

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
филиал ТИУ в г. Сургуте

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель
директора по УМР


А.А. Акчурина
«31» августа 2022 г.

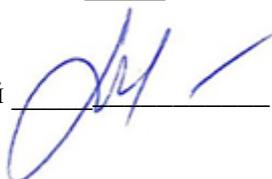
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

| | |
|--------------------------|--|
| Наименование дисциплины: | Особенности разработки месторождений нефти горизонтальными скважинами |
| направление подготовки: | 21.03.01 Нефтегазовое дело |
| направленность: | Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти |
| форма обучения: | очная/очно-заочная |

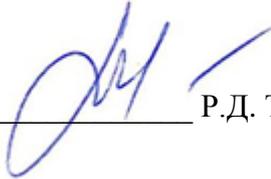
Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 23.06.2022 г. и требованиями ОПОП ВО по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело, направленность Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти к результатам освоения дисциплины «Особенности разработки месторождений нефти горизонтальными скважинами».

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры Нефтегазовое дело

Протокол № __1__ от «31» ____ 08 ____ 2022 г.

Заведующий кафедрой  Р.Д. Татлыев

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой  Р.Д. Татлыев

«31» ____ 08 ____ 2022 г.

Рабочую программу разработал:

доцент кафедры НД, к.э.н.  Янукян А.П.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель: приобретение углубленных знаний в области теоретических основ технологии и техники добычи нефти скважинами с горизонтальным окончанием.

Задачи:

- изучение особенностей (условий) применения скважин с горизонтальным окончанием;
- изучение новых технологий, материалов и оборудования применяемых при эксплуатации горизонтальных скважин
- изучение правил технической эксплуатации технологических объектов нефтегазового комплекса
- освоить методы управления режимами работы технологических объектов нефтегазового комплекса;
- сформировать навыки планирования и разработки производственных процессов связанные с добычей нефти из горизонтальных скважин;
- получить умение учитывать особенности технологических процессов нефтегазового комплекса при организации работы коллектива исполнителей;
- изучение методик расчета оптимальной длины и сетки скважин с горизонтальным окончанием для объектов различного геологического строения;
- изучение методов интенсификации добычи нефти, повышения нефтеотдачи пластов и прогнозирование их эффективности с учетом применения горизонтальных скважин.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) 3 (ДВ.3)

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание:

- основных показателей разработки месторождений углеводородов;
- правил технической эксплуатации технологических объектов нефтегазового комплекса;
- основных прикладных программных продуктов применяемых в нефтегазовой отрасли.

умение:

- применять приборы и оборудование для исследования скважин и пластов;
- пользоваться технической документацией и литературой;
- пользоваться вычислительной техникой.

владение:

- методиками расчета основных технологических показателей при разработке нефтяных месторождений;
- навыками проведения самостоятельных исследований скважин и пластов;
- методами проведения исследований в области добычи нефти и газа, промышленного контроля и регулирования извлечения углеводородов

Содержание дисциплины «Особенности разработки месторождений нефти горизонтальными скважинами» является логическим продолжением содержания дисциплин «Разработка нефтяных месторождений», «Подземная гидромеханика нефтяного пласта».

3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК) | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю) |
|--|---|--|
| ПКС-1 Способность осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности | ПКС-1.2 Разрабатывает и ведет нормативно-техническую документацию, регламентирующую осуществление технологических процессов | Знать: новые технологии, материалы и оборудование применяемые при эксплуатации горизонтальных скважин |
| | | Уметь: Планировать и разрабатывать техническую документацию по добычей нефти из горизонтальных скважин |
| | | Владеть: навыками работы с технической литературой |
| ПКС-5 Способность оформлять технологическую, техническую, промышленную документацию по обслуживанию и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности | ПКС-5.2 Анализирует и формирует заявки на промысловые исследования и работы, потребность в материалах | Знать: особенности (условия) промысловых исследований скважин с горизонтальным окончанием |
| | | Уметь (У3): учитывать особенности технологических процессов эксплуатации горизонтальных скважин |
| | | Владеть (В3): навыками организации работы коллектива исполнителей |

4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Таблица 4.1.

| Форма обучения | Курс, семестр | Аудиторные занятия / контактная работа, час. | | | | Самостоятельная работа, час. | Форма промежуточной аттестации |
|--------------------|---------------|--|----------------------|----------------------|----------|------------------------------|--------------------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | контроль | | |
| очная/очно-заочная | 7/9 | 16/10 | 30/20 | -/- | 36/36 | 26/42 | экзамен |

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

-очная (ОФО)/очно-заочная (ОЗФО)

Таблица 5.1.1

| № п/п | Структура дисциплины | | Аудиторные занятия, час. | | | СРС, час. | Всего, час. | Код ИДК | Оценочные средства |
|-------|----------------------|---|--------------------------|-----|------|-----------|-------------|--------------------|--------------------|
| | Номер раздела | Наименование раздела | Л. | Пр. | Лаб. | | | | |
| 1 | 1 | Расчет дебитов скважин с горизонтальным окончанием и сопоставление результатов | 2/1 | 2/2 | -/- | 2/4 | 6/7 | ПКС-1.2 ПКС-5.2 | Задачи |
| 2 | 2 | Расчет дебита горизонтальной скважины и наклонно - направленной с трещиной ГРП по приведенным формулам, сопоставление результатов | 2/1 | 4/2 | -/- | 2/4 | 8/7 | ПКС-1.2 ПКС-5.2 | Задачи |
| 3 | 3 | Расчет дебита многоствольной скважины. | 2/1 | 4/2 | -/- | 2/4 | 8/7 | ПКС-1.2 ПКС-5.2 | Задачи |
| 4 | 4 | Расчет оптимальной сетки горизонтальных скважин и сравнительная эффективность их работы с вертикальными | 2/1 | 4/2 | -/- | 4/6 | 10/9 | ПКС-1.2 ПКС-5.2 | Задачи |
| 5 | 5 | Интерпретация результатов гидродинамических исследований скважин с горизонтальным окончанием на установившихся режимах (по методике Ев- | 2/1 | 4/2 | -/- | 4/6 | 10/9 | ПКС-1.2 ПКС-5.2 | Задачи |

| | | | | | | | | | |
|--------|---------|---|-------|-------|-----|-------|---------|--------------------|-------------------|
| | | ченко В.С.). | | | | | | | |
| 6 | 6 | Дебит горизонтальной скважины с трещинами ГРП, расположенной в анизотропном, полосообразном пласте. | 2/1 | 4/2 | -/- | 4/6 | 10/9 | ПКС-1.2 ПКС-5.2 | Задачи |
| 7 | 7 | Расчёт предельной безводной депрессии скважины с горизонтальным окончанием | 2/2 | 4/4 | -/- | 4/6 | 10/12 | ПКС-1.2 ПКС-5.2 | Задачи |
| 8 | 8 | Моделирование неустановившегося движения жидкости к горизонтальной скважине по двухзонной схеме | 2/2 | 4/4 | -/- | 4/6 | 10/12 | ПКС-1.2 ПКС-5.2 | |
| 9 | Экзамен | | | | | | 36/36 | ПКС-1.2 ПКС-5.2 | Билеты к экзамену |
| Итого: | | | 16/10 | 30/20 | -/- | 26/42 | 108/108 | | |

5.2. Содержание дисциплины.

5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

Раздел 1. Расчет дебитов скважин с горизонтальным окончанием и сопоставление результатов

История возникновения горизонтального бурения; проблемы строительства горизонтальных скважин; сравнительная оценка эффективности строительства горизонтальных скважин; перспективы строительства горизонтальных скважин; понятие о горизонтальных скважинах; определение притока к совершенной и несовершенной ГС; требования к конструкции и внутрискважинному оборудованию горизонтальных скважин; первичное и вторичное вскрытие, освоение горизонтальных скважин; назначение и разновидность исследований горизонтальных скважин.

Раздел 2. Расчет дебита горизонтальной скважины и наклонно - направленной с трещиной ГРП по приведенным формулам, сопоставление результатов

Области фильтрации флюидов к горизонтальному стволу скважины; цель проведения ГРП в горизонтальной скважине; ориентация трещин ГРП в пределах продуктивного пласта; технологии проведения ГРП в горизонтальных скважинах; многостадийный ГРП проводимый по шаровой технологии; бесшаровые технологии многостадийного ГРП; критерии выбора горизонтальных скважин-кандидатов для проведения ГРП; расчет дебита горизонтальной скважины после ГРП.

Раздел 3. Расчет дебита многоствольной скважины

Методики Борисова Ю.П., Пилатовского В.П., Табакова В.П., Григулецкого В.Г., Никитина Б.А. для определения дебитов многозабойных скважин; типовые профили многоствольных горизонтальных скважин; основные объекты применения многоствольных горизонтальных скважин; преимущества и недостатки многоствольных горизонтальных скважин; математические методики расчета моделирования МГС; основные объекты применения многоствольных горизонтальных скважин.

Раздел 4. Расчет оптимальной сетки горизонтальных скважин и сравнительная эффективность их работы с вертикальными

Схемы размещения горизонтальных скважин; фильтрационное сопротивление ряда горизонтальных скважин; формула общего дебита нефтяной площади с чередованием параллельных линейных нагнетательных и добывающих рядов вертикальных скважин; формула общего дебита нефтяной площади с чередованием параллельных линейных рядов нагнетательных вертикальных скважин и добывающих горизонтальных скважин.

Раздел 5. Интерпретация результатов гидродинамических исследований скважин с горизонтальным окончанием на установившихся режимах (по методике Евченко В.С.).

Основные факторы определяющие успешность проведения ПГИ в скважинах с горизонтальным окончанием (профиль скважины, оборудование заканчивания горизонтального участка, приток, состояние призабойной зоны скважины); оборудование, используемое при проведении ПГИ в ГС; параметры, определяемые по результатам ПГИ нефтяных горизонтальных скважинах; задачи гидродинамических методов исследования горизонтальных скважин.

Раздел 6. Дебит горизонтальной скважины с трещинами ГРП, расположенной в анизотропном, полосообразном пласте.

Развитие трещины гидроразрыва вдоль ствола ГС; Развитие трещины гидроразрыва перпендикулярно стволу ГС; дебит горизонтальной скважины с поперечными и продольными трещинами ГРП; ориентация трещин ГРП в пределах продуктивного пласта; технологии проведения ГРП в горизонтальных скважинах; виды притока к продольным и поперечным трещинам ГРП.

Раздел 7. Расчёт предельной безводной депрессии скважины с горизонтальным окончанием

Задачи определения предельных безводных, безгазовых дебитов и депрессии для скважин с горизонтальным окончанием; способы снижения скорости конусообразования воды, газа; ипричины конусообразования воды, газа при разработке нефтегазовых залежей, залежей с подошвенной водой.

Раздел 8. Моделирование неустановившегося движения жидкости к горизонтальной скважине по двухзонной схеме

Формирование зоны отбора в окрестности горизонтального ствола; снижение среднего

пластового давления вследствие роста накопленного отбора жидкости; виды притока жидкости к горизонтальным скважинам; отличия стационарного и нестационарного притоков жидкости к ГС; область дренирования горизонтальных скважин; влияние расположения горизонтальных скважин на их дебиты; зависимость дебита скважины от ее геометрических свойств; зависимости дебита горизонтальной скважины от: времени, фильтрационно-ёмкостных параметров пласт, длины и радиуса контура питания, кривизны горизонтального ствола; безразмерная функция изменения дебита от «второстепенных» ФЕС и условий вскрытия пласта.

5.2.2. Содержание дисциплины/модуля по видам учебных занятий.

Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Объем, час. | Тема лекции |
|--------|--------------------------|---------------|---|
| | | ОФО/ ОЗФО/ | |
| 1 | 1 | 2/1 | Расчет дебитов скважин с горизонтальным окончанием и сопоставление результатов |
| 2 | 2 | 2/1 | Расчет дебита горизонтальной скважины и наклонно - направленной с трещиной ГРП по приведенным формулам, сопоставление результатов |
| 3 | 3 | 2/1 | Расчет дебита многоствольной скважины. |
| 4 | 4 | 2/1 | Расчет оптимальной сетки горизонтальных скважин и сравнительная эффективность их работы с вертикальными |
| 5 | 5 | 2/1 | Интерпретация результатов гидродинамических исследований скважин с горизонтальным окончанием на установленных режимах (по методике Евченко В.С.). |
| 6 | 6 | 2/1 | Дебит горизонтальной скважины с трещинами ГРП, расположенной в анизотропном, полосообразном пласте. |
| 7 | 7 | 2/2 | Расчёт предельной безводной депрессии скважины с горизонтальным окончанием |
| 8 | 8 | 2/2 | Моделирование неустановившегося движения жидкости к горизонтальной скважине по двухзонной схеме |
| Итого: | | 16/10 | |

Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

Практические занятия

Таблица 5.2.2

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Объем, час. | Тема лабораторной работы |
|-------|--------------------------|--------------|---|
| | | ОФО/ ОЗФО | |
| 1 | 1 | 2/2 | Определение дебитов горизонтальных скважин по различным методикам |
| 2 | 2 | 4/2 | Расчет дебита скважины с горизонтальным окончанием и наклонно - направленной с трещиной ГРП |
| 3 | 3 | 4/2 | Расчет дебита многоствольной скважины |

| | | | |
|--------|---|-------|---|
| 4 | 4 | 4/2 | Расчет оптимальной сетки горизонтальных скважин и сравнительная эффективность их работы с вертикальными |
| 5 | 5 | 4/2 | Расчет гидродинамических параметров пласта по методу Евченко В.С. |
| 6 | 6 | 4/2 | Определение дебита горизонтальной скважины с трещинами ГРП, расположенной в анизотропном, полосообразном пласте |
| 7 | 7 | 4/4 | Расчёт предельной безводной депрессии горизонтальной скважины |
| 8 | 8 | 4/4 | Моделирование неустановившегося притока жидкости к горизонтальной скважине по двухзонной схеме |
| Итого: | | 30/20 | |

Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Объем, час. | Тема | Вид СРС |
|-------|--------------------------|--------------|--|-----------------------------------|
| | | ОФО/ ОЗФО | | |
| 1 | 1 | 2/4 | Расчет дебитов скважин с горизонтальным окончанием и сопоставление результатов | Подготовка к лабораторным работам |
| 2 | 2 | 2/4 | Расчет дебита горизонтальной скважины и наклонно - направленной с трещиной ГРП по приведенным формулам, сопоставление результатов | Подготовка к лабораторным работам |
| 3 | 3 | 2/4 | Расчет дебита многоствольной скважины. | Подготовка к лабораторным работам |
| 4 | 4 | 4/6 | Расчет оптимальной сетки горизонтальных скважин и сравнительная эффективность их работы с вертикальными | Подготовка к лабораторным работам |
| 5 | 5 | 4/6 | Интерпретация результатов гидродинамических исследований скважин с горизонтальным окончанием на установившихся режимах (по методике Евченко В.С.). | Подготовка к лабораторным работам |
| 6 | 6 | 4/6 | Дебит горизонтальной скважины с трещинами ГРП, расположенной в анизотропном, полосообразном пласте. | Подготовка к лабораторным работам |
| 7 | 7 | 4/6 | Расчёт предельной безводной депрессии скважины с | Подготовка к лабораторным работам |

| | | | | |
|--------|---|-------|---|-----------------------------------|
| | | | горизонтальным окончанием | |
| 8 | 8 | 4/6 | Моделирование неустановившегося движения жидкости к горизонтальной скважине по двухзонной схеме | Подготовка к лабораторным работам |
| Итого: | | 26/42 | | |

5.2.3. Преподавание дисциплины/модуля ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- индивидуальная работа (практические занятия).

6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены

8. Оценка результатов освоения дисциплины/модуля

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся всех форм обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

| № п/п | Виды мероприятий в рамках текущего контроля | Количество баллов |
|---|---|-------------------|
| 1 текущая аттестация | | |
| 1 | Тест №1 | 0-10 |
| 2 | Выполнение практического занятия №1 | 0-10 |
| 3 | Выполнение практического занятия №2 | 0-10 |
| ИТОГО за первую текущую аттестацию | | 0-30 |
| 2 текущая аттестация | | |
| 1 | Тест №2 | 0-20 |
| 2 | Выполнение практического занятия №3 | 0-10 |
| 3 | Выполнение практического занятия №4 | |
| ИТОГО за первую текущую аттестацию | | 0-30 |
| 3 текущая аттестация | | |
| 1 | Выполнение практического занятия №5 | 0-10 |
| 2 | Выполнение практического занятия №6 | 0-20 |
| 3 | Выполнение практического занятия №7 | 0-10 |
| 4 | Выполнение практического занятия №8 | |
| ИТОГО за вторую текущую аттестацию | | 0-40 |
| ВСЕГО | | 100 |

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- ЭБС «Издательства Лань»;
- ЭБС «Электронного издательства ЮРАЙТ»;
- Собственная полнотекстовая база (ПБД) БИК ТИУ;
- Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU»;
- ЭБС «IPRbooks»;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГНТУ (г. Уфа);
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГТУ (г. Ухта);
- ЭБС «Перспект»;
- ЭБС «Консультант студент»;
- Поиск системы Internet: Яндекс, Гугл.
- Система поддержки учебного процесса Educon.
- Программный комплекс «Saphir»

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

- MS Office

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

| № п/п | Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины/модуля | Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины/модуля (демонстрационное оборудование) |
|-------|--|---|
| 1 | газоволюметрический пикнометр «Поромер»; установка Эпрон-2000 | Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть |
| 2 | газоволюметрический пикнометр «Поромер»; установка Эпрон-2000 | Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть |
| 3 | газоволюметрический пикнометр «Поромер»; установка Эпрон-2000 | Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть |
| 4 | газоволюметрический пикнометр «Поромер»; установка, Эпрон-2000 | Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть |

| | | |
|---|---|---|
| 5 | газовополюметрический пикнометр «Поромер»; установка Эпрон-2000 | Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть |
| 6 | газовополюметрический пикнометр «Поромер»; установка Эпрон-2000 | Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть |
| 7 | газовополюметрический пикнометр «Поромер»; установка Эпрон-2000 | Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть |

11. Методические указания по организации СРС

11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

На практических занятиях обучающиеся изучают методику и выполняют типовые расчеты. Для эффективной работы обучающиеся должны иметь инженерные калькуляторы и соответствующие канцелярские принадлежности. В процессе подготовки к практическим занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя. Наличие конспекта лекций на практическом занятии обязательно!

Задания на выполнение типовых расчетов на лабораторных работах обучающиеся получают индивидуально. Порядок выполнения типовых расчетов изложены в следующих методических указаниях:

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1 – ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕБИТОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН ПО РАЗЛИЧНЫМ МЕТОДИКАМ

Задача 1. Для геолого-физических условий представленных в таблице 1.1 рассчитать дебит скважины с горизонтальным окончанием Q_2 по различным методикам, сопоставить полученные результаты, определить оптимальную длину горизонтального участка по графику зависимости дебита скважины от длины ГС для 10 значений (от изначального) с шагом в 50 метров для решений рассмотренных авторов.

Таблица 1.1

| Наименование параметра | Условное обозначение | Единицы измерения (СИ) | Значение |
|--|----------------------|------------------------|---------------------------|
| Нефтенасыщенная толщина | h | м | 5,5 |
| Проницаемость по горизонтали, м ² | k_h | м ² | $443 \cdot 10^{-15}$ |
| Проницаемость по вертикали, м ² | k_v | м ² | определить самостоятельно |
| Вязкость нефти | μ_n | Па·с | 0,00112 |
| Пластовое давление | $P_{пл}$ | Па | $17,5 \cdot 10^6$ |
| Забойное давление | $P_{заб}$ | Па | $14,5 \cdot 10^6$ |
| Радиус горизонтального участка скважины | r_c | м | 0,1 |
| Радиус контура питания | R_k | м | 300 |
| Объемный коэффициент нефти | B_0 | д.ед | 1,2 |

Проницаемость по вертикали определить с использованием установки «Эпрон-2000». Группа студентов разделяется на подгруппы, каждая подгруппа получает свой керн для определения проницаемости.

Решение. Задача решается следующим порядком:

1. Рассчитаем дебит ГС по методике Joshi S.D. Для этого необходимо определить параметр анизотропии из выражения 1.1 и большую полуось эллипса дренирования (выражение 1.2):

$$\chi = \sqrt{\frac{k_h}{k_v}} = \sqrt{\frac{443 \cdot 10^{-15}}{55 \cdot 10^{-15}}} = 2,84 \quad (1.1)$$

$$a = 0,5 \cdot L \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + \left(\frac{2R_k}{L}\right)^4}} = 0,5 \cdot 250 \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + \left(\frac{300}{0,5 \cdot 250}\right)^4}} = 313,3 \text{ м.} \quad (1.2)$$

Подставляя полученные результаты в выражение 1.1 получаем,

$$Q_e = \frac{2\pi k_h h \Delta P}{\mu_n B_0 \left[\ln \left(\frac{a + \sqrt{a^2 - 0,25L^2}}{0,5L} \right) + \left(\frac{\chi h}{L} \right) \ln \left(\frac{\chi h}{2r_c} \right) \right]}$$

$$Q = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 443 \cdot 10^{-15} \cdot 5,5 \cdot (17,5 \cdot 10^6 - 14,5 \cdot 10^6)}{0,00112 \cdot 1,2 \cdot \left[\ln \left(\frac{313,3 + \sqrt{313,3^2 - 0,25 \cdot 250^2}}{0,5 \cdot 250} \right) + \left(\frac{2,84 \cdot 5,5}{250} \right) \ln \left(\frac{2,84 \cdot 5,5}{2 \cdot 0,1} \right) \right]} = 0,0171 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Для определения суточного дебита умножаем полученный результат на количество секунд в сутках (86 400).

$$Q_e = 0,0171 \cdot 86400 \approx 1481 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

2. Рассчитаем дебиты ГС по методике Борисова Ю.П.

Фильтрационное сопротивление, определяемое по формуле 1.3:

$$J = \ln \frac{4R_k}{L} + \frac{h \cdot \chi^*}{L} \ln \frac{h \cdot \chi^*}{2r_c} \quad (1.3)$$

$$J = \ln \frac{4 \cdot 300}{250} + \frac{5,5 \cdot 2,84}{250} \ln \frac{5,5 \cdot 2,84}{2 \cdot 0,1} = 1,77.$$

$$Q_e = \frac{2\pi k_h h \Delta P}{B\mu_n J} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 443 \cdot 10^{-15} \cdot 5,5 \cdot (17,5 \cdot 10^6 - 14,5 \cdot 10^6)}{0,00112 \cdot 1,2 \cdot 1,77} = 0,0193 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Для определения суточного дебита умножаем полученный результат на количество секунд в сутках (86 400).

$$Q_e = 0,0193 \cdot 86400 \approx 1667,93 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

3. Рассчитаем дебиты ГС по методике Giger.

Фильтрационное сопротивление J принимать выражение (1.4)

$$J = \frac{1 + \left[1 - \left(\frac{L}{2R_k} \right)^2 \right]^{0,5}}{\frac{L}{2R_k}} + \frac{h \cdot \chi^*}{L} \ln \frac{h \cdot \chi^*}{2r_c} \quad (1.4)$$

$$J = \frac{1 + \left[1 - \left(\frac{250}{2 \cdot 300} \right)^2 \right]^{0,5}}{250} + \frac{5,5 \cdot 2,84}{250} \ln \frac{5,5 \cdot 2,84}{2 \cdot 0,1} = 4,853$$

Определяем дебит ГС:

$$Q_z = \frac{2\pi k_h h \Delta P}{B\mu_n J} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 443 \cdot 10^{-15} \cdot 5,5 \cdot (17,5 \cdot 10^6 - 14,5 \cdot 10^6)}{0,00112 \cdot 1,2 \cdot 4,853} = 0,007 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Для определения суточного дебита умножаем полученный результат на количество секунд в сутках (86 400).

$$Q_z = 0,007 \cdot 86400 \approx 607,9 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

4. Сопоставляем полученные результаты:

| Автор методики | Полученное значение | Отклонение |
|----------------|----------------------------|------------|
| Joshi S.D. | 1481 м ³ /сут | |
| Борисова Ю.П. | 1667,9 м ³ /сут | |
| Giger | 607,9 м ³ /сут | |

5. Рассчитаем дебиты скважины для 20 значений длины горизонтального участка с шагом в 50 метров по представленным методикам и построим графическую зависимость:

| L длина горизонтального участка | Дебит ГС, м ³ /сут (Joshi S.D.) | Дебит ГС, м ³ /сут (Борисова Ю.П.) | Дебит ГС, м ³ /сут (Giger) |
|---------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| 50 | 1360,612 | 1647,162 | 1011,10254 |
| 100 | 1982,238 | 2287,564 | 1318,32873 |
| 150 | 2338,347 | 2628,166 | 1466,90284 |
| 200 | 2569,118 | 2839,562 | 1554,49788 |
| 250 | 2730,82 | 2983,551 | 1612,26295 |
| 300 | 2850,426 | 3087,939 | 1653,21864 |
| 350 | 2942,48 | 3167,09 | 1683,77018 |
| 400 | 3015,519 | 3229,168 | 1707,43528 |
| 450 | 3074,884 | 3279,159 | 1726,30646 |
| 500 | 3124,085 | 3320,28 | 1741,70642 |
| 550 | 3165,528 | 3354,7 | 1754,51226 |
| 600 | 3200,912 | 3383,933 | 1765,32852 |
| 650 | 3231,477 | 3409,07 | 1774,58546 |
| 700 | 3258,144 | 3430,915 | 1782,59759 |
| 750 | 3281,613 | 3450,074 | 1789,60019 |
| 800 | 3302,428 | 3467,016 | 1795,77275 |
| 850 | 3321,015 | 3482,103 | 1801,2546 |
| 900 | 3337,713 | 3495,624 | 1806,15552 |
| 950 | 3352,797 | 3507,811 | 1810,56322 |
| 1000 | 3366,489 | 3518,853 | 1814,54859 |

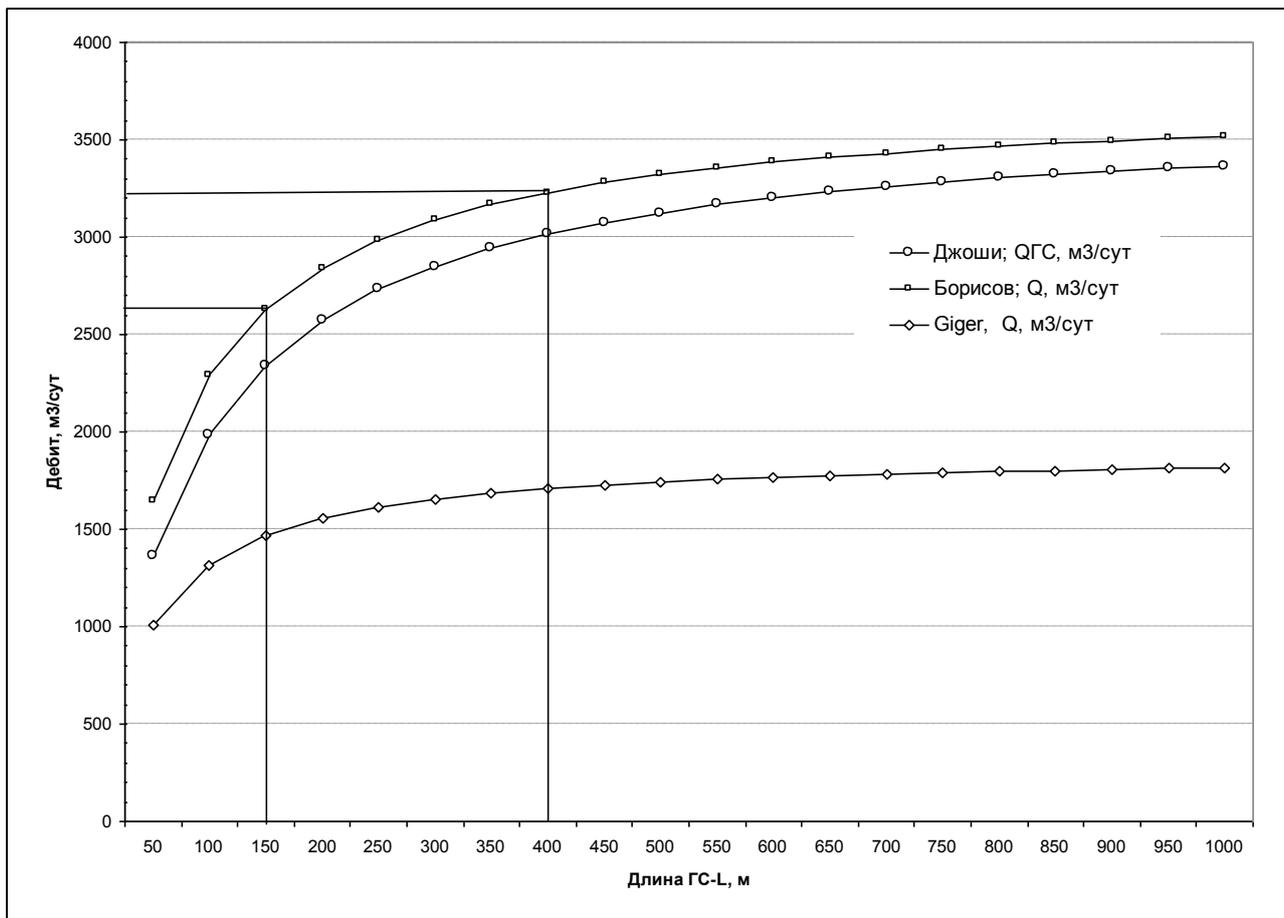


Рисунок 1.1 – Зависимость изменения дебита скважины от длины горизонтального участка

Выводы: По результатам расчета прогнозного дебита горизонтальной скважины по методикам Joshi S.D., Борисова Ю.П., Giger для геолого-физических условий пласта ПК₂₀ Ярайнерского месторождения следует:

- при незначительном отличии (формой притока в горизонтальной проекции) аналитических моделей работы горизонтальных скважин, вскрывших однородно-анизотропный пласт в середине между кровлей и подошвой, отличие расчетных дебитов достаточно большое;
- для условий пласта ПК₂₀ Ярайнерского месторождения были построены графические зависимости прогнозного дебита скважины от длины горизонтального участка, по результатам анализа следует, что оптимальными будут варианты в интервале $L_1=150$ м. $Q_1=2620$ м³/сут до $L_2=400$ м. $Q_2=3230$ м³/сут;
- полученные значения являются первыми приближенными результатами подбора оптимальной длины горизонтального участка скважины, дальнейшее обоснование строится на уточнении прогнозных значений дебитов на цифровых моделях пласта и пересчете экономики, по результатам расчета которых будет выбран наиболее рациональный вариант.

Варианты для самостоятельного решения №1

| Ва р. | Длина ГС, м | h нн, м | Kh, мД | Кv, мД путем лабора- торным путем | Вязкость, мПа*с | Рпл, МПа | Рзаб, МПа | Радиус скв, м | Rk, м |
|-------|-------------|---------|--------|---|-----------------|----------|-----------|---------------|-------|
| 1 | 850 | 23 | 443 | | 1,12 | 17,5 | 14,0 | 0,1 | 470 |
| 2 | 850 | 9 | 64 | | 1,16 | 19 | 6,0 | 0,1 | 470 |
| 3 | 400 | 5 | 145 | | 1,16 | 19 | 11,0 | 0,1 | 220 |

| | | | | | | | | |
|----|-----|----|-----|------|------|-------|-----|-----|
| 4 | 200 | 8 | 55 | 1,16 | 21,8 | 13,0 | 0,1 | 110 |
| 5 | 400 | 7 | 111 | 0,98 | 21,1 | 13,7 | 0,1 | 220 |
| 6 | 600 | 8 | 147 | 0,98 | 23,1 | 16,0 | 0,1 | 330 |
| 7 | 200 | 9 | 147 | 0,98 | 23,3 | 16,0 | 0,1 | 110 |
| 8 | 500 | 10 | 158 | 0,51 | 24 | 16,0 | 0,1 | 275 |
| 9 | 700 | 11 | 96 | 0,41 | 24,3 | 5,8 | 0,1 | 385 |
| 10 | 300 | 19 | 96 | 0,41 | 24,3 | 11,2 | 0,1 | 165 |
| 11 | 250 | 8 | 443 | 1,12 | 17,5 | 15,0 | 0,1 | 470 |
| 12 | 500 | 15 | 64 | 1,16 | 19 | 11,0 | 0,1 | 470 |
| 13 | 350 | 6 | 145 | 1,16 | 19 | 16,0 | 0,1 | 220 |
| 14 | 800 | 9 | 55 | 1,16 | 21,8 | 15,0 | 0,1 | 110 |
| 15 | 600 | 11 | 111 | 0,98 | 21,1 | 17,8 | 0,1 | 220 |
| 16 | 550 | 12 | 147 | 0,98 | 23,1 | 13,0 | 0,1 | 330 |
| 17 | 400 | 8 | 147 | 0,98 | 23,3 | 18,0 | 0,1 | 110 |
| 18 | 700 | 16 | 158 | 0,51 | 24 | 19,5 | 0,1 | 275 |
| 19 | 350 | 18 | 96 | 0,41 | 24,3 | 11,34 | 0,1 | 385 |
| 20 | 250 | 17 | 96 | 0,41 | 24,3 | 16,2 | 0,1 | 165 |
| 21 | 400 | 22 | 443 | 1,12 | 17,5 | 14,9 | 0,1 | 470 |
| 22 | 750 | 16 | 64 | 1,16 | 19 | 15,3 | 0,1 | 470 |
| 23 | 150 | 10 | 145 | 1,16 | 19 | 12,7 | 0,1 | 220 |
| 24 | 350 | 11 | 55 | 1,16 | 21,8 | 9,8 | 0,1 | 110 |
| 25 | 450 | 6 | 111 | 0,98 | 21,1 | 12,9 | 0,1 | 220 |
| 26 | 650 | 9 | 147 | 0,98 | 23,1 | 13,8 | 0,1 | 330 |
| 27 | 700 | 19 | 147 | 0,98 | 23,3 | 18,2 | 0,1 | 110 |
| 28 | 500 | 21 | 158 | 0,51 | 24 | 14,3 | 0,1 | 275 |
| 29 | 650 | 8 | 96 | 0,41 | 24,3 | 18,6 | 0,1 | 385 |
| 30 | 350 | 9 | 96 | 0,41 | 24,3 | 15,2 | 0,1 | 165 |

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2 – РАСЧЕТ ДЕБИТА СКВАЖИНЫ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ОКОНЧАНИЕМ И НАКЛОННО - НАПРАВЛЕННОЙ С ТРЕЩИНОЙ ГРП

Задача 2.1. Выполнить расчет дебитов вертикальной скважины с эллиптической трещиной ГРП для геолого-физических условий пласта ПК₂₀ Ярайнерского месторождения и сравнить с результатами расчета дебитов горизонтальной скважины, рассчитанной по методике Joshi (задача 1);

- сопоставить полученные результаты;

- определить по графику зависимости дебита скважины от размеров трещины (для 10 значений (от начального) с шагом в 10 метров) и от длины ГС для 10 значений (от изначального) с шагом в 50 метров, какая из скважин наиболее эффективна для динных геолого-физических условий.

Таблица 2.1

| Наименование параметра | Условное обозначение | Единицы измерения (СИ) | Значение |
|--|----------------------|------------------------|-------------------------------|
| Нефтенасыщенная толщина | h | м | 5,5 |
| Проницаемость по горизонтали, м ² | k_h | м ² | $443 \cdot 10^{-15}$ |
| Проницаемость по вертикали, м ² | k_v | м ² | определить лабораторным путем |
| Вязкость нефти | μ_n | Па·с | 0,00112 |
| Пластовое давление | $P_{пл}$ | Па | $17,5 \cdot 10^6$ |
| Забойное давление | $P_{заб}$ | Па | $14,5 \cdot 10^6$ |
| Радиус горизонтального участка скважины | r_c | м | 0,1 |
| Радиус контура питания | R_k | м | 250 |
| Объемный коэффициент нефти | B_0 | д.ед | 1,2 |
| Длина трещины ГРП | l_1 | м | 50 |
| Ширина трещины ГРП | w | м | 0,02 |
| Проницаемость загрязненной зоны | k_3 | м ² | $55 \cdot 10^{-15}$ |
| Большая полуось загрязненной зоны | a | м | 15 |
| Меньшая полуось загрязненной зоны | b | м | 2 |

Проницаемость по вертикали определить с использованием установки «Эпрон-2000». Группа студентов разделяется на подгруппы, каждая подгруппа получает свой керн для определения проницаемости.

Методические рекомендации

Задача решается следующим порядком:

1. Прогнозное значение дебита ГС в зависимости от длины определяется по алгоритму представленному в теме №1.

2. Дебит вертикальной скважины определяется по формуле Дююи:

$$Q_0 = \frac{2\pi k h}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (2.1)$$

$$Q_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 443 \cdot 10^{-15} \cdot 5,5 \cdot (17,5 \cdot 10^6 - 14,5 \cdot 10^6)}{0,00112 \cdot \ln \frac{250}{0,1}} = 0,0052 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$Q_0 = 0,0052 \cdot 86400 \approx 452,59 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

3. Фокусное расстояние конфокальных эллипсов;

$$f = \sqrt{l^2 - w^2} \quad (2.2)$$

$$f = \sqrt{50^2 - 0,02^2} = 0,999$$

$$p = \sqrt{\frac{a-b}{a+b}} \quad (2.3)$$

$$p = \sqrt{\frac{15-2}{15+2}} = 0,986$$

$$\lambda_1 = \frac{k_1 - k_3}{k_1 + k_3} \quad (2.4)$$

$$\lambda_1 = \frac{443 \cdot 10^{-15} - 55 \cdot 10^{-15}}{443 \cdot 10^{-15} + 55 \cdot 10^{-15}} = 0,77$$

4. Дебит вертикальной скважины с эллиптической трещиной ГРП:

$$Q_{\text{тр}} = Q_0 \cdot \frac{\ln R_c / r_w}{\ln \frac{2R_c}{f} - \frac{2\lambda_1}{1-\lambda_1} \cdot \ln p} \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{тр}} = 0,0052 \cdot \frac{\ln 250/0,1}{\ln \frac{2 \cdot 250}{0,996} - \frac{2 \cdot 0,77}{1-0,77} \cdot \ln 0,874} = 0,0064 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$Q_0 = 0,00612 \cdot 86400 \approx 553,8 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

5. Сопоставляем полученные результаты:

| Вид скважины | Значение | Отклонение |
|---|----------------------------|------------|
| Факт. начальный дебит ГС 210Г (01.01.2015 г.) | 2778 м ³ /сут | |
| Факт. начальный дебит ВС 30Р (01.01.2015 г.) | 750 м ³ /сут | |
| Вертикальная | 452,59 м ³ /сут | |
| Вертикальная+ГРП (длина тр.=50м) | 553,8 м ³ /сут | |
| Горизонтальная (L=500 м) | 2730 м ³ /сут | |

Выводы: проведя расчеты дебитов вертикальных скважин с ГРП и выполнив сравнительный анализ с дебитами, полученными для горизонтальной скважины, можно сделать вывод, что применение ГС значительно выгоднее, так как наблюдается существенная разница в полученных значениях.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3 – РАСЧЕТ ДЕБИТА МНОГОСТВОЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

Дано:

| Наименование параметра | Условное обозначение | Единицы измерения (СИ) | Значение |
|--|----------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Длина горизонтального участка | l | м | 300 |
| Проницаемость по горизонтали, м ² | k_h | м ² | $147 \cdot 10^{-15}$ |
| Проницаемость по вертикали, м ² | k_v | м ² | определить лабораторным путем |
| Вязкость нефти | μ_n | Па·с | 0,00098 |
| Пластовое давление | $P_{пл}$ | Па | $23,1 \cdot 10^6$ |
| Забойное давление | $P_{зab}$ | Па | $16 \cdot 10^6$ |
| Радиус горизонтального участка скважины | r_c | м | 0,1 |
| Радиус контура питания | R_k | м | 330 |
| Угол наклона ствола от вертикали | α | град | 90 |
| Гидропроводность | ε | (м ² ·м)/(Па·с) | $2,93 \cdot 10^{-10}$ |
| Параметр анизотропии проницаемости пласта | β | | 0,244 |

Проницаемость по вертикали определить с использованием установки «Эпрон-2000». Группа студентов разделяется на подгруппы, каждая подгруппа получает свой керн для определения проницаемости.

Методические рекомендации

$$\varepsilon = \frac{k \cdot h}{\mu} = \frac{36 \cdot 10^{-15} \cdot 8}{0.98 \cdot 10^{-3}} = 2.93 \cdot 10^{-10}$$

$$\beta = \frac{k_v}{k_h} = \frac{36}{147} = 0.244$$

1. Рассчитываем приток жидкости к многоствольной горизонтальной скважине по уравнению Борисова Ю.П., Пилатовского В.П., Табакова В.П.:

$$Q = \frac{2\pi\varepsilon\Delta P}{\ln R_k - \ln \frac{l \sin \alpha}{x(n)} + \frac{h}{l \cdot n} \ln \left(\frac{h \sin \alpha}{2\pi r_w} \right)} \quad (3.1)$$

$$Q = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 2.93 \cdot 10^{-10} \cdot (23.1 - 16) \cdot 10^6 \cdot 86400}{\ln 330 - \ln \frac{300 \cdot \sin 90}{4} + \frac{8}{330 \cdot 1} \cdot \ln \left(\frac{8 \cdot \sin 90}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.1} \right)} = 730.66 \text{ м}^3/\text{сут}$$

2. Рассчитываем приток жидкости к многоствольной горизонтальной скважине по уравнению Григулецкого В.Г., Никитина Б.А.:

$$Q = \frac{2\pi\varepsilon\Delta P}{\ln \frac{x(n)R_k}{l} + \frac{\beta h}{l \cdot n} \ln \left(\frac{\beta h}{2\pi r_w} \right)} \quad (3.2)$$

$$Q = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 2.93 \cdot 10^{-10} \cdot (23.1 - 16) \cdot 10^6 \cdot 86400}{\ln \frac{4 \cdot 330}{330} + \frac{0.244 \cdot 8}{300} \cdot \ln \frac{0.244 \cdot 8}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.1}} = 760.314 \text{ м}^3/\text{сут}$$

3. Рассчитываем приток жидкости по формуле для одноярусной многоствольной горизонтальной скважине:

$$Q = \frac{2\pi\varepsilon\Delta P}{\frac{2}{n} \ln \frac{R_k^{n/2} + \sqrt{R_k^n + l^n}}{l^{n/2}} + \frac{h}{l \cdot n} \ln \left(\frac{h}{2\pi r_w} \right)} \quad (3.3)$$

$$Q = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 2.93 \cdot 10^{-10} \cdot (23.1 - 16) \cdot 10^6 \cdot 86400}{\frac{2}{1} \cdot \ln \frac{330^{1/2} + \sqrt{330^1 + 300^1}}{300^{1/2}} + \frac{8}{300 \cdot 1} \cdot \ln \frac{8}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.1}} = 596.23 \text{ м}^3/\text{сут}$$

4. Рассчитываем приток жидкости к многоствольной горизонтальной скважине по формуле Меркулова В.П.:

$$Q = \frac{2\pi\varepsilon\Delta P}{\pi b^* + h \ln\left(\frac{h}{2\pi r_w}\right) - h \left(\ln \frac{a^* + c^*}{2c^*} + \lambda \right) + l \ln \frac{2R_k^n}{n(a^* + b^*)\delta^{*(n-1)}} \left[1 - \left(\frac{\delta^*}{R_k} \right)^{2n} \right]} \quad (3.4)$$

$$Q = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 2.93 \cdot 10^{-10} \cdot (23.1 - 16) \cdot 10^6}{3.14 \cdot 5054 + 8 \cdot \ln \frac{8}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.1} - 8 \cdot \left(\ln \frac{316 + 300}{2 \cdot 300} + 20.425 \right) + 300 \cdot \ln \frac{2 \cdot 330^1}{1 \cdot (316 + 5054) \cdot 1} \cdot \left(1 - \left(\frac{0.375}{330} \right)^2 \right)}$$

= 0.074 м³/сут

Полученные результаты:

| Борисов(90) | Григулецкий | Одноярусная | Меркулова | n |
|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| 730,6631434 | 760,3145974 | 596,2384087 | 0,07495808 | 1 |
| 1376,646307 | 1429,151989 | 1150,221259 | 0,066873082 | 2 |
| 1533,007256 | 1575,991815 | 1665,044818 | 0,06008589 | 3 |
| 1643,423801 | 1680,271004 | 2143,610059 | 0,054456752 | 4 |

Выводы: 1) Методика Борисова. Исходя из данной методики при $\alpha=90^0$, бурение многоствольных ГС с равномерным веерным расположением приводит к значительному увеличению дебита скважины. При этом резкое увеличение дебита наблюдается при бурении двух боковых стволов.

