

Отзыв

официального оппонента Шарина П.П. на диссертационную работу Колибасова Владимира Александровича «Закономерности и критерии оценки поверхностного разрушения алмазных резцов буровых долот и средства для их сертификационных испытаний», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение

1. Актуальность исследования

В последние десятилетия при бурении скважин широкое применение получили долота с алмазными пластинами типа PDC. При бурении мягких и средних пород, представленных в геологическом разрезе большинства месторождений России, долота, оснащенные алмазными поликристаллическими PDC-резцами являются основным инструментом. Средняя проходка на долота PDC- пластинами в Западной Сибири составляет 10 000 – 15 000 м, механическая скорость проходки при бурении под кондуктор достигает более 100 м/ч, а под эксплуатационную колонну 50 – 75 м/ч.

По сравнению с шарошечными долотами, алмазные долота при бурении мягких и средних малоабразивных пород позволяют добиться более высокой проходки на долото и механической скорости за счет того, что резание поверхностного слоя породы алмазной режущей кромкой является более эффективным, чем ее дробление вдавливанием твердосплавных зубков.

Повышение производительности бурения напрямую зависит от износостойкости поликристаллических алмазных резцов, в связи с чем, диссертационная работа Колибасова В.А., посвященная совершенствованию методов контроля качества PDC-резцов является актуальной и своевременной, с учетом недавнего появления российских производителей данных изделий.

2. Структура и содержание работы

Представленная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников, содержащего 123 наименования, и четырех приложений. Основной текст изложен на 146 страницах, содержит 61 рисунок и 14 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, показана степень разработанности проблемы, сформулированы цель, пять задач исследования, научная новизна, практическая значимость и положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор конструкций PDC-долот и условий их нагружения на забое, видов эксплуатационных повреждений резцов, а также существующих отечественных и зарубежных методов и оборудования

Самозовым Ю.А. 02.08.2026

Вход. №	02.08.2026
Вход. №	07к

оценки стойкости твердосплавных и алмазных инструментов к изнашиванию. Показаны ограничения натуральных испытаний на природном камне (гранит) и обоснована перспективность использования искусственных абразивных (алмазосодержащих) материалов в качестве контртела. В конце главы сформулированы цель, пять задач исследования, научная новизна, практическая значимость и положения, выносимые на защиту.

Во второй главе на основе электронно-микроскопического фрактографического и рентгеноспектрального анализа изношенных PDC-резцов после реальной эксплуатации на забое установлен усталостный механизм поверхностного разрушения поликристаллических алмазных пластин, выделены шесть характерных субструктур разрушения и показано отсутствие типичных признаков абразивного (царапающего) износа алмазного слоя.

В третьей главе разработаны оригинальные методы и оборудование для оценки твердости горных пород вдавливанием и царапанием их непосредственно поликристаллической алмазной пластиной в составе резца; на основе геометрического 3D-моделирования получены расчетные зависимости площади контакта и ширины борозды царапания от глубины внедрения резца, предложен материаловедческий критерий предельного состояния (работоспособности) алмазного долота, связывающий твердость породы, осевую нагрузку и суммарную площадь износа резцов.

В четвертой главе разработаны схема, специализированное лабораторное оборудование (защищено двумя патентами РФ) и методика испытаний PDC-резцов на стойкость к поверхностному разрушению при трении о алмазный отрезной диск; определены рациональные режимы испытаний, выполнена апробация методики на нескольких партиях резцов, фрактографически подтверждена идентичность механизма разрушения при лабораторных испытаниях и в условиях реальной эксплуатации.

В пятой главе на выборке из нескольких десятков партий PDC-резцов различных производителей установлены количественные зависимости стойкости к поверхностному разрушению от размера алмазных зерен и содержания кобальта и вольфрама, разработана классификация резцов по четырем группам стойкости, проведено сопоставление с методикой Института нефтегазовых технологических инициатив (ИНТИ) и выполнена сличительная проверка с эксплуатационными данными.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, соответствующие поставленным задачам исследования.

