

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.10
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 18.07.2023 № 6

О присуждении **Кадочникову Вячеславу Григорьевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии гидромеханической очистки наклонно направленных скважин от шлама при роторном бурении» по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин принята к защите 16.05.2023, протокол заседания № 3, диссертационным советом ГУ.10 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 20.04.2023 № 600 адм.

Соискатель, Кадочников Вячеслав Григорьевич, 26 ноября 1993 года рождения, в 2016 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 21.05.03 Технология геологической разведки.

В 2020 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Работает ведущим инженером в лаборатории «Технологии и техники бурения скважин в условиях станции Восток» научного центра «Арктика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре бурения скважин в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Двойников Михаил Владимирович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра бурения скважин, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Хузина Лилия Булатовна – доктор технических наук, доцент, государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», кафедра бурения нефтяных и газовых скважин, заведующий кафедрой;

Мелехин Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра «Нефтегазовые технологии», доцент кафедры;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»**, г. Самара, в своем положительном отзыве, подготовленном Живаевой Верой Викторовной, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин» и Никитиным Василием Игоревичем, секретарем заседания, и утвержденном Ненашевым Максимом Владимировичем, доктором технических наук, профессором, первым проректором – проректором по научной работе, указала, что обоснована возможность и целесообразность применения контролируемого изгиба бурильной колонны для повышения качества очистки наклонно-направленных скважин вследствие образования условий безосадочного

движения частиц шлама в потоке бурового раствора. Предложенные и разработанные Кадочниковым В.Г. методы повышения качества очистки ствола наклонно-направленных скважин от шлама при роторном бурении, а также полученные математические модели, являются основой для разработки нового бурового измерительного инструмента – бурильных труб, оснащенных датчиками деформации на основе оптоволоконных брэгговских решеток, что позволит осуществить контроль напряженно-деформированного состояния бурового инструмента в скважине.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 1 статье - в издании, входящем в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science. Получен 1 патент на изобретение.

Общий объем – 1,88 печатных листов, в том числе 1,01 печатных листов – соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Двойников, М.В. Программно-информационное сопровождение строительства скважин арктического шельфа / М.В. Двойников, В.Г. Кадочников, А.А. Куншин // Инженер-нефтяник. – 2017. – №1. – С. 23-28 (ВАК, № 1559, ред. 25.04.2017).

Соискателем проведен анализ данных бурения скважин, имеющих сложный профиль, проведено математическое моделирование и прогнозный расчет долговечности и надежности инструмента.

2. Кадочников, В.Г. Оперативный контроль и управление параметрами бурения наклонно направленных скважин / В.Г. Кадочников, М.В. Двойников, П.А.Блинов, В.А. Мнацаканов // Строительство нефтяных и

газовых скважин на суше и на море. – 2018. – №12. – С.5-12. DOI: 10.30713/0130-3872-2018-12-5-12 (ВАК, № 1945, ред. 30.11.2018).

Соискателем проведен многофакторный вычислительный эксперимент, определены зависимости гидродинамического давления в скважине от расхода бурового раствора и от механической скорости бурения; проведен анализ полученных зависимостей; разработан алгоритм оперативного контроля и управления параметрами бурения.

3. Кадочников, В.Г. Влияние пространственной формы бурильной колонны на вынос шлама в наклонно-направленных скважинах / В.Г. Кадочников, М.В. Двойников, П.А. Блинов // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. – 2020. – №2. – С.12-19 (ВАК, № 246, ред. 24.03.2020).

Соискателем обоснована необходимость изучения влияния синусоидального изгиба бурильной колонны на вынос шлама в наклонно направленной скважине, разработан экспериментальный стенд и методика проведения исследований; проведен многофакторный многоуровневый натурный эксперимент и анализ результатов; сформулированы выводы.

Публикация в издании, входящем в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science:

4. Kadochnikov, V.G. Development of technology for hydromechanical breakdown of mud plugs and improvement of well cleaning by controlled buckling of the drill string / V.G. Kadochnikov, M.V. Dvoynikov // Applied Sciences (Switzerland). – 2022. – №12. P.6460. DOI: 10.3390/app12136460 (Кадочников, В.Г. Разработка технологии гидромеханического разрушения шламовых пробок и улучшения очистки скважин управляемым изгибом бурильной колонны / В.Г. Кадочников, М.В. Двойников // Прикладные науки (Швейцария). – 2022. – №12. P.6460. DOI: 10.3390/app12136460).

Соискателем проведен анализ проблемы качества очистки наклонно направленных скважин от шлама; обработаны и интерпретированы результаты двух серий экспериментов по исследованию влияния изгиба бурильной колонны, её частоты вращения, расхода бурового раствора, с учётом зенитного угла, на вынос шлама из скважины при использовании

разных буровых растворов, соответствующих ньютоновской и псевдопластичной реологическим моделям; проведен анализ и статистическая обработка результатов; получены математические модели, обоснована возможность и целесообразность повышения качества очистки скважин с помощью контроля и регулирования искусственно создаваемого изгиба бурильной колонны в местах скопления шлама; предложен концепт измерительного инструмента – бурильных труб с датчиками деформации на основе оптоволоконной решетки Брэгга.

Публикации в прочих изданиях:

5. Кадочников, В.Г. Оперативный контроль и управление параметрами бурения / В.Г. Кадочников, М.В. Двойников // Бурение скважин в осложненных условиях: Материалы II Международной научно – практической конференции. – СПб.: Санкт-Петербургский горный университет. – 2017. С. 28-29.

Соискателем проведен анализ результатов бурения наклонно направленных скважин, анализ методов контроля и управления давлением в кольцевом пространстве между стенкой бурильной колонны и стенкой скважины, сформулировано обоснование для разработки алгоритма оперативного управления параметрами бурения.

6. Кадочников, В.Г. Оперативный контроль и управление параметрами бурения наклонно направленных скважин / В.Г. Кадочников, М.В. Двойников // Бурение скважин в осложненных условиях: Материалы III Международной научно – практической конференции. – СПб.: Санкт-Петербургский горный университет. – 2018. С. 50-52.

Соискателем проведен многофакторный вычислительный эксперимент по определению влияния расхода бурового раствора и механической скорости бурения на гидродинамическое давление в скважине; проведен анализ полученных зависимостей; разработан алгоритм оперативного контроля и управления параметрами бурения; сформулированы выводы и рекомендации.

7. Kadochnikov, V.G. Influence of the drill string spatial form on transport of cuttings in directional wells / V.G. Kadochnikov, M.V. Dvoynikov // Materials

of XVI International forum-contest of students and young researchers «Topical issues of rational use of natural resources». – 2020. – Vol. 1. – PP. 86-87 (Кадочников, В.Г. Влияние пространственной формы бурильной колонны на транспорт шлама в наклонно направленной скважине / В.Г. Кадочников, М.В. Двойников // Материалы XVI Международного форума-конкурса студентов и молодых исследователей «Актуальные проблемы недропользования». – 2020. – Vol. 1. – PP. 86-87).

Соискателем представлены результаты разработки экспериментального стенда и методики проведения исследований влияния пространственной формы бурильной колонны и параметров бурения на транспорт шлама из скважины с учетом зенитного угла.

Патент:

8. Патент № 2646651 Российская Федерация, МПК E21B 44/02 (2006.01). Способ контроля осевой нагрузки на долото при бурении наклонно направленных скважин винтовым забойным двигателем: заявл. 2017102840 : опубл. 06.03.2018 / М.В. Двойников, П.А. Блинов, В.Г. Кадочников; заявитель СПГУ. – 10 с.: ил. – Текст. Изображения: непосредственные.

Соискателем проведен патентный поиск существующих методов и способов контроля осевой нагрузки на долото, проведено компьютерное математическое моделирование процесса бурения наклонно направленных скважин винтовым забойным двигателем, в результате которого получена зависимость нагрузки на долото от скорости вращения бурильной колонны.

Апробация работы проведена на международных научно-практических конференциях, где обсуждались основные положения и результаты исследований диссертационной работы:

1. 57-я Международная научная конференция, секция «Бурение, нефть и газ» (г. Краков, Польша, 8 декабря 2016 г.);
2. II Международная научно – практическая конференция «Бурение скважин в осложненных условиях» (г. Санкт-Петербург, Россия, 30 октября – 1 ноября 2017 г.);

3. III Международная научно – практическая конференция «Бурение скважин в осложненных условиях» (г. Санкт-Петербург, Россия, 8-9 ноября 2018 г.);

4. Международная научно-практическая конференция «Technologies of hydrocarbon field development» (г. Санкт-Петербург, Россия, 10-11 сентября 2019 г.);

5. 62-я Международная научная конференция, (г. София, Болгария, 18 октября 2019 г.);

6. Международной научно-практической конференции «Экологически безопасные буровые растворы и технологические жидкости – основа устойчивого развития ТЭК» (г. Санкт-Петербург, Россия, 12 декабря 2019 г.);

7. XVIII Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15-17 апреля 2020 г.);

8. XVI International contest forum of students and young researchers «Topical issues of rational use of natural resources» (г. Санкт-Петербург, Россия, 17-19 июня 2020 г.).

В диссертации **Кадочникова Вячеслава Григорьевича** отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: профессора кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» д.т.н. **А.Х. Аглиуллина**; генерального директора ООО «Перфобур» к.т.н. **И.А. Лягова**; профессора кафедры бурения нефтяных и газовых скважин РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина д.т.н., профессора **С.Л. Симонянца**; первого проректора ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», заведующего кафедрой технологии и техники бурения скважин к.т.н., доцента **А.А. Каракозова**; главного научного сотрудника лаборатории разработки технологий строительства скважин Центра технологий строительства и ремонта скважин ООО «Газпром

ВНИИГАЗ» ПАО «Газпром» д.т.н. **А.М. Лихушина**; генерального директора ООО НПП «БУРИНТЕХ» д.т.н., профессора **Г.Г. Ишбаева** и заместителя начальника отдела породоразрушающего инструмента к.т.н. **Е.А. Ковалевского**; заведующего кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин» института нефти и газа ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» к.т.н., доцента **А.Л. Неверова** и старшего преподавателя той же кафедры **В.А. Жигарева**; заместителя генерального директора по развитию ООО «Научно-технический центр «ТПМ» д.т.н. **Р.Ю. Кузнецова**; заместителя начальника Центра технологий строительства и ремонта скважин ООО «Газпром ВНИИГАЗ» ПАО «Газпром» к.г.-м.н., член-корреспондента РАЕН **С.А. Мельникова**; старшего советника АО «Центр Эксплуатационных Услуг», руководителя Центра компетенций технологического развития ТЭК д.т.н. **О.В. Жданеева**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность, степень проработки проблемы, научная новизна и практическая значимость выполненных исследований по повышению эффективности роторного бурения за счет гидромеханической очистки наклонно направленных скважин от шлама, однако, имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В качестве замечания хотелось бы отметить недостаточное, на мой взгляд, внимание автора в обзорной главе диссертационной работы по вопросу применения современных циркуляционных переводников для улучшения процесса выноса бурового шлама на поверхность. Данное замечание является только пожеланием автору учесть его в своих дальнейших исследованиях (д.т.н. **А.Х. Аглиуллин**);

2. К замечанию можно отнести отсутствие в автореферате информации о влиянии осевой нагрузки на частоту вращения долота при создании контролируемого синусоидального изгиба, так как частота вращения и осевая нагрузка непосредственно влияют на механическую скорость бурения (к.т.н. **И.А. Лягова**);

3. К недостаткам изложения материала можно отнести избыток рисунков и графиков в автореферате (д.т.н. **А.М. Лихушин**);

4. Желательно, в работе рекомендовать области рационального применения разработанной технологии, так как ее использование в горизонтальной части ствола скважины, а также при наличии неустойчивых отложений, вызывает сомнение (д.т.н. **А.М. Лихущин**);

5. При изложении экспериментальной части диссертации нет достаточно четко выделенной программы проведения стендовых испытаний с описанием оборудования (класс точности, приборная погрешность измерений и т.д.), последовательности измерений, их количества и т.д. Нет обработки полученных результатов методами математической статистики, что снижает их достоверность (д.т.н. **А.М. Лихущин**);

6. К замечанию можно отнести недостаточно рассмотренный вопрос влияния, контролируемого баклинга на работу КНБК в реальных условиях бурения при смене горных пород. Высока вероятность превышения допустимых нагрузок на долото, либо превышения реактивного момента, например, при прохождении твердых пропластков. Это может приводить к разрушению элементов вооружения PDC долота и дальше к снижению механической скорости (д.т.н. **Г.Г. Ишбаев** и к.т.н. **Е.А. Ковалевский**);

7. Во втором разделе автореферата автор представляет разработанные им математические модели, однако не хватает сравнения результатов, полученных им в ходе моделирования с результатами, которые можно получить при компьютерно-программном моделировании (к.т.н. **А.Л. Неверов** и к.т.н. **В.А. Жигарев**);

8. В таблице 2 реологические свойства бурового раствора описаны не той моделью, которая указана в таблице (указана модель Гершеля-Балкли, представлена модель Бингама) (к.т.н. **А.Л. Неверов** и к.т.н. **В.А. Жигарев**);

9. Представлен размытый рисунок № 7в, который отображает зависимость количественного шлама от расхода БР №2, частоты вращения и количества полуволен БК (к.т.н. **А.Л. Неверов** и к.т.н. **В.А. Жигарев**);

10. В качестве замечания хотелось бы отметить, что одним из рассматриваемых факторов соискателем был выбран параметр расхода бурового раствора, что не совсем корректно. Правильно было бы говорить о параметре скорости восходящего потока (к.г.-м.н. **С.А. Мельников**);

11. Не представлены режимы течения бурового раствора и режимы транспортирования шлама в стволе наклонно-направленной скважины (д.т.н. **О.В. Жданеев**);

12. Рекомендуется провести стендовые испытания с каким-либо раствором, применяемым на действующем месторождении (д.т.н. **О.В. Жданеев**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана технология гидромеханической очистки наклонно направленных скважин от шлама при роторном бурении, реализуемая за счёт целенаправленного контролируемого введения бурильной колонны в продольную потерю устойчивости и воздействия изогнутой части на шлам, скопившийся на нижней стенке прямолинейного участка профиля скважины;

предложен оригинальный, принципиально новый подход к совершенствованию процесса очистки наклонно направленных скважин от шлама, и концепт нового бурового измерительного инструмента, содержащего дифференциальную измерительную систему на основе оптического волоконной решетки Брэгга;

доказана, теоретически обоснована и научно подтверждена возможность создания условий безосадочного движения частиц шлама в потоке бурового раствора, обуславливающих повышение качества очистки прямолинейных участков наклонно направленных скважин, за счет гидромеханического действия бурильной колонны на шлам, скапливающийся на нижней стенке;

введен принципиально новый метод совершенствования очистки наклонно направленных скважин от шлама.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что бурильная колонна, находящаяся в состоянии изгиба вследствие продольной потери устойчивости, способна оказывать двойное гидромеханическое воздействие на частицы бурового шлама, скопившиеся на нижней стенке скважины, тем самым создавая условия для безосадочного движения частиц в потоке бурового раствора, что приводит к повышению качества очистки наклонно направленных скважин;

применительно к проблематике диссертации результативно **использованы** комплекс аналитических методов исследования, планирование экспериментов, натурное и вычислительное моделирование, разработанная методика проведения экспериментов, а также методы математической статистики и обработки результатов исследований с применением программного комплекса «Statistica 13»;

изложены доказательства влияния фактора изгиба вращающейся бурильной колонны, а именно количества и длин полуволн на качество очистки наклонно направленных скважин, с учетом режимных параметров бурения;

раскрыта возможность повышения качества очистки наклонно направленных скважин от шлама за счет двойного гидромеханического действия контролируемой искусственно изогнутой части бурильной колонны, заключающегося в механическом разрушении застойных скоплений шлама телом трубы и гидродинамическом эффекте турбулизации потока бурового раствора, с вовлечением частиц шлама в процесс транспортирования на дневную поверхность;

изучены в лабораторных условиях факторы и режимные параметры бурения, оказывающие наибольшее влияние на транспорт частиц шлама в прямолинейных участках наклонно направленных скважин.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в 2022 году в проектной деятельности филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени

(акт внедрения от 16.05.2022 г.) математические модели, учитывающие изгиб бурильной колонны и позволяющие определить режимные параметры роторного бурения при составлении проектно-нормативной документации на бурение наклонно направленных скважин;

определены перспективы применения разработанной технологии гидромеханической очистки наклонно направленных скважин от шлама, которая помимо решения задачи выноса шлама может быть использована для решения других теоретических и практических задач повышения эффективности строительства нефтегазовых скважин;

созданы экспериментальная установка и методика проведения исследований, позволяющие определить качество очистки прямолинейных участков наклонно направленных скважин от шлама в зависимости от влияния продольного изгиба бурильной колонны, частоты её вращения, расхода и свойств бурового раствора и зенитного угла;

представлены технико-технологические решения, направленные на повышение качества очистки наклонно направленных скважин от шлама при роторном бурении, включающие: концептуальную схему нового бурового инструмента, содержащего датчики деформации на основе оптоволоконной решетки Брэгга, способ контроля осевой нагрузки на долото при бурении и алгоритм оперативного контроля и управления параметрами бурения, позволяющий реализовать разработанную технологию.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ - результаты получены на разработанном экспериментальном стенде с применением высокотехнологичного оборудования лаборатории «Сооружение скважин» научного центра «Арктика» Санкт-Петербургского горного университета, экспериментальные измерения являются воспроизводимыми и выполнены в достаточном количестве;

теория является новой, и построена как на известных закономерностях, согласующихся с опубликованными ранее данными по теме диссертации, так

и на новых закономерностях, не рассматриваемых ранее научным сообществом;

идея базируется на новом оригинальный подходе к реализации эффективного бурения, заключающемся в контроле и управлении напряженно-деформированным состоянием бурильной колонны с последующим гидромеханическим воздействием изогнутой частью труб на скопления шлама, в результате чего происходит улучшение качества очистки скважин от выбуренной горной породы;

использовано сравнение данных, полученных автором по результатам экспериментальных исследований, и данных, опубликованных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено, что результаты и основные выводы работы являются новыми данным, предыдущих опубликованных результатов исследований по данной тематике не установлено;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации при решении поставленных в диссертации задач.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии соискателя в постановке цели и задач диссертационного исследования и проведении теоретических и экспериментальных исследований, в результате которых разработана технология гидромеханической очистки наклонно направленных скважин от шлама при роторном бурении. Соискателем разработаны экспериментальный стенд и методика проведения экспериментальных исследований, разработаны математические модели, позволяющие определить изменение качества очистки скважины от шлама, в зависимости от свойств бурового раствора и скорости его течения в кольцевом пространстве, частоты вращения, количества и длин полуволн бурильной колонны с учетом зенитного угла скважины. Соискателем подготовлены основные публикации по выполненной работе, получен 1 патент на изобретение.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.


Соискатель **Кадочников Вячеслав Григорьевич** согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 18 июля 2023 года диссертационный совет принял решение присудить **Кадочникову Вячеславу Григорьевичу** ученую степень кандидата технических наук за новые научно обоснованные технико-технологические решения и разработки, направленные на повышение эффективности бурения наклонно направленных скважин и имеющие существенное значение для развития нефтегазовой отрасли Российской Федерации.

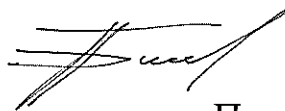
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 11 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета: за – 12, против – нет , недействительных бюллетеней – нет.

Председательствующий
Заместитель председателя
диссертационного совета




Шабаров
Аркадий Николаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета



Блинов
Павел Александрович

18.07.2023 г.