

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМаш РАН)**

В.О., Большой проспект, д.61, Санкт-Петербург, 199178
Тел.: (812)-321-4778; факс: (812)-321-4771; <https://ipme.ru>



УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт
проблем машиноведения Российской
академии наук



В.А. Полянский
2025 г.

О Т З Ы В

**ведущей организации на диссертацию Карениной Радмилы Алексеевны
на тему: «Технологическое обеспечение качества резьбовых
поверхностей замковых соединений буровых штанг финишной
магнитно-абразивной обработкой», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. –
Технология машиностроения**

1. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Карениной Р.А. «Технологическое обеспечение качества резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг финишной магнитно-абразивной обработкой» посвящена актуальной теме повышения качества бурового оборудования за счет повышения твердости, коррозионной стойкости и снижения шероховатости поверхностей резьбовых соединений бурильных труб. Следует заметить, что безопасная и эффективная добыча углеводородов играет существенную роль в развитии различных отраслей промышленности, что имеет стратегическое значение для экономической стабильности государства. Бурение скважин

является важным этапом в освоении нефтегазовых месторождений. Помимо разведки и разработки углеводородных залежей, бурение также используется при освоении геотермальных ресурсов, добычи полезных ископаемых, в экологических и геофизических исследованиях. Замковые соединения, объединяющие бурильные трубы в единую колонну обеспечивают прочность конструкции и возможность достижение проектной глубины скважины. Надёжность этих соединений, удобство в эксплуатации и возможность быстрого монтажа делают их незаменимыми в сложных производственных условиях. Однако, замковые резьбы подвергаются действию не только статических и динамических нагрузок, но и воздействию агрессивных сред, абразивных частиц и температурных колебаний. При этом способность бурильных колонн выдерживать эксплуатационные нагрузки напрямую зависят от точности изготовления, чистоты, геометрии и твердости рабочих поверхностей резьб.

Чаще всего для изготовления бурильных труб применяют легированные стали марок 40X и 40XH, известные своей прочностью, твёрдостью и стойкостью к внешним нагрузкам. Однако статистика эксплуатационных отказов свидетельствует о высокой доле разрушений, связанных именно с разрушением труб в области замковых резьбовых соединений - их удельный вес в общем числе отказов превышает 55%. Основной причиной разрушения служит недостаточная стойкость к многократным переменным нагрузкам и снижение механической прочности в условиях сложной рабочей среды. До настоящего времени при обработке поверхностей резьб используются традиционные методы доводки их рабочих поверхностей, такие как шлифование, притирка и хонингование. Однако они характеризуются рядом недостатков, включая технологическую сложность, ограниченные возможности при обработке изделий сложной формы и сниженные показатели эффективности при обработке высоконагруженных резьбовых соединений. В связи с этим одной из приоритетных задач повышения качества бурильного оборудования является улучшение технологии финишной обработки резьб замковых соединений бурильных труб с целью снижения вероятности их разрушения при длительной эксплуатации.

Одним из перспективных направлений повышения качества рабочих поверхностей является применение магнитно-абразивной обработки (МАО), обеспечивающей формирование поверхностного слоя с улучшенными физико-механическими характеристиками. В диссертационной работе Карениной Р.А. показано, что применение МАО к резьбовым поверхностям

замковых соединений бурильных труб способствует существенному улучшению их эксплуатационных характеристик. А именно, за счёт направленного воздействия абразивных частиц в магнитном поле удаётся не только добиться высокой чистоты поверхности, но и устранить микродефекты, оставшиеся после предыдущих этапов обработки. Это особенно важно для резьб, где наличие поверхностных неоднородностей может служить инициаторами трещин и очагами разрушения при циклических нагрузках. Повышение чистоты поверхности снижает концентрацию напряжений во впадинах и гребнях резьб, что способствует повышению качества соединения. Дополнительно, при МАО формируется упрочнённый поверхностный слой с остаточными напряжениями сжатия, что повышает сопротивляемость резьбы к усталостному разрушению при действии переменных нагрузок, характерных для работы бурильной колонны. Одновременно с этим наблюдается увеличение твёрдости и коррозионной стойкости обработанных поверхностей. Это особенно актуально при работе оборудования в агрессивных средах. Таким образом, внедрение МАО в процесс финишной обработки резьбовых элементов замковых соединений представляет собой эффективный путь повышения качества бурового оборудования.

2. Научная новизна

К научной новизне диссертации следует отнести следующее:

- установлены математические зависимости и закономерности влияния режимных факторов МАО (величины магнитной индукции, частоты вращения обрабатываемого образца и времени обработки) на шероховатость и твердость резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг;
- выявлены зависимости влияния режимных факторов магнитно-абразивной обработки (величины магнитной индукции) на коррозионную стойкость резьбовых поверхностей.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обусловлена проведением теоретических и экспериментальных исследований, последние из которых проводились согласно известной методике планирования эксперимента. Экспериментальные исследования проводились на разработанном устройстве, базирующемся на фрезерном станке с ЧПУ. В рамках подготовки экспериментальных исследований проведена серия предварительных экспериментов, позволяющих установить диапазон варьирования режимных

факторов МАО, после чего проводились серии экспериментальных исследований. В результате были получены математические модели, описывающие зависимости величин шероховатости и твердости наружных и внутренних резьбовых поверхностей от режимных факторов обработки. Кроме этого, для оценки влияния агрессивной среды на замковые соединения, образцы, предварительно обработанные МАО, размещались в камере соляного тумана, имитирующей агрессивную среду. Все исследования проводились при помощи сертифицированного и поверенного оборудования.

