

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Шарифуллина Андрея Ришадовича на диссертационную работу Сулеймановой Малики Джалилевы 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

Термометрия скважин занимает основное место при контроле за работой пластов и скважин нефтегазовых месторождений. В настоящее время основное применение термометрии — это качественный анализ термограмм и выдача заключения на качественном уровне. Однако в связи с развитием математического аппарата и математических моделей все большее внимание уделяется вопросам количественной интерпретации данных термометрии. При количественной интерпретации используются различные математические модели, описывающие термогидродинамические процессы в системе «скважина-пласт» в основном это математические модели для однородных пластов. В реальных условиях пласты крайне редко бывают однородными. Пласты имеют сложную характеристику и могут состоять из различных по проницаемости пропластков. Зона неоднородности может располагаться как непосредственно вблизи стенок скважины, так и вдали от призабойной зоны пласта.

В связи с этим, научные разработки по изучению неизотермических двухфазных потоков в неоднородных по проницаемости пластах с учетом термодинамических эффектов являются значимой и актуальной проблемой в области технологий скважинной термометрии.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Сулеймановой М.Д. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы (128 источников). Общий объем диссертации составляет 112 стр. Работа содержит 3 таблицы и 52 рисунка.

Во введении отражена актуальность исследуемой темы, приведены цели и задачи исследования, обоснована научная новизна работы и прописаны основные положения и результаты, выносимые на защиту, а также практическая значимость диссертационной работы.

Первая глава посвящена обзору работ по теоретическим и практическим исследованиям в области неизотермической фильтрации флюида в пористой среде с учетом неоднородности по проницаемости в строении пласта и призабойной зоны, отмечены основоположники и современные исследователи в области моделирования неизотермической многофазной фильтрации в таких средах. В первой главе проанализированы типы неоднородностей, основные подходы к моделированию фильтрации флюидов в неоднородных средах, закономерности формирования термогидродинамических процессов. Была выявлена малоизученность вопроса о формировании 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.

Вторая глава состоит из описания разработанных численных математических моделей 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 проанализирована сеточная сходимость и устойчивость.

В третьей главе рассматриваются результаты расчетов термогидродинамических процессов в неоднородных пластах на основе разработанных математических моделей для различных параметров, для различных соотношений проницаемости однородной и неоднородной зон и т.д. Выявлены особенности формирования температурного поля для этих случаев. В частности, выявлено, что увеличение проницаемости неоднородной зоны приводит к снижению температурных аномалий. Полученные закономерности поведения температурного поля могут быть полезны при интерпретации данных многоточечных измерений температуры в неоднородных по проницаемости пластах.

В четвертой главе рассмотрены пути практического применения разработанных математических моделей и результатов расчета особенностей формирования температурного поля при фильтрации в неоднородных пластах применительно к термометрии скважин. Рассматриваются результаты азимутального распределения температуры при промыслово-геофизических исследованиях в добывающих скважинах многоточечковой аппаратурой, и их использование для оценки радиально-азимутального распределения проницаемости в призабойной зоне пласта.

В заключении приведены основные выводы по диссертационной работе.

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

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.

Оценка обоснованности научных положений и результатов сформулированных в диссертации

Автор диссертационной работы использует известные законы теплофизики, гидродинамики и термодинамики. Научные положения и результаты обоснованы адекватностью используемых соискателем математических моделей реальным физическим процессам; корректностью использования общепринятых физических принципов и математического аппарата при обработке результатов расчетов, соответствием аналитических выводов результатам расчетов и их согласованием с данными исследований других исследователей.

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

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением фундаментальных уравнений тепло-массопереноса в пористых средах, корректностью физической и математической постановки задач, использованием 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 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 пунктов 1, 6 и 8 паспорта специальности «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

По диссертации имеются следующие замечания:

1. По оформлению диссертации:
 - Имеются опечатки в нумерации рисунков (в главе 2 и главе 3);
 - Имеется опечатка в пункте 2.1, где формулировка "двухфазного флюида" противоречит следующим указанным допущениям постановки задачи однофазной двумерной (r, f) фильтрации;
 - Упоминание газовой фазы в описании формулы 2.15 для расчета плотности является избыточным, поскольку согласно модели газовая фаза отсутствует;
 - Отсутствуют ссылки в тексте на графики 3.20-3.26, хотя описание графиков в тексте диссертации присутствует;
 - В четвертой главе в п.4.1 для обработки термограмм упоминается симулятор «PSim», однако в диссертации нет информации по данному симулятору;
 - На рисунке 4.4 «Сравнение промысловых данных с модельными по глубине» отсутствует кривая №4, которая, согласно тексту,

должна отображать результаты расчетов в разработанном симуляторе для скважины №2.

2. На рисунке 4.6 представлены данные распределения температуры по глубине в различные моменты времени после начала притока флюида из пласта в скважине №3 при компрессорном опробовании. Автор связывает азимутальные аномалии разогрева относительно начальной температуры с наличием азимутальной неоднородности проницаемости в пропластках. Однако представленные далее результаты расчетов азимутального распределения неоднородной зоны пласта, выполненные на основе данных шести датчиков температуры с использованием предложенной методики, указывают на условную однородность зоны нарушенной проницаемости радиусом 50 ± 2 см. Это требует дополнительного анализа взаимосвязи между экспериментальными данными и расчетными результатами.

3. Из текста диссертации неясно, каким образом были определены значения проницаемости по профилю пласта для скважины №3, использованные при расчете температуры на выходе из пласта, а также какая модель — радиально-азимутальная или радиально-слоисто-неоднородная — применялась для выполнения данного расчета.

4. Для дальнейшего повышения достоверности и обоснованности предложенных моделей можно рассмотреть сопоставление результатов количественной интерпретации свойств слоисто-неоднородного пласта, полученных на их основе, с данными промысловых геофизических исследований и/или гидродинамических исследований профиля притока.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Представленная диссертационная работа Сулеймановой Малики Джалилевы является завершенной научно-исследовательской работой, выполненной автором на высоком научном уровне на актуальную тему, результаты которого имеют теоретическое и практическое значение. Полученные автором результаты являются новыми, достоверными, выводы и заключения обоснованы. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Основные результаты научно-квалификационной работы опубликованы в 8 печатных работах, в том числе в 3 работах в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, установленный Министерством образования и науки Российской Федерации для представления результатов кандидатских диссертации, и в них достаточно полно отражены основные

результаты диссертационной работы.

Работа содержит достаточное количество пояснений, рисунков, графики, подробные расчеты. По каждой главе и работе в целом имеются выводы.

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 Сулейманова 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:

Кандидат технических наук по научной специальности: 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы, технический директор ООО «Тетаком»

Шарифуллин Андрей
Ришадович

«03» декабря 2024 г.

ООО «Тетаком»
420500, Россия, Иннополис, ул. Университетская, 7, офис 503
Телефон: +7 905 307 13 31; E-mail: sto@tetacom.pro

Подпись Шарифуллина Андрея Ришадовича удостоверяю:

Генеральный директор ООО «Тетаком»

Ситдиков Марат
Ринатович

«03» декабря 2024 г.

