

УТВЕРЖДАЮ

Проректор НГТУ по научной работе
Д.Т.Н. профессор



Вострецов А.Г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» на диссертационную работу Донг Ван Хоанга «Адаптивная идентификация и диагностика фильтрационных потоков в процессе гидродинамических исследований горизонтальных скважин» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) на соискание ученой степени кандидата технических наук

Результаты диссертационной работы Донг Ван Хоанга были обсуждены ведущими специалистами кафедры теоретической и прикладной информатики и Центра статистических технологий НГТУ. По результатам обсуждения диссертационной работы Донг Ван Хоанга принято следующее заключение.

1. Актуальность темы исследований

Диссертационная работа Донг Ван Хоанга посвящена актуальной для нефтегазовой отрасли проблеме создания современных методов, моделей и алгоритмов обработки результатов гидродинамических исследований (ГДИ) горизонтальных скважин, оснащенных стационарными информационно-измерительными системами, в частности, вопросам построения научно обоснованных моделей и алгоритмов адаптивной идентификации и диагностики фильтрационных потоков в процессе ГДИ горизонтальных скважин.

Нестационарные ГДИ скважин по кривой восстановления забойного давления (КВД) в настоящее время является наиболее востребованным и достоверным методом получения информации о параметрах нефтяных и газовых пластов. Графоаналитические методы обработки ГДИ горизонтальных скважин с выделением фильтрационных потоков, основанные на анализе КВД и ее производной, реализованы в различных программных комплексах. По сравнению с вертикальными скважинами эти методы представляют более сложный организационно-технологический процесс,

так как приходится выделять развивающиеся во времени режимы фильтрации, обрабатывать недовосстановленные КВД с частичным или полным отсутствием участка позднего радиального режима течения, учитывать значительное время простоя скважин. В том числе и по этим причинам применение графоаналитических методов обработки ГДИ в системах оперативной обработки испытаний и интерпретации результатов на скважинах, оборудованных информационно-измерительными системами, связано с существенными трудностями, требует привлечения квалифицированных специалистов, и затруднено проведение исследований в режиме реального времени.

Для решения имеющихся проблем и создания моделей и алгоритмов оперативного определения параметров нефтяных пластов в процессе проведения ГДИ горизонтальных скважин в диссертации предлагается использовать: (а) модели фильтрационных потоков с зависящими от времени параметрами; (б) дополнительную априорную информацию; (в) адаптивные алгоритмы идентификации. На основе ранее разработанной в ТПУ адаптивной технологии идентификации решается задача выделения фильтрационных потоков, разрабатываются диагностические критерии и алгоритмы для определения времени начала и завершения потоков в процессе ГДИ скважин в промысловых условиях, решается задача определения параметров нефтяных пластов по недовосстановленным КВД.

В связи с вышесказанным, актуальность поставленных и исследуемых в диссертационной работе задач не вызывает сомнений.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми, опубликованы в 16 печатных работах автора: 6 статей в журналах из списка, рекомендованного ВАК, из них 4 в журналах, индексируемых в WoS и Scopus; 10 работ в трудах конференций и симпозиумов, одна из них проиндексирована в WoS и Scopus.

Диссертация объемом 126 страниц включает введение, 3 главы основного содержания, заключение, список использованных источников из 114 наименований, 3 приложения, включающие список сокращений, 2 акта о внедрении результатов и 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

В **первой главе** диссертации (30 стр.) рассмотрены традиционные и современные методы идентификации и интерпретации ГДИ горизонтальных скважин.

Рассмотрены основные этапы (планирования, проведения, диагностики и идентификации, интерпретации), составляющие процесс нестационарных ГДИ горизонтальных скважин по кривой восстановления давления (КВД). Рассматриваются аналитические методы определения времени наступления позднего радиального потока, отмечаются неизвестные параметры нефтяного пласта и скважины, подлежащие определению. Рассматривается математический аппарат, используемый при диагностике фильтрационных

потоков и идентификации пластовых систем, отмечаются недостатки аналитических методов выделения потоков, рассматриваются графоаналитические методы диагностики фильтрационных потоков, реализованные в программных системах, трудности, возникающие при выделении позднего радиального потока на практике. Значительное внимание уделяется использованию технологии идентификации ГДИ, базирующейся на методе интегрированных моделей, разработанной в ТПУ. Подчеркиваются преимущества применения методов адаптивной идентификации при ГДИ, которые позволяют определять параметры нефтяных пластов и скважин, а также оценивать время завершения испытаний без участия квалифицированного интерпретатора.

Во **второй главе** диссертации (24 стр.) разработаны диагностические критерии, позволяющие выделять на КВД участки раннего радиального и линейного потоков. Предложенные диагностические критерии апробированы на результатах ГДИ горизонтальных скважин по КВД на примере месторождения в Тюменской области. Показано, что оценки времени завершения раннего радиального потока, центральной части линейного потока и начала позднего радиального потока, получаемые с использованием диагностических критериев графоаналитического и адаптивного методов, практически совпадают. Рассмотрена адаптивная идентификация диагностических параметров фильтрационных потоков, наблюдаемых в процессе ГДИ горизонтальных скважин. Показано также, что рассмотренный адаптивный метод выделения потоков с идентификацией диагностических параметров практически не уступает по точности графоаналитическому методу. Методами имитационного моделирования исследована точность моделей и алгоритмов адаптивного метода диагностики фильтрационных потоков. Результаты подтверждают, что оценки моментов времени начала и центральной части фильтрационных потоков, полученные с использованием моделей и методов адаптивной идентификации, не уступают по точности графоаналитическому методу.

В **третьей главе** диссертации (31 стр.) рассматриваются модели и алгоритмы адаптивной идентификации нестационарных ГДИ горизонтальных скважин по КВД при нечетких признаках наличия позднего радиального потока либо при его отсутствии. В первом случае для определения параметров нефтяных пластов используются модели позднего радиального потока с поправочной функцией логистического типа. Во втором случае идентификация КВД решается с использованием прогнозирующих феноменологических моделей. Исследование точности моделей и алгоритмов определения параметров нефтяных пластов при адаптивной идентификации КВД с нечеткими признаками позднего радиального потока и в условиях его отсутствия проводится на примерах горизонтальных скважин месторождений в Тюменской области. Точность моделей и алгоритмов адаптивной идентификации исследуется методами имитационного моделирования.

В **заключении** формулируются основные результаты, полученные в работе.

В **приложении** приводятся акты о практическом применении на производстве результатов диссертационной работы и свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Все основные результаты диссертации опубликованы, апробированы на ряде научных конференций и семинаров, в том числе международных.

Диссертация написана в хорошем стиле, изложение достаточно четкое и грамотное.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

3. Обоснованность и достоверность полученных результатов

Достоверность полученных соискателем результатов подтверждается результатами моделирования, опытной эксплуатацией с использованием промысловых данных, традиционными методами обработки результатов ГДИ горизонтальных скважин, реализованными в программном комплексе Saphir, который широко используется в нефтегазовых компаниях для обработки и интерпретации результатов ГДИ.

Результаты автора не противоречат и согласуются с результатами предшественников, полученными при проведении ГДИ и идентификации параметров нефтяных пластов.

4. Научная и практическая ценность основных положений диссертации

Научная ценность основных положений диссертации заключается в том, что они вносят определённый вклад в развитие теории идентификации и автоматизации обработки результатов гидродинамических исследований горизонтальных скважин нефтяных месторождений, оборудованных информационно-измерительными системами.

Практическая ценность результатов диссертационной работы заключается в том, что, разработанные диагностические критерии, модели и алгоритмы адаптивной идентификации, позволяют:

- выделять на КВД участки раннего радиального, линейного и позднего радиального потоков в процессе проведения ГДИ;
- повысить точность определения параметров нефтяных пластов по КВД с нечеткими признаками позднего радиального потока;
- определять параметры нефтяных пластов на завершающей стадии линейного потока по КВД с отсутствием участка позднего радиального потока.

5. Рекомендации по возможности использования результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Донг Ван Хоанга могут быть использованы в системах анализа и автоматизации процессов обработки результатов гидродинамических исследований горизонтальных скважин, оборудованных информационно-измерительными системами.

6. Замечания по диссертационной работе

По представленной диссертации Донг Ван Хоанга могут быть сделаны следующие замечания:

1. В качестве одного из достижений подчеркивается возможность уменьшения простоя горизонтальных скважин. Было бы желательно четко прописать, за счет чего.

2. К диссертации приложено 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. Однако в тексте диссертации не приводятся характеристик этого программного обеспечения.

3. Очевидно, что все задачи адаптивной идентификации и диагностики фильтрационных процессов, а также результаты имитационного моделирования, связанные с исследованием соответствующих моделей и алгоритмов, решаются и получены в диссертации с использованием программного обеспечения, в том числе, разработанного автором. В этой связи хотелось бы иметь представление, в какой степени достижение основных научных результатов диссертации опирается на программное обеспечение автора.

4. Неясно, чем обоснован при исследовании точности моделей в качестве закона для псевдослучайных величин $\xi_{2,n}$ и $\eta_{1,n}$ в соотношении (2.3.2) и величин $\xi_{2,n}$ и $\eta_{2,n}$ в соотношении (3.3.10) выбор стандартного нормального закона? Что будет, если реальные законы этих величин будут отличаться от нормального закона? Если будут асимметричными? Будут ли робастны выводы, получаемые на основании имитационного моделирования?

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации, носят в основном характер пожеланий и не влияют на общую положительную оценку результатов исследований.

7. Заключение о работе

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, содержит подходы к решению важной научной задачи, имеющей большую практическую значимость, и выполнена на высоком научном уровне. Представленные в работе исследования обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обосно-

ваны. Основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Вышесказанное позволяет утверждать, что диссертационная работа Донг Ван Хоанга соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании кафедры теоретической и прикладной информатики НГТУ (протокол № 2 от 12 мая 2020 г.)

Заведующий кафедрой теоретической
и прикладной информатики,
д.т.н., профессор

Чубич Владимир Михайлович

Профессор кафедры теоретической
и прикладной информатики,
научный руководитель
Центра статистических технологий,
д.т.н., профессор

Лемешко Борис Юрьевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, тел. (383) 346–50–01, rector@nstu.ru, www.nstu.ru

Подписи профессора В.М. Чубича и профессора Б.Ю. Лемешко заверяю.

Начальник ОК НГТУ



Пустовалова Ольга Константиновна