,55 | 0,07 0,15 0,43 | 0,70 0,40 0,32 0,20 | 0,02 0,11 0,18 0,25 0,35 | 0,5 0,35 | 0,67 0,55 0,43 | 0,17 0,28 0,32 0,42 | 0,48 0,31 0,28 0,22 0,15 | 0,45 0,14 | 0,27 0,35 0,48 |
| $R_i, \text{м}$ | 1,0 R_k | 0,5 2,0 R_k | 0,4 1,2 2,2 R_k | 0,35 0,8 1,3 2,5 R_k | 0,5 R_k | 1,5 2,7 R_k | 0,6 1,2 3,2 R_k | 0,3 1,8 2,9 8,0 R_k | 1,9 R_k | 0,9 4,0 R_k |
| h, м | 5,2 | 7,8 | 11,3 | 13,5 | 16,8 | 20,4 | 22,7 | 24,1 | 25,9 | 31,2 |

Замечание. Внутренний радиус первой зоны R_0 равен радиусу скважины r_c и равен половине диаметра скважины D_c , который задан в разделе 1.2.

Несовершенство скважин

Скважина считается несовершенной по степени и характеру вскрытия. Несовершенной по степени вскрытия характеризуется:

$\bar{h} = b/h$ - степень вскрытия пласта или пропластка;

h - толщина рассматриваемого пласта или пропластка, м;

b - вскрытая часть рассматриваемого пласта или пропластка, м.

Несовершенной по характеру вскрытия характеризуется:

l_n - длиной перфорационного отверстия, м;

d_n - диаметром перфорационного отверстия, м;

n_n - числом перфорационных отверстий на один метр скважины, отв./м.

Численные значения выбираются по **последней** цифре из таблицы 1.9.

Таблица 0.9

| Последняя цифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | <u>6</u> | 7 | 8 | 9 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|
| $\bar{h}, \%$ | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | <u>70</u> | 80 | 90 | 40 |
| $l_n, \text{см}$ | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 1 | <u>2</u> | 5 | 10 | 20 |
| $d_n, \text{см}$ | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | <u>1,0</u> | 1,2 | 1,4 | 1,6 |
| n_n | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | <u>20</u> | 22 | 20 | 18 |

Постановка задачи

По выбранным данным необходимо нарисовать схемы расположения скважины в соответствии с вариантом. При построении схемы масштаб не соблюдается, но проставляются значения всех геометрических параметров. Графическая часть выполняется в виде рисунков и графиков на миллиметровке.

Гидравлический расчет движения жидкости и газа в скважине Установившееся движение жидкости и газа в пористой среде Заключение

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Квеско, Бронислав Брониславович. Подземная гидромеханика: учебное пособие [Электронный ресурс] / Б. Б. Квеско, Е. Г. Карпова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра геологии и разработки нефтяных месторождений (ГРНМ). — 2-е изд.. — 1 компьютерный файл (pdf; 1.9 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader..

Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m020.pdf> (контент)

2. Кадет, Валерий Владимирович. Подземная гидромеханика : учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / В. В. Кадет, Н. М. Дмитриев. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — Москва: Академия, 2014. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Высшее образование. Бакалавриат. — Нефтегазовое дело. — Электронная версия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше.. — ISBN 978-5-4468-1627-9.

Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-41.pdf> (контент)

Дополнительная литература

1. Дмитриев, Николай Михайлович. Введение в подземную гидромеханику: учебное пособие / Н. М. Дмитриев, В. В. Кадет; Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина (РГУ Нефти и Газа). — 2-е изд., испр. и доп.. — Москва: ЦентрЛитНефтеГаз, 2009. — 268 с.: ил.. — Высшее нефтегазовое образование. — ISBN 978-5-902665533.

2. Подземная гидромеханика / К. С. Басниев [и др.]. — 2-е изд., испр.. — Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. — 488 с. — ISBN 5-93972-547-3.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Электронно-библиотечная система «Лань» — <https://e.lanbook.com/>

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» – <https://new.znanium.com/>
 Электронно-библиотечная система «Юрайт» – <https://urait.ru/>
 Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/>
 Журнал «Нефтегазовые технологии» – https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=7919
 Журнал «Нефтегазовое дело» – <http://www.ngdelo.ru/>

Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
2. Zoom Zoom;
3. Document Foundation LibreOffice
4. Google Chrome;

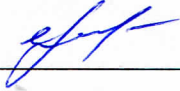
7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

| № | Наименование специальных помещений | Наименование оборудования |
|----|--|--|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс). 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, аудитория 316. | Доска мобильная (флип-чарт) - 1 шт.; Шкаф для приборов - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест; Компьютер - 13 шт.; Проектор - 1 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, аудитория 337. | Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест; Шкаф для документов - 1 шт.; Компьютер - 12 шт. |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, аудитория 406. | Комплект учебной мебели на 92 посадочных мест; Тумба стационарная - 1 шт.; Проектор - 2 шт.; Компьютер - 1 шт. |

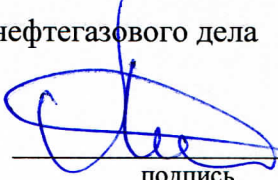
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело», специализация «Бурение нефтяных и газовых скважин», (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность | Подпись | ФИО |
|------------------------------|---|--------------|
| Старший преподаватель ОНД |  | Е.Г. Карпова |

Программа одобрена на заседании Отделения нефтегазового дела
(протокол от «24» июня 2019 г. № 15).

И. о. заведующего кафедрой-руководителя
отделения на правах кафедры ОНД,
д.г.-м.н, профессор


_____ /И.А. Мельник/
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

| Учебный год | Содержание /изменение | Обсуждено на заседании ОНД (протокол) |
|------------------------------|--|--|
| 2019_/2020 учебный год | Актуализировано содержание раздела «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» | От 24. 06.2019 г. № 15 |
| 2020_/2021 учебный год | Актуализировано содержание раздела «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» | От 26.06.2020 г. № 25 |