Научные результаты

В рамках диссертационной работы был разработан и реализован на практике способ обработки резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг методом МАО, включающий в себя схемы обработки наружных и внутренних резьбовых поверхностей замковых соединений, сочетание рабочих движений, диапазоны режимных факторов и технологический инструмент. Данный способ позволил получить равномерное упрочнение поверхностного слоя и оценить качество замковых резьбовых поверхностей по среднему диаметру пятна контакта с $R_a = 0,4...0,5$ мкм и твердостью до 982...985 HV.

При реализации способа обработки резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг было применено математико-статистическое моделирование, получены регрессионные математические зависимости, учитывающие влияние режимных факторов магнитно-абразивной обработки и позволяющие прогнозировать параметры шероховатости и твердости по среднему диаметру пятна контакта резьбовых поверхностей при обработке наружных и внутренних резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг.

Разработанный способ обработки резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг методом МАО, позволяет увеличить в 5 раз коррозионную стойкость резьбовых поверхностей замковых соединений в условиях, имитирующих агрессивную среду.

Полученные результаты исследований прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях. Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 11 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы

цитирования Scopus, получен один патент.

4. Теоретическая и практическая значимость результатов работы

Диссертация Карениной Р.А. представляет собой законченное научное исследование, посвященное разработке нового способа для улучшения качества резьбовых соединений буровых штанг, что имеет важное значение для нефтегазовой отрасли. Работы, выполненные автором, охватывают ключевые аспекты повышения качества буровых колонн, где замковые соединения играют существенную роль в обеспечении безопасности и эффективности буровых работ.

Основной результат работы заключается в установлении зависимостей, учитывающих варьируемые режимные факторы МАО и позволяющие прогнозировать значения шероховатости и твердости при обработке резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг.

Автором также был разработан и запатентован способ обработки, как наружных, так и внутренних резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг методом магнитно-абразивной обработки (Патент на изобретение RU2797796C1). Разработанный способ позволяет достигнуть существенного повышения эксплуатационных характеристик рабочих поверхностей резьб, как на наружных, так и внутренних поверхностях замковых соединений. Результаты проведенных исследований позволили определить рациональные режимы обработки, при которых можно достичь снижения шероховатости и повышения твердости рабочих поверхностей резьбы, что оказывает влияние на повышение усталостной прочности и износостойкость буровых штанг. Так же в диссертации доказано, что применение предложенного способа в качестве финишной операции при обработке поверхностей резьбовых соединений значительно улучшает их коррозионную стойкость, что особенно важно при работе в агрессивных средах.

Полученные результаты успешно прошли апробацию на промышленных предприятиях, таких как АО НПП «Пирамида» и ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова», что подтверждает практическую значимость работы и возможность применения предложенных решений в реальных производственных условиях.

Таким образом, результаты исследований, выполненные в рамках диссертационной работы Карениной Р.А., вносят существенный вклад в развитие технологий с применением магнитно-абразивной обработки и имеет потенциал для внедрения на промышленных предприятиях, что позволит повысить качество замковых соединений буровых штанг.

5. Рекомендации по использованию результатов работы

Объем выполненных экспериментальных исследований является достаточным, полученные результаты не вызывают сомнений, что позволяет рекомендовать их для внедрения на предприятиях машиностроительного и энергетического комплексов.

6. Замечания по работе

1. При проведении экспериментальных исследований по применению магнитно-абразивной обработки для финишной обработки рабочих поверхностей резьб замковых соединений следовало бы рассмотреть и винтовое движение образца в рабочем зазоре.

2. В Главе 2 диссертации при описании предварительных экспериментов с целью определения возможных диапазонов изменения режимных факторов магнитно-абразивной обработки не указаны критерии оценки улучшения поверхности в результате применения магнитно-абразивной обработки.

3. На рис. 4 автореферата и на рис. 3.4 – 3.7 диссертации не корректно совместно представлены значения из матрицы эксперимента и графические зависимости.

4. Правильнее было бы переменные в уравнениях, приведенных на стр. 14 автореферата и на стр. 77 и 82 текста диссертации, представить в виде относительных величин, тогда введенный в правую часть размерный эмпирический коэффициент отражал бы размерность функции отклика.

5. В тексте диссертационной работы отсутствует информация об экологической безопасности применения магнитно-абразивной обработки.

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования.

7. Заключение по диссертации

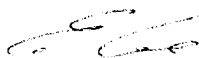
Диссертация «Технологическое обеспечение качества резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг финишной магнитно-абразивной обработкой», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. – Технология машиностроения полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953, а ее автор, Каренина Радмила Алексеевна,

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. – Технология машиностроения.

Материалы кандидатской диссертации Карениной Р.А. «Технологическое обеспечение качества резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг финишной магнитно-абразивной обработкой» заслушаны, обсуждены и получили единогласное одобрение на заседании лаборатории трения и износа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, протокол № 3/04 от 18.04.2025.

Председатель заседания:

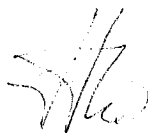
руководитель лаборатории трения и износа ИПМаш РАН,
Д.Т.Н.



Седакова Елена Борисовна

Секретарь заседания:

старший научный сотрудник лаборатории трения и износа ИПМаш РАН
к. ф.-м. н., доцент



Поздняков Алексей Олегович



Седаковой Е.Б. и Позднякова А.О.
ПОМОЩНИК ДИРЕКТОРА
/Андреев С.И./
2025 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук

Почтовый адрес: 199178, Санкт-Петербург, Васильевский остров, Большой пр., д. 61

Официальный сайт в сети Интернет: <https://ipme.ru>

эл. почта: ipmash@ipme.ru телефон: +7 (812)-3214778