

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу

**Юдина Евгения Викторовича**

«Научно-методические основы подготовки и принятия системных технологических и технических решений при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти и газа»,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

### **1. Актуальность темы исследования**

Актуальность темы, вынесенной автором на соискание ученой степени доктора технических наук, не вызывает сомнения. Проведенные соискателем исследования по повышению эффективности разработки трудноизвлекаемых запасов нефти безусловно востребованы нефтяной отраслью. В настоящее время для принятия обоснованных решений по планированию и управлению разработкой трудноизвлекаемых запасов нефти и газа распространено применение полномасштабных численных моделей, представленных в широкой линейке коммерческих симуляторов. Однако все они при решении оптимизационных задач по управлению разработкой и добычей на месторождениях не способны при описании процессов фильтрации учитывать индивидуальные особенности строения коллекторов (высокообводненные участки, пласты с неоднородным распространением фильтрационно-емкостных свойств, трещиноватые пласты, пласты с наличием активных газонефтяных и водонефтяных контактов и т.д.). Автор диссертации предлагает новые подходы к повышению эффективности принятия оптимизационных решений при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов, основанные на обработке, анализе и учете текущего состояния скважинного оборудования по данным высокочастотной телеметрии, разработке численно-аналитических моделей, описывающих процессы движения многофазного потока в пласте, скважине, поверхностной инфраструктуре с учетом особенностей их строения и эксплуатации.

Результаты диссертации могут использоваться для разработки новых перспективных компьютерных инструментов решения задач повышения эффективности разработки трудноизвлекаемых запасов нефти.

## **2. Теоретическая и практическая значимость и новизна результатов диссертации**

Теоретическая значимость выполненной работы состоит в получении:

- критериев, позволяющих на основе снятых характеристик электродвигателя, методов паттерного анализа и алгоритма динамической трансформации временной шкалы прогнозировать сбои в работе УЭЦН;
- метода оценки мгновенных значений коэффициента деградации напора насоса;
- алгоритма расчета коэффициента сепарации газожидкостной смеси в затрубном пространстве скважины.

В диссертации предложены новые методы построения карт распространения геологических свойств: порового давления, проницаемости, остаточных запасов.

Практическая значимость выполненной работы заключается в регистрации программного обеспечения для ЭВМ: №2018616024 «ТеплоМУН», №2022612573 «Программа для верификации временных зависимостей промысловых параметров», №2022619101 «Инструмент для оперативного управления пластом и прогнозирования показателей разработки на основе блоков заводнения», №2022665873 «Суммарный факторный анализ отклонений добычи нефти», №2022661381 «Программа для моделирования стационарных и нестационарных полей давления методом граничных элементов», №2022619404 «Инструмент для оперативного построения карт остаточных нефтенасыщенных толщин, запасов нефти и обводненности», №2021681867 «Гибридная интегрированная модель актива» и т.д. Всего 20 регистраций программ для ЭВМ и 3 патента на изобретение: Патент на изобретение № RU2822969C1 «Способ выявления аномалий работы установки электроцентробежного насоса», Евразийский патент на изобретение № 047405 «Система интегрированного моделирования разработки месторождения

углеводородов», Патент на изобретение № RU2789872C1 «Способ определения геолого-физических свойств пласта и запасов нефти».

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке: численно-аналитических моделей для оценки параметров многофазной фильтрации в пластах сложного строения; математической модели притока многофазного флюида с высоким газосодержанием в скважину, учитывающей эксплуатацию погружного электротехнического оборудования в условиях нестабильного характера течения; методов решения обратных задач для определения эффективных характеристик пласта и особенностей эксплуатации скважин за счет регуляризационных соотношений.

### **3. Оценка содержания и завершенности диссертации**

Диссертация Юдина Е.В. состоит из введения, шести глав, результатов и выводов и списка литературы, включающего 378 наименований, трех приложений. Работа изложена на 377 страницах машинописного текста, включающего 194 рисунка, 8 таблиц.

**Введение** содержит актуальность темы исследования, цель и основные задачи, научную новизну и практическую значимость. Приводятся выносимые на защиту положения.

**В первой главе** рассмотрены проблемы, связанные с разработкой трудноизвлекаемых запасов в отечественной нефтяной отрасли. Отмечается, что принятие решений для эксплуатации месторождений с трудноизвлекаемыми запасами часто осуществляется в условиях неопределенности строения коллекторов, наличия длительных переходных процессов в пласте и поверхностной инфраструктуре и нестабильности режимов эксплуатации скважинного оборудования. Сформулированы нерешенные проблемы.

**Вторая глава** посвящена разработке принципов и подходов по работе с исходными данными высокодискретной телеметрии, а также разработке и апробации алгоритмов по анализу данных диагностики состояния замерной инфраструктуры. Приведены алгоритмы использования данных высокодискретной телеметрии для автоматического выявления аномалий в

работе фонда скважин: незапланированные простои, режимы работы фонда с изменением частот, срывы подачи насоса, подклинки и перегрузы в работе ПЭД и т.д. Предложен подход для разработки алгоритма виртуального расходомера скважины.

**Третья глава** посвящена разработке следующих методов и алгоритмов анализа и мониторинга залежей с трудноизвлекаемыми запасами:

- метода фильтрационных сопротивлений для оценки производительности скважины со сложным заканчиванием на псевдоустановившемся режиме, с использованием алгоритма дифференциального фильтрационного сопротивления;
- методов прогноза добычи нефти и газового фактора для нефтегазовых месторождений с наличием свободного газа;
- методов планирования обводнения, управления и оптимизации системы поддержания пластового давления в неоднородных коллекторах и коллекторах с высокой выработкой;
- методов оперативного анализа эффективности физико-химических способов увеличения нефтеотдачи;
- алгоритмов по идентификации как закрепленных на скважины параметров пласта — давления, проницаемости, насыщенности, так и оценки их распространения в межскважинном пространстве из данных анализа нормальной эксплуатации на псевдоустановившемся и неустановившемся режимах.

**Четвертая глава** посвящена разработке следующих методов и подходов анализа и контроля осложненного фонда скважин:

- метода мониторинга и контроля периодического фонда основанного на алгоритме моделирования скважины путем разделения ее объема на три сообщающиеся системы «внутритрубное пространство — затрубное пространство — область дренирования»;
- методов управления фондом скважин осложненным фонтанированием через затрубное пространство или центробежный насос;
- метода прогноза параметров теплоносителя на забое скважины;
- подходов идентификации параметров замыкающих соотношений при моделировании сложных процессов добычи, транспорта и подготовки углеводородов.

**Пятая глава** связана с задачей проведения оперативного интегрированного расчета для системы «пласт-скважина-поверхностная инфраструктура» для среднесуточной и среднемесячной оптимизации технологических режимов нефтегазового промысла. Предложен подход для проведения оценки влияния ограничений инфраструктуры месторождения в автоматическом режиме на основе использования величин дебитов жидкости и газа и замеров давления на устьях скважин. Разработаны следующие методы оптимизации технологических режимов нефтегазового промысла:

- методика учета неустановившегося режима и неодновременного ввода продуктивных горизонтов на многопластовых скважинах;
- методика учета нестационарных процессов в линейной инфраструктуре при моделировании нестабильного фонда скважин.

Разработана концепция автоматизированного интегрированного управления сложным фондом скважин.

**Шестая глава** посвящена примерам применения разработанных в диссертации подходов, алгоритмов и моделей для задач оперативного управления разработкой и добычей.

В заключении автор приводит основные научные и практические результаты диссертационной работы, выводы и рекомендации.

Результаты диссертационного исследования нашли полное отражение в автореферате. Основные результаты исследования опубликованы в изданиях из перечня ВАК и использованы для разработки новых цифровых инструментов и трансформации бизнес-процессов в компаниях ПАО «Газпром нефть», АО «Зарубежнефть», ООО «РН-Юганскнефтегаз».

Проводя оценку содержания диссертационной работы Юдина Е.В. можно утверждать, что поставленные автором задачи решены, а представленную работу можно считать завершенным научным исследованием.

#### **4. Достоверность и обоснованность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность и обоснованность теоретических исследований обеспечивалась применением апробированных подходов на основе

модификации, комплексирования и совместного использования следующих методов и подходов: материального баланса, метода фильтрационных сопротивлений, метода граничных элементов, модели линий тока, матрицы взаимных продуктивностей, решения уравнений безнапорной фильтрации и напорной фильтрации, методов машинного обучения, включая физикоинформированные нейронные сети. Теоретические результаты, полученные автором, полностью согласуются с имеющимися данными других исследователей. Полученные в диссертации результаты позволяют повысить эффективность механизированного подъема жидкости в скважине, а также реализовать операционный потенциал добычи за счет мероприятий поскважинной и групповой оптимизации режимов работы погружного оборудования.

Таким образом, все научные положения и выводы, изложенные в диссертации, можно считать обоснованными, достоверными и имеющими новизну и практическую значимость.

## **5. Замечания по содержанию диссертационной работы**

Работа заслуживает положительной оценки, но содержит некоторые недочеты, которые необходимо отметить:

1. Скважина способна фонтанировать через затрубное пространство только при наличии высокого газосодержания в скважинной продукции. Замеры дебитов газа и жидкости в скважине в этом случае чаще всего указывают на реализацию в затрубном пространстве пробковой или кольцевой структуры течения. Автор работы для моделирования градиента давления в затрубном пространстве предлагает использовать корреляцию Хасана и Кабира (дис. раб. стр. 282), которая представляет собой модель «Drift-flux» и основана на описании двух физических явлений: всплытия пузырька газа (пузырька Тейлора) в неподвижной жидкости и неравномерного распределения пузырьков газа в поперечном сечении трубы. Как известно в кольцевой структуре течения отсутствуют пузырьки газа, а имеется непрерывное газовое ядро, тем самым выбранная модель не способна описывать физику процесса для кольцевой структуры газожидкостного течения. Тем более Хасан и Кабир в своей работе (Hasan,

A.R., Kabir, C.S. and Rahman, R.: "Predicting Liquid Gradient in a Pumping-Well Annulus", SPE PE (Feb. 1988), 113.) отмечают, что их корреляции справедливы только для пузырькового и пробкового режимов течения. В то же время известна механистическая модель Каetano (Caetano, E.F.: "Upward Vertical Two-Phase Flow Through an Annulus", PhD dissertation, The University of Tulsa, Tulsa, Oklahoma, 1985.), в которой для расчета градиента давления в затрубном пространстве используются уравнения сохранения количества движения в кольцевых жидкостных пленках на стенках НКТ и эксплуатационной колонны, а также в кольцевом газовом ядре. Данная математическая модель построена на детальном описании физической структуры кольцевого течения в затрубном пространстве, адаптировалась по замерам на полномасштабной лабораторной установке затрубного пространства в лаборатории университета г. Талсы и показала хорошие результаты в инженерных расчетах компании «Роснефть» при прогнозировании забойного давления в скважинах, фонтанирующих через затруб.

Было бы справедливо введение соискателем ограничения по использованию модели Хасан и Кабира для расчета градиента давления при фонтанировании через затрубное пространство, а именно ограничение по величине приведенной скорости газа и жидкости в затрубном пространстве при которой реализуется кольцевая структура газожидкостного течения.

2. Результаты расчетов с использованием нестационарной модели в стволе скважины и построение по ним переходных процессов по давлению и расходу в НКТ и затрубном пространстве (рис. 131 – 134) автор диссертации верифицирует по нестационарной модели OLGA. Многие нестационарные модели газожидкостной смеси в трубопроводах, в том числе и модель в программном продукте OLGA используют ряд спорных допущений, а именно:

- скорости жидкой и газообразной фаз и давление рассчитываются по системе дифференциальных уравнений из частных производных от продольной координаты и времени, в то же время расчет объемного содержания газа вдоль скважины производится с помощью статического полуэмпирического уравнения только в функции от продольной скорости жидкости и газа;

- фазовый переход от одной структуры течения к другой вдоль ствола скважины определяется по стационарным критериям (скачкообразно);
- процесс выделения газа из жидкости по мере изменения давления и температуры, также рассчитывается квазистационарно и т.д.

Из текста диссертации не понятно, решались соискателем перечисленные выше проблемы нестационарных моделей течения газожидкостной смеси в стволе скважины, или использовалась какая-то известная нестационарная модель без каких-либо изменений.

3. Автор в своей работе отмечает, что внедрение результатов диссертационного исследования в производственный процесс добывающих предприятий осуществлялось за счет их интеграции в цифровые инструменты и информационные системы. Из текста диссертации следует, что «Разработанные методы, модели и алгоритмы внедрены в информационные системы ПАО «Газпромнефть», АО «Зарубежнефть», ООО «РН Юганскнефтегаз», использованы как основа для реализации элементов цифровой трансформации». В то же время не показан, какой экономический эффект (в цифрах) был при этом получен.

#### **Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа Юдина Евгения Викторовича на соискание ученой степени доктора технических наук «Научно-методические основы подготовки и принятия системных технологических и технических решений при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти и газа» выполнена на актуальную тему и является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей паспорту научной специальности 2.8.4 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

Сформулированные в диссертационной работе цель и задачи актуальны для отечественной нефтедобывающей отрасли. Полученные результаты свидетельствуют о решении поставленных задач и достижении цели диссертационного исследования, они защищены 20 свидетельствами о

регистрации программ для ЭВМ и 3 патентами на изобретение, опубликованы в 65 статьях, в т.ч. в 35 журналах, входящих в перечень ВАК.

Диссертация написана грамотным языком, по главам и по диссертации в целом сделаны обоснованные выводы. Автореферат отражает содержание диссертации. Диссертация соответствует требованиям пп. 9 - 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – Юдин Евгений Викторович – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.4 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

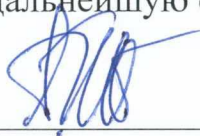
Официальный оппонент:

Заместитель директора по инновационной деятельности НИЦ «Курчатовский институт», доктор технических наук (специальность 2.8.4. – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений)

  
\_\_\_\_\_ Пашали Александр Андреевич

«28» апреля 2026 г.

Я, Пашали Александр Андреевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и на их дальнейшую обработку.

  
\_\_\_\_\_ Пашали Александр Андреевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

Телефон: +7 (499) 196–73–57; электронная почта: pashali\_aa@nrcki.ru

Подпись Пашали А.А. заверяю.

Директор департамента кадровой политики





\_\_\_\_\_/Филимонова Н.Е./