

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук,  
заведующей кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин»  
Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего  
образования «Альметьевский государственный нефтяной институт»,  
Хузиной Лилии Булатовны на диссертационную работу  
Заикина Станислава Фёдоровича

**«Разработка системы регулирования режима устойчивой работы  
бурильной колонны по динамическим изменениям крутящего момента»**,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин

### **Актуальность темы диссертации**

Одной из важных проблем строительства нефтяных и газовых скважин является повышение технико-экономических показателей бурения, которое тесно связано с исследованием динамики работы бурильной колонны.

Напряженное состояние бурильной колонны в процессе бурения определяется силами взаимодействия со стенками и забоем скважины при действии на нее осевых, поперечных и тангенциальных усилий. Поэтому большое практическое значение для повышения скоростей проводки скважин имеет оптимизация работы бурильной колонны. Параметры работы бурильной колонны определяются осевыми нагрузками, передаваемыми на забой, и возникающими при этом моментными характеристиками вращения долота и бурильной колонны. В связи с этим наиболее существенными являются вопросы устойчивости и динамики бурильной колонны.

Исследования динамики бурильной колонны проводятся во многих учебных заведениях и научно-исследовательских организациях. Однако до настоящего времени практические результаты по управлению динамическими процессами при бурении не являются достаточными. Поэтому проблемы регулирования режима устойчивой работы бурильной

№ 313-10  
от 13.09.2017

колонны и разработки технических средств для управления динамикой бурильной колонны в процессе бурения чрезвычайно актуальны.

**Обоснованность, научная новизна, и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы**

Автором предлагается новый, нетрадиционный подход к решению проблемы повышения устойчивости режима работы бурильной колонны, а именно использование динамических составляющих крутящего момента в качестве управляющих воздействий на работу долота в процессе углубления скважины. Предлагаемый подход автор обосновал теоретически, а возможности его применения доказал экспериментально. Методология теоретических и экспериментальных исследований обоснована на принципах математического анализа, дифференциального и интегрального исчисления, построения систем автоматического регулирования, аналитического моделирования и информационного обеспечения. По результатам исследований поданы заявки на изобретение «Способ управления процессом бурения и система для его осуществления» за номерами 2014119752, 2014144772 и получены соответствующие патенты RU 2569652 C1, опубликован 27.11.2015, бюл. №33, RU 2588053 C2, опубликован 27.06.2016, Бюл. № 18, что определяет практическую ценность работы. Таким образом, тема диссертационной работы «Разработка системы регулирования режима устойчивой работы бурильной колонны по динамическим изменениям крутящего момента» полностью раскрыта и обоснована.

В результате выполненных исследований по повышению эффективности бурения скважины на основе регулирования динамических параметров крутящего момента соискателем показано, что динамические изменения параметров бурильной колонны адекватно описываются адаптированной математической моделью, содержащей две сосредоточенные массы с моментами инерции  $J_1$  и  $J_2$ , связанные упругой связью с

коэффициентом упругости  $C_{12}$ . Удачная адаптация двухмассовой модели применительно к исследованию режима регулирования, позволяет определить границу устойчивой работы бурильной колонны при наличии вязкого трения, что абсолютно соответствует условиям её работы в среде промывочной жидкости.

В процессе исследований найдены новые функциональные связи оперативных параметров регулирования режима работы бурильной колонны  $(P_0, n_0)$  с моментом сопротивления на долоте  $(M_h)$ , определяющие область стопорения и область крутильных колебаний для одноразмерной и двухразмерной колонн в трёхмерном параметрическом пространстве  $(M_h, H, n_0)$ , что позволило выделить области безвибрационной работы бурильной колонны.

Кроме того, автором установлено, что бурильная колонна как объект регулирования структурно неустойчива в отсутствии вязкого трения и имеет границу устойчивости при диссипативном влиянии вязкой среды. Это важный практический вывод, указывающий на взаимосвязь между качеством реологических свойств бурового раствора и технологической тонкостью регулирования режима работы бурильной колонны в процессе бурения.

Наконец, автором найден новый критерий  $(CritM)$  для оценки энергетических затрат на работу бурильной колонны, обеспечивающий передачу импульса для автоматического изменения частоты её вращения при действующей осевой нагрузке на долото.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается:

- применением общенаучных стандартных методов исследований, анализа и обобщения фактического материала, обработки экспериментальных и расчетных данных на основе классического математического аппарата и методов математической статистики, использованием оборудования по измерению крутящего момента и его динамических составляющих;

- сходимостью результатов проведенных работ с результатами, полученными другими исследователями.

### **Практическая значимость**

Практическое значение работы определяется тем, что решенные задачи апробированы в условиях бурения на площадях Тимано-Печорской нефтегазовой провинции (Возейское месторождение) с положительным технологическим эффектом, при этом:

- обоснована возможность использования аппаратных систем регулирования режима работы бурильной колонны на основе измерения динамических параметров крутящего момента для проходки скважин;
- обоснована математическая и разработана структурная модели бурильной колонны для исследования устойчивости её работы с использованием частотных методов анализа;
- разработан порядок исследования структурной модели в пакетах MATLAB и PDS, позволяющий выявлять границу устойчивости бурильной колонны как объекта регулирования;
- обоснован метод регулирования режима работы бурильной колонны на основе измерения динамических составляющих крутящего момента, обеспечивающий устойчивый режим работы бурильной колонны;
- предложены способы модернизации аппаратных систем регулирования режима работы бурильной колонны и разработаны системы регулирования (патенты RU 2569652 C1, дата приоритета 16.05.2014, опубликовано 27.11.2015, бюл. №33; RU 2588053 C2, заявлено 05.11.2014; опубликовано 27.06.2016, Бюл. № 18).

### **Список замечаний по диссертационной работе и автореферату**

1. Опытно-промышленные испытания проводились всего на одной

опытной вертикальной скважине №7 Возейского нефтяного месторождения. Учитывая, что в объемах эксплуатационного бурения значительное место занимают наклонно-направленные скважины автору следовало бы провести испытания и на таких скважинах.

2. На стр. 28 диссертации в уравнениях (2.10, 2.11) вводится коэффициент вязкого трения  $\beta_{12}$ , на стр.29 дана формула (2.15) для его расчёта, при этом не поясняется его технологическая сущность.

3. На стр. 48 в формуле (3.20) для определения критической длины бурильной колонны, начиная с которой она принимает спиралевидную форму, нет пояснений входящих в её состав физических величин.

4. В формулах (3.26 – 3.28) на стр. 54 использовано обозначение  $\mu$  – диссипативный коэффициент,  $c^{-1}$ , без пояснения его физического смысла.

5. В автореферате не представлен механизм адаптации многомассовой структурированной модели в двухмассовую.

Отмеченные критические замечания не искажают общего смысла представленной диссертационной работы, не снижают общей научной и практической её ценности.

### **Заключение о соответствии содержания диссертации указанной специальности**

Тема диссертационной работы актуальна, ее содержание, цели и задачи исследования отвечают формуле специальности 25.00.15, а именно разработке научных основ, совершенствованию теории и практики бурения и освоения скважин различного назначения. Работа имеет практическую значимость для нефтегазовой отрасли, и направлена на разработку технологий и технических средств для повышения качества и снижения стоимости строительства всех видов скважин. Область исследования «Моделирование и автоматизация процессов бурения и освоения скважин при углублении ствола» содержит элементы научной новизны и

соответствует п. 5 паспорта специальности.

### **Заключение о соответствии содержания автореферата содержанию диссертации**

Автореферат диссертации в полной мере отражает основное содержание работы, ее научные положения и практическую значимость, выполнен в соответствии с предъявляемыми требованиями к оформлению, изложен логически последовательно, грамотно.

### **Заключение оппонента о соответствии работы требованиям ВАК**

Таким образом, диссертационная работа Заикина Станислава Фёдоровича «Разработка системы регулирования режима устойчивой работы бурильной колонны по динамическим изменениям крутящего момента», является законченной научно-исследовательской работой, выполненной под руководством доктора технических наук, профессора Быкова Игоря Юрьевича, содержащей новое решение актуальной научной задачи по повышению эффективности бурения за счёт разработки автоматизированной аппаратурной системы регулирования режима работы бурильной колонны для достижения проектной глубины скважины за минимальное время и при минимальных расходах, имеющей существенное значение для повышения эффективности технологии бурения скважин.

Содержание диссертационной работы обладает внутренним единством, основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях и представлены двадцать девятью статьями, из них 20-ть публикаций размещены в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями и полностью соответствуют

требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №842, с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 г. № 335, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Автор диссертационной работы Заикин Станислав Фёдорович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин.

Заведующая кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин»  
Альметьевского государственного нефтяного института,  
доктор технических наук, доцент

Л. Б. Хузина

423450, Республика Татарстан, г. Альметьевск, ул. Ленина, д. 2, ауд. Б-105.

Контактный телефон: 8(8553) 31-00-71; E-mail: [lhyzina@yandex.ru](mailto:lhyzina@yandex.ru)

Подпись Хузиной Лилии Булатовны заверяю:

Первый проректор

А.Ф.Иванов

25.08.2017