2) Методика Григулецкого. При одноярусном расположении ГС с увеличением количества боковых стволов дебит увеличивается. Значительное увеличение дебита наблюдается при зарезке двух боковых стволов.

3) Одноярусное расположение. Дебит увеличивается прямо пропорционально.

4) Методика Меркулова. При расчете по данной методике наблюдается снижение дебита при увеличении числа горизонтальных стволов

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4 – РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ СЕТКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РАБОТЫ С ВЕРТИКАЛЬНЫМИ

Исходные данные для расчета:

Пусть гидропроводность пласта равна $\frac{kh}{\mu} = 1$, рассмотрим варианты когда эффективная

общая и толщины этого пласта равны $h = 5, 10, 14,2$ м и $h_{\text{общ}} = 10, 20, 22,6$ м. Радиус скважины равен $r_c = 0,1$ м. Разность забойных давлений нагнетательных и добывающих скважин $P_{\text{сн}} - P_{\text{сз}} = 0,1$ МПа. Рассмотрим разные сетки скважин $2\sigma_n = 2\sigma = L = 150, 300, 450, 500, 600$ м. $2\sigma_n$ – расстояние между рядами нагнетательных скважин, 2σ – расстояние между рядами добывающих скважин, L – расстояние между рядом добывающих и нагнетательных скважин. Общее число нагнетательных скважин $n_n = 50$ и общее число добывающих скважин $n = 110$. Общая горизонтальная длина горизонтальной скважины $l_r = 300$ м.

Методические рекомендации

Сначала определим общий дебит нефтяной площади для варианта вертикальных скважин. $h = 10$, $h_{\text{общ}} = 20$, $2\sigma_n = 2\sigma = L = 150$

Фильтрационные сопротивления

$$\omega = \frac{1}{n} \cdot \frac{\mu}{k \cdot h} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \frac{2\sigma}{2\pi \cdot r_c} \quad (4.1)$$

$$\omega = \frac{1}{110} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \frac{150}{2\pi \cdot 0.1} = 0,017$$

$$\omega_n = \frac{1}{n_n} \cdot \frac{\mu}{k \cdot h} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \frac{2\sigma_n}{2\pi \cdot r_c} \quad (4.2)$$

$$\omega_n = \frac{1}{50} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \frac{150}{2\pi \cdot 0.1} = 0,008$$

$$\Omega = \frac{\mu}{k \cdot h} \cdot \frac{L}{2\sigma \cdot n} \quad (4.3)$$

$$\Omega = 1 \cdot \frac{150}{150 \cdot 110} = 0,009$$

Общий дебит нефтяной площади

$$q_0 = \frac{P_{\text{сн}} - P_{\text{сэ}}}{\omega_n + \frac{1}{2}\Omega + \omega} \quad (4.4)$$

$$q_0 = \frac{13,6 - 13,5}{0,008 + \frac{1}{2} \cdot 0,009 + 0,017} \cdot 86400 = 289388 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Теперь определим общий дебит нефтяной площади для варианта горизонтальных скважин. $h = 10$, $h_{\text{общ}} = 20$, $2\sigma_n = 2\sigma = L = 150$

Фильтрационные сопротивления

$$\omega_n = \frac{1}{n} \cdot \frac{\mu}{k \cdot h} \cdot \frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{2\sigma \cdot h_{\text{общ}} \cdot n_{\text{сн}}}{l_r \cdot h} + \frac{h_{\text{общ}}}{l_r} \cdot \ln \frac{h}{n_{\text{сн}} \cdot 2\pi \cdot r_c} \right) \quad (4.5)$$

$$\omega_n = \frac{1}{50} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{150 \cdot 20 \cdot 1}{300 \cdot 10} \cdot \frac{20}{300} \cdot \ln \frac{10}{1 \cdot 2\pi \cdot 0,1} \right) = 0,001$$

$$\omega = \frac{1}{n} \cdot \frac{\mu}{k \cdot h} \cdot \frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{2\sigma_n \cdot h_{\text{общ}} \cdot n_{\text{сн}}}{l_r \cdot h} + \frac{h_{\text{общ}}}{l_r} \cdot \ln \frac{h}{n_{\text{сн}} \cdot 2\pi \cdot r_c} \right) \quad (4.6)$$

$$\omega = \frac{1}{50} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{150 \cdot 20 \cdot 1}{300 \cdot 10} \cdot \frac{20}{300} \cdot \ln \frac{10}{1 \cdot 2\pi \cdot 0,1} \right) = 0,003$$

$$\Omega = \frac{\mu}{k \cdot h} \cdot \frac{L}{2\sigma \cdot n} \quad (4.7)$$

$$\Omega = 1 \cdot \frac{150}{150 \cdot 110} = 0,009$$

Общий дебит нефтяной площади

$$q_0 = \frac{P_{сн} - P_{сэ}}{\omega_n + \frac{1}{2}\Omega + \omega}$$

$$q_0 = \frac{13,6 - 13,5}{0,001 + \frac{1}{2} \cdot 0,009 + 0,003} \cdot 86400 = 918692 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Как видно, на рассматриваемой нефтяной площади при прочих равных условиях применение горизонтальных скважин вместо вертикальных скважин приводит к увеличению общего дебита в 3 раза. Если произвести расчет для остальных показателей, то можно рассмотреть зависимость отношения дебитов горизонтальных и вертикальных скважин к выбранной сетке скважин (рисунок 3).

Рассмотрим вариант, когда пласт имеет несколько проницаемых нефтяных прослоев $n_{сл} = 2, 4, 8$ для варианта $h = 10$, $h_{общ} = 20$, $2\sigma_n = 2\sigma = L = 150$

Расчет для месторождения, которое эксплуатируется только вертикальными скважинами останется без изменений, а для месторождения, которое эксплуатируется только горизонтальными скважинами примет следующий вид.

Фильтрационные сопротивления

$$\omega_n = \frac{1}{n} \cdot \frac{\mu}{k \cdot h} \cdot \frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{2\sigma \cdot h_{общ} \cdot n_{сл}}{l_r \cdot h} + \frac{h_{общ}}{l_r} \cdot \ln \frac{h}{n_{сл} \cdot 2\pi \cdot r_c} \right)$$

$$\omega_n = \frac{1}{50} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{150 \cdot 20 \cdot 2}{300 \cdot 10} \cdot \frac{20}{300} \cdot \ln \frac{10}{1 \cdot 2\pi \cdot 0,1} \right) = 0,0017$$

$$\omega = \frac{1}{n} \cdot \frac{\mu}{k \cdot h} \cdot \frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{2\sigma_n \cdot h_{общ} \cdot n_{сл}}{l_r \cdot h} + \frac{h_{общ}}{l_r} \cdot \ln \frac{h}{n_{сл} \cdot 2\pi \cdot r_c} \right)$$

$$\omega = \frac{1}{50} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{150 \cdot 20 \cdot 2}{300 \cdot 10} \cdot \frac{20}{300} \cdot \ln \frac{10}{1 \cdot 2\pi \cdot 0,1} \right) = 0,004$$

$$\Omega = \frac{\mu}{k \cdot h} \cdot \frac{L}{2\sigma \cdot n} = 1 \cdot \frac{150}{150 \cdot 110} = 0,009$$

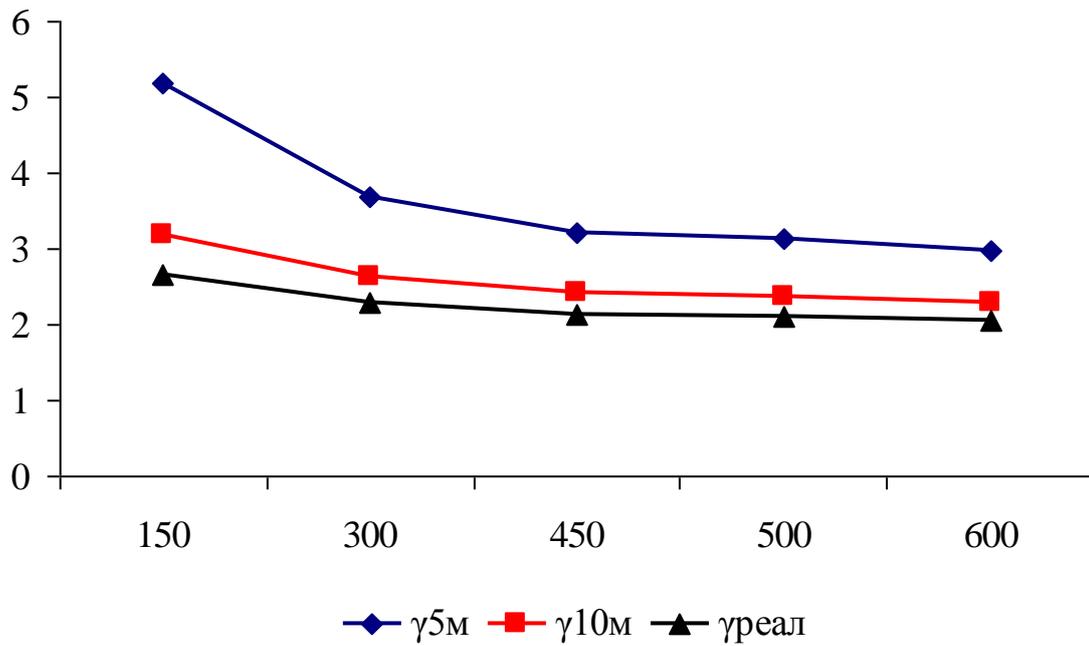


Рисунок 4.1 – Отношение дебитов к выбранной сетке скважин

Общий дебит нефтяной площади

$$q_0 = \frac{P_{\text{нн}} - P_{\text{нн}}}{\omega_i + \frac{1}{2}\Omega + \omega} = \frac{13,6 - 13,5}{0,0071 + \frac{1}{2} \cdot 0,009 + 0,004} \cdot 86400 = 848228 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Рассмотрим зависимость отношения дебитов горизонтальных и вертикальных скважин к выбранной сетке скважин с учетом 2, 4 и 8 проницаемых нефтяных пластов (рисунок 4.2)

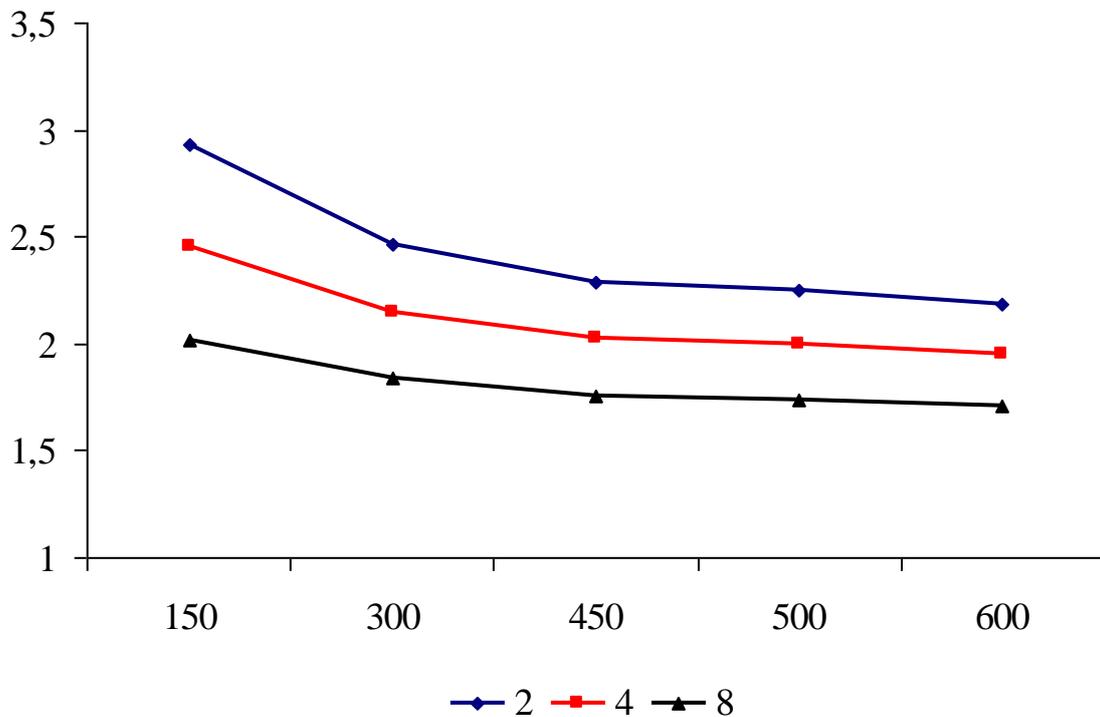


Рисунок 4.2 – Отношения дебитов горизонтальных и вертикальных скважин к выбранной сетке скважин с учетом нескольких проницаемых нефтяных пластов

Вывод. Проанализировав данный метод расчетов можно прийти к выводу, что применение горизонтальных добывающих и нагнетательных скважин с крупной сеткой скважин на месторождении, где есть только один нефтяной пласт гораздо предпочтительнее, чем использование вертикальных скважин. Недостатком данного метода является неправдоподобный подбор величины гидропроводности, которая принимается равной единице, что не соответствует действительности, но необходимо для получения более достоверных данных по получаемому суммарному дебиту на месторождении.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5 – РАСЧЕТ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТА ПО МЕТОДУ ЕВЧЕНКО В.С.

Исходные данные

$R_{пл} = 17,5$ МПа
 $R_{заб} = 14$ МПа
 $\mu = 1,12$ мПа·с
 $b_H = 1,2$
 $R_k = 400$ м
 $K_x = 443$ мД
 $K_y =$ определить лабораторным путем.
 $h = 6$ м
 $K_{прод} = 61,6$ м³/сут·МПа
 $l_0 = 0,3$
 $r_0 = 0,005$
 $m = 20$
 $b = 4$

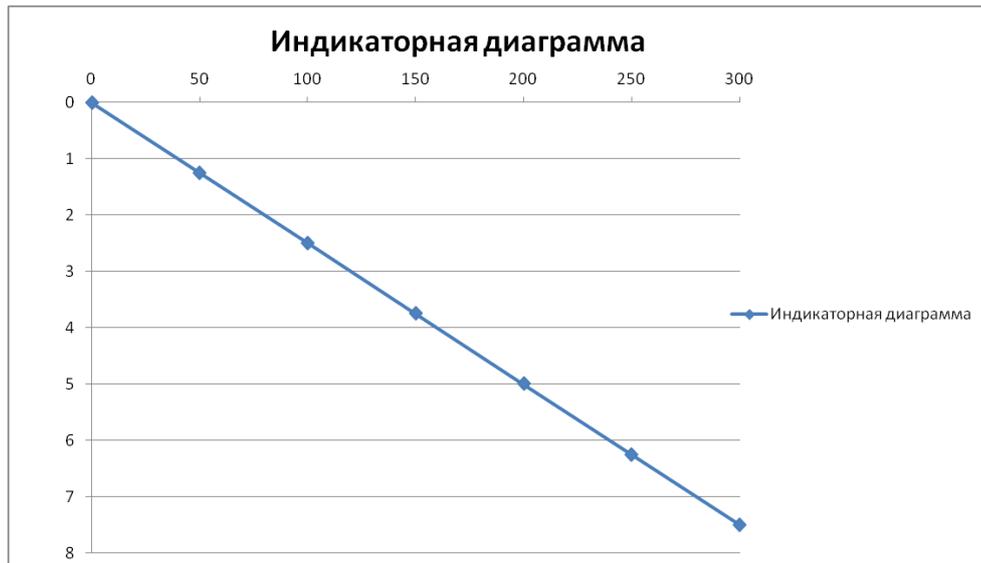
Проницаемость по вертикали определить с использованием установки «Эпрон-2000». Группа студентов разделяется на подгруппы, каждая подгруппа получает свой керн для определения проницаемости.

Данные о дебите скважины

| Q м ³ /сут | R _{пл} , Па | R _{заб} , Па |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 0 | 17500000 | 0 |
| 100 | 17500000 | 15876623,38 |
| 150 | 17500000 | 15064935,06 |
| 200 | 17500000 | 14253246,75 |
| 250 | 17500000 | 13441558,44 |
| 300 | 17500000 | 12629870,13 |
| 350 | 17500000 | 11818181,82 |
| 450 | 17500000 | 10194805,19 |
| 500 | 17500000 | 9383116,883 |
| 550 | 17500000 | 8571428,571 |
| 600 | 17500000 | 7759740,26 |

Методические рекомендации по решению задачи

1) По результатам гидродинамических исследований на стационарных режимах построить индикаторную линию (график зависимости Q от dP)



$$K_{прод} = Q_2 - Q_1 / P_2 - P_1 \quad (5.1)$$

$$K_{прод} = (450 - 200) / (8\,929\,000 - 3\,247\,000) = 0,0000616 \text{ м}^3/\text{сут} \cdot \text{Па}$$

2) Определяем фильтрационное сопротивление по характеру вскрытия

$$\bar{h} = \frac{b}{h} \quad (5.2)$$

$$\bar{h} = \frac{4}{6} = 0,67$$

$$Sd = \frac{1}{\bar{h}} \cdot \left[\ln \frac{4 \cdot r_c}{l_o} - \frac{\chi^*}{m \cdot l_o} \cdot \ln(2\pi \cdot r_o \cdot m) \right] \quad (5.3)$$

$$Sd = \frac{1}{0,67} \cdot \left[\ln \frac{4 \cdot 0,114}{0,3} - \frac{3}{20 \cdot 0,3} \cdot \ln(2 \cdot 3,14 \cdot 0,005 \cdot 20) \right] = 0,981$$

3) Определяем приведенный радиус скважины для перфорированной колонны

$$r_{сnp} = r_c \cdot \exp(-Sd) \quad (5.4)$$

$$r_{сnp} = 0,114 \cdot \exp(-0,981) = 0,0427$$

4) Определяем скин-фактор горизонтальной скважины, согласно условия, относительно параметра b

$$St_r = 1 - \frac{h \cdot \chi}{L} \cdot \ln \left(\frac{4\pi \cdot r_{сnp}}{\chi \cdot h} \right) + \ln \frac{2,7 \cdot r_{сnp}}{L} \quad (5.5)$$

$$St_r = 1 - \frac{6 \cdot 3}{200} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 0,0427}{3 \cdot 6}\right) + \ln \frac{2,7 \cdot 0,0427}{200} = -6,422$$

5) Определяем гидропроводность пласта

$$\frac{kh}{\mu} = 1,84 \cdot \eta_e \cdot \nu \cdot \left(\ln \frac{R_k}{r_c} + St_z \right) \quad (5.6)$$

$$\frac{kh}{\mu} = 1,84 \cdot 7,13 \cdot 10^{-9} - 10 \cdot 1,2 \cdot \left(\ln \frac{400}{0,114} + (-6,422) \right) = 2,74 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 \cdot \text{м} / \text{Па} \cdot \text{с}$$

6) Определяем коэффициент проницаемости

$$k = \frac{2,74 \cdot 10^{-9} \mu}{h} \quad (5.7)$$

$$k = \frac{2,74 \cdot 10^{-9} \cdot 0,00112}{6} = 5,11515 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2 = 511,52 \text{ мД}$$

Вывод. Интерпретация данных ГДИС скважин с горизонтальным окончанием можно вычислить гидропроводность, проницаемость, скин-фактор призабойной зоны

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6 – ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕБИТА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ С ТРЕЩИНАМИ ГРП, РАСПОЛОЖЕННОЙ В АНИЗОТРОПНОМ, ПОЛОСООБРАЗНОМ ПЛАСТЕ

| Наименование параметра | Условное обозначение | Единицы измерения (СИ) | Значение |
|---|----------------------|------------------------|-------------------------------|
| Нефтенасыщенная толщина | h | м | 8 |
| Проницаемость по горизонтали, | k_h | м ² | $147 \cdot 10^{-15}$ |
| Проницаемость по вертикали, | k_v | м ² | определить лабораторным путем |
| Вязкость нефти | μ_n | Па·с | 0,00098 |
| Пластовое давление | $P_{пл}$ | Па | $23,1 \cdot 10^6$ |
| Забойное давление | $P_{заб}$ | Па | $16 \cdot 10^6$ |
| Радиус горизонтального участка скважины | r_c | м | 0,1 |
| Радиус контура питания | R_k | м | 330 |
| Объемный коэффициент нефти | B_0 | д.ед | 1,2 |
| Ширина зоны отбора i -ой вертикальной трещины | a | м | 2000 |
| Ширина полосообразного пласта | b | м | 300 |
| Ширина трещины ГРП | c | м | 0,02 |

Проницаемость по вертикали определить с использованием установки «Эпрон-2000». Группа студентов разделяется на подгруппы, каждая подгруппа получает свой керн для определения проницаемости.

Методические рекомендации по решению задачи

$$Q_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_h \cdot h \cdot n}{\mu \cdot B} \cdot \frac{(P_{np} - P_3)}{\text{arcch} \frac{ch \frac{\pi \cdot b}{2 \cdot a \cdot n}}{\sin \frac{\pi L_f}{2 \cdot a}} + \frac{\chi \cdot h}{L} \cdot \ln \frac{h}{h_f} + \frac{k_h \cdot h}{k_f \cdot c} \ln \frac{h_f}{2r_c}} \quad (6.1)$$

$$Q_n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 147 \cdot 10^{-15} \cdot 8 \cdot 1}{0,98 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2} \times \frac{(23,1 - 16) \cdot 10^6}{\text{arcch} \frac{ch \frac{3,14 \cdot 300}{2 \cdot 2000 \cdot 1}}{\sin \frac{3,14 \cdot 10}{2 \cdot 2000}} + \frac{\sqrt{\frac{147}{36}} \cdot 8}{300} \cdot \ln \frac{8}{15} + \frac{147 \cdot 8}{36 \cdot 0,02} \cdot \ln \frac{15}{2 \cdot 0,1}} = 124,59 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Изменяя значения длины трещины, количества трещин и ширины трещины, получаем зависимость дебита:



Вывод: с увеличением ширины трещины происходит значительное увеличение дебита по логарифмическому закону



Вывод: с увеличением длины трещины дебит горизонтальной скважины увеличивается логарифмически



Вывод: с изменением количества трещин дебит увеличивается по линейному закону, так как дебит прямо пропорционален количеству трещин.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7 – РАСЧЁТ ПРЕДЕЛЬНОЙ БЕЗВОДНОЙ ДЕПРЕССИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

Дано:

| Наименование параметра | Условное обозначение | Единицы измерения (СИ) | Значение |
|---|----------------------|------------------------|-------------------------------|
| Нефтенасыщенная толщина | b | м | 4,6 |
| Проницаемость по горизонтали | k_h | m^2 | $270 \cdot 10^{-15}$ |
| Проницаемость по вертикали | k_v | m^2 | определить лабораторным путем |
| Вязкость нефти | μ_n | Па·с | 0,00098 |
| Радиус горизонтального участка скважины | r_c | м | 0,1 |
| Радиус контура питания | R_k | м | 250 |
| Объемный коэффициент нефти | B_0 | д.ед | 1,2 |
| Плотность нефти | ρ_n | кг/м ³ | 742 |
| Плотность воды | ρ_v | кг/м ³ | 992 |
| Вязкость дегазированной нефти | μ_d | Па·с | $4,8 \cdot 10^{-3}$ |
| Давление насыщения | $P_{нас}$ | Па | $8,4 \cdot 10^6$ |
| Глубина скважины | H | м | 2338 |
| Давление на устье скважины | P_y | Па | $2,4 \cdot 10^6$ |
| Буферное давление | P_b | Па | $3,6 \cdot 10^6$ |
| Мощность пласта | h | м | 18,9 |

Проницаемость по вертикали определить с использованием установки «Эпрон-2000». Группа студентов разделяется на подгруппы, каждая подгруппа получает свой керн для определения проницаемости.

Таблица 7.1 – Результаты определения предельных безводных дебитов

| \bar{h} | ρ | ξ_0 | ψ | q | ρ | ξ_0 | ψ | q |
|-----------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0,2 | 1,0 | 0,455 | 0,450 | 1,233 | 0,6 | 0,585 | 0,175 | 2,371 |
| 0,3 | | 0,475 | 0,500 | 1,050 | | 0,625 | 0,190 | 1,973 |

| | | | | | | | | |
|------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|--------|-------|
| 0,4 | | 0,540 | 0,545 | 0,844 | | 0,630 | 0,240 | 1,541 |
| 0,5 | | 0,610 | 0,574 | 0,679 | | 0,685 | 0,300 | 1,050 |
| 0,6 | | 0,710 | 0,580 | 0,500 | | 0,735 | 0,370 | 0,716 |
| 0,7 | | 0,820 | 0,590 | 0,305 | | 0,840 | 0,3755 | 0,426 |
| 0,20 | 0,9 | 0,470 | 0,390 | 1,358 | 0,5 | 0,690 | 0,095 | 3,263 |
| 0,3 | | 0,500 | 0,425 | 1,176 | | 0,700 | 0,125 | 2,400 |
| 0,4 | | 0,550 | 0,460 | 0,978 | | 0,715 | 0,175 | 1,685 |
| 0,5 | | 0,620 | 0,510 | 0,745 | | 0,730 | 0,240 | 1,125 |
| 0,6 | | 0,715 | 0,525 | 0,542 | | 0,750 | 0,310 | 0,806 |
| 0,7 | | 0,825 | 0,535 | 0,327 | | 0,845 | 0,315 | 0,492 |
| 0,20 | 0,8 | 0,510 | 0,320 | 1,531 | 0,4 | 0,785 | 0,025 | 8,600 |
| 0,3 | | 0,525 | 0,350 | 1,357 | | 0,800 | 0,040 | 5,600 |
| 0,4 | | 0,575 | 0,380 | 1,118 | | 0,805 | 0,100 | 1,950 |
| 0,5 | | 0,640 | 0,440 | 0,818 | | 0,810 | 0,165 | 1,151 |
| 0,6 | | 0,720 | 0,480 | 0,583 | | 0,815 | 0,245 | 0,755 |
| 0,7 | | 0,830 | 0,490 | 0,346 | | 0,850 | 0,260 | 0,576 |
| 0,2 | 0,7 | 0,550 | 0,240 | 1,875 | 0,3 | 0,825 | 0,005 | 35,00 |
| 0,3 | | 0,570 | 0,275 | 1,563 | | 0,830 | 0,010 | 17,00 |
| 0,4 | | 0,600 | 0,315 | 1,269 | | 0,900 | 0,015 | 6,666 |
| 0,5 | | 0,680 | 0,375 | 0,583 | | 0,910 | 0,075 | 1,200 |
| 0,6 | | 0,725 | 0,425 | 0,647 | | 0,915 | 0,175 | 0,485 |
| 0,7 | | 0,835 | 0,430 | 0,383 | | 0,920 | 0,200 | 0,400 |

Методические рекомендации по решению задачи

1 Определим коэффициент анизотропии пласт

$$\chi = \sqrt{\frac{k_h}{k_v}} \quad (7.1)$$

где k_h – горизонтальная составляющая проницаемости пласта, m^2 ;

k_v – вертикальная составляющая проницаемости пласта, m^2 ;

χ – коэффициент анизотропии пласта

$$\chi = \sqrt{\frac{2.7}{1.0}} = 1.64 \quad (7.2)$$

2 Определим безразмерные параметры ρ_0 и \hbar

$$\rho_0 = \frac{R}{\chi \cdot h} \quad (7.3)$$

где R – радиус контура скважины, м;

h – мощность пласта, м;

χ – коэффициент анизотропии пласта

$$\rho_0 = \frac{250}{1.64 \cdot 18.9} = 8.0$$

$$\hbar = \frac{b}{h} \quad (7.4)$$

где b – нефтенасыщенная толщина пласта, м;

h – мощность пласта, м

$$\hbar = \frac{4.6}{18.8} = 0.243$$

3. По таблице 7.1, определяем безразмерный дебит

$$q(\rho_0, \bar{h}) = q(8; 0,243) = 0,14 \quad (7.5)$$

4 Определим безразмерную ординату вершины водяного конуса

$$\xi_0(\rho_0, \bar{h}) = \xi(8; 0,243) = 0,64 \quad (7.6)$$

5 Определим высоту водяного конуса

$$y_0 = (1 - \xi_0) \cdot h \quad (7.7)$$

где ξ_0 – безразмерная ордината вершины водяного конуса;

h – мощность пласта, м

$$y_0 = (1 - 0,64) \cdot 18,9 = 6,8 \text{ м}$$

6 Определим дебит скважины

$$Q_0 = \frac{2\pi \cdot k \cdot h^2 \cdot g \cdot \Delta\rho}{\eta} \quad (7.8)$$

где k – горизонтальная составляющая проницаемости, м^2 ;

h – мощность пласта, м;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

$\Delta\rho$ – разность плотностей воды и нефти, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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

$$\Delta\rho = \rho_v - \rho_n = 992 - 742 = 250 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$Q_0 = \frac{2\pi \cdot k \cdot h^2 \cdot g \cdot \Delta\rho}{\eta} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,27 \cdot 10^{-12} \cdot 18,9^2 \cdot 9,81 \cdot 250}{0,92 \cdot 10^{-3}} = 139,5 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (7.9)$$

7 Определим предельный безводный дебит

$$Q_{i0} = Q_0 \cdot q(\rho_0, \bar{h}) \quad (7.10)$$

где Q_0 – дебит скважины, $\text{м}^3 / \text{сут}$;

$q(\rho_0, \bar{h})$ – безразмерный дебит

$$Q_{np} = Q_0 \cdot q(\rho_0, \bar{h}) = 139,5 \cdot 0,14 = 19,53 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

8 Определим значение функции $\Psi(\rho_0, \bar{h})$

$$\Psi(\rho_0, \bar{h}) = \Psi(8; 0,243) = 2,04 \quad (7.11)$$

9 Определим фильтрационное сопротивление

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{\eta} \ln \frac{R_0}{r} - \Psi(\rho_0, \bar{h}) \quad (7.12)$$

где \bar{h} – безразмерная мощность пласта;

R_0 – радиус контура скважины, м;

r – радиус скважины, м;

Ψ – безразмерная функция.

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{0,243} \ln \frac{250}{0,108} - 2,04 = 23,48 \quad (7.13)$$

10 Определим дополнительное фильтрационное сопротивление

$$\Delta\varepsilon(\rho_0, \bar{h}) = \Delta\varepsilon(8; 0,243) = 1,05 \quad (7.14)$$

11 Определим безразмерную депрессию

$$\Delta P_{np. без} = (\varepsilon_0 + \Delta\varepsilon) \cdot q(\rho_0; \bar{h}) \quad (7.15)$$

где ε_0 – фильтрационное сопротивление

$\Delta\varepsilon$ – дополнительное фильтрационное сопротивление

$q(\rho_0, \bar{h})$ – безразмерный дебит

$$\Delta P_{пр.без} = (23.48 + 1.05) \cdot 0.14 = 3.435$$

12 Определим предельную депрессию

$$\Delta P_{пр} = \Delta P_{пр.без} \cdot g \cdot h_0 \cdot \Delta \rho \quad (7.17)$$

где $\Delta P_{пр.без}$ – безразмерная депрессия

g – ускорение свободного падения, м/с²

h_0 – мощность пласта

$\Delta \rho$ – разность плотностей воды и нефти, кг/м³

$$\Delta P_{пр} = 3.435 \cdot 9.81 \cdot 18.9 \cdot 250 = 0.86 \text{ МПа}$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8 – МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ПРИТОКА ЖИДКОСТИ К ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ ПО ДВУХЗОННОЙ СХЕМЕ

$$k_{xy} = 36 \text{ мД};$$

k_z = определить лабораторным путём;

t – время с начала пуска, с;

$$h = 8 \text{ м};$$

$$m = 0,18$$

$$R_k = 330 \text{ м}$$

$$k_{нн} = 0,55$$

$$\mu = 4 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$L = 300 \text{ м}$$

$$\dot{\eta} = 0,98 \cdot 10^{-3}$$

$$\beta^* = m\beta_{жк} + (m-1)\beta_c \text{ – упругость пласта.}$$

Проницаемость по вертикали определить с использованием установки «Эпрон-2000». Группа студентов разделяется на подгруппы, каждая подгруппа получает свой керн для определения проницаемости.

Пример решения.

1. Рассчитываем V :

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot h \cdot m \cdot k = 3,14 \cdot 330^2 \cdot 8 \cdot 0,18 \cdot 0,55 = 2,7 \cdot 10^5 \text{ м}^3$$

2. Вычисляем коэффициент анизотропии пласта:

$$\lambda = \frac{k_v}{k_h} = \frac{36}{147} = 0,24$$

3. Вычисляем значения α , β

$$\alpha = \frac{5}{8\lambda^{1,34}} = \frac{5}{8 \cdot 0,24^{1,34}} = 4,12$$

$$\beta = \frac{5}{8}\lambda + 0,223 = \frac{5}{8} \cdot 0,24 + 0,223 = 0,38$$

4. По формуле 5 вычисляем значение дебита (для $t=0,1$ сут)

$$Q(t) = \frac{5}{8 \cdot \lambda^{1,34}} \cdot \left(\frac{k_z \cdot t}{\beta^* \cdot \mu \cdot h^2} \right)^{\frac{5}{8} \cdot \lambda + 0,223} \cdot \frac{k_{xy} \cdot L}{\mu} \cdot \left[P_0 - \frac{1}{\beta^*} \cdot \ln \left(\frac{V}{V + \int_0^t Q(t) dt} \right) - p(t) \right]$$

$$Q(t) = 4,12 \cdot \left(\frac{147 \cdot 10^{-15} \cdot 8640}{4 \cdot 0,98 \cdot 10^{-3} \cdot 64} \right)^{0,38} \cdot \frac{36 \cdot 10^{-15} \cdot 300}{0,98 \cdot 10^{-3}} \times$$

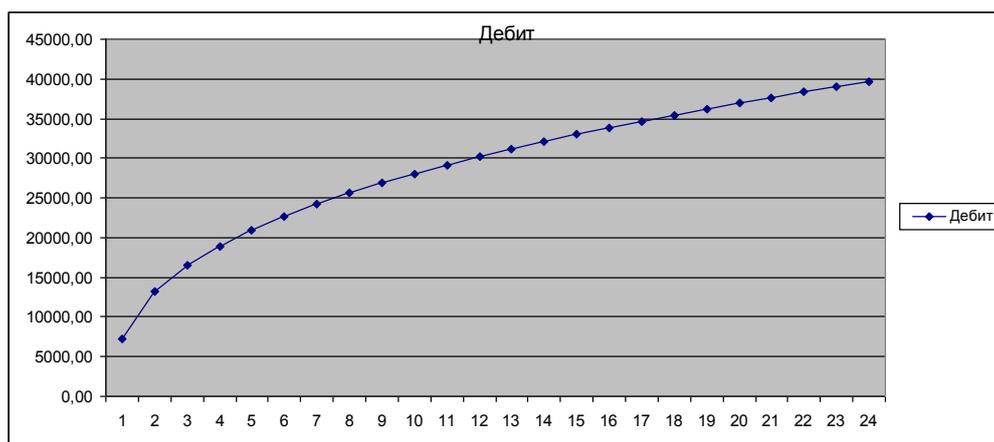
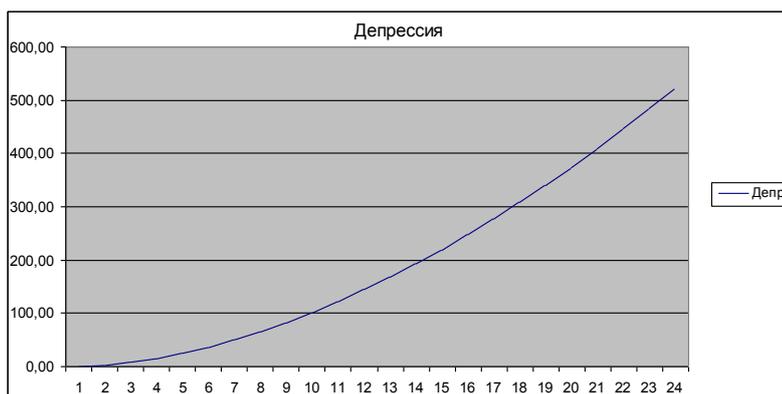
$$\times \left(23,1 \cdot 10^6 - \frac{1}{4} \cdot \ln \frac{2,7 \cdot 10^5}{2,7 \cdot 10^5 - 0,042} - 16 \cdot 10^6 \right) = 7212,3 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

5. Рассчитаем изменение забойного давления от времени:

$$\Delta p(t) = \frac{\eta \cdot Q_0}{k \cdot L} \cdot \alpha \cdot \left(\frac{k_z \cdot t}{\beta^* \cdot \eta \cdot h} \right)^\beta$$

$$\Delta p(t) = \frac{0,98 \cdot 10^{-3} \cdot 0,042}{147 \cdot 10^{-15} \cdot 300} \cdot 4,12 \cdot \left(\frac{36 \cdot 10^{-15} \cdot 8640}{4 \cdot 0,98 \cdot 10^{-3} \cdot 8} \right)^{0,38} \cdot 10^{-6} = 0,53 \text{ МПа}$$

6. Изменяя значения времени при расчете, получаем динамику развития депрессии и дебита во времени



Вывод: при моделировании неустановившегося притока жидкости к горизонтальной скважине для получения дебитов необходимо уменьшение забойного давления.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в получении заданий (тем) у преподавателя для индивидуального освоения. Преподаватель на занятии дает рекомендации необходимые для освоения материала. В ходе самостоятельной работы обучающиеся должны выполнить типовые расчеты, подготовиться к выполнению экспериментов (исследований) и изучить теоретический материал по разделам. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, используемого в работе и т.п.).

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;

– использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым формам контроля.

1. При подготовке к занятиям необходимо изучить теоретическую часть вопроса данной темы по конспектам лекциям, теоретическому материалу, изложенному в методических указаниях к практическим занятиям, и учебнику.

2. Внести дополнения по рассмотренным вопросам в конспекты лекций.

3. Подготовиться к лабораторной работе, переписав ход выполнения работы, и рассмотреть порядок ее выполнения. Отметить в конспекте, что непонятно в ходе ее выполнения.

4. Выполнить в тетради для лабораторных работ раздел «самостоятельная работа студентов». Для этого ознакомиться с типовыми задачами и примерами их решения. Отметить, какие вопросы и задачи вызвали затруднения в решении.

Самостоятельная работа студентов один из лучших методов самопроверки усвоения теоретического материала.

5. В случае возникновения затруднений при изучении курса следует подойти к преподавателю на консультацию.

Работа с книгой. При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил. Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. Первичное - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача вторичного чтения - полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой.

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

– Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться.

– Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).

– Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге.

– Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

– Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

1. Информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)

2. Усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)

3. Аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)

4.Творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1.Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2.Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3.Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4.Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5.Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Самопроверка. После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств. В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Консультации. Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Подготовка к экзамену. Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина **Особенности разработки месторождений нефти горизонтальными скважинами**

Код, направление подготовки **21.03.01 Нефтегазовое дело**

Направленность **Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти**

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК) | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|
| | | | 0-60 (1-2) | 61-75 (3) | 76-90 (4) | 91-100 (5) |
| ПКС-1 Способность осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности | ПКС-1.2 Разрабатывает и ведет нормативно-техническую документацию, регламентирующую осуществление технологических процессов | Знать: новые технологии, материалы и оборудование применяемые при эксплуатации горизонтальных скважин | Не знает новые технологии, материалы и оборудование применяемые при эксплуатации горизонтальных скважин | Поверхностно знает новые технологии, материалы и оборудование применяемые при эксплуатации горизонтальных скважин, испытывает существенные затруднения | Знает новые технологии, материалы и оборудование применяемые при эксплуатации горизонтальных скважин | Уверенно знает новые технологии, материалы и оборудование применяемые при эксплуатации горизонтальных скважин |
| | | Уметь: Планировать и разрабатывать техническую документацию по добычей нефти из горизонтальных скважин | Не умеет планировать и разрабатывать техническую документацию по добычей нефти из горизонтальных скважин | Умеет планировать и разрабатывать техническую документацию по добычей нефти из горизонтальных скважин, испытывает существенные затруднения | Умеет планировать и разрабатывать техническую документацию по добычей нефти из горизонтальных скважин, допускает незначительные ошибки | Уверенно умеет планировать и разрабатывать техническую документацию по добычей нефти из горизонтальных скважин |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК) | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|--|--|---|--|---|---|--|
| | | | 0-60 (1-2) | 61-75 (3) | 76-90 (4) | 91-100 (5) |
| | | Владеть: навыками работы с технической литературой | Не владеет навыками работы с технической литературой | Слабо владеет навыками работы с технической литературой | Владеет навыками работы с технической литературой | Уверенно владеет навыками работы с технической литературой |
| ПКС-5 Способность оформлять технологическую, техническую, промышленную документацию по обслуживанию и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности | ПКС-5.2 Анализирует и формирует заявки на промышленные исследования и работы, потребность в материалах | Знать: особенности (условия) промышленных исследований скважин с горизонтальным окончанием | Не знает особенности (условия) промышленных исследований скважин с горизонтальным окончанием | Частично знает особенности (условия) промышленных исследований скважин с горизонтальным окончанием | Знает особенности (условия) промышленных исследований скважин с горизонтальным окончанием, допускает ошибки | Уверенно знает особенности (условия) промышленных исследований скважин с горизонтальным окончанием |
| | | Уметь (УЗ): учитывать особенности технологических процессов эксплуатации горизонтальных скважин | Не умеет учитывать особенности технологических процессов эксплуатации горизонтальных скважин | Может учитывать особенности технологических процессов эксплуатации горизонтальных скважин, нуждается в посторонней помощи | Умеет учитывать особенности технологических процессов эксплуатации горизонтальных скважин, допускает неточности | Умеет учитывать особенности технологических процессов эксплуатации горизонтальных скважин |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК) | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|--------------------------------|--|--|--|---|---|--|
| | | | 0-60 (1-2) | 61-75 (3) | 76-90 (4) | 91-100 (5) |
| | | Владеть (В3): навыками организации работы коллектива исполнителей | Не владеет навыками организации работы коллектива исполнителей | Слабо владеет навыками организации работы коллектива исполнителей | Владеет навыками организации работы коллектива исполнителей | Уверенно владеет навыками организации работы коллектива исполнителей |

КАРТА

обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой
Дисциплина Особенности разработки месторождений нефти горизонтальными скважинами

Код, направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело

Направленность Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

| № п/п | Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания | Количество экземпляров в БИК | Контингент обучающихся, использующих указанную литературу | Обеспеченность обучающихся литературой , % | Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-) |
|-------|--|------------------------------|---|--|---|
| 1 | Безносиков, А.Ф. Разработка и эксплуатация газовых и газо-конденсатных месторождений : учебное пособие. [Электронный ресурс] / А.Ф. Безносиков, М.И. Забоева, И.А. Синцов, Д.А. Остапчук. — Электрон.дан. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2016. - 80 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/88565 | Электр. ресурс | 100 | 100 | + |
| 2 | Ягафаров, А.К. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие. [Электронный ресурс] / А.К. Ягафаров, И.И. Клещенко, Г.П. Зозуля. - Электрон. дан. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2010. - 396 с. | Электр. ресурс | 100 | 100 | + |
| 3 | Ягофаров, А.К. Современные геофизические и гидродинамические исследования нефтенных и газовых скважин : учебное пособие / А.К. Ягофаров, И.И. Клещенко, Д.В. Новоселов. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. — 140 с. | Электр. ресурс | 100 | 100 | + |

Заведующий кафедрой _____ Р.Д. Татлыев

« 31 » _____ 08 _____ 2022г.