В целом диссертация оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук. Материал изложен последовательно, технически грамотным языком, стиль изложения соответствует требованиям, предъявляемым к научно-техническим текстам.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию и основным положениям, выносимым на защиту.

По теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 3 — в изданиях из Перечня ВАК, 1 — в издании, индексируемом Scopus, получено 2 патента РФ на изобретения. Результаты работы докладывались на 9 международных и всероссийских конференциях и семинарах, отмечены дипломом победителя конкурса «Студенческий стартап» и грантом I степени ООО «СамараНИПИнефть». Число и уровень публикаций достаточны для диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

3. Научная новизна

Научная новизна работы определяется тем, что в ней впервые: экспериментально установлен и обоснован контактно-усталостный механизм поверхностного разрушения поликристаллических алмазных пластин PDC-резцов с идентификацией характерных субструктур разрушения; получены количественные зависимости стойкости PDC-пластин от размера алмазных зерен и содержания металлов-связок; предложен материаловедческий критерий предельного состояния алмазного долота, учитывающий твердость разбуриваемой породы и степень износа режущих кромок; разработаны методика, специализированное запатентованное оборудование и классификация PDC-резцов по группам стойкости к поверхностному разрушению для сертификационных испытаний. Совокупность полученных результатов формирует целостное научное представление о закономерностях структурообразования повреждений и разрушения поликристаллических алмазных пластин при трении, что представляет самостоятельный интерес для материаловедения сверхтвердых материалов.

4. Практическая значимость

Практическая значимость работы заключается в создании методики и специализированного лабораторного оборудования для входного контроля и сертификационных испытаний PDC-резцов, позволяющих ранжировать резцы по группам стойкости к поверхностному разрушению до их установки в буровые долота. Разработки защищены двумя патентами РФ на изобретения, внедрены и используются в ООО «РН-Сервис» и ООО «ХимБурСервис», что подтверждено соответствующими актами. Полученные результаты имеют существенное значение

для отечественных предприятий — производителей и потребителей PDC-резцов, в том числе в контексте развития импортозамещающего производства алмазного бурового инструмента в России.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты работы внедрены в производственную деятельность компаний ООО «РН-Сервис» и ООО «ХимБурСервис», что подтверждено приведенными в диссертационной работе актами. Предложенные решения имеют высокую практическую ценность для нефтегазового сектора. Они применимы на заводах-изготовителях (ООО «Алком», НПП «Буринтех», ГК «ТОФС») для выходного и приемочного контроля PDC-резцов, а также в ведущих буровых и нефтегазодобывающих компаниях («Газпром бурение», «РН-Бурение», «Евразия», ССК, «Роснефть», «Газпромнефть», «ЛУКОЙЛ») для отбраковки инструмента перед бурением и ужесточения тендерных требований. Кроме того, на базе исследования ИНТИ может разработать единый отраслевой стандарт по сертификационным испытаниям PDC-резцов.

6. Достоверность полученных результатов

Научные положения и выводы диссертации основаны на значительном объеме экспериментальных данных, полученных на сертифицированном аналитическом оборудовании (растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6390A, рентгеноспектральный микроанализ, измерительная система сбора данных с частотой опроса 100 Гц), с применением статистической обработки результатов по критерию Стьюдента при доверительной вероятности 0,95. Достоверность подтверждается также сопоставлением полученных критериев и классификации PDC-резцов с независимо разработанной методикой Института нефтегазовых технологических инициатив, показавшим их принципиальное совпадение, а также сличением результатов лабораторных испытаний с данными фактической эксплуатации резцов на буровом долоте. Экспериментальные результаты не противоречат современным представлениям материаловедения о механизмах разрушения сверхтвердых поликристаллических материалов.

7. Соответствие работы заявленной научной специальности и отрасли наук

Диссертационная работа Колибасова Владимира Александровича соответствует специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки) по пунктам:

- п. 1. Разработка новых металлических и композиционных материалов, в том числе капиллярно-пористых, с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных закономерностей влияния дисперсности, состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и иных факторов на

функциональные свойства материалов. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры металлических, неметаллических материалов и композитов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности деталей, изделий, машин и конструкций (химической, нефтехимической, энергетической, машиностроительной, легкой, текстильной, строительной).

- п. 5. Установление закономерностей и критериев оценки разрушения металлических, неметаллических, и композиционных материалов и функциональных покрытий от действия механических нагрузок и внешней среды.

- п. 6. Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий.

- п. 7. Теоретические и прикладные проблемы стандартизации новых материалов и технологических процессов их производства, обработки и переработки. Системы управления качеством, сертификация и аккредитация материалов и технологических процессов.

8. Полнота изложения основных результатов работы в научных публикациях

Основные результаты диссертационной работы в достаточной мере опубликованы в открытой печати. Автором выпущено 12 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 2.6.17, 1 статья в издании из базы Scopus, 2 патента РФ на изобретения, что, безусловно, подтверждает практическую значимость разработанных способа и устройства.

9. Уровень апробации основных положений работы, выносимых на защиту

Основные положения и результаты работы прошли широкую апробацию на 9-ти международных и всероссийских научно-технических конференциях в период с 2023 по 2026 гг. Работа отмечена победами в грантовых конкурсах, что свидетельствует о признании научной общественностью, актуальности и перспективности исследований.

10. Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат передает содержание диссертационной работы. В нем четко сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая значимость. Содержание автореферата дает полное и ясное представление о выполненной работе и отражает все этапы исследования.

11. Замечания по диссертационной работе

Диссертация содержит новые результаты и решения, представляющие научный и практический интерес. При этом по работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. Предложенный в главе 3 критерий предельного состояния алмазного долота (формулы 3.1–3.5) опирается на величину твердости HPDC, получаемую царапанием породы алмазной пластиной диаметром 13,3–13,5 мм. Однако в производстве применяются PDC-резцы широкого диапазона диаметров (8...25 мм) и различной геометрии фаски (глава 1). В работе не показано, каким образом результаты, полученные на одном типоразмере индентора, могут быть распространены на резцы других диаметров.

2. В разделе 5.5 не приведены состав и режим травления шлифов PDC-пластины, использованные для выявления границ алмазных зерен методом секущих (ГОСТ 5639-82). Поскольку алмаз химически исключительно стоек, а стандартные металлографические травители на него не действуют, данный методический момент нуждается в пояснении.

3. В главе 4 в качестве контртела использован только один тип алмазного отрезного круга определенной зернистости и связки. Влияние типа и зернистости алмазного инструмента на воспроизводимость испытаний и на предложенные режимы (нагрузка, скорость вращения) не исследовано, хотя эти параметры контртела способны существенно повлиять на результаты сертификационных испытаний.

4. При повторных испытаниях одного и того же резца после поворота его вокруг оси (до 4–5 раз, раздел 4.1) не обсуждается вопрос о возможном взаимном влиянии предыдущих термических и механических воздействий на результаты последующих испытаний тех же алмазных пластин.

5. Критерий работоспособности долота (формула 3.5) имеет теоретическое обоснование и требует экспериментального подтверждения для возможности его широкого использования в практике бурения.

6. Не рассмотрен вопрос экономической целесообразности перехода отрасли на предложенную методику испытаний, в частности стоимость алмазных отрезных дисков как расходного материала в сравнении с использованием гранитных образцов, что дополнительно аргументировало бы практическую значимость разработки.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не затрагивают ее основных научных результатов и положений, выносимых на защиту.

Заключение по диссертации

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор, Колибасов В.А., заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Подпись Шарина П.П. заверяю