Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 16.10.2026 11:45:24
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad91a1e73a822

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Нефтегазовый институт

Кафедра «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ, МАЛООБЪЕМНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Методические указания
по структуре, содержанию и оформлению курсовых работ магистрантов
по дисциплине «Технологии повышения нефтеотдачи»
по направлению 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
всех форм обучения

Тюмень
ТИУ
2023

Физико-химические, малообъёмные химические методы увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи нефти: Методические указания по структуре, содержанию и оформлению курсовых работ магистрантов по дисциплине «Технологии повышения нефтеотдачи» по направлению 21.04.01 «Нефтегазовое дело» всех форм обучения/ сост. Ю.В Земцов; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2023. – 20 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

«04» марта 2023 года, протокол № 3

АННОТАЦИЯ

Методические указания по выполнению курсовых работ по дисциплине «Технологии повышения нефтеотдачи» предназначены для магистрантов, обучающихся по направлению 21.04.01 «Нефтегазовое дело» всех форм обучения.

В методических указаниях приведены основные требования к выполняемой магистрантами курсовой работе, представлены требования к содержанию и оформлению работы, даны рекомендации по написанию отдельных разделов, представлены примеры оформления некоторых структурных элементов курсовой работы, указан перечень тем курсовых работ по дисциплине.

ВВЕДЕНИЕ

По результатам курсового проектирования магистрант должен обладать общепрофессиональными навыками и способностями:

- разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований;

- применять полученные знания в производственной деятельности для разработки, проектирования, реализации и мониторинга физико-химических (ФХ) и малообъёмных химических методов увеличения нефтеотдачи (МОХ МУН), а также методов интенсификации добычи нефти (ИДН) и работ по ограничению водопритоков (ОВП);

- оценивать эффективность инновационных решений и анализировать возможные технологические риски их реализации в области ФХМУН, МОХ МУН, ИДН и ОВП;

Изучить основы научно-исследовательской деятельности:

- использовать методологию научных исследований в профессиональной деятельности;

- планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы;

- проводить анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, осуществлять выбор методик и средств решения задачи, проводить литературо-патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых разработок.

Тема курсовой работы должна соответствовать тематике магистерской диссертации и решать поставленные задачи исследования.

Целью выполнения курсовой работы является обоснование выбора участков и скважин, наиболее эффективных технологий химических МУН,

ИДН и ОВП для реализации в конкретных геолого-физических условиях (ГФУ) этих участков и скважин.

В соответствии с целью определены задачи:

1) Анализ текущего состояния разработки выбранного для исследований объекта: залежи, пласта, отдельных зон и участков эксплуатируемого объекта, состояние скважин, требующих интенсификации работы или водоизоляционных работ [1, 2, 3, 4];

2) Анализ эффективности выполненных ранее ФХ МУН [5, 6], ИДН [7, 8], ОВП [9, 10, 11] и других геолого-технических мероприятий (ГТМ), направленных на повышение эффективности разработки и эксплуатации исследуемого объекта. Обоснование целесообразности применения химических МУН, методов ИДН или ОВП;

3) Литературо-патентные исследования по заданной теме. Выявление наиболее эффективных реагентов, составов и технологий, пригодных к применению на исследуемом объекте [18, 7, 8, 9, 10].

4) Выбор участков-кандидатов для применения химических МУН и наиболее эффективных технологий МОХ МУН в геолого-физических условиях этих участков. Определение на выбранных участках нагнетательных скважин для закачки реагентов МОХ МУН и реагирующих добывающих скважин [5, 6, 12];

5) Выбор скважин-кандидатов для применения технологий ИДН [7, 8] и ОВП [13, 14, 11];

6) Расчёты объемов закачки химических составов при реализации технологий МОХ МУН, ИДН и ОВП (Приложение 2).

7) Расчёты технологического эффекта реализации технологий МОХ МУН по экспоненциальным зависимостям кривых падения добычи нефти и характеристикам вытеснения [15, 16, 17] (Приложение 3).

1 ПОЛОЖЕНИЕ О КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 21.04.01 «НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО»

1.1 Руководство и контроль за выполнением курсовой работы

Курсовое проектирование является самостоятельной работой магистранта. Консультирование в рамках выполнением курсовой работы возлагают приказом ректора на руководителя магистерской диссертации. Общее учебно-методическое руководство осуществляется выпускающей кафедрой.

Научный руководитель оказывает содействие при выполнении курсовой работы:

- согласовывает план курсовой работы, оказывает консультационную помощь;

- дает рекомендации по изучению специальной литературы, которая соответствует научно-исследовательским задачам.

Магистрант:

- осуществляет анализ материалов по заданной теме;

- выполняет работу в соответствии с поставленными задачами;

- формирует отчет;

- защищает работу.

Преподаватель кафедры, ответственный за аттестацию по данному курсу:

- осуществляет контроль за ходом курсового проектирования;

- принимает результаты выполнения курсовой работы, аттестует.

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1 Содержание курсовой работы

Курсовой проект включает следующие разделы:

1. Титульный лист (Приложение 1).

2. Введение – цель, задачи выполнения курсового проекта и перечень основных работ, выполненных при написании курсовой работы; актуальность исследования.

3. Основная часть – ход и результаты исследования.

4. Заключение – выводы и рекомендации по результатам курсовой работы.

Курсовая работа предоставляется в прошитом виде.

