

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры прикладной и технической физики ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» Кислицына Анатолия Александровича
на диссертационную работу Сулеймановой Малики Джалилевны
на тему «Численное исследование температурного поля в неоднородных средах при двухфазной фильтрации с учетом термодинамических эффектов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности
1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника

Актуальность работы

В настоящее время большой интерес вызывают работы, направленные на изучение теплофизических процессов в технических системах. Широкое использование термометрии при контроле за разработкой нефтегазовых месторождений связано с высокой информативностью термометрии ввиду чувствительности температурного поля к процессам, происходящим в нефтяном пласте, призабойной зоне и стволе скважины. В последнее время, внимание сконцентрировано на переходе от качественной интерпретации данных термометрии к количественному анализу, и при этом используются различные математические модели, описывающие термогидродинамические процессы в системе «скважина-пласт». Обычно авторы используют математические модели однофазных потоков в однородных пластах, однако в реальных условиях пласты часто представляют собой систему пропластков с различной проницаемостью, а также, в зависимости от особенностей эксплуатации пластов, в пределах каждого пропластка могут формироваться области радиальной неоднородности проницаемости. Кроме этого, разработка нефтяных месторождений путем заводнения, особенно на поздних стадиях эксплуатации, приводит к возникновению двухфазных течений нефти и воды в пласте.

В связи с этим, научные разработки по изучению неизотермических двухфазных потоков в гетерогенных по проницаемости пластах с учетом

термодинамических эффектов являются значимой и актуальной проблемой в области технологий скважинной термометрии. При интерпретации термограмм важно учитывать воздействие разнообразных факторов на формирование температурного поля. Разнообразии таких факторов, влияющих на распределение температуры в пласте, следовательно, и внутри скважины, существенно усложняет интерпретацию термограмм и решению поставленных задач. Поэтому актуальностью обладают исследования, направленные на разработку математической модели и изучению неизоотермического двухфазного движения жидкости в неоднородных по проницаемости пластах с учетом термодинамических эффектов, что способствует созданию основных принципов интерпретации данных скважинной термометрии.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Сулеймановой М.Д. состоит из введения, четырех глав, включающих аналитический обзор литературы, результатов собственных исследований, выводы, заключение и список литературы (128 наименований). Общий объем диссертации без приложений составляет 112 стр. Работа содержит 3 таблицы и 52 рисунка.

Во введении отражена обоснованность актуальности темы исследования, приведены цели и задачи исследований, раскрыта научная новизна работы и основные положения и результаты, выносимые на защиту, а также практическая значимость диссертационной работы.

Первая глава посвящена аналитическому обзору работ по исследованию неоднородностей в строении пласта и призабойной зоны и современному состоянию исследований в области моделирования неизоотермической многофазной фильтрации в таких средах. Обзор также включает в себя типы неоднородностей, основные подходы к моделированию фильтрации флюидов в неоднородных средах, закономерности формирования термогидродинамических процессов.

Анализ работ показал, что малоизученным остается вопрос формирования температурного поля в неоднородных по проницаемости пластах как в

радиально-азимутальном, так и в радиально-слоисто вертикальном направлениях с учетом термодинамических эффектов при многофазной фильтрации.

Во второй главе приведены разработанные математические модели неизотермической фильтрации однофазного и двухфазного потока нефти и воды в пласте при наличии радиально-азимутальной и радиально-слоистой неоднородности по проницаемости с учетом термодинамических эффектов. Проведено тестирование полученных численных решений с использованием известных аналитических решений, произведено сравнение с коммерческим симулятором и анализ сеточной сходимости и устойчивости.

В третьей главе приведены результаты многовариантных расчетов термогидродинамических процессов в неоднородных пластах на основе разработанных моделей с учетом особенностей формирования температурного поля для различных соотношений проницаемости однородной и неоднородных зон, начальной водонасыщенности пласта, размеров неоднородной зоны. Результаты расчетов показывают, что наблюдается немонотонная зависимость температуры напротив зоны неоднородности во времени от угла охвата области неоднородной зоны, а увеличение проницаемости неоднородной зоны приводит к снижению температурных аномалий.

Полученные закономерности поведения температурного поля могут быть полезны при интерпретации данных многодатчиковых измерений температуры в неоднородных по проницаемости пластах.

В четвертой главе приведены результаты промыслово-геофизических исследований в добывающих скважинах для неоднородных пластов большой толщины, проанализированы данные термограмм в скважинах при диагностике состояния пласта, и практический материал по азимутальному распределению температуры полученного многодатчиковой аппаратурой, рассмотрены пути практического применения разработанных математических моделей и результатов расчета особенностей формирования температурного поля при фильтрации в неоднородных пластах применительно к термометрии скважин.

