

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

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 15.07.2026 № 6

О присуждении Кутузову Павлу Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии мониторинга напряженно-деформированного состояния бурильной колонны при углублении наклонно направленных скважин» по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин принята к защите 13.05.2026, протокол заседания № 5, диссертационным советом ГУ.10 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 20.04.2023 № 600 адм, с изменениями от 11.07.2023 № 1079 адм, от 25.04.2024 № 633 адм, от 29.07.2024 № 1207 адм, от 11.09.2024 № 1331 адм.

Соискатель, Кутузов Павел Андреевич, 04 ноября 1998 года рождения, в 2022 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело.

С 01.10.2022 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры бурения скважин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре бурения скважин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

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

Официальные оппоненты:

Хузина Лилия Булатовна – доктор технических наук, профессор, государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти», кафедра бурения нефтяных и газовых скважин, заведующий кафедрой;

Лягов Илья Александрович – кандидат технических наук, ООО «Перфобур», генеральный директор;
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»**, г. Самара, в своем положительном отзыве, подписанном Ковалем Максимом Евгеньевичем, кандидатом технических наук, доцентом, исполняющим обязанности заведующего кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин», Камаевым Данилой Романовичем, старшим преподавателем той же кафедры, секретарем заседания и утвержденным Ереминым Антоном Владимировичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе, указала, что теоретическая значимость диссертационной работы заключается в теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении возможности обеспечения энергоэффективности бурения

наклонно направленных скважин за счет применения технологии мониторинга и прогнозирования напряженно-деформированного состояния бурильной колонны. Получены новые результаты, характеризующие влияние распределения сил трения, динамических нагрузок и геолого-технологических факторов на формирование критического состояния бурильной колонны, предшествующего энергетически неэффективным ее пространственным формам. Разработанные алгоритмы мониторинга и прогнозирования напряженно-деформированного состояния бурильной колонны, а также методы идентификации потери устойчивости могут быть внедрены в автоматизированные системы контроля и управления процессом бурения для обеспечения энергоэффективности, снижения аварийности и предупреждения повышенного износа бурильного инструмента.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, в том числе в 2 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 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получен 1 патент.

Общий объем – 3,79 печатных листов, в том числе 2,73 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. Оперативный контроль технологии бурения. Оптическое волокно как новый инструмент измерений и связи для условий бурения наклонно направленных скважин / **П. А. Кутузов**, М. В. Двойников, А. А. Мелехин [и

др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2023. – № 5(365). – С. 11-19. – DOI 10.33285/0130-3872-2023-5(365)-11-19. – EDN PNZIDH (№ 2447 Перечня ВАК ред. 25.04.2023)

Соискателем осуществлены расчеты прочности оптоволоконного кабеля в скважинных условиях, потерь сигнала, гидравлических потерь из-за сужения канала при наличии кабеля во внутритрубном пространстве и проведены эксперименты исследования герметичности оптических коннекторов в циркулирующей среде бурового раствора. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность реализации оптоволоконной телесистемы в скважинных условиях. Разработаны схемы реализации оптоволоконных телесистем в системах мониторинга напряженно-деформированного состояния (НДС) буровой колонны (БК), основанных на прямых измерениях.

2. Двойников, М. В. Разработка методики исследования потери прямолинейной формы устойчивости буровой колонны в динамических условиях / М. В. Двойников, **П. А. Кутузов** // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2024. – № 8(152). – С. 68-74. – EDN QSMRJF (№ 1094 Перечня ВАК ред. 10.06.2024)

Соискателем разработана методика проведения лабораторных экспериментов исследования потери устойчивости буровой колонны в динамических условиях. Проведены лабораторные эксперименты влияния колебаний на потерю устойчивости. Установлено, что при наличии колебаний скорость осевой деформации колонны в закритическом состоянии увеличивается и приближается к ожидаемому теоретическому результату при отсутствии трения колонны о стенки скважины, что связано с наличием боковой компоненты скорости при вибрационном воздействии.

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

3. Dvoynikov, M. V. Analysis of Efficiency of Communication Channels for Monitoring and Operational Control of Oil and Gas Wells Drilling

Process / M. V. Dvoynikov, **P. A. Kutuzov** // International Journal of Engineering, Transactions A: Basics. – 2025. – Vol. 38, No. 1. – P. 120-131. DOI: 10.5829/ije.2025.38.01a.12.

Двойников, М. В. Анализ эффективности каналов связи для мониторинга и оперативного контроля процесса бурения нефтяных и газовых скважин / М. В. Двойников, **П. А. Кутузов** // Международный журнал по инженерии, Журнал А: Основы. – 2025. – Т. 38, № 1. – С. 120-131. DOI: 10.5829/ije.2025.38.01a.12.

Соискателем проведен анализ эффективности внутрискважинных каналов связи на основе отечественного и зарубежного опыта в разработке и применении технико-технологических решений. Предложена классификация систем мониторинга и их возможные схемы реализации с делением на четыре типа в зависимости от оснащенности техническими средствами, полноты и достоверности информации о внутрискважинных условиях.

4. Dvoynikov, M. V. Identification of critical and post-critical states of a drill string under dynamic conditions during the deepening of directional wells / M. V. Dvoynikov, **P. A. Kutuzov** // Eng. – 2025. – Vol. 6, Issue 11. – p. 306. DOI: 10.3390/eng6110306

Двойников, М. В. Идентификация критического и закритического состояний бурильной колонны в динамических условиях в процессе углубления наклонно направленных скважин / М. В. Двойников, **П. А. Кутузов** // Энг. – 2025. – Т. 6, Вып. 11. – С. 306. DOI: 10.3390/eng6110306

Соискателем разработана методика проведения численных экспериментов влияния разноамплитудных и разночастотных колебаний на потерю устойчивости. Установлено, что силы трения влияют на величину критических нагрузок потери устойчивости и в основном стабилизируют бурильную колонну. Выявлены механизмы влияния колебаний на критическое состояние бурильной колонны, к ним относятся: формирование эксцентриситета от бокового прогиба при воздействии поперечных

колебаний, нивелирование гравитационного ускорения при воздействии вертикальных колебаний, рост мгновенной осевой нагрузки, явление параметрического резонанса. Обнаружен эффект высокоамплитудных поперечных колебаний в синусоидальной форме бурильной колонны и их гашения при переходе в спиральную форму. Предложен способ идентификации и локализации потери устойчивости за счет отслеживания осевой деформации бурильной колонны измерением скорости движения талевого блока и веса на крюке.

Публикации в прочих изданиях:

5. Неопределенности процесса бурения наклонно направленных скважин на примере потери устойчивости бурильной колонны / **П. А. Кутузов**, М. В. Двойников // Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья : Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–24 мая 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 2024. – С. 36-37.

Соискателем проведен анализ неопределенностей моделирования напряженно-деформированного состояния бурильной колонны в процессе углубления наклонно направленных скважин. Сделан вывод об отсутствии технических средств и способов выявления развития продольного изгиба бурильной колонны при бурении наклонно направленных скважин, что требует разработки технологии мониторинга НДС БК для контроля пространственной формы внутрискважинного инструмента.

Патенты:

6. Патент № 2850145 Российская Федерация, СПК E21B 47/007 (2025.08); G01N 3/08 (2025.08). Лабораторная установка для исследования продольного изгиба бурильной колонны в динамических условиях. Заявка №2025107717: заявл. 17.12.2024: опубл. 05.11.2025 / **П.А. Кутузов**, М.В. Двойников; заявитель/патентообладатