

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Природных ресурсов  
Направление подготовки Нефтегазовое дело  
Кафедра Геологии и разработки нефтяных месторождений

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы

**АДАПТИВНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО КРИВОЙ  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ**

УДК 622.279.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Г	Донг Ван Хоанг		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор каф. ГРНМ	Сергеев В.Л.	Д. Т. Н., профессор		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ЭПР	Шарф И.В.	К. Э. Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ЭБЖ	Крепша Н.В.	К.Г-М.Н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Заведующий кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ГРНМ	Чернова О.С.	К.Г-М.Н.		

## ВВЕДЕНИЕ

Гидродинамические исследования скважин являются наиболее информативным и востребованным методом определения параметров нефтяных пластов и занимают важное место в решении проблем информационного обеспечения разработки нефтяных месторождений.

Основной спецификой решаемых задач в гидродинамических исследованиях скважин (ГДИС), является оценка фильтрационных и энергетических параметров пласта. Не менее существенно и специфика используемых при этом технологии, является регистрация процесса изменения гидродинамических параметров во времени на фиксированной глубине. Причем используются измерения, как на устье, так и на забое скважины.

Задача идентификации и интерпретации ГДИС заключается в определении вида модели гидродинамических параметров и фильтрационных параметров газовых и нефтяных пластов и скважины на основе измерений забойного давления.

Информация ГДИС используется для решения следующих задач:

1. Уточнение геологического строения месторождения;
2. Оценка эффективности применяемой системы разработки;
3. Оценка энергетического состояния залежи;
4. Подбор оптимального режима и способа эксплуатации скважины;
5. Оценка качества вскрытия и состояния призабойной зоны скважины;
6. Контроль эффективности мероприятий воздействия на пласт;
7. Обслуживание геомониторинга и геомоделирования.

Задача идентификации ГДИС заключается в построении оптимальной модели гидродинамических параметров скважины (дебитов, забойного давления, температуры и т.п.) с заданными критериями качества, и оценке параметров модели характеризующих параметры пласта и скважины. Основная задача интерпретации ГДИС заключается в определении

энергетического состояния, неизвестных геометрических и фильтрационных параметров пласта на основе замера забойного давления и оценок параметров моделей, полученных в результате решения задачи идентификации. Достоверность и качество результатов интерпретации ГДИС определяется достоверностью и качеством решения задачи обратных задач идентификации.

Традиционные методы идентификации ГДИС на неустановившихся и установившихся режимах фильтрации флюидов не гарантируют допустимую точность решений и устойчивость оценок параметров пласта .

Сегодня актуально использование устойчивых методов обработки данных с применением дополнительной априорной информации о фильтрационных параметрах пласта и статистических характеристиках ошибок измерений.

Однако наиболее общим методом решения задач идентификации с учетом дополнительной априорной информации, который обеспечивает комплексное решение задач, устойчивость решения в различных экстремальных ситуациях (наличие аномальных измерений, ограниченность выборок, априорной неопределенности о структуре моделей) и повышение точности является технология интегрированных моделей. Суть технологии интегрированных моделей заключается в объединении моделей гидродинамических параметров пласта, моделей экспертных оценок о параметрах пласта и дополнительных априорных сведений в единую систему интегрированных моделей.

Предлагаемый метод решения задач идентификации и интерпретации гидродинамических исследований скважин, на основе технологии интегрированных моделей, позволяет привлекать экспертные оценки лица, принимающего решения, соединять в общей модели неформальные и формальные процедуры, учитывать различную неоднородную дополнительную априорную информацию, накопленные знания и опыт, обеспечивает устойчивость решения задач идентификации для

гидродинамических исследований скважин, значительно повышает их качество и точность.

Учет дополнительной априорной информации о энергетическом состоянии и фильтрационных параметрах пласта расширяет способности традиционных методов идентификации и интерпретации гидродинамических исследований, поскольку позволяет координировать данные, которые получены путем исследования одиночной скважины и соседних скважин окружения.

В настоящее время в нефтегазодобывающих компаниях в связи внедрением новых ресурсосберегающих технологий и усложнением структуры геологической компоненты геолого-технического комплекса разработки, наличием маломощных пластов со сложной неоднородной структурой, выполняется большой объем бурения и ввода в разработку горизонтальных скважин, что требует и совершенствование технологий мониторинга и управления разработкой месторождений.

Отметим, что наиболее информативным источником исходной информации для мониторинга разработки месторождений, определения фильтрационно - емкостных свойств и энергетического состояния нефтяных пластов являются нестационарные гидродинамические исследования скважин (ГДИС) по кривой восстановления давления (КВД). В общем, процесс интерпретации результатов ГДИ горизонтальных скважин состоит в решении задачи диагностики выделения потоков и решении обратной задачи идентификации по определению фильтрационных параметров пласта и скважины с применением соответствующей выделенному потоку модели пластовой системы. Наиболее распространенным способом выделения потоков, реализованным в ряде отечественных и зарубежных программ интерпретации ГДИС, является графо – аналитический метод анализа производной от забойного давления. Например, для радиального потока тангенс угла наклона касательной производной от забойного давления

$\Delta p_r' = dp_r / d \lg(t)$  в бипологарифмических координатах равен нулю, а для линейного потока 0,5.

В последние годы в связи с внедрением телеметрических систем, позволяющих осуществлять мониторинг гидродинамических параметров и управлять работой скважин в режиме реального времени, требуются соответствующие методы оперативной диагностики потоков в процессе проведения ГДИС. В данных условиях использование традиционного графо – аналитического метода диагностики потоков основанного на анализе производной забойного давления вызывает значительные трудности, особенно при исследовании горизонтальных скважин.

Целью данной работы являются разработка и исследование моделей и алгоритмов адаптивной диагностики потоков при интерпретации ГДИ ГС, повышение точности оценок параметров нефтяных пластов и сокращение времени простоя скважин.

Для достижения поставленной цели в работе рассматриваются следующие задачи:

1. Разработка моделей забойного давления для раннего радиального, линейного и позднего потоков с учетом дополнительной априорной информации.
2. Разработка алгоритма выделения потоков с диагностикой параметров пласта и скважины в процессе проведения исследований.
3. Апробация моделей и алгоритмов адаптивной диагностики потоков по промысловым данным.

### **Обоснованность и достоверность результатов диплома**

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается аналитическими методами, результатами эксплуатации с использованием промысловым данным путем сравнением с традиционными методами обработки данных гидродинамических исследований горизонтальных скважин.

Работа включается в себя 5 главы. Объем текста диссертационной работы составляет 99 страниц, список использованных источников включает 45 наименования.

В первой главе рассмотрены особенности и проблемы интерпретации гидродинамических исследований горизонтальных скважин по КВД. Так же, изучены методы идентификации и интерпретации КВД.

Во второй главе рассматриваются современные методы идентификации и интерпретации ГДИС по КВД и предлагается метод адаптивной диагностики потоков с одновременной оценкой параметров нефтяных пластов в процессе гидродинамических исследований горизонтальных скважин по КВД.

Во третьей главе провели анализ результатов диагностики потоков и интерпретации КВД горизонтальных скважин.

Во четвертой главе провели расчет на экономическую эффективность при внедрении программы адаптивного метода интерпретации результатов гидродинамических исследований горизонтальных скважин.

В пятой главе рассматриваются вопросы обеспечения безопасности при выполнении диссертационной работы, а так же проблемы экологической безопасности при разработке нефтяных месторождений.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Определение фильтрационных параметров и энергетического состояния нефтегазовых пластов на основе разработанного на кафедре геологии и разработки нефтяных месторождений (ГРНМ) Национального исследовательского Томского политехнического университета метода интегрированных моделей, позволяющего учитывать различную дополнительную априорную информацию, накопленный опыт и знания, в настоящее время является интенсивно развивающимся направлением интерпретации ГДИС. Одной из главных проблем традиционных методов

интерпретации ГДИС является обеспечение устойчивости, повышения точности и сокращения времени простоя скважин. Для решения этого комплекса проблем был предложен метод адаптивный ГДИС с учетом априорной информации разработанный на кафедре ГРНМ.

Данная работа была посвящена разработке метода адаптивной диагностики потоков при интерпретации нестационарных гидродинамических исследований горизонтальных скважин и исследованию метода адаптивной интерпретации ГДИ горизонтальных скважин по кривой восстановления давления. Данный метод позволяет:

1. Выделять фильтрационные потоки с одновременной оценкой параметров пласта и скважины в процессе проведения гидродинамических исследований;
2. Значительно сократить время проведения исследований и увеличить добычу нефти;
3. Учитывать дополнительную априорную информацию о радиальной проницаемости.

Экономический расчет показал большую экономическую эффективность при внедрении программы адаптивного метода интерпретации результатов гидродинамических исследований горизонтальных скважин в производстве. Так например в таблице 3.3 результаты интерпретации 5 горизонтальных скважин показали что, метод адаптивной интерпретации позволяет сократить время простоя скважин на 840 часов.

Использование метода адаптивной диагностики потоков рекомендуется при интерпретации нестационарных ГДИ интеллектуальных горизонтальных скважин оснащенных стационарными измерительными системами

Результаты диссертации докладывались на международном форуме-конкурсе молодых ученых "Проблемы недропользования", г. Санкт-Петербург - 2016г. (награжден дипломом III степени), на всероссийской

конференции-конкурсе студентов выпускного курса, г. Санкт-Петербург - 2016г. (награжден дипломом II степени), на XX международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых "Проблемы геологии и освоения недр", г. Томск - 2016г.