2.2 Рекомендации по выполнению курсовой работы

Во введении:

- обосновывается актуальность выбранной темы исследований;
- формулируются цель и основные задачи исследований;

В основной части курсовой работы магистранту необходимо:

- рассмотреть основные геологические, геолого-физические характеристики и особенности выбранного для исследований объекта (залежи, пласта);
- выполнить анализ текущего состояния разработки и выработки запасов выбранного для исследований объекта; особое внимание уделить причинам обводнения объекта и отдельных его участков, причинам низкой производительности или неадекватно высокого обводнения отдельных добывающих скважин;
- выполнить анализ эффективности выполненных ранее на исследуемом объекте ГТМ – по заданной теме: ФХ МУН, ИДН или ОВП;

- по заданной теме: ФХ МУН, ИДН или ОВП – выполнить литературо-патентные исследования за последние 10 лет; определить наиболее эффективные реагенты, составы и технологии, пригодные к применению на исследуемом объекте;

- по заданной теме: ФХ МУН, ИДН или ОВП:

- осуществить выбор участков-кандидатов для применения химических МУН и наиболее эффективных технологий МОХ МУН в геолого-физических условиях этих участков [12, 18];

- осуществить выбор скважин-кандидатов для ИДН и с учетом эффективности ранее выполненных ГТМ, а также выполненных литературных исследований, рекомендовать к применению технологию ИДН на этих скважинах [7, 8];

- осуществить выбор скважин-кандидатов для ОВП и с учетом эффективности ранее выполненных ГТМ, а также выполненных литературных исследований, рекомендовать к применению технологию ОВП на этих скважинах [9, 10];

- произвести расчёты рекомендуемых объемов закачки химических реагентов (составов) при реализации технологий в выбранных скважинах (Приложение 2);

- произвести расчёты ожидаемой технологической эффективности:

- для темы ФХ МУН – по экспоненциальным зависимостям кривых падения добычи нефти и характеристикам вытеснения [15, 16, 17] (Приложение 3);

- для тем ИДН или ОВП – на основании имеющихся статистических данных этих работ на исследуемом объекте, либо по характеристикам вытеснения или кривым падения добычи нефти [15, 16, 17] (Приложение 3).

3 ПРИМЕРЫ ТЕМ КУРСОВЫХ РАБОТ

1. Анализ эффективности и рекомендации по внедрению ФХ МУН на (указать) месторождении.
2. Обоснование применения МОХ МУН на (указать) месторождении.
3. Выбор участков и скважин для применения технологий МОХ МУН в условиях (указать) пласта (указать) месторождения.
4. Обоснование применения технологии ИНД с применением (указать) реагентов в условиях (указать) месторождения на основе анализа фактических данных истории разработки.
5. Обоснование применения технологии ОВП на (указать) месторождении на основе анализа фактических данных истории разработки.

4 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Текст курсовой работы должен быть выполнен печатным способом на одной стороне листа бумаги формата А4 (210×297).

Цвет шрифта – чёрный, интервал – полуторный (для таблиц допускается одинарный), гарнитура – Times New Roman, размер шрифта – кегль 14 (для таблиц допускается 12), абзацный отступ – 1,25 см, выравнивание по ширине текста.

Текст следует печатать с соблюдением следующих размеров полей:

– правое – 10 мм;
– верхнее – 20 мм;
– левое – 25 мм;
– нижнее – 20 мм.

В нижней части страниц (кроме титульного листа) должен присутствовать колонтитул с номером страницы в правой части. Цвет шрифта – чёрный, интервал – одинарный, гарнитура – Cambria, размер шрифта – кегль 10.

Качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

Фамилии, названия учреждений (организаций) и другие имена собственные в тексте приводят на языке оригинала. Допускается указывать имена собственные и приводить названия учреждений (организаций) в переводе на русский язык с добавлением (при первом упоминании) оригинального названия. Имена следует писать в следующем порядке: фамилия, имя, отчество или – фамилия, инициалы через пробелы, при этом не допускается перенос инициалов отдельно от фамилии на следующую строку.

Сокращение русских слов и словосочетаний в тексте отчета выполняется по ГОСТ Р 7.0.12-2011, сокращение слов на иностранных европейских языках – по ГОСТ 7.11-2004.

В тексте, кроме общепринятых буквенных аббревиатур, допускается использовать введенные их авторами буквенные аббревиатуры, сокращённо обозначающие какие-либо понятия из соответствующих областей знания. При этом первое упоминание таких аббревиатур указывается в круглых скобках после полного наименования, в дальнейшем они употребляются в тексте без расшифровки.

Формулы следует выделять из текста в отдельную строку, если они являются длинными и громоздкими, содержат знаки суммирования, произведения, дифференцирования, интегрирования. Набор формул необходимо производить при помощи функции «редактор формул «MicrosoftWord».

Если формула не умещается в одну строку, то она должна быть перенесена после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (×), деления (:), или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «×».

Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки.

Пример – Плотность каждого образца ρ, кг/м^3, вычисляют по формуле (1)

$$\rho = \frac{m}{\mathrm{V}}, \qquad (1)$$

где: m – масса образца, кг;

V – объём образца, м^3.

Знаки препинания перед формулой и после нее ставятся по смыслу. Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют точкой с запятой.

Иллюстрации следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Иллюстрации могут быть цветные.

