

4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.02
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ
НАУК

аттестационное дело № 9-1/2022 17.02.2022

решение диссертационного совета от 03.02.2022 г. № 1

О присуждении **Куншину Андрею Андреевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обоснование и разработка технологии мониторинга и прогнозирования энергоэффективной нагрузки на долото PDC в процессе бурения скважин» по специальности 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин принята к защите «2» декабря 2021 г., протокол заседания № 5, диссертационным советом ГУ 212.224.02 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 «16» октября 2019 г. № 1373 адм.

Соискатель **Куншин Андрей Андреевич** 4 января 1994 года рождения. В 2016 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» с присвоением квалификации бакалавр (диплом с отличием) по направлению 21.03.01 Нефтегазовое дело (профиль: Бурение нефтяных и газовых скважин). В 2018 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» с присвоением квалификации магистр (диплом с отличием) по направлению 21.04.01 Нефтегазовое дело (программа подготовки: Бурение горизонтальных

скважин). С 2018 по 2022 год соискатель обучается в аспирантуре по научной специальности 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин на кафедре бурения скважин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». Работает лаборантом Научного центра «Арктика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Бурение скважин» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

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

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

дали положительные отзывы о диссертации.

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», рассмотренном на заседании кафедры 16 декабря 2021 года, протокол № 5, утвержденном Ненашевым Максимом Владимировичем, доктором технических наук, профессором, первым проректором по научной работе, указала, что диссертация Куншина А.А. является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям п. 2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», в которой изложены научно обоснованные решения, имеющие важное значение в области технологии бурения и освоения скважин, а её автор Куншин Андрей Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ по теме диссертационного исследования, из них 2 опубликованы 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), 1 опубликована в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент на изобретение и 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем публикаций составляет 35 печатных листов, в том числе 20 печатных листов - соискателя.

Публикации в изданиях из перечня ВАК:

1. Буслаев, Г.В. Исследование влияния удельной механической энергии на подбор оптимальных параметров режима бурения / Г.В. Буслаев, А.А. Куншин, В.В. Стариков // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – М.: ПАО «ВНИИОЭНГ». – 2020. - №6. – С. 10-13.

Соискателем проведен анализ влияния удельной механической энергии на эффективность бурения скважин, обусловленную снижением негативных влияний вибрации и биений компоновки низа бурильной колонны (КНБК).

2. Двойников, М.В. Повышение эффективности бурения наклонных и горизонтальных скважин / М.В. Двойников, А.А. Куншин // Деловой журнал Neftegaz.RU. – М.: ООО Информационное агенство Neftegaz.RU. – 2020. - №4. – С. 169-171.

Соискателем проведены исследования влияния виброускорений на эффективность бурения скважин, описаны причины возникновения вибраций в КНБК и способы измерений, интерпретации и детерминации данных телеметрии. Обоснована необходимость разработки технологии управления динамической нагрузкой на долото для предотвращения высокоэнергетических вибраций.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и WoS:

3. Dvoynikov, M.V. Development of Mathematical Model for Controlling the Drilling Parameters with a Screw Downhole Motor / M.V. Dvoynikov, A.A. Kunshin, P.A. Blinov, V.A. Morozov // International Journal of Engineering (IJE) – IJE TRANSACTIONS A: Basics. – July 2020 – Volume 33 - № 7. – PP. 1423-1430. DOI: 10.5829/IJE.2020.33.07A.30.

Соискателем проведены исследования динамики процесса бурения и предложена математическая модель, описывающая комбинированный способ бурения с учетом пространственного искривления колонны труб с рекомендацией режимных параметров бурения для повышения эффективности процесса строительства скважин, в том числе сложного профиля.

Публикации в прочих изданиях:

4. Буслаев, Г.В. Опыт применения искусственных нейронных сетей для прогнозирования оптимальных параметров режима бурения скважин / Г.В. Буслаев, А.А. Куншин, Г.М. Сергеев, В.В. Стариков, М.М. Павлов //

Научный журнал российского газового общества. – М.: ООО «Издательство «Граница». – 2019. - №2. – С. 51-55.

Соискателем проведены аналитические исследования в области цифрового сопровождения бурения скважин с учетом интеллектуальных систем, сформированных посредством искусственных нейронных сетей. Данные легли в основу разработки программы прогнозирования осложнений в процессе бурения скважин, алгоритмы которой применены в диссертационной работе.

5. Буслаев, Г.В. Анализ современного мирового и отечественного опыта разработки и испытаний забойных механизмов подачи долота для бурения глубоких, наклонно-направленных и горизонтальных скважин / Г.В. Буслаев, А.А. Куншин, Г.М. Сергеев, В.В. Стариков, М.М. Павлов // Научный журнал российского газового общества. – М.: ООО «Издательство «Граница». – 2019. - №2. – С. 47-50.

