

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научной работе и инновациям
Национального исследовательского Томского
политехнического университета
доктор химических наук, профессор

Юсубов М.С.

02 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Диссертация «Адаптивная идентификация и диагностика фильтрационных потоков в процессе гидродинамических исследований горизонтальных скважин» выполнена в отделении нефтегазового дела, инженерной школы природных ресурсов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Донг Ван Хоанг обучался в очной аспирантуре в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Время обучения с 14.11.2016 г. по 31.08.2020 г.

В 2016 г. окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению 21.04.01- «Нефтегазовое дело» (присуждена степень магистра, диплом с отличием).

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии науки и иностранному языку выдана в 2020 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Справка о сдаче кандидатского экзамена по специальности выдана в 2020 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Сергеев Виктор Леонидович, работает в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в должности профессора отделения нефтегазового дела инженерной школы природных ресурсов.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность диссертации.

В настоящее время в нефтегазодобывающих компаниях России, в связи с разработкой месторождений с трудно извлекаемыми запасами, проводится большой объем бурения и ввода в эксплуатацию горизонтальных скважин. Для создания систем управления разработкой месторождений с системой горизонтальных скважин требуется достоверная информация о параметрах нефтяных пластов. Известно, что наиболее достоверным и востребованным методом получения информации о параметрах нефтяных и газовых пластов являются нестационарные гидродинамические исследования (ГДИ) скважин по кривой восстановления забойного давления (КВД).

Используемые в нефтяных компаниях России графоаналитические методы обработки ГДИ горизонтальных скважин с выделением фильтрационных потоков, основанные на анализе КВД и ее производной, реализованы в ряде программных комплексов (Saphir, PanSystem, и т.п.). Применение данных методов в системах оперативной обработки испытаний на скважинах, оснащенных стационарными информационными измерительными системами, вызывает значительные трудности, поскольку они требуют привлечения квалифицированных интерпретаторов. Следует отметить, что графоаналитический метод обработки результатов нестационарных ГДИ горизонтальных скважин по КВД, по сравнению с вертикальными скважинами, представляет более сложный организационно-технологический процесс. Это связано с рядом проблем, таких как, выделение разных развивающихся последовательно режимов фильтрации, обработки недовосстановленных кривых забойного давления с частичным либо полным отсутствием участка позднего радиального режима течения, значительным временем простоя скважин – до 500 часов и более.

Для решения отмеченных выше проблем, создания моделей и алгоритмов оперативного определения параметров нефтяных пластов в процессе проведения ГДИ горизонтальных скважин по КВД в диссертации предлагается использовать модели фильтрационных потоков с переменными, зависящими от времени параметрами с учетом дополнительной априорной информации и адаптивные алгоритмы идентификации.

На основе адаптивной технологии идентификации, разработанной в Томском политехническом университете, в диссертации решается задача выделения фильтрационных потоков, разработки соответствующих диагностических критериев моделей и алгоритмов, позволяющих определять время начала и завершения потоков в процессе проведения гидродинамических исследований скважин в промысловых условиях.

Для решения задачи определения параметров нефтяных пластов по недовосстановленным, по разным техническим причинам, кривым забойного давления в диссертационной работе предлагаются новые модели линейного и позднего радиального режима фильтрации, основанные на интегральном уравнении Вольтерра 1-го рода с переменными, зависящими от времени параметрами, и алгоритмы адаптивной идентификации для определения параметров нефтяных пластов в процессе испытаний скважин.

Значительные трудности использования графоаналитических методов обработки результатов нестационарных гидродинамических исследований горизонтальных скважин возникают при частичном либо полном отсутствии на КВД позднего радиального режима течения, либо значительными искажениями на этом участке забойного давления и его производной. Следует отметить, что для получения полноценных КВД с наличием позднего радиального режима течения, особенно в низкопроницаемых коллекторах, требуется проведение достаточно продолжительных исследований, что связано с простоями скважин более 500 часов. Для решения этой актуальной задачи, сокращения времени простоя скважин, в диссертации предлагается метод оперативной идентификации и интерпретации результатов гидродинамических исследований горизонтальных скважин на прогнозирующих феноменологических моделях, позволяющих определять забойное давление на недовосстановленном участке КВД и параметры нефтяного пласта в процессе проведения испытаний скважин в промысловых условиях.

Оценка выполненной соискателем работы.

