

О Т З Ы В

на диссертационную работу **ПОПОВОЙ Марины Сергеевны**

«Научные основы разработки алмазного бурового инструмента методами компьютерного моделирования процессов разрушения горных пород», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.14 – «Технология и техника геологоразведочных работ».

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ,

За последние годы в мире резко увеличились объемы алмазного бурения, значительно возросли глубины скважин, расширилась номенклатура горных пород, разрушаемых алмазами, существенно ужесточились условия работы бурового инструмента. И хотя показатели бурения многократно выросли, разработка нового алмазного инструмента повышенной стойкости и стабильности работы существующего алмазного инструмента остается проблемой для разработчиков и изготовителей долот во всем мире. Сегодня, как и сто лет назад, снижение стоимости 1 метра бурения, при объемах бурения, исчисляемых ежегодно многими миллионами метров, продолжает оставаться очень важной и актуальной задачей.

Характер разрушения горных пород определяется сложным соотношением физико-механических, структурных, текстурных, минералогических и петрографических свойств и технологических параметров режимов для всех видов бурения, но для алмазного бурения существует особая, мелкогабаритная система, состоящая из многих перемежающихся параметров, своя специфика конструкций, технологии изготовления и применения долот, подверженности алмазов действию контактных напряжений и температур. Исследование процесса разрушения горных пород требует особого, специфического научного подхода, базирующегося на прогрессивных современных методах, способных учитывать весь его спектр, без исключений и ограничений.

В диссертационной работе Поповой М.С., на базе подробного анализа исследований порядка двухсот отечественных и зарубежных ученых, предложены новые решения проблем повышения ресурса алмазного бурового инструмента, касающиеся многих существующих направлений динамики разрушения горных пород. Автором предложен метод научной разработки алмазного инструмента, основанный на комплексном подходе, с применением достижений компьютерного моделирования, на базе современного программного пакета ANSYS, который широко применяется разработчиками нефтегазопромыслового оборудования во всем мире. Этот программный пакет позволяет

подробным образом имитировать процесс разрушения породы при любых изменяющихся формах и условиях нагружения породоразрушающих инденторов, при различных свойствах пород и среды, режимах нагружения и т.д. Кроме того, ANSYS позволяет учитывать агрегатное состояние доменов системы с большим набором отдельных параметров и определять целенаправленно влияние на общую картину объекта исследований влияния отдельных параметров, что невозможно осуществить при обычных лабораторных и стендовых испытаниях бурового инструмента. Таким образом, актуальность, новизна темы и содержания диссертационной работы не вызывает сомнений.

2. НАУЧНАЯ НОВИЗНА

В процессе выполнения работы соискателем получены результаты, характеризующиеся научной новизной, теоретической и практической значимостью.

1. В соответствии с темой диссертации разработан комплексный подход к созданию нового эффективного алмазного бурового инструмента, заключающийся в теоретическом анализе процессов разрушения горной породы алмазными резцами (долота PDC и долота с алмазными резцами в виде кристаллов), в которых учтены основополагающие, одновременно гидравлические и динамические процессы разрушения различных по твердости пород, параметры, сопутствующие бурению, такие как скорость резания и сопротивление призабойной среды.
2. Установлена аналитическая зависимость глубины внедрения резца в горную породу от скорости её разрушения, с учетом влияния призабойной зоны, влияния температуры на работоспособность алмазного резца разного размера. Это позволило определить пути для изменения конструкции изучаемых элементов или модели.
3. Установлена аналитическая зависимость коэффициента сопротивления призабойной среды от скорости резания-скалывания горной породы, с учетом влияния гидродинамической составляющей процесса на работу алмазных резцов.
4. Разработан метод управления алмазным бурением, предназначенный для использования в IT-системах, учитывающий зависимость изменения глубины внедрения резца в породу от величины сопротивления породы, призабойной среды и износа резца, отличающийся комплексной оценкой параметров - механической скорости бурения, энергоемкости разрушения породы и величины углубления бурового инструмента за один оборот.

5. Установлено, что повышению ресурса разрабатываемого алмазного бурового инструмента с резцами PDC способствует применение принципа динамизации (вращения резцов).

Научная новизна представленного диссертационного исследования заключается в дополнении существующей теории механизма разрушения горной породы алмазными резцами исследования влияния динамических и гидравлических сил, возникающих и меняющихся в процессе бурения на забое скважины с учетом износа режущих кромок резцов. Метод основан на комплексной оценке роли влияния различных параметров бурения, определяемой с помощью современных компьютерных технологий, что позволяет целенаправленно его регулировать. Поэтому проведенные исследования являются особо важными и перспективными для развития геологоразведочного и нефтегазового бурения.

Установленная комплексная зависимость глубины разрушения породы от скорости резания в присутствии жидкой среды на забое, позволяет оценивать и устанавливать темп проходки, а при проектировании инструмента учитывать конкретные предложения, позволяющие снижать силы сопротивления и целенаправленно повышать эффективность разрушения породы алмазным инструментом.

Указанная новизна научных предложений и результатов работы базируется на применении современного компьютерного моделирования, а способ использования метода полного факторного эксперимента значительно расширяет и ускоряет возможности изучения неизвестных ранее процессов взаимодействия алмазного резца с горной породой, прямо влияющих на результаты показателей бурения.

Мировая новизна предложенных в работе конструкций алмазного бурового инструмента подтверждена многочисленными научными публикациями, а также выдачей автору патентов РФ.

3. СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Обоснованность новых научных положений диссертационной работы опирается на аналитический анализ уже ранее опубликованных в нашей стране и за рубежом большого числа научных источников по данной проблеме. В работе творчески и корректно использованы научные методы обоснования аналитических и экспериментальных данных результатов исследований и моделирования, апробированные в вышеуказанных источниках.

Научные положения, выводы и рекомендации сделаны автором на основе подробного анализа собственных исследований, в том числе расчетных данных и результатов компьютерного имитационного

моделирования в системе ANSYS, анализа фактического экспериментального материала, а также результатов промышленных испытаний предложенных опытных образцов.

Достоверность разработанных научных положений, выводов и рекомендаций базируется на сходимости аналитических, экспериментальных данных и результатов компьютерного моделирования, а также в сравнении с ранее опубликованными результатами исследований, близких по теме диссертации.

4.ЗНАЧЕНИЕ ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ, ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ

Диссертация Поповой М.С. посвящена решению важной проблемы для геологоразведочной отрасли страны - повышению эффективности бурения с увеличением ресурса различных видов алмазного бурового инструмента. Предложенный в работе метод исследования разрушения горной породы мелким и крупным алмазным резцом с использованием средств современного компьютерного моделирования, вносит существенный вклад в расширение возможностей научного исследования в данном направлении. Полученные результаты могут использоваться и в других областях, например, при разработке бурового инструмента для взрывного карьерного бурения с продувкой забоя воздухом, или для разработки новых долот для глубокого нефтегазового бурения.

В диссертации, на базе выполненных соискателем исследований, изложены новые методики и конкретные научно-обоснованные рекомендации по улучшению конструкций, повышению работоспособности алмазного породоразрушающего инструмента и его применения в бурении, которые представляют интерес как для геологоразведочных предприятий, так и для разработчиков нового алмазного бурового инструмента.

Предложенные компьютерные методики исследований динамики разрушения пород различной твердости, позволяют осознанно, целенаправленно и наглядно моделировать работу алмазных резцов, определять влияние изменений каждого отдельного параметра на всю систему исследования и подбирать желаемые оптимальные характеристики. Это, в свою очередь, позволяет резко ускорить разработку и сроки внедрения усовершенствования в алмазном буровом инструменте, иногда даже без изготовления и испытания опытных образцов и опытных партий до запуска изделий в серийное производство.

Автором предложена конкретная схема управления алмазным бурением на основе комплексной оценки оптимальности протекающих процессов.

Предложенные в работе методики и результаты исследований могут использоваться так же в учебных целях для подготовки студентов ВУЗов, по специальностям, связанным с бурением скважин и производством буровых инструментов.

5. ВНУТРЕННЕЕ ЕДИНСТВО СТРУКТУРЫ РАБОТЫ

Диссертационная работа Поповой М.С. оформлена согласно требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. По каждому разделу работы сделан подробный анализ известных публикаций и приведены обоснованные выводы. На 272 страницах машинописного текста достаточно точно и полно представлены все разделы работы, методики, порядок проведения исследований и сведения о подтверждении результатов применения разработанных вариантов буровых инструментов.

Представленный автореферат содержит необходимые разделы и по содержанию соответствует тексту диссертации.

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные положения диссертационной работы были представлены автором и получили одобрение на 10 отечественных и международных научных конференциях и конкурсах в 2016 – 2021 г.г.

6. ПУБЛИКАЦИИ И ЛИЧНЫЙ ВКЛАД СОИСКАТЕЛЯ В РАЗРАБОТКУ НАУЧНОЙ ПРОБЛЕМЫ

Личный вклад соискателя в проведении исследований, проведении компьютерного моделирования процессов разрушения горных пород, изучении работы различных видов алмазного вооружения долот, проектировании новых конструкций алмазных коронок подтверждается открытой публикацией десятков статей и выдачей нескольких патентов РФ с упоминанием фамилии автора. Поэтому личный вклад автора сомнений не вызывает.

Попова М.С. является соавтором учебника, учебного пособия, монографии и других публикаций, посвященных разрушению горных пород буровым алмазным инструментом. Большинство из 39 научных статей соискателя опубликованы в изданиях, входящих в реферативную базу Scopus. Публикации автора представленной диссертации свидетельствуют о том, что Попова М.С. состоялась как исследователь.

7. ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ

Наряду с отмеченными выше положительными моментами, необходимо сделать следующие замечания.

1. На страницах 206 – 207 диссертации автор приводит опыт применения вращающихся резцов ONYX-360 фирмой «Smith

Bits» (США). Полный поворот резцов вокруг своей оси при бурении позволяет «обеспечить новую революцию в стойкости резцов PDC» и обеспечивает кратное увеличение стойкости режущей алмазной кромки. Анализируя достоинства схемы крепления и работы вращающихся резцов, автор работы делает однозначный вывод, что «не все резцы PDC имеют возможность вращения в процессе бурения» и что «установить вращающиеся резцы ближе к центру торца долота невозможно». Это утверждение спорно. Автор утверждает, что принудительное вращение резцов PDC может осуществляться только за счет «продольного взаимодействия боковых резцов с усилием F при прижатии резца к стенке скважины», «только когда контакт резца и стенки обеспечивается при углублении скважины» и предлагает расчетные формулы для расчета такого усилия.

Это не точно. Вращение любых резцов PDC, касающихся и не касающихся стенки скважины, может, например, обеспечиваться за счет трения проскальзывания, наклоном плоскости режущей пластины резца PDC, к плоскости, проходящей через центр плоскости пластины и ось долота, под острым углом 5 – 15 градусов по часовой или против часовой стрелки, как показано в «Буровом долоте PDC с вращающимися резцами», патент РФ № 2766858. Должны быть пояснения

2. На страницах 212 – 213 представлена предлагаемая автором конструкция устройства вращающихся резцов PDC, вызвавшая необходимость дополнительных пояснений относительно формы и материала для выполнения устройства. Сначала о конструкции. Резцы выполнены в виде вращающегося режущего диска с тонкой торцевой осью, вращающегося в отверстии полого цилиндра, однако упругие стопорные кольца, показанные на схеме, выполнены с зазором относительно цилиндрической гладкой поверхности оси. Как они могут оказывать стопорное осевое воздействие на вращающийся режущий диск с его осью? Теперь о материалах для изготовления диска. Технология изготовления режущих пластин для резцов PDC необычайно сложна. Поликристаллические режущие пластины выращиваются в камере с помощью прессования из мелкого алмазного порошка, при давлении до миллиона фунтов на квадратный дюйм, при температурах до 3000 градусов по Фаренгейту за время около суток. При таких параметрах технологии спрессовать в прессформе, вместо простой плоской «таблетки», разнодиаметральную, разновысотную форму с тонкой длинной осью предлагаемого резца, вряд ли возможно. Гораздо проще использовать вращающийся цельный резец PDC, например как показано в «Буровом долоте PDC с

вращающимися резцами» и стопорным цанговым замком, патент РФ № 2773749. Должны быть пояснения.

3. На страницах 214 – 215 приведена схема предлагаемой коронки с вращающимися круглыми наружными и внутренними резцами, установленными на двух, смещенных друг от друга, осях с центрирующими втулками. Возникают вопросы, какова схема нагружения рабочих элементов, что заставляет вращаться диском при бурении, как осуществляется сборка при наличии замкнутых осей, как собираются кольца с центраторами на замкнутой оси, как соединяются оси с корпусом коронки?. Должны быть пояснения.
4. На странице 220 приведена схема узла вращения полый оси с перфорацией. Непонятно, что обозначено позицией «8 – абразивный уступ»? Это породоразрушающий элемент? Тогда как он работает? Как возможно обработать внутренние кольцевые канавки 2 под выступ 7 внутри полости перпендикулярного кольцевого замкнутого пространства? Должны быть пояснения.

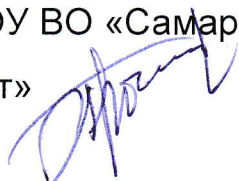
Приведенные замечания не умаляют общую положительную оценку работы соискателя.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная на соискание ученой степени доктора технических наук диссертационная работа Поповой Марины Сергеевны «Научные основы разработки алмазного бурового инструмента методами компьютерного моделирования процессов разрушения породы» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований изложены новые, научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых в производство позволит получить большой экономический эффект для геологоразведочного бурения страны.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 25.00.14 «Технология и техника геологоразведочных работ». Высокий научный и технический уровень, единство технических и практических результатов, их новизна, соответствуют требованиям, предъявляемым Положением о присуждении ученых степеней к докторским диссертациям, утвержденным Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., в том числе пунктам 9 -14.

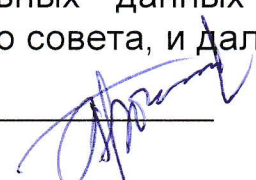
На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Поповой Марины Сергеевны отвечает требованиям ВАК, а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.14 – «Технология и техника геологоразведочных работ»

Оппонент, доктор технических наук, профессор,
Заслуженный машиностроитель РФ, профессор кафедр
«Технология машиностроения» и «Бурение нефтяных и
газовых скважин», ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет»  Богомолов Родион Михайлович
23 июня 2022 г.

Докторская диссертация Богомоловым Родионом Михайловичем
защищена по научной специальности 25.00.15 «Технология бурения и
освоения скважин»

Адрес: ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический
университет», 443100, Самара, ул. Молодогвардейская 244., тел. 8(846)
278-43-11. E –mail: rector @ samgtu.ru

Я, Богомолов Родион Михайлович, даю согласие на включение
своих персональных данных в документы, связанные с работой
диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.


Богомолов Родион Михайлович




Учёный секретарь федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Самарский государственный
технический университет»
Ю.А. Малиновская