Соискателем проведены комплексные исследования в области технических устройств, способных доводить нагрузку до долота в скважинах сложного пространственного профиля.

6. Двойников, М.В. Применение методов численной оптимизации для повышения эффективности планирования профиля скважин / М.В. Двойников, Г.В. Буслаев, А.А. Куншин, С.Д. Полянский // Научный журнал российского газового общества. – М.: ООО «Издательство «Граница». – 2021. - №1. – С. 30-33.

Соискателем проведены исследования математических моделей для расчета энергоэффективных профилей скважин с целью формирования программного алгоритма, позволяющего снизить аварийность бурения скважин сложного пространственного профиля.

7. Буслаев, Г.В. Прогнозирование и предупреждение осложнений в процессе бурения при помощи методов искусственного интеллекта и машинного обучения / Г.В. Буслаев, А.А. Куншин, М.М. Павлов, В.В. Стариков // Научный журнал российского газового общества, Москва (ООО

«Издательство «Граница». – 2021. - №2. – С. 38-43.

Соискателем выполнены исследования методов и методик прогнозирования осложнений в процессе бурения скважин, а также проанализированы алгоритмы машинного обучения.

Патенты:

8. Свидетельство № 2020615753 Российская Федерация. Программа для определения виброускорения при затухающих осевых колебаниях бурильной колонны : № 2020614864: заявл. 27.05.2020 : опубл. 01.06.2020 / Куншин А. А., Двойников М. В., Полянский С. Д. ; заявитель СПГУ. – 1 с.

Соискателем сформирована концепция программы для определения виброускорения бурильной колонны, сформирована система уравнений и тестировочная выборка данных для написания программы.

9. Свидетельство № 2020616213 Российская Федерация. Программа для определения необходимой нагрузки на долото при бурении скважин с учетом виброускорений КНБК : № 2020612899: заявл. 12.03.2020 : опубл. 11.06.2020 / Куншин А. А., Двойников М. В. ; заявитель СПГУ. – 1 с.

Соискателем сформирована концепция программы для определения необходимой нагрузки на долото с учетом ее динамической составляющей, сформирована система уравнений, тестировочная выборка данных и визуализация результатов для написания программы.

10. Свидетельство № 2021665628. Российская Федерация. Программа прогнозирования возможных осложнений в процессе бурения в режиме реального времени на основе искусственных нейронных сетей и расчёта удельной механической энергии : № 2021664686 : заявлено 22.09.2021 : опубликовано 30.09.2021 / Куншин А. А., Стариков В. В., Буслаев Г. В. ; заявитель СПГУ. – 1 с.

Соискателем создана концепция и произведены расчеты и проверка алгоритма определения механической удельной энергии для оценки эффективности бурения скважин.

11. Патент № 2749705 Российская Федерация, МПК E21B 17/07.

Амортизатор наддолотный : № 2020139107: заявл. 30.11.2020: опубл. 16.06. 2021 / Куншин А. А., Сидоров Д. А., Буслаев Г. В., Двойников М. В. ; заявитель СПГУ. – 8 с. : ил.

Соискателем сформирована концепция устройства для снижения вибраций и ударов колонны труб в процессе бурения скважин. Создан чертеж устройства и описание к нему.

Апробация работы проведена на всероссийских и международных конференциях, в том числе на российской технической конференции «SPE Russian Petroleum Technology Conference» (г. Москва, 2018); 12-й Российско-германской сырьевой конференции (г. Санкт-Петербург, 2019); международной научно-практической конференции «Рассохинские чтения» (г. Ухта, 2021).

В диссертации Куншина Андрея Андреевича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: руководителя направления по ОТ, ПБ и ООС компании АО «Зарубежнефть», кандидата технических наук Ягудиной Лилии Вакилевны; генерального директора компании ООО «Перфобур», кандидата технических наук Лягова Ильи Александровича; технического директора холдинговой компании ООО «ХК «ПетроГазТех», доктора технических наук Кузнецова Романа Юрьевича; начальника управления департамента развития нефтепереработки и нефтехимии компании ПАО «Газпром нефть», доктора технических наук Клейменова Андрея Владимировича; руководителя направления компании ООО «Газпронефть НТЦ», кандидата технических наук Базырова Ильдара Шамилевича; доцента кафедры бурения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинского государственного технического университета», кандидата технических наук Каменских Сергея Владиславовича, доцента кафедры нефтегазового дела федерального государственного образовательного

учреждения высшего образования «Иркутского национального исследовательского технического университета», кандидата технических наук Пушмина Павла Сергеевича, начальника центра технологий строительства и ремонта скважин компании ООО «Газпром ВНИИГАЗ», доктора технических наук Мнацаканова Вадима Александровича.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеется ряд замечаний:

1. На мой взгляд, отсутствует описание конструкции и действия наддолотного амортизатора. В совокупности с разработанными математической моделью и алгоритмом, а также с описанием кинематики данного устройства сформировалась бы более законченная и целостная картина всех результатов исследований. Также, не описано каким образом получены данные, используемые для расчетов и верификации математической модели и алгоритма, а именно – оборудование телеметрии, характеристики акселерометра и параметры калибровки измерительных приборов. Не хватает информации о данных, используемых при подготовке исходных данных посредством нейросети (к.т.н., генеральный директор, Лягов Илья Александрович).

2. Отсутствует указание на приложение рисунков, расположенных не в основном тексте автореферата. Плохо видны подписи по оси X рисунков 1, 5 и 6, возможно это погрешность печати автореферата на принтере. Не описан патент на устройство Амортизатора наддолотного в тексте автореферата (д.т.н., технический директор, Кузнецов Роман Юрьевич).

3. Описание результата работы математической модели и алгоритма базируется на основе одного типа горной породы, следовательно породы, обладающие другими физико-механическими свойствами, могут потребовать дополнительного изучения и описания. Также, стоит обратить внимание на требования к работе телеметрического оборудования в условиях высоких

температур и давлений, когда значения датчиков могут выдавать некорректные значения, поэтому требуется применять методы машинного обучения на скважинах-кандидатах со схожей литологической колонкой, для восстановления данных MWD и LWD (д.т.н., начальник управления департамента развития нефтепереработки и нефтехимии, Клейменов Андрей Владимирович).

4. Какой набор датчиков необходим в телеметрической системе для возможности использования рассмотренной в работе методики в процессе бурения скважины? Можно ли принимать показатели деформации горных пород в качестве параметра глубины резания при разрушении породы? В научной новизне указано, что «Полученная зависимость ударно-вращательного импульса компоновки низа бурильной колонны, на основе интерпретации данных...». От чего получена зависимость импульса? (к.т.н., руководитель направления, Базыров Ильдар Шамилевич).

5. Отсутствуют пояснения о том, как разработанная математическая модель будет работать при разном количестве данных со скважин при условии роторного бурения, бурения ГЗД или бурения при помощи роторных управляемых систем (доцент, к.т.н., Пушмин Павел Сергеевич).

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 оперативного контроля и управления фактической нагрузкой на долото PDC, позволяющая сбалансировать систему статической и динамической составляющих фактической нагрузки на долото и повысить эффективность бурения скважин;

предложены коэффициент разгрузочной способности КНБК, позволяющий рассчитать энергоэффективную нагрузку на долото PDC в

зависимости от объемных результирующих напряжений в горной породе, возникающих в результате режуще-скалывающего действия резцов PDC в процессе бурения скважин;

доказана, теоретически обоснована и научно подтверждена целесообразность и необходимость целесообразности мониторинга и прогнозирования процесса формирования нагрузки на долото PDC при бурении скважин;

введены новый алгоритм и разработан программный комплекс, позволяющий, используя данные геофизических исследований скважин и параметров бурения с датчиков телеметрии в режиме реального времени, прогнозировать фактическую нагрузку на долото PDC для энергоэффективного и безаварийного строительства скважин.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что с увеличением энергии на вращение долота PDC возникают упругие удары породоразрушающего инструмента о забой. При недостаточном внедрении резцов долота PDC существует высокая вероятность возникновения крутильных колебаний, обусловленных аксиальным и латеральным виброускорением;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы алгоритмы цифровых информационных ресурсов авторской документации в соответствии с предметом исследований. В вычислительных экспериментах использованы методы машинного обучения для решения задачи классификации промысловых данных и корреляционный анализ в среде объектно-ориентированного языка программирования Python, методы математической статистики, в том числе корреляционно-регрессионный анализ. Математическая модель разработана на основе положений гипотезы малости деформации, четвертой теории прочности и теории Пальмгрена-Майнера;

изложены доказательства, что для повышения эффективности бурения скважин долотами PDC в перемежающихся по твёрдости горных

породах необходимо создать технологию оперативного управления нагрузкой на долото и прогнозирования сбалансированности системы статической и динамической ее составляющих на основе интерпретации данных виброускорения и геомеханических свойств горных пород, получаемых в режиме реального времени с телеметрических систем КНБК;

раскрыт механизм увеличения механической скорости бурения долотами PDC за счет управления нагрузкой на долото с учетом ударно-вращательного импульса КНБК;

изучено влияние аксиальных, латеральных и крутильных вибраций на энергоэффективность бурения горных с разными физико-механическими свойствами.

проведена модернизация существующих математических моделей и алгоритмов, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации.

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

разработаны и внедрены программы для определения необходимой нагрузки на долото с учетом виброускорения КНБК с возможностью прогнозирования возможных осложнений в процессе бурения в режиме реального времени на основе искусственных нейронных сетей и расчета удельной механической энергии (свидетельства: № 2020615753; № 2020616213 и № 2021665628) для повышения энергоэффективности бурения скважин долотами PDC, которые успешно прошли промысловые испытания при бурении скважины самоходной буровой установкой GM 200 GL на полигоне «Нефтяник» Горного университета. Расчет по математической модели, представляющей совокупность разработанных программ, с учетом известных физико-механических свойств горных пород, показал, что ударно-вращательный импульс составляет от 70 до 90 кН. Следовательно, фактическая нагрузка на долото варьируется от 90 до 110 кН. Причем латеральные биения составляют 70 % от общей динамики колебаний КНБК.

После проведения соответствующих расчетов нагрузку на долото снизили до 1,5 кН от первоначального значения 40 кН, это обеспечило рост аксиальных перемещений и снизило латеральные, что обеспечило снижение виброускорения КНБК с 18 до 9 g и увеличение механической скорости бурения с 2-4 м/ч до 8-10 м/ч;

определен диапазон продольной и поперечной деформации в ходе лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород с твердостью от 60 до 170 МПа, позволяющий оценить глубину внедрения режущей части вооружения долота PDC для оперативного определения ударно-вращательного импульса КНБК и его прогнозирования по литолого-стратиграфическому разрезу скважины;

создана математическая модель, позволяющая определить энергоэффективную нагрузку на долото режуще-скалывающего действия – PDC, представленную введенным коэффициентом разгрузочной способности КНБК, на основе энергоэффективного разрушения горной породы в зависимости от виброускорения телесистемы и объемных результирующих напряжений в горных породах;

разработана технология мониторинга и прогнозирования энергоэффективной нагрузки на долото PDC на основе предложенного алгоритма определения минимального результирующего виброускорения КНБК и глубины резания горной породы, обеспечивающие создание ее оптимального ударно-вращательного импульса;

представлены рекомендации к использованию разработанных математической модели и алгоритма определения параметров бурения с использованием в качестве породоразрушающего инструмента долота PDC включены в состав учебно-методического комплекса для обучения бакалавров и магистров по направлениям подготовки 21.03.01, 21.04.01 «Нефтегазовое дело» Горного университета.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты по определению физико-механических свойств горных пород и расчета энергоэффективной нагрузки на долото получены на специализированном оборудовании на базе Горного университета;

теория построена на известных закономерностях и согласуется с опубликованными ранее экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики и обобщении зарубежного и отечественного передового опыта решения задач динамики бурильной колонны в процессе бурения скважин и существующих технологических решений контроля и управления параметрами бурения, а также методов получения более достоверной информации, получаемой с забоя по каналам связи с датчиков, устанавливаемых в телеметрических системах КНБК;

использованы данные, полученные ранее по рассматриваемой тематике, для сравнения их с авторскими данными;

установлено, что результаты и основные выводы работы не противоречат данным в разное время, опубликованным другими исследователями по данной тематике;

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

Личный вклад соискателя состоит в: проведении соискателем теоретических и лабораторных исследований, опытно-промышленного испытания на специализированном полигоне с получением исходных данных и верификации полученных результатов. Соискателем разработана математическая модель и алгоритм для создания технологии мониторинга и прогнозирования энергоэффективной нагрузки на долото PDC в процессе бурения скважин. Соискателем подготовлены основные публикации по выполненной работе, а также получены 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. На уровне изобретения соискателем разработано устройство амортизатора наддолотного, способствующего

повышению эффективности бурения скважин, в том числе в интервалах, перемежающихся по прочности пропластков горных пород.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний.

Соискатель **Куншин Андрей Андреевич** ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 3 февраля 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Куншину А.А. ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи, имеющей важное значение для развития нефтегазовой отрасли и направленной на повышение эффективности бурения скважин разработкой технологии оперативного контроля и управления фактической нагрузкой на долото PDC.

При проведении тайного голосования с использованием информационно-коммуникационных технологий при участии в удаленном интерактивном режиме членов диссертационного совета диссертационный совет в количестве «11» человек, из них «10» докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из «12» человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – «11», против «нет».

Председательствующий
Заместитель председателя
диссертационного совета

Гореликов Владимир Георгиевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Шабаров Аркадий Николаевич