В диссертации изложены новые научно обоснованные методы, модели и алгоритмы определения параметров газовых пластов в процессе проведения ГДИ горизонтальных скважин в промысловых условиях, имеющие существенное значение для развития автоматизированных систем мониторинга и управления разработкой нефтяных и газовых месторождений. Основными научными достижениями работы являются:

1. диагностические критерии, интегрированные системы моделей логарифмической производной забойного давления и диагностического параметра, позволяющие выделять

фильтрационные потоки в процессе проведения ГДИ горизонтальных скважин на неустановившихся режимах фильтрации по кривой восстановления давления;

2. модели и алгоритмы определения параметров нефтяных пластов в процессе проведения ГДИ горизонтальных скважин на неустановившихся режимах фильтрации по кривым забойного давления с нечеткими признаками позднего радиального потока;

3. модели и алгоритмы определения параметров нефтяных пластов в процессе ГДИ горизонтальных скважин на прогнозирующих моделях в условиях отсутствия на кривой восстановления давления позднего радиального потока.

Диссертация является цельной и логически выстроенной. Объем проделанной работы является достаточным для представления кандидатской диссертации к защите.

Личный вклад соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.

Основные результаты работы получены автором самостоятельно. К ним относятся: модели диагностических параметров фильтрационных потоков с учетом и корректировкой дополнительной информации; интегрированные системы модели и алгоритмы идентификации и интерпретации КВД горизонтальных скважин с идентификацией позднего радиального потока; модели и алгоритмы адаптивного метода идентификации нефтяных пластов в процессе проведения ГДИ горизонтальных скважин в условиях отсутствия позднего радиального потока.

Достоверность результатов. Обоснованность и достоверность подтверждается результатами обработки КВД горизонтальных скважин с использованием промысловых данных, традиционными методами обработки результатов ГДИС, реализованными в программном комплексе Saphir и результатами имитационного моделирования.

Научная новизна диссертации.

1. Разработаны модели гидродинамических и диагностических параметров фильтрационных потоков горизонтальных скважин нефтяных пластов с переменными, зависящими от времени параметрами, с учетом дополнительной информации;

2. Созданы алгоритмы адаптивной идентификации моделей гидродинамических и диагностических параметров, позволяющие выделять фильтрационные потоки, определять параметры нефтяных пластов и время завершения гидродинамических исследований по КВД в процессе их проведения в промысловых условиях, значительно сократить время простоя горизонтальных скважин.

3. Разработаны модели и алгоритмы адаптивной идентификации для определения параметров нефтяных пластов в процессе проведения ГДИ горизонтальных скважин по КВД в условиях отсутствия позднего радиального режима течения, позволяющие повысить точность определения параметров пластов, значительно сократить время простоя скважин.

Практическая значимость диссертации.

1. Предложенные в диссертационной работе модели и алгоритмы адаптивной идентификации нефтяных пластов с диагностикой фильтрационных потоков обеспечивают получение оценок гидродинамических параметров в процессе проведения ГДИ, повышают их точность, значительно сокращают время простоя горизонтальных скважин.

2. Разработанные алгоритмы и программные средства зарегистрированы в Реестре программ для ЭВМ и внедрены в компаниях ООО «Альтаир», ООО «ИЦ ГазИнформПласт». Документы, подтверждающие внедрение, приложены к диссертации.

Внедрение разработанных алгоритмов и программ позволяет:

1. выделять фильтрационные потоки в процессе проведения ГДИ горизонтальных скважин на неустановившихся режимах фильтрации по кривой восстановления давления, без участия квалифицированного интерпретатора.

2. определять параметры нефтяных пластов и время завершения ГДИ горизонтальных скважин в условиях нечеткого признака позднего радиального потока либо его отсутствия на кривой восстановления давления.

3. учитывать и корректировать дополнительную информацию, что обеспечивает повышение точности определения фильтрационных параметров и энергетическое состояние нефтяных пластов, значительно сокращает время простоя скважин.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 15 печатных работах, из них: 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 статьи в журналах, индексируемых в базе WoS и Scopus, 10 публикаций в трудах конференций (1 их них индексируются в базе WoS и Scopus), 2 свидетельства о регистрации программ на ЭВМ.

Публикации в журналах из перечня ВАК

1. Сергеев, В.Л. Идентификация диагностических параметров фильтрационных потоков в процессе гидродинамических исследований горизонтальных скважин / В.Л. Сергеев, Донг Ван Хоанг // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2019. – Т. 22 – № 3. – С. 87–92.

2. Сергеев, В.Л. Модели и алгоритмы адаптивного метода диагностики фильтрационных потоков в процессе испытаний горизонтальных скважин / В.Л. Сергеев, Донг Ван Хоанг, Д.Э. Хагай // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2019. – Т. 22 – № 2. – С. 90–95.

Публикации в журналах из перечня WoS и Scopus

1. Сергеев В.Л. Идентификация фильтрационных потоков в процессе гидродинамических исследований горизонтальных скважин с трещинами гидроразрыва пласта / В. Л. Сергеев, Донг Ван Хоанг // Известия Томского политехнического университета, Инжиниринг георесурсов. – 2019. Т.330. № –3. – С. 103–110.

2. Сергеев, В. Л. Адаптивная интерпретация результатов гидродинамических исследований горизонтальных скважин на прогнозирующих моделях/ В. Л. Сергеев, Донг Ван Хоанг, Фам Динь Ан // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 1. – С. 165–172.

