

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК
Кафедра фундаментальной математики и механики

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Заведующий кафедрой

к.ф.-м.н.

 К.Ю.Басинский

2021 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
магистерская диссертация

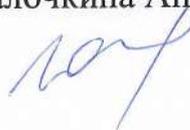
АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

01.04.01 Математика

Магистерская программа «Вычислительная механика»

Выполнила работу
Студентка 2 курса
очной формы обучения

Галочкина Анна Сергеевна



Научный руководитель
к.ф.-м.н.

Басинский Константин Юрьевич



Рецензент
Заведующий сектором
департамента анализа и
проектирования
разработки ООО «Тюменский
институт нефти и газа»

Овечкина Юлия Олеговна



Тюмень

2021

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. МЕТОД CRM ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ИНТЕРПОЛЯЦИИ ЗАБОЙНОГО ДАВЛЕНИЯ	6
1.1 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ CRM.....	8
1.2 МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ	14
1.2.1 МЕТОД ИМИТАЦИИ ОТЖИГА.....	17
1.2.2 МЕТОД ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ	20
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАБОЙНОГО ДАВЛЕНИЯ	21
2.1 ЗАМЕРЫ ПРИ ПОМОЩИ ПОГРУЖНЫХ МАНОМЕТРОВ	21
2.2 ЗАМЕРЫ НА ДАТЧИКАХ НАСОСОВ	24
2.3 ЗАМЕРЫ ДИНАМИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ.....	26
2.4 ПРИМЕРЫ И ПРИЧИНЫ НЕКОНДИЦИОННОСТИ ЗАМЕРОВ	27
ГЛАВА 3. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ	30
3.1 ПРОРАБОТКА МЕТОДА НА СИНТЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	30
3.2 АПРОБАЦИЯ МЕТОДА НА РЕАЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ	33
3.2.1 ТЕСТ 1. СКВАЖИНА D6 ТЕСТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.	34
3.2.2 ТЕСТ 2. СКВАЖИНА №2458 МЕСТОРОЖДЕНИЯ В	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	49

Список рисунков

Рис. 1 – Виды CRM моделей и охватываемый ими объем залежи.	7
Рис. 2 – Классификация задач оптимизации.....	16
Рис. 3 – Схема геликсного манометра.....	21
Рис. 4 – Схема автономного манометра	23
Рис. 5 – Схема управления системой пласт-скважина-насосное оборудование	25
Рис. 6 – Адаптация CRMP-модели на тестовых данных из гидродинамической модели	31
Рис. 7 – Карта расположения скважин	34
Рис.8 – пересчет забойного давления через динамический уровень.....	35
Рис. 9 – Адаптация моделей на историческую динамику	37
Рис. 10 – Применение забойного давления в качестве управляющего параметра.....	38
Рис. 11 – Фактическое и расчетное забойные давления	39
Рис. 12 – Пример несогласованности данных. Динамика дебита жидкости и динамического уровня	40
Рис. 13 – Динамика дебита жидкости и суммарной закачки воды.....	41
Рис. 14 – Карта расположения скважин на месторождении В.....	43
Рис. 15 – Результат настройки CRMP модели на историческую динамику	44
Рис. 16 – Сравнение фактического динамического уровня и пересчитанного с помощью CRMP модели.....	45
Рис. 17 – Сравнение изменения фактического забойного давления, забойного давления пересчитанного прямым способом и забойного давления, пересчитанного через динамический уровень	46

ВВЕДЕНИЕ

Проблема замеров забойного давления на добывающих скважинах нефтяных месторождений стала стоять особенно остро при появлении инструментов анализа взаимовлияний по промысловым данным. Как правило, непрерывных инструментальных замеров забойного давления нет, либо они проводятся спорадически при проведении гидродинамических исследований скважин (ГДИ) или в момент остановок, или геолого-технических мероприятий (ГТМ). Но для анализа взаимовлияния по промысловым данным необходимо проводить селекцию событий на дебите жидкости и выделять периоды роста или падения, связанные с закачкой, а не изменением режима работы насосного оборудования. Возможна и ситуация, когда насосное оборудование работает со стабильным дебитом, а влияние нагнетательных скважин проявляется на забойном давлении (динамическом уровне).

Основные проблемы, которые возникают при определении забойного давления:

1. Отсутствие данных по телеметрии насосного оборудования;
2. Низкая частота замеров (раз в месяц или год);
3. Недостоверные данные (датчики не прошли поверку);
4. Нарушение правил эксплуатации оборудования;

Выходом является пересчет забойного давления через динамический уровень, однако и это не является панацеей в силу ряда причин:

1. При низкой обводненности большое влияние на значения забойного давления оказывает плотность столба жидкости, которая зависит от газового фактора и не может быть достоверно определена;
2. Образовавшаяся при поднятии пузырьков газа пена может исказить глубину отбивки динамического уровня;

3. При определении плотности столба жидкости не учитывается, что нефть может занимать общую долю в столбе не пропорциональную обводненности.

Как видим, все эти проблемы, как правило, связаны с газом и при высоких значениях обводнения играет роль только частота замеров динамического уровня (ДУ). Однако и этим значениям нельзя доверять в полной мере, промысловый анализ динамики дебита жидкости и ДУ показывает, что могут регистрироваться ложные события, которые противоречат логике и закону Дарси. Например, при снижении динамического уровня не происходит роста дебита жидкости. Отсев таких событий пока не формализован, нет и алгоритмов интерполяции динамических уровней (забойного давления) для снижения дискретности замеров и заполнения пропусков в динамике, что важно при прокси-моделировании.

В настоящее время в области управления заводнением все чаще говорится про развитие новых технологий, связанных с нейронными сетями. Однако для обучения нейронной сети требуется достаточно большой массив промысловых данных, в частности и забойное давление.

В настоящей работе предложены пути решения проблемы отбраковки и интерполяции забойных давлений при помощи физически-содержательных прокси-моделей (CRM). Подход основывается на построении модели CRM на основе промысловых данных и решения обратной задачи поиска неизвестных коэффициентов взаимовлияния скважин с помощью оптимизационного алгоритма.

Актуальность работы заключается в разработке алгоритма восстановления динамики забойного давления, используя в качестве основы CRM модель, что теоретически может повысить качество адаптации нейронных сетей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно сделать следующие выводы:

- 1) Предложен алгоритм нахождения коэффициентов взаимовлияния в модели CRM, как следствие решения оптимизационной задачи
- 2) Модели CRM построены как для синтетических данных, так и для реальных месторождений
- 3) Разработан алгоритм интерполяции забойного давления с помощью модели CRM
- 4) Проведена верификация алгоритма на примере тестового месторождения и реального месторождения В.

В результате применения алгоритма получена непрерывная динамика забойных давлений, которая хорошо согласуется с фактическими замерами. Также CRM модель помогает в анализе непротиворечивости данных. Замечено, что при качественной адаптации в местах расхождения динамики, полученной по CRM, и фактической динамики, появляются несоответствия замеренных данных. Например, в скважине Д6 наблюдается повышение динамического уровня при увеличении отборов жидкости. При этом суммарная закачка воды остается на одном уровне, что говорит нам либо о несоблюдении закона Дарси, либо о неправильно замеренных промысловых данных (забойное давление, либо дебит жидкости).

Непрерывная динамика может дать более качественную настройку прокси-модели на историческую динамику по жидкости при учете забойного давления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. Издательство «Нефть и газ», Москва 2003 г.
2. Гиматудинов Ш.К. «Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений». Москва «Недра» 1983 г.
3. Налимов К.Г. «Информационная система эхометрирования многоимпульсными сигналами для определения уровня жидкости в нефтескважинах». Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Томск 2007 г.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Издательство наука, 1987 г.
5. Sayarpour M. The use of Capacitance-Resistive Models for rapid estimation of waterflood performance and optimization. 2009 г.
6. Yousef A.A. A Capacitance Model To Infer Interwell Connectivity From Production and Injection Rate Fluctuations. 2005 г.
7. Liang, X., Weber, B., Edgar, T.F., Lake, L.W., Sayarpour, M., and Yousef, A.A. 2007. Optimization of Oil Production in a Reservoir Based on Capacitance Model of 213 Production and Injection Rates. Paper SPE 107713.
8. Степанов С.В. Исследование особенностей оценки взаимовлияния скважин на примере модели CRM. 2018 г.
9. Степанов С.В. Проблематика оценки взаимовлияния добывающих и нагнетательных скважин на основе математического моделирования. 2018 г.
10. Дударев О.К., Овчинникова Е.В. «Методы оптимизации. Методические указания» Красноярск, 2016 г.
11. Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов.

- Приложение к журналу "Информационные технологии", №. 7
Москва, Новые технологии Публ., 2012. 32 стр.
12. Skiena S.S. The algorithm design manual. Second ed. London, Springer+ Business Media, 2008. 730 p.
 13. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие / А. П. Карпенко. - 2-е изд. - Москва : Издательство МГГУ им. Н. Э. Баумана, 2017. 446 с.
 14. Metropolis N., Rosenbluth A. W., Rosenbluth M. N., Teller A. H., and Teller E. Equation of State Calculations by Fast Computer Machines // J. Chemical Physics. 21. 6. June. 1953. P. 1087-1092.
 15. Kirkpatrick S., Gelatt Jr. C. D., and Vecchi M. P. Optimization by Simulated Annealing // Science. 220. 1983. P. 671-680.
 16. Szu H. H., Hartley R. L. Fast Simulated Annealing // Physical Letters A. 122. 1987. P. 161-168.
 17. Ingber L. Very fast simulated re-annealing // Mathematical and Computer Modelling. 12. 1989. P. 967-973.
 18. Yao X. A New Simulated Annealing Algorithm // International Journal of Computer Mathematics. 56. 1995. P. 161-168.
 19. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems / J.H. Holland // University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.
 20. Gozel M.E. The use of Capacitance-Resistive Models for estimation of interwell connectivity and heterogeneity in a waterflood reservoir: a case study. 2015 г.