

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента **Мелехина Александра Александровича** на диссертационную работу **Мухаметгалиева Ильмира Дамировича** «Повышение точности выполнения проектной траектории горизонтальной скважины при бурении в продуктивном горизонте», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин (технические науки)

Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время строительство наклонно-направленных скважин с протяженными горизонтальными участками в продуктивном горизонте является одним из основных способов повышения эффективности разработки нефтегазовых месторождений Западной Сибири. Точность выполнения проектной траектории непосредственно влияет на степень вскрытия продуктивного пласта, предотвращение выхода за его пределы, сроки освоения скважины и ее конечную продуктивность.

Несмотря на применение современных роторных управляемых систем (РУС), существующие подходы к проектированию компоновки низа бурильной колонны (КНБК) недостаточно учитывают комплексное влияние изгибной жесткости немагнитных утяжеленных бурильных труб (НУБТ), осевой нагрузки на долото, вылета отклоняющих лопаток РУС и механических свойств горных пород. Диссертационная работа Мухаметгалиева И.Д. направлена на решение этой актуальной задачи и имеет важное практическое значение для нефтегазовой отрасли.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации диссертации обоснованы достаточно полно. Автор выполнил системный анализ промысловых данных,

провел аналитические и численные исследования, разработал математическую модель и внедрил ее в практическую деятельность в виде программного тренажера.

Подробный анализ основных выводов диссертации:

На основе системного анализа и статистической обработки данных по 872 скважинам Западной Сибири автор установил, что точность проводки горизонтальной скважины в продуктивном горизонте в значительной мере определяется изгибной жесткостью элементов КНБК, величиной осевой нагрузки на долото и параметрами работы РУС. При неблагоприятном сочетании этих факторов точность может снижаться до 68 %. Вывод надежно подтвержден большим объемом фактических данных.

Показано, что регулирование осевой нагрузки на долото в диапазоне 58–137 кН совместно с изменением вылета лопаток РУС (pushthebit) позволяет в четыре раза увеличить соотношение отклоняющих сил на долоте и системе (с 11,6/46,4 кН до 69,9/67,1 кН). Это обеспечивает повышение точности проводки с 81 % до 92 % в пластах толщиной 1,0 м. Вывод подкреплен аналитическими расчетами и моделированием.

Разработана математическая модель процесса искривления ствола скважины при бурении с РУС с учетом предела текучести горной породы. Модель позволяет прогнозировать траекторию проводки скважины с точностью до 94 %. Данный результат является одним из наиболее значимых теоретических вкладов работы.

На основе математической модели процесса искривления ствола скважины разработана и реализована в программном комплексе «Слайд Мастер 1.18» методика подбора геометрических параметров КНБК с РУС. Программа внедрена при бурении 125 скважин, что подтвердило ее высокую эффективность и позволило получить существенный экономический эффект. Вывод надежно подтвержден производственными результатами и актами внедрения.

Научная новизна и достоверность полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- аналитически установлено влияние комплексного регулирования технологических параметров на соотношение отклоняющих сил в системе «долото — РУС». Автор впервые количественно показал, что при вариации осевой нагрузки на долото в диапазоне от 58 до 137 кН за счет целенаправленного подбора изгибной жесткости немагнитных утяжеленных бурильных труб и регулирования вылета лопаток роторной управляемой системы (push the bit) соотношение отклоняющих сил на долоте и на РУС увеличивается в 4 раза — с пропорции 11,6/46,4 кН до 69,9/67,1 кН соответственно. Данное положение получено на основе решения дифференциальных уравнений упругой линии КНБК с учетом реальных граничных условий контакта элементов компоновки со стенкой скважины. Это позволяет оператору в реальном времени более эффективно управлять интенсивностью искривления ствола.

- разработана математическая модель процесса искривления ствола скважины при бурении с использованием роторной управляемой системы, учитывающая предел текучести горной породы по Штампу. В отличие от существующих моделей, новая модель одновременно рассматривает распределение изгибающего момента вдоль активного участка КНБК (от долота до первой точки касания НУБТ), контактное взаимодействие инструмента с породой и ограничение по пределу текучести породы. Это позволило повысить точность прогнозирования траектории горизонтальной скважины с 81% до 92% в пластах толщиной всего 1,0 м. Модель верифицирована по результатам бурения 125 наклонно-направленных скважин и демонстрирует высокую сходимость с данными забойной телеметрии.

Таким образом, научная новизна работы подтверждена получением новых количественных зависимостей, разработкой усовершенствованной

математической модели и созданием практического программного инструмента, не имеющих прямых аналогов в существующей практике.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость определяется развитием методологии проектирования КНБК с РУС и созданием модели, учитывающей реальное взаимодействие инструмента с горной породой в продуктивном горизонте.

Практическая значимость заключается в том, что на основе разработанной модели создана и реализована научно обоснованная методика подбора геометрических и жесткостных параметров КНБК с РУС, интегрированная в виртуальный программный тренажер «Слайд Мастер 1.18». Тренажер позволяет в режиме реального времени моделировать прогибы элементов компоновки, прогнозировать отклоняющие силы и выдавать рекомендации по корректировке траектории, что ранее в доступных программных продуктах реализовывалось в ограниченном виде.

Общая оценка содержания диссертации, ее завершенности и качества оформления

Диссертация логично структурирована и последовательно изложена.

Во введении четко обоснована актуальность, сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая значимость.

Первая глава посвящена системному анализу факторов, влияющих на точность проводки, и критическому обзору существующих подходов.

Вторая глава содержит аналитические исследования влияния вылета лопаток РУС и осевой нагрузки на отклоняющие силы.

Третья глава представляет разработку математической модели процесса искривления ствола с учетом предела текучести породы и ее верификацию, посвящена практической реализации методики в виде программного тренажера, результатам внедрения и разработке технологической документации.

Работа написана грамотным научным языком, хорошо иллюстрирована, оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Апробация и публикация результатов исследований

Основное содержание диссертации отражено в 13 печатных работах, в том числе 4 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в изданиях, индексируемых международной научной базой цитирования Scopus и Web of Science, опубликована 1 научная работа. Также получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Материалы диссертации прошли апробацию на конференциях различного уровня. В связи с этим считаю, что научная общественность и специалисты с производства имели возможность ознакомиться с научными положениями и практическими результатами работы.

Относительно автореферата следует отметить, что он отражает основные идеи, содержание и выводы диссертации, выдержан по форме и объёму.

Основные замечания и рекомендации

1. Из текста диссертации не ясно почему при проведении аналитических расчётов взаимодействия НУБТ и РУС с увеличением зенитного угла увеличивается и диаметр плашек РУС, почему нельзя взять диаметр РУС постоянным и проанализировать изменения при разном зенитном угле?

2. Почему при расчёте влияния отдельных геометрических размеров РУС на величину отклоняющей силы в разных схемах используются разные компоновки, где-то КНБК и РУС, а где-то КНБК и ВЗД?

3. В выводах указано, что наилучшая точность прогнозирования траектории (94,1%) достигается при использовании НУБТ с минимальной

поперечной жесткостью. Если снижение жесткости над-РУСного элемента повышает точность управления, то каков математически обоснованный нижний предел этой жесткости, ограничиваемый условиями прочности колонны поперечный изгиб?

4. В усовершенствованной математической модели (формула 7, стр. 18) отношение пределов текучести горной породы ($P_{шт.ср}/P_{шт.м}$) является безразмерной величиной. Поясните, в каких единицах размерности измеряется результирующая интенсивность $\Delta\theta_k$, если перемножение оставшихся аргументов ($PD\backslash EI$) дает размерность $[1/м]$, а в тексте автореферата и на графиках используется размерность $[град/10м]$?

Указанные замечания не снижают научной значимости и практической ценности работы и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Диссертация написана грамотным техническим языком с использованием современной научной терминологии, имеет логичную структуру. По тексту имеются необходимые ссылки на используемые источники.

Заключение

Диссертационная работа «Повышение точности выполнения проектной траектории горизонтальной скважины при бурении в продуктивном горизонте», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин, посвящена решению задачи повышения качества проводки наклонно-направленных и горизонтальных скважин путем разработки математической модели процесса искривления траектории скважины с учётом работы роторной управляемой системы и предела текучести горной породы, позволяющую повысить точность управления искривлением ствола при бурении в продуктивном горизонте. Диссертация Мухаметгалиева Ильмира Дамировича полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного

Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном и техническом уровне, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин.

Официальный оппонент, доцент
кафедры «Нефтегазовые технологии»,
федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», кандидат технических
наук по специальности 25.00.15—
Технология бурения и освоения
скважин», доцент



Мелехин Александр
Александрович

01.06.2026

Подпись Мелехина Александра Александровича заверяю

Учёный секретарь
учёного совета ПНИПУ



Макаревич В.И.

Сведения об официальном оппоненте:

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Почтовый адрес: 614990, РФ, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, pstu.ru.,

эл. почта: melehin.sasha@mail.ru, телефон: +7 902 8059028