Таблицы оформляются согласно ГОСТ 7.32-2001 и ГОСТ 2.105-95. Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Таблица обязательно должна иметь порядковый номер и название. Название таблицы, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки. При ссылке следует писать слово «Таблица» с указанием ее номера. Следует избегать масштабных таблиц, не вмещающихся на одной странице.

Учебный, хозяйственный, бюджетный, операционный год пишут через косую линейку.

Пример: в учебном 2020/2021 г., в зиму 2019/2020 г.

В остальных случаях между годами ставится тире.

Пример: в 2019 – 2020 гг.

Века следует писать римскими цифрами, используя принятые при этом условные сокращения (VI – IX вв.). Столетия принято записывать арабскими цифрами, *например: во 2-м столетии н.э., 70 - 80-е гг. XX в.*

При написании дат не допускается отделение от цифр переносом на другую строку обозначений «г.», «в.» и пр.

5 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Итоговая оценка студента определяется суммой баллов за выполнение каждой из поставленных задач, оформление и защиту курсовой работы. Итоговая оценка выставляется при обязательном присутствии магистранта.

Критерии оценки курсовой работы:

Основные виды деятельности	**Баллы**
Обоснование актуальности темы, цель и основные задачи исследований; рассмотрение геологических особенностей объекта исследований; анализ текущего состояния разработки и эффективности выполненных ранее ГТМ по заданной теме	0-25
Литературо-патентные исследования по заданной теме; определение наиболее эффективных реагентов, составов и технологий, пригодных к применению на исследуемом объекте	0-20
Выбор участков и скважин-кандидатов для применения наиболее эффективных технологий по заданной теме; расчёты рекомендуемых объемов закачки химических реагентов; расчёты эффективности по характеристикам вытеснения и кривым падения добычи; выводы и рекомендации	0-30
Оформление и защита	0-25
Итого	Максимум 100 баллов

ОТЛИЧНО – 91 – 100 баллов

ХОРОШО – 76 – 90 баллов

УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – 61 – 75 баллов

НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – 0 – 60 баллов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачев С. И. Прикладные задачи разработки нефтегазоконденсатных месторождений и нефтегазодобычи : Учебник / С. И. Грачев, А. П. Телков – Москва : ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. – 512с. – Текст : непосредственный.

2. Мулявин С. Ф. Проектирование разработки нефтяных и газовых месторождений: учеб. пособие / С. Ф. Мулявин. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 204 с. – Текст : непосредственный.

3. Мулявин С. Ф. Проектирование разработки сложнопостроенных залежей углеводородов. Теория и практика: монография / С. Ф. Мулявин, А. Н. Лапердин, А. Н. Юдаков. – Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 292 с. – Текст : непосредственный.

4. Батурин Ю. Е. Проектирование и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений Западной Сибири: Справочное пособие. Книга в 2 т. / Ю. Е. Батурин. – Сургут : ОАО «Сургутнефтегаз», РИИЦ «Нефть Прибоя», 2016. – Т.1. – 156с. – Текст : непосредственный.

5. Земцов Ю.В. Методика анализа эффективности применения малообъемных оторочек химических МУН / Ю.В. Земцов, А.Э. Лыткин. // Сб. научных трудов ООО «ТННЦ». – АО «Тюменский дом печати». – 2018. – выпуск 4. – С. 252-259. – Текст : непосредственный.

6. Земцов Ю.В., Лыткин А.Э. Пошаговый алгоритм анализа результатов реализации химических МУН // Нефть Газ Новации. – 2018. – № 7. – С. 48-52. – Текст : непосредственный.

7. Земцов Ю.В. Перспективные методы ОПЗ добывающих скважин месторождений Западной Сибири // Нефть. Газ. Новации. – 2016. – № 7. – С. 20-26. – Текст : непосредственный.

8. Земцов Ю.В. Критерии эффективного применения химических методов ОПЗ нефтедобывающих скважин Западной Сибири. // Сб. научных

трудов ООО «ТННЦ». – АО «Тюменский дом печати». – 2017. – выпуск 3. – С. 274-285. – Текст : непосредственный.

9. Земцов Ю.В. Развитие и совершенствование ремонтно-изоляционных работ на месторождениях Западной Сибири: монография / Ю.В. Земцов. – СПб.: ООО «Недра». – 2014. – 320 с. – Текст непосредственный.

10. Земцов Ю.В. Эффективность методов ОВП в Западной Сибири, перспективы дальнейшего развития / Земцов Ю.В., Лыткин А.Э. // Нефть Газ Новации. – № 7. – 2014. – С. 17-25. – Текст : непосредственный.

11. Земцов Ю.В. Дополнительная оценка эффективности ограничения водопритоков в добывающих скважинах / Земцов Ю.В., Лыткин А.Э. // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 3. – С.102-104. – Текст : непосредственный.

12. Земцов Ю.В. Физико-химические и малообъемные химические методы увеличения нефтеотдачи : учеб. пособие / Ю.В. Земцов., М.И. Забоева. – Тюмень: ТИУ, 2022. – 73 с. – Текст : непосредственный.

13. Земцов Ю.В. Многофакторный анализ эффективности ограничения водопритоков в различных геолого-физических условиях скважин и пластов / Ю.В. Земцов, А.С. Устюгов. // Нефтепромысловое дело. – № 5. – 2016. – С. 20-26. – Текст : непосредственный.

14. Земцов Ю.В. Многофакторный анализ эффективности ликвидации заколонной циркуляции воды в нефтедобывающих скважинах / Ю.В. Земцов, А.С. Устюгов // Нефтепромысловое дело. – № 7. – 2017. – С. 55-59. . – Текст : непосредственный.

15. Грачев С.И. Регулирование разработки нефтяных месторождений физико-химическими методами увеличения нефтеотдачи : учебное пособие / С. И. Грачев, Ю. В. Земцов, В. В. Мазаев, С. К. Грачева. – Тюмень : ТИУ, 2021. – 87 с. – Текст : непосредственный.

16. Казаков А.А. Методы характеристик вытеснения нефти водой: монография /А.А. Казаков. – Москва: ООО «Издательский дом Недра». – 2020. – 276 с. – Текст непосредственный.

https://istina.msu.ru/publications/book/316524754/

17. Шумко В. С. Оценка извлекаемых запасов нефти и эффективности геолого-технических мероприятий с применением характеристик вытеснения: учебное пособие / В.С. Шумко, С.К. Грачева, Е.И. Мамчистова, Ж.М. Колев. – Москва : РУСАЙНС, 2022. 96 с. – Текст непосредственный.

18. Земцов Ю.В. Современное состояние физико-химических методов увеличения нефтеотдачи (литературно-патентный обзор): монография // Ю.В. Земцов, В.В. Мазаев – Екатеринбург: ООО «Издательские решения», 2021. – 240 с. – Текст непосредственный.

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Нефтегазовый институт

Кафедра РЭНГМ

Курсовая работа по дисциплине
«Технологии повышения нефтеотдачи»

Тема: « _____»

РУКОВОДИТЕЛЬ:
должность, ученая степень
_____ *Фамилия И.О.*

ВЫПОЛНИЛ:
студент группы _____
_____ *Фамилия И.О.*

Тюмень, 2023

Приложение 2

Расчёты объемов закачки и радиуса воздействия химических составов при реализации технологий МОХ МУН, ИДН и ОВП

Расчеты объемов закачки осуществляются в формате программы Excel по формуле:

$$V = \pi * R^2 * h * m \quad (\text{в Excel: } V = \pi * R\text{^}2 * h * m) \qquad (1)$$

где:
V - объем закачанного реагента, м³,
π - постоянная Планка, равна 3,14,
R - радиус закачки, м,
h -толщина обрабатываемого интервала, м,
m - пористость породы пласта, д. ед.

В расчетах принимается допущение, что реагент фильтруется радиально и равномерно по всем направлениям от ствола скважины.

При обработках МОХ МУН иногда требуется рассчитать требуемый объем закачки для формирования кольцевой оторочки реагента какой-либо протяженности (ширины) на каком-то удалении от ствола нагнетательной скважины. В данном случае расчет осуществляется по формуле:

$$V'' = \pi * (R_2^2 - R_1^2) * h * m \quad (\text{в Excel: } V'' = \pi * (R_2\text{^}2 - R_1\text{^}2) * h * m) \qquad (2)$$

где:
V'' - объем закачанного реагента, м³,
π - постоянная Планка, равна 3,14,
R_2 - радиус удаления внешней оторочки химреагента от ствола скважины закачки, м,
R_1 - радиус удаления внутренней оторочки химреагента от ствола скважины закачки, м,
h - толщина обрабатываемого интервала, м,
m - пористость породы пласта, д. ед.

При нахождении радиуса обработки по заданному объему закаченного реагента решается обратная задача. Формула (1) при этом принимает вид:

$$R = \sqrt{V/\pi * h * m} \qquad (3)$$

В таблице П2.1 приведены примеры указанных расчётов.

Таблица П2.1

Радиусы обработки и требуемые объёмы реагента для обработки на заданном расстоянии

R,м	R_1, м	R_2, м	h, м	π	m, д.ед.	V, м³	V", м³
10	0	10	1	3,14	0,19	59,7	59,7
15	0	15	1	3,14	0,19	134,2	134,2
20	0	20	1	3,14	0,19	238,6	238,6
25	0	25	1	3,14	0,19	372,9	372,9
50	0	50	1	3,14	0,19	1491,5	1491,5
100	0	100	1	3,14	0,19	5966,0	5966,0
Отро-рочки (кольцо)	50	100	1	3,14	0,19		4474,5
	100	150	1	3,14	0,19		7457,5
	150	200	1	3,14	0,19		10440,5
	200	250	1	3,14	0,19		13423,5
	250	300	1	3,14	0,19		16406,5

Приложение 3

Расчёты эффективности ФХ МУН (ГТМ) по характеристикам вытеснения и кривым падения добычи

Математические модели оценки технологической эффективности МУН

На практике наиболее часто для расчетов технологического эффекта применения МУН, а также других видов ГТМ, используются характеристики вытеснения – интегральные модели, или кривые падения дебита нефти – дифференциальные модели.

Характеристиками вытеснения называются эмпирические зависимости между величинами накопленных отборов нефти *Vн* и жидкости *Vж* или воды *Vв*:

$$V_н = f(V_ж) \qquad (1)$$

Характеристики вытеснения «малочувствительны» к погрешности промысловой информации, что повышает устойчивость расчетов.

В настоящее время известны несколько десятков различных видов характеристик вытеснения [16]. Наиболее распространенные из них приведены в таблице П3.1. Величины a, b в этих выражениях представляют собой коэффициенты, определяемые статистической обработкой фактических данных.

Таблица П3.1

Характеристики вытеснения – интегральные модели

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫТЕСНЕНИЯ	ВИД УРАВНЕНИЯ
1	2
1. Б.Ф. Сазонов	$Q_н = a+b\cdot\ln Q_ж$
2. Г.С. Камбаров	$Q_н = a-b\cdot Q_ж^{-1}$
3. А.М. Пирвердян	$Q_н = a-b\cdot Q_ж^{-1/2}$
4. Д.К. Гайсин	$Q_н/Q_ж = a-b\cdot Q_н$
5. М.И. Максимов	$Q_н = a+b\cdot\ln Q_в$
6. Назарова-Сипачева	$Qж/Qн = a+b\cdot Qв$

7. Сипачева-Пасевича	Qж/Qн = a+b·Qж
8. Логарифм Камбарова	ln(Qн) =a -b/Qж
9. Экспонента	b = Qн/a

Характеристики вытеснения используются, если разработка ведется с применением заводнения. Достаточно надежный долгосрочный прогноз по ним возможен, только если темп изменения обводненности добываемой продукции стабилизировался. Обычно стабилизация наступает после выхода кривой обводненности на участок насыщения, что соответствует обводненности 80 % и выше. При средних значениях обводненности (50-80 %) возможен только краткосрочный прогноз, что достаточно для определения технологического эффекта от МУН. При низких значениях обводненности (50 % и ниже) используются дифференциальные характеристики – кривые падения добычи.

Дифференциальными моделями называются соотношения, связывающие среднесуточные значения дебитов нефти $q_н$ или жидкости $q_ж$ со временем t или накопленным отбором жидкости $V_ж$:

$$q_i = \varphi(t), \quad q_ж = \psi(t) \tag{2}$$

или

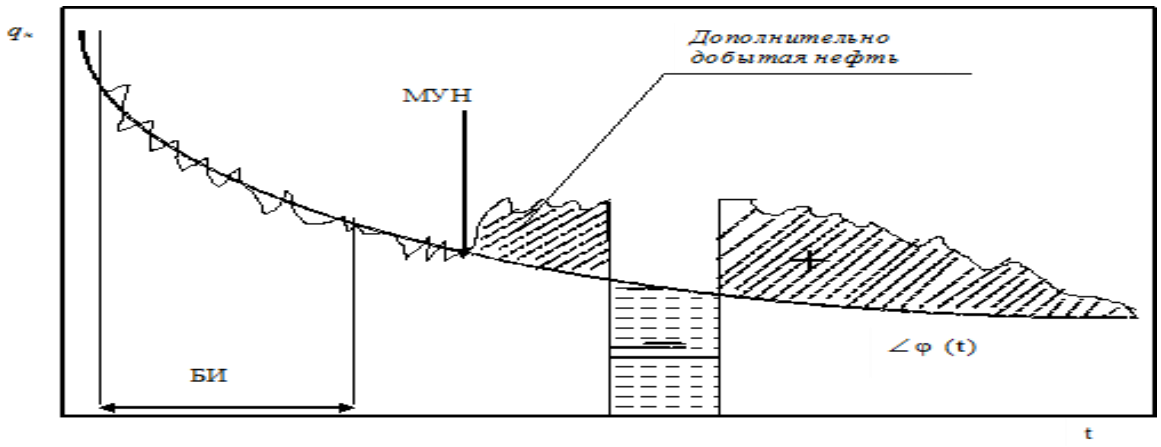
$$q_i = \varphi(V_ж), \quad q_ж = \psi(V_ж) \tag{3}$$

Дифференциальные модели применяются, когда базовым методом разработки является режим истощения или обводненность при заводнении еще меньше 50 %. Дифференциальные модели называют *кривыми падения*, т.к. они характеризуют динамику снижения дебита нефти.

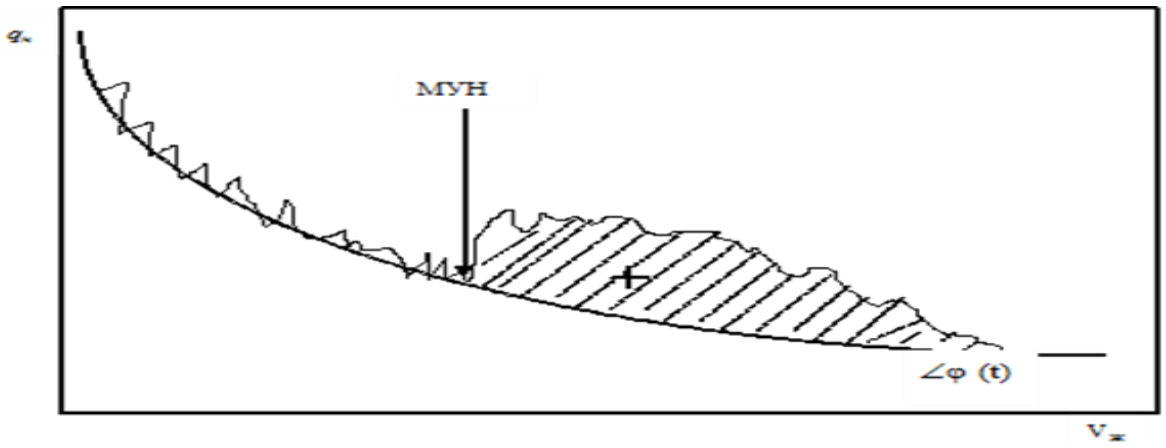
Традиционно рассматривается зависимость дебитов от времени, но более обоснованным представляется использование зависимостей от накоп-

ленного отбора жидкости. Действительно, уменьшение дебита связано с выработкой пласта, которая в первую очередь определяется количеством отобранной жидкости, а не временем эксплуатации скважин.

Зависимости типа (3) учитывают в основном фильтрационно-емкостные свойства пласта и слабо реагируют на изменение технологических режимов работы скважин, не связанные напрямую с проведением МУН. Для примера рассмотрим рисунок П3.1а, на котором знаком «–» показаны потери добычи нефти из-за простоя скважин по каким-то причинам, знаком «+» дополнительная добыча нефти за счет мероприятия. На зависимости (3) эти не связанные с проведением МУН потери никак не проявляются – см. рисунок П3.1б.



а)



б)

Рисунок П3.1 – Сравнение кривых падения дебита и оценки дополнительной добычи нефти по зависимости от времени (а)

и от накопленного отбора жидкости (б)

Наиболее распространенные дифференциальные модели приведены в таблице П3.2 (в этих зависимостях следует принять z = *Vж* или z = *t*).

Таблица П3.2

Кривые падения – дифференциальные модели

№	ВИД ЗАВИСИМОСТИ
1	2
1	q=A
2	q=A+Bexp(-kz)
3	q=1/(A+kz)
4	q=z/(A+kz)
5	$q=A+Bexp(-kz^m)$

Дифференциальные модели могут быть использованы в том числе и в тех случаях, когда применимы характеристики вытеснения. Имея оценки дополнительно добытой нефти, полученные в рамках этих двух подходов, можно взять их среднее значение или же выбрать оценку, представляющуюся наиболее надежной. Можно также отметить, что кривые падения более наглядно (визуально) показывают изменение динамики добычи в ближайшие месяцы после ГТМ, поэтому могут служить оперативным показателем результата воздействия буквально на второй-третий месяц после ГТМ.

Количественная оценка эффективности МУН

Количественная оценка эффективности МУН (ГТМ) определяется как разница между фактическими результатами в период после проведения МУН и экстраполированными базовыми показателями разработки.

Пример расчета эффективности методов увеличения нефтеотдачи по характеристике вытеснения Сазонова

Пусть даны показатели добычи нефти и воды за каждый временной период (таблица 2). *01.04.2011* были проведены мероприятия по увеличению нефтеотдачи, в результате чего добыча нефти увеличилась. Требуется определить эффект от МУН на *01.09.2011*.

Таблица 2

Исходные данные для расчета эффективности МУН

Дата	*Qн, тыс т.*	*Qв, тыс. т.*
01.10.2008	504,25	242,89
01.11.2008	993,52	462,2
01.12.2008	1497,13	702,47
01.01.2009	1921,627	840,45
01.02.2009	2448,82	988,41
01.03.2009	3054,89	1147,65
01.04.2009	3480,14	1202,78
01.05.2009	3959,43	1280,01
01.06.2009	4387,92	1325,14
01.07.2009	4789,94	1396,58
01.08.2009	5301,78	1484,42
01.09.2009	7787,45	1621,62
01.10.2009	8201,75	1750,78
01.11.2009	8920,47	1814,14
01.12.2009	9503,61	1989,78
01.01.2010	10712,78	2103,21
01.02.2010	11325,11	2158,31
01.03.2010	11786,82	2222,7
01.04.2010	12470,55	2305,47
01.05.2010	15802,07	2412,58
01.06.2010	18658,81	2451,21
01.07.2010	22020,85	2504,66
01.08.2010	25561,32	2698,58
01.09.2010	26345,15	2833,86
01.10.2010	27314,12	2955,29
01.11.2010	28354,78	3084,16
01.12.2010	29404,58	3148,65
01.01.2011	30214,18	3208,44
01.02.2011	30302,7	3277,04
01.03.2011	30910,01	3341,87
***01.04.2011**	33478,42	4598,57
01.05.2011	34584,49	4658,09
01.06.2011	35896,36	4690,34
01.07.2011	36584,17	4754,78
01.08.2011	37369,42	4811,95
01.09.2011	38124,77	4925,35

Загрузим показатели добычи нефти и воды за временной период, равный *1* месяцу, из таблицы 2, предварительно записав их в текстовый файл (рис. 2Рис.).

Data :=

Data.txt

Data =

	0	1	2
0	"01.10.2008"	504.25	242.89
1	"01.11.2008"	993.52	462.2
2	"01.12.2008"	$1.497 \cdot 10^3$	702.47
3	"01.01.2009"	$1.922 \cdot 10^3$	840.45
4	"01.02.2009"	$2.449 \cdot 10^3$	988.41
5	"01.03.2009"	$3.055 \cdot 10^3$	$1.148 \cdot 10^3$
6	"01.04.2009"	$3.48 \cdot 10^3$	$1.203 \cdot 10^3$
7	"01.05.2009"	$3.959 \cdot 10^3$	$1.28 \cdot 10^3$
8	"01.06.2009"	$4.388 \cdot 10^3$	$1.325 \cdot 10^3$
9	"01.07.2009"	$4.79 \cdot 10^3$	$1.397 \cdot 10^3$
10	"01.08.2009"	$5.302 \cdot 10^3$	$1.484 \cdot 10^3$
11	"01.09.2009"	$7.787 \cdot 10^3$	$1.622 \cdot 10^3$
12	"01.10.2009"	$8.202 \cdot 10^3$	$1.751 \cdot 10^3$
13	"01.11.2009"	$8.92 \cdot 10^3$	$1.814 \cdot 10^3$
14	"01.12.2009"	$9.504 \cdot 10^3$	$1.99 \cdot 10^3$
15	"01.01.2010"	$1.071 \cdot 10^4$	...

