

Отзыв

официального оппонента – доктора геолого-минералогических наук П.Ю. Пушкарева на диссертацию Патрушева Ильи Игоревича «Разработка методов оптимизации процессов нефтедобычи на основе трехмерного численного моделирования изотермической многофазной фильтрации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Актуальность темы диссертации

Проектирование разработки нефтяных месторождений с использованием цифровых моделей является актуальной задачей, особенно в контексте повышения эффективности нефтедобычи. Диссертационная работа Патрушева И.И. посвящена созданию ориентированных на практическое использование методов и программных средств для построения оптимизированных планов разработки нефтяных месторождений. Предложенный подход к оптимизации заключается в минимизации специального функционала, позволяющего регулировать желаемые параметры разработки месторождения с использованием цифрового двойника.

Определенную сложность при оптимизации разработки месторождений представляет построение прогнозов добычи в условиях использования сложных механизмов повышения нефтеотдачи, например, химических методов увеличения нефтеотдачи. К ним относятся рассматриваемые в работе технологии полимерного и ПАВ-полимерного заводнения. Для них необходима разработка специальных методов и вычислительных схем, способных адекватно описывать происходящие в пласте сложные физические процессы. Как следствие, задача моделирования процесса разработки месторождения является вычислительно трудоемкой, а для минимизации целевого функционала требуется многократное проведение моделирования при расчете функций чувствительности, что существенно повышает вычислительные затраты. Поэтому довольно часто предлагаются подходы с использованием упрощенных моделей, а в последнее время и методов машинного обучения, которые не всегда способны адекватно описывать сложные физические процессы, происходящие в процессе разработки месторождения. Патрушевым И.И., напротив, предлагается метод, который позволяет использовать полное гидродинамическое моделирование при решении задачи оптимизации разработки нефтяных месторождений, и вместе с тем этот метод обладает достаточной вычислительной эффективностью.

2. Основные результаты и научная новизна

В диссертационной работе предложены подходы к построению оптимизированных планов разработки нефтяных месторождений с учетом различных технологических ограничений. Предложенный подход позволяет строить план разработки в зависимости от выбранной стратегии оптимизации. Такая возможность достигается за счет того, что целевой функционал включает в себя слагаемые, отвечающие за различные параметры нефтедобычи: объемы добытой воды, объемы заводнения, массы закаченных в пласт химических агентов, требуемые уровни добычи нефти и смеси.

При оптимизации разработки нефтяного месторождения необходимо учитывать множество факторов – возможности оборудования, транспортировки и хранения добытой нефти, стоимости и возможностей доставки химических агентов. Также необходимо учитывать различные технологические ограничения, такие как удержание забойного давления в заданном диапазоне, допустимые уровни заводнения и т.д. Поэтому

предложенный в диссертационной работе подход, реализующий гибкий учет этих факторов, обладает научной новизной и вместе с тем позволяет строить оптимальную стратегию разработки месторождения при наличии различных технологических ограничений.

Поскольку задача оптимизации разработки месторождения является вычислительно трудоемкой, используемые для ее решения методы должны обладать высокой вычислительной эффективностью. В диссертационной работе предложена специальная схема группирования и упорядочивания конечных элементов при расчете переноса фаз. Данная схема позволяет сократить время расчета на порядки за счет реализованной в ней возможности пересчета состояния ячеек сетки с разными шагами по времени, которые определяются автоматически в зависимости от скорости фильтрации и объема ячейки.

Предложенный в диссертации подход к построению оптимизированных планов реализован в составе программного комплекса для цифрового сопровождения нефтедобычи. В диссертации описаны средства пользовательского интерфейса для решения задач построения оптимизированных планов разработки месторождений. Данные средства позволяют в удобной форме создавать и представлять цифровую модель месторождения, а также просматривать результаты оптимизации разработки месторождения. Предложенная методика построения оптимизированных планов разработки с применением разработанного подхода проиллюстрирована на примере полимерного заводнения. Отдельно можно отметить реализованные в пользовательском интерфейсе средства автоматизированной параметризации режимов работы скважин, позволяющие уменьшить трудозатраты пользователя при работе с крупными месторождениями.

Также хорошим обоснованием корректности предложенных подходов служат результаты ретроспективного исследования по оптимизации разработки одного из реальных месторождений. В нем показано, что построение цифровой модели по части практических данных позволяет получить адекватную цифровую модель месторождения, которая в дальнейшем дает хорошее совпадение с результатами, получаемыми для модели, построенной по всему историческому периоду. Исследование с перспективной оптимизацией другого месторождения с использованием ПАВ-полимерного заводнения демонстрирует применимость разработанных подходов к построению планов разработки месторождений для разных стратегий добычи нефти – например, «с экономией» и «без экономии» закачиваемых химических агентов.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Для обоснования корректности разработанных в диссертации методов и подходов автором проведено множество исследований и экспериментов. По практическим данным была сформирована цифровая модель месторождения с близкими к реальным характеристиками нефтедобычи. Эта модель была принята за «истинную», и по ней синтезировались «практические» данные для различных режимов и технологий нефтедобычи. С использованием таких практических (синтезированных) данных была выполнена автоадаптация, и уже для построенной в результате автоадаптации цифровой модели проводилась оптимизация нефтедобычи. Полученные в результате этого оптимизированные планы разработки проверялись на «истинной» модели, и эти проверки показали, что характеристики нефтедобычи для «истинной» модели улучшались примерно так же, как и для полученной в результате автоадаптации модели (по которой выполнялась оптимизация разработки месторождения). Такие проверки были выполнены для оптимизированных планов при разработке месторождений как без использования химических методов, так и при ПАВ-полимерном заводнении. Тем самым подтверждена корректность использования для оптимизации разработки получаемых в результате

автоадаптации цифровых моделей и обоснованность выводов о возможных улучшениях характеристик нефтедобычи, в том числе и при использовании полимерного или ПАВ-полимерного заводнения.

Таким образом, обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в работе, в достаточной мере подтверждается приведенными в работе исследованиями и вычислительными экспериментами. Результаты вычислительных экспериментов представлены довольно детально с возможностью оценить адекватность и эффективность предложенных подходов и их программной реализации.

4. Практическая значимость результатов работы

Практическая значимость полученных в работе результатов заключается в том, что предложенные в диссертационной работе подходы к оптимизации процессов нефтедобычи реализованы в программном комплексе. Этот комплекс уже применялся при решении задач оптимизации нефтедобычи на нескольких реальных месторождениях высоковязкой нефти Республики Татарстан, а предлагаемые инструментальные средства решения соответствующих задач дают возможность использования этого комплекса на производстве в технологических отделах нефтедобывающих компаний.

5. Оценка структуры, содержания и оформления диссертации

Диссертация представляет собой законченный научный труд, хорошо структурирована, материалы изложены в логической последовательности. Объем диссертации – 152 страницы. Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы (114 наименований) и 2 приложений. По структуре, содержанию и стилю изложения, глубине научных исследований работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автореферат достаточно полно отражает основные положения и научные результаты диссертации, выносимые на защиту.

6. Публикации

Основные результаты диссертации опубликованы в 22 научных работах. Из них 3 статьи в журналах, включенных в перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК РФ). 13 работ опубликовано в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и/или WoS, среди которых 3 работы опубликовано в журналах первого квартала. Зарегистрировано 4 программы для ЭВМ.

7. Замечания по диссертации

По изложенным в диссертации подходам и методам возникают некоторые вопросы и можно сделать следующие замечания.

1. Можно ли обобщить представленную методику оптимизации для месторождений иной структуры, например, для нефтегазовых месторождений?
2. Может ли в ходе выполнения алгоритма группирования для какой-либо ячейки шаг по времени стать слишком маленьким? Есть ли ограничение на минимальный шаг по времени? И что произойдет, если это ограничение будет нарушено?
3. В работе на примере решения модельной задачи показано, что оптимизация на фиксированный период по времени может давать понижение дебита нефти при

дальнейшей разработке. Почему тогда не было проведено соответствующих расчетов с удлинением периода оптимизации при работе с реальными месторождениями?

4. Представленный в диссертации метод оптимизации требует от пользователя задания некоторых стоимостных коэффициентов. В работе приведено много примеров с их разными значениями, но не поясняется, почему были выбраны именно такие значения.

Однако данные замечания не уменьшают достоинств работы в целом.

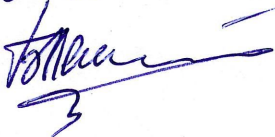
8. Общее заключение

Диссертация «Разработка методов оптимизации процессов нефтедобычи на основе трехмерного численного моделирования изотермической многофазной фильтрации» является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор, Патрушев Илья Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент, д.г.-м.н., доцент,
профессор кафедры геофизических методов
исследования земной коры геологического факультета
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный университет имени
М.В. Ломоносова»,
119991, Москва, Ленинские горы, 1,
Телефон: +7(905)703-7950,
E-mail: pavel_pushkarev@list.ru

Пушкарев П.Ю.

«10» августа 2022 г.

Получена в совет
18.08.22


С отзывом ознакомлен
19.08.22