3. Сергеев, В.Л. Адаптивная интерпретация гидродинамических исследований горизонтальных скважин с идентификацией псевдорadiaльного потока / В. Л. Сергеев, Донг Ван Хоанг // Известия Томского политехнического университета, Инжиниринг георесурсов. – 2017. Т.328. № –10. – С. 67–73.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018664882. Адаптивная интерпретация гидродинамических исследований горизонтальных скважин с идентификацией псевдорadiaльного потока (Adaptive System KVD HWT 1.0) / Донг Ван Хоанг, В.Л. Сергеев. – Заявка № 2018662991. Дата поступления 20 ноября 2018 г. Зарегистрировано в бюллетене 26 ноября 2018 г.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018665608. Адаптивная диагностика потоков по кривой восстановления давления горизонтальных скважин (Adaptive System KVD HWT 1.0) / Донг Ван Хоанг, В.Л. Сергеев. – Заявка № 2018662936. Дата поступления 20 ноября 2018 г. Зарегистрировано в бюллетене 06 декабря 2018 г.

Публикации в трудах конференций, индексируемых WoS и Scopus

1. Sergeev V.L., Dong Van Hoang. Adaptive identification and interpretation of pressure transient tests of horizontal wells: challenges and perspectives. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016, vol. 43, no. 1. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/43/1/012016>.

Публикации в трудах конференций, симпозиумов

1. Донг Ван Хоанг. Модели и алгоритмы адаптивной диагностики фильтрационных потоков в процессе гидродинамических исследований горизонтальных скважин // XV Международная научно-практическая конференция: Электронные средства и системы управления. Томск: Изд-во ТУСУР, 2019. Ч. 2 – С. 197–200.

2. Донг Ван Хоанг. Идентификация фильтрационных потоков в процессе гидродинамических исследований горизонтальных скважин с трещинами гидроразрыва пласта // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – Т. 2. – С. 94–96.

3. Донг Ван Хоанг. Модели и алгоритмы адаптивной идентификации результатов гидродинамических исследований горизонтальных скважин // VII Всероссийский конгресс молодых ученых университета ИТМО. – С-Петербург, 2018. URL: <https://openbooks.itmo.ru/ru/file/7390/7390.pdf>.

4. Донг Ван Хоанг. Адаптивная интерпретация гидродинамических исследований горизонтальных скважин с диагностикой и деконволюцией потоков // Мониторинг разработки нефтяных и газовых месторождений: разведка и добыча: материалы 15-й Международной научно-технической конференции. – Томск: Изд-во Томского университета, 2017. С. 35–39.

5. Донг Ван Хоанг. Адаптивная интерпретация гидродинамических исследований горизонтальных скважин при отсутствии псевдорadiaльного потока // Природные процессы в нефтегазовой отрасли. Geonature 2017 сборник научных трудов Международной научно-практической конференции Студенческого отделения европейской ассоциации геоученых и инженеров - European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE). – 2017. – С. 139–143.

6. Донг Ван Хоанг. Модели и алгоритмы адаптивной интерпретации гидродинамических исследований горизонтальных скважин с прогнозом забойного давления // XIV Международная научно-практическая конференция: Электронные средства и системы управления. Томск: Изд-во ТУСУР, 2018. Ч. 2 – С. 212–214.

7. Донг Ван Хоанг. Обработка результатов гидродинамических исследований горизонтальных скважин при отсутствии позднего радиального режима фильтрации // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – Т. 2. – С. 212–214.

8. Донг Ван Хоанг. Адаптивная интерпретация гидродинамических исследований горизонтальных скважин в системе пласта-скважины // XIII Международная научно-практическая конференция: Электронные средства и системы управления. Томск: Изд-во ТУСУР, 2017. Ч. 2 – С. 158–159.

9. Донг Ван Хоанг. Адаптивная интерпретация гидродинамических исследований горизонтальных скважин с деконволюцией потоков // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – Т. 2. – С. 85–87.

Опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Диссертация соответствует следующим двум пунктам паспорта специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) (технические науки):

П. 6. Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления.

П. 14. Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСПП и др.

Диссертация *«Адаптивная идентификация и диагностика фильтрационных потоков в процессе гидродинамических исследований горизонтальных скважин»* Донг Ван Хоанг рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) (технические науки).

Заключение принято на заседании отделения нефтегазового дела инженерной школы природных ресурсов ФГАОУ ВО НИ ТПУ. Присутствовало на заседании 15 человек. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол №2 от «19» февраля 2020 г.

Председатель НТС ОНД ИШПР НИ ТПУ
д. т. н., профессор



В.И. Ерофеев

Секретарь НТС ОНД ИШПР НИ ТПУ



Н.И. Чемоданова