Рис. 2 – Показатели добычи нефти и воды за временной период в табличном виде

Построим график накопленной добычи нефти от добычи жидкости:

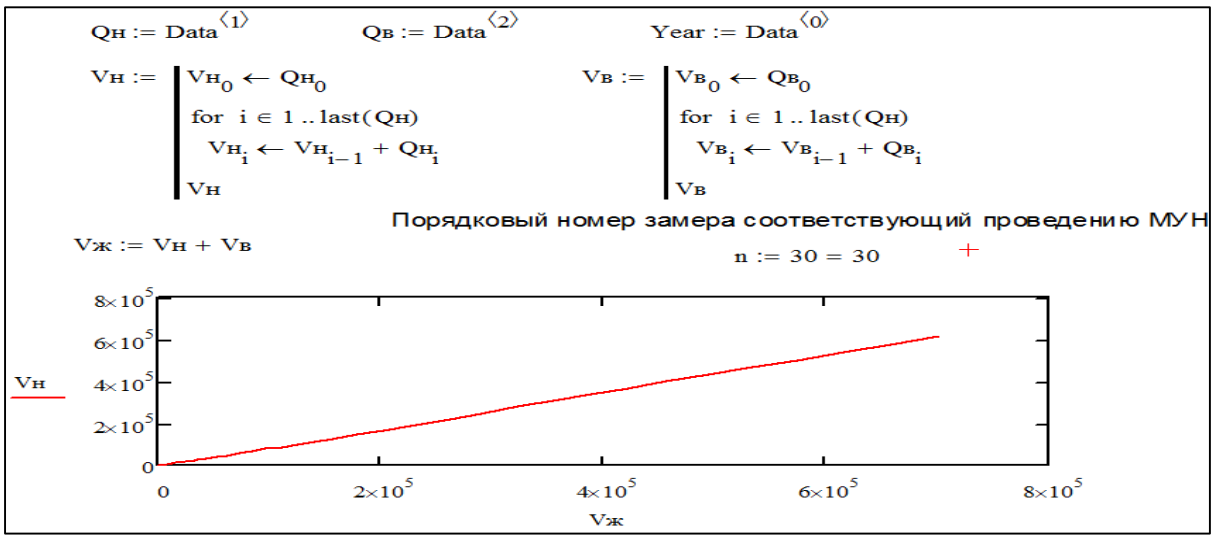


Рис. 3 – График накопленная добыча нефти – накопленная добыча жидкости

Построим график в координатах характеристики вытеснения Сазонова $V_н = a \cdot ln(V_ж) + b$.



Рис. 4 – График в координатах характеристики вытеснения Сазонова $V_н = a \cdot ln(V_ж) + b$

Определим на глаз прямолинейный участок перед проведением МУН. Примем его равным *7*. Сформируем матрицы точек замеров, лежащих на прямолинейном участке. Воспользуемся для этого функцией *submatrix* (рис. 5)

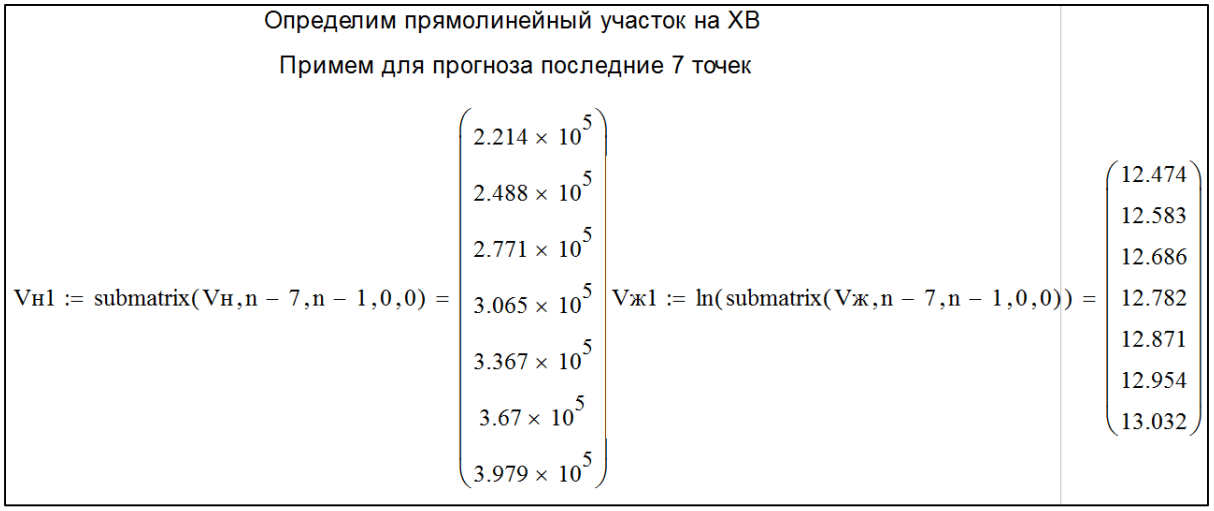


Рис. 5 – Определение прямолинейного участка на характеристике вытеснения

Выведем на график прямолинейный участок по которому будет строиться аппроксимационный полином.

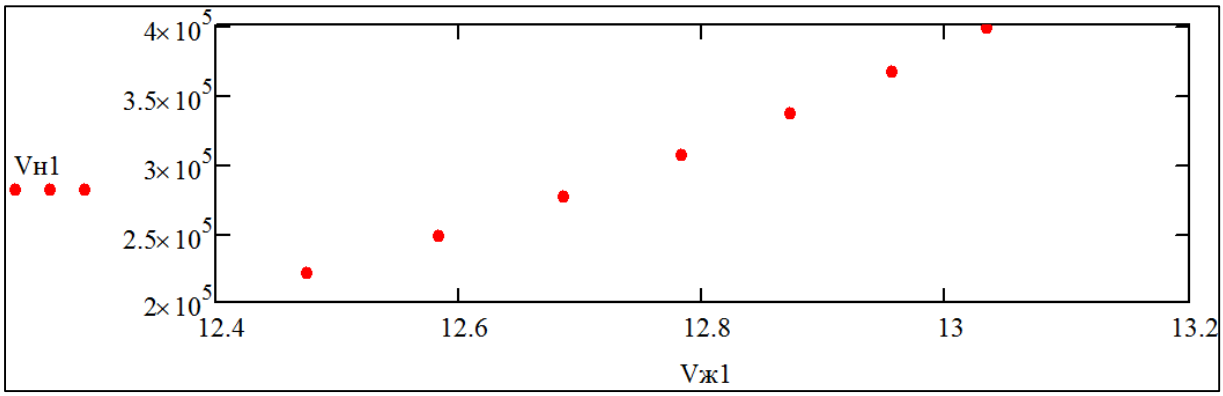


Рис. 6 – Опытные точки, лежащие на прямолинейном участке характеристики вытеснения

При помощи встроенных функций *slope* и *intercept* найдем коэффициенты уравнения прямой, имеющей наименьшее среднеквадратическое отклонение от *7* точек прямолинейного участка.

Произведем прогноз, подставив в полученное уравнение прямой накопленную добычу жидкости, соответствующую *01.09.2011* (в данном случае последнее значение массива *Vж*). Далее рассчитаем разность между фактической накопленной добычей и добычей по базовому варианту (прогнозной).

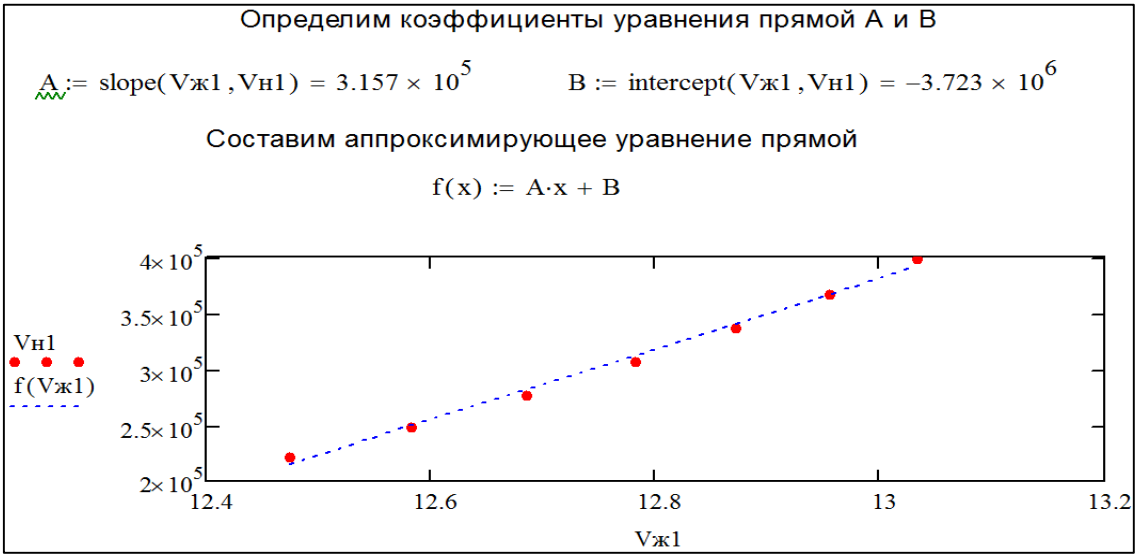


Рис. 7 – Построение аппроксимационного полинома для прямолинейного участка характеристики вытеснения

Произведем прогноз добычи на 01.09.2011, определив добычу жидкости и эффект от МУН:

$$f\left(\ln\left(Vж_{last(Vж)}\right)\right) = 5.263 \times 10^{5}$$

Эффект от МУН равен фактическая накопленная добыча нефти минус прогнозная

$$Vн_{last(Vж)} - f\left(\ln\left(Vж_{last(Vж)}\right)\right) = 8.765 \times 10^{4}$$

Методика расчёта технологической эффективности МУН, а также других ГТМ, в том числе с использованием программного продукта на базе Microsoft Office Excel, подробно изложена в учебном пособии [17].

Учебное издание

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ, МАЛООБЪЕМНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Методические указания по структуре, содержанию и оформлению курсовых работ магистрантов

Составитель
ЗЕМЦОВ Юрий Васильевич

В авторской редакции

Подписано в печать … Формат 60х90 1/16. Печ. л. 1,0
Тираж … экз. Заказ №____.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.
Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.