Заключение состоит из сформулированных результатов, полученных во время исследования.

Список литературы включает 128 источников, из которых 74 отечественных и 54 иностранных.

В целом, структура и содержание диссертационной работы соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Автореферат объективно и в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Степень обоснованности научных положений, сформулированных в диссертации

Обоснованность представленных в диссертационной работе научных положений подтверждается: адекватностью используемых соискателем математических моделей реальным физическим процессам; использованием стандартных и современных методов исследования; корректностью использования общепринятых физических принципов и математического аппарата при обработке информации, полученной в ходе большого объема численных расчетов; математической обработкой результатов расчетов, соответствием аналитических выводов результатам численных исследований и их согласованием с данными других исследователей.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность результатов следует из корректности физической и математической постановки задачи, использования фундаментальных уравнений теплопереноса в пористых средах и проверенных численных методов решения задач неизотермической многофазной фильтрации, сравнением полученных результатов с существующими аналитическими и численными решениями с удовлетворительной точностью.

В качестве новых научных результатов диссертантом выдвинуты следующие:

- Разработана математическая модель и получено численное решение задачи неизотермической нестационарной двумерной однофазной фильтрации при наличии радиально-азимутальной неоднородности проницаемости в пласте с учетом термодинамических эффектов.

- Разработана математическая модель и получено численное решение задачи о неизотермическом двухфазном нестационарном течении нефти и воды в радиально-слоисто-неоднородном по проницаемости пласте с учетом термодинамических эффектов и гравитационной силы.

- Наличие радиально-азимутальной неоднородности проницаемости в пласте приводит к немонотонной зависимости температуры от времени на выходе из пласта в области неоднородности от величины угла охвата области неоднородности с низкой проницаемостью.

- Установлено, что наблюдается различный темп установления температуры в однородной и неоднородной областях (различие по проницаемости) в процессе вытеснения нефти водой. При сниженной проницаемости неоднородной зоны, при вытеснении нефти водой, ранний прорыв воды в более проницаемой зоне (однородная область) приводит к повышенному темпу изменения температуры относительно неоднородной зоны в начальные моменты до прорыва воды, а в дальнейшем наблюдается снижение температуры.

- Показана возможность определения работающих интервалов в многослойном пласте с возможностью оценки профиля притока с использованием разработанной математической модели для пластов большой толщины.

- Для оценки размеров неоднородной зоны в азимутальных направлениях предложен подход по обработке данных распределенной по азимуту датчиков температуры на данной глубине по известной методике термозондирования.

Данные результаты соответствуют требованиям специальностей «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Общие замечания:

1. В конце третьей главы прописаны выводы, где в пункте 4 упоминается нагреватель, однако нет информации по данному нагревателю.
2. В четвертой главе для получения исходных данных для дальнейших расчетов по разработанной модели используется температурный симулятор PSim, однако по этому симулятору нет информации.
3. В разработанных математических моделях одним из допущений является пренебрежение тепловыми потерями в окружающие горные породы, в связи с чем возникает вопрос об области применимости этих моделей на практике.
4. В работе присутствуют ошибки и опечатки. Имеются опечатки в нумерации рисунков (например, после рисунка 2.6 следует рисунок 3.5, после 2.2 следует рисунок 2.4).

Указанные замечания не ставят под сомнение высокое качество работы и высокую научную ценность ее результатов.

Заключение

Диссертационная работа Сулеймановой Малики Джалилевны представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему, результаты которого имеют теоретическое и практическое значение. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключение обоснованы.

Положения, выносимые на защиту, прошли апробацию на международных конференциях и в достаточной степени опубликованы в рецензируемых журналах.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Сулеймановой М.Д., представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, полностью соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Су-

лейманова Малика Джалилевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Согласен на обработку моих персональных данных, размещение персональных данных и моего отзыва на диссертацию на сайте ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» и в Федеральной информационной системе государственной научной аттестации (ФИС ГНА).

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук по научной специальности: 01.04.14 – Теплофизика и молекулярная физика, профессор, профессор кафедры Прикладной и технической физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет»

Кислицын Анатолий
Александрович

« 26 » ноября 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет»
625003, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, д.6.
Телефон: +7 345 259 74 00; E-mail: a.a.kislicyn@utmn.ru

Подпись Кислицына Анатолия Александровича удостоверяю:

