

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Шелковниковой Юлии Николаевны «Управление качеством промывки скважины при бурении посредством контроля и регулирования реологических характеристик бурового раствора», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.13.01** – *Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике)*

Актуальность темы диссертации

В настоящее время при строительстве скважин важнейшим компонентом промывки скважины является буровой раствор (БР), от качества и соответствия которого геологическим условиям зависят, в конечном счете, стоимость строительства скважин, а также их долговечность. БР оказывают большое влияние на все параметры как процесса бурения, так и ствола скважины в целом. Функции бурового раствора определяют не только успешность и скорость бурения, но и ввод скважины в эксплуатацию с максимальной продуктивностью. Поэтому вопросы повышения эффективности БР требуют системного подхода с применением методик по управлению качеством строительства скважины. Отметим, что основной задачей, решаемой применением БР при промывке скважины, является эффективный вынос шлама, на параметры которого большое влияние оказывают реологические свойства раствора, на которые, в свою очередь, влияют высокие температура и давление, возникающие в скважине при бурении. Вследствие большого числа переменных факторов, влияющих на реологические свойства БР, управлять их поведением при высоких температурах не всегда удастся. Поэтому исследования, посвященные решению задачи управления качеством промывки скважины при бурении посредством контроля и регулирования реологических характеристик (РХ) бурового раствора, безусловно, являются актуальными.

Целью работы является создание научно-обоснованных технических и методических решений для управления качеством промывки скважины при бурении на основе контроля и регулирования РХ бурового раствора, что способствует повышению эффективности бурения за счет создания благоприятных условий работы для породоразрушающего инструмента.

Краткий анализ содержания работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, а также включает список литературы из 145 наименований и приложение с двумя актами о внедрении результатов работы.

Во введении сформулированы актуальность, цель и задачи работы, объект и предмет исследований.

В первой главе дан обзор современного состояния вопросов контроля и регулирования свойств буровых растворов при промывке нефтяных скважин. Определены основные направления исследований, нацеленных на повышение качества промывки скважин при бурении посредством регулирования реологических характеристик БР. Сформулированы конкретные задачи и определен математический аппарат, необходимый для их решения. В целом, поставленные задачи и методы их решения можно считать адекватными поставленной цели работы.

Во второй главе рассмотрены методы исследования реологических свойств глинистых БР. Приведено обоснование выбора состава и методика приготовления буровых растворов на основе глинопорошков (на примере нефтяных месторождений Удмуртии). Разработана методика определения РХ буровых растворов, защищенная свидетельством на способ, для установления типа исследуемого раствора (вязкопластического, псевдопластического, дилатантного). Предложена методика для измерения РХ вязкопластических растворов, которая обеспечивает одновременное точное определение по предложенным формулам вязкости и предела текучести при достаточно простой конструкции установки для ее реализации.

Третья глава посвящена вопросам экспериментального определения РХ глинистых буровых растворов. Выполнен обзор различных типов вискозиметров для исследования реологических свойств вязкопластических БР. Предложен новый капиллярный вискозиметр, позволяющий определять вязкость и напряжение сдвига при переменных температуре и давлении. Описаны его конструкция и принцип работы, приведены выражения для определения необходимых реологических параметров исследуемого раствора. Разработана методика проведения экспериментов по исследованию зависимости вязкости и динамического напряжения сдвига БР от температуры. Приведены результаты экспериментов по исследованию вязкости и предела текучести глиносодержащих растворов.

Четвертая глава посвящена моделированию процесса течения буровых растворов в процессе бурения. Разработана математическая модель движения БР в кольцевых каналах. Рассмотрена гидродинамика глиносодержащего раствора в нефтяных скважинах. Для вариационной

постановки задачи рассчитаны характеристики течения при турбулентном режиме. Для ламинарного течения проведено сравнение аналитической и полученной численно зависимостей коэффициента сопротивления от параметра пластичности (ПП) для круглой трубы. Показано влияние ПП на распределение скорости в круглой трубе и кольцевом пространстве. Проведены исследования для неизотермического осесимметричного течения бурового раствора в круглой трубе и кольцевом пространстве при турбулентном режиме с использованием вариационного подхода решения задачи. Получена зависимость перепада давления от реологических свойств БР при распределении температуры по глубине нефтескважины.

В пятой главе дан анализ критериев эффективности промывки скважины, предложено управлять качеством бурения с позиции максимальной очистки забоя посредством контроля и регулирования РХ раствора. На основе математической модели неизотермического режима бурения сформулирована задача оптимального управления качеством БР, обеспечивающая максимум выноса шлама на поверхность. Разработан алгоритм управления качеством бурения в процессе промывки скважины посредством контроля и регулирования характеристик бурового раствора.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по работе. Подчеркнуто, что они в достаточной степени обоснованы выполненными теоретическими исследованиями, а достоверность полученных результатов подтверждена в экспериментах.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автор четко структурировал решение поставленной задачи. Основные теоретические положения вполне согласуются с подходами и результатами, развиваемыми в известных работах других исследователей.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается тем, что для их обоснования корректно используется апробированный математический аппарат, методы оптимизации, математического моделирования и вычислительной математики, данные натурных испытаний и аттестованные измерительные средства. Теоретические результаты исследований подтверждены экспериментальными данными и результатами других авторов.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на ряде научно-технических конференций и независимую экспертизу в нескольких научных организациях. Методологические и теоретические основания работы соответствуют изучаемой проблеме.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Предложен системный подход для оптимизации процесса промывки скважин при бурении, в основе которого лежит исследование объектов как систем. Установлено, что основными параметрами, влияющими на качество промывки скважин при бурении, являются РХ буровых растворов – вязкость и предел текучести.

Разработана экспериментальная методика установления типа бурового раствора как неньютоновской жидкости при установившемся течении, основанная на нахождении кривой его течения, связывающей касательное напряжение и скорость сдвига раствора.

Созданы экспериментальная методика и устройство для определения РХ глинодержащего вязкопластического БР, обеспечивающие одновременное нахождение по предложенным формулам его вязкости и предела текучести при переменных температурах и давлениях. Выполнена оценка метрологических характеристик разработанного вискозиметра.

На основе численного решения вариационной задачи, описывающей гидродинамику бурового раствора в скважине в неизотермических условиях бурения, определены характеристики его течения при ламинарном и турбулентном режимах.

На основе предложенного критерия – максимальной очистки забоя, разработаны математическая модель и алгоритм оптимального управления качеством технологического процесса промывки скважины при регулировании РХ бурового раствора.

Практическая ценность

Разработанные в диссертации методики и технические решения позволяют решить задачи управления и оптимального бурения скважин. Эти результаты имеют важное практическое значение для обеспечения повышения результативности и эффективности строительства скважин – увеличивается скорость бурения, повышается безаварийность строительства скважин и качество добываемой нефти.

Предложенные способы и устройство для экспериментального определения вязкости и предела текучести неньютоновской жидкости могут применяться для исследования реологических свойств вязкопластических жидкостей при переменных температурах и давлениях в различных областях науки и техники.

Результаты работы внедрены в ОАО «Удмуртнефть» и в учебном процессе ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. Они также могут быть использованы в учебном процессе ВУЗов при подготовке специалистов по

соответствующим направлениям.

Замечания по работе

1. В главе 2 автором предложена методика измерения вязкости и предела текучести вязкопластических растворов, а также устройство для ее реализации, построенное по «двухкапиллярной» схеме, когда исследуемый раствор одновременно прокачивается через два капилляра разной длины. Неясно, почему автор при проведении экспериментальных исследований в главе 3 применяет макет устройства, построенный по «однокapиллярной» схеме, при которой в процессе исследований происходит смена капилляров.

2. При описании предложенной методики измерения вязкости и предела текучести вязкопластических растворов в п.2.4 приведена схема устройства для ее реализации (рис. 2.5) с описанием его работы. Не совсем понятно, для чего автор далее при анализе погрешностей предложенного устройства приводит его структурную схему (рис.2.7), по сути мало чем отличающуюся от приведенной ранее на рис.2.5.

3. При описании критериев промывки скважины (п.5.1) в задаче оценки качества бурового раствора с позиции реологии (с.129) введен коэффициент пластичности $K_{II} = \tau_s / \mu$, хотя до этого в п.4.1 (с.105) уже был введен параметр пластичности $\Pi = \tau_s d / \mu w$. Неясно, почему автором были проведены исследования зависимости градиента скорости и коэффициента сопротивления λ движению БР по трубе от параметра пластичности Π , а коэффициент пластичности K_{II} далее нигде не использовался.

4. В диссертации встречается не соответствующая стандартам терминология, пронумерованы некоторые формулы, на которые нет ссылок в тексте.

Отмеченные замечания несколько снижают качество диссертационной работы, но не влияют на основные теоретические и практические результаты выполненных исследований.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней»

Диссертация, представленная Шелковниковой Ю.Н., является законченной научно-исследовательской квалификационной работой, содержащей научное обоснование технических и методических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в создание средств управления качеством промывки скважины посредством регулирования реологических характеристик бурового раствора. Полученные результаты

достоверны, выводы и заключения обоснованы корректным анализом математических моделей и проведением экспериментальных исследований.

Основные результаты диссертации в должной мере отражены в 17 научных публикациях, в том числе 3 патентах РФ, в 7 статьях в журналах из Перечня ВАК, а также апробированы на 6 научно-технических конференциях. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Шелковникова Ю.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике).

Официальный оппонент,
профессор отделения информационных
технологий, д.т.н., профессор,
заслуженный деятель науки РФ

 Н.Г. Марков
25.11.2020 г.

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский
Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30 -
тел.: (3822) 701-609;
e-mail: markovng@tpu.ru

Подпись Маркова Николая Григорьевича заверяю.

Проректор по науке ФГАОУ ВО НИ ТПУ,
д.х.н., профессор



 М.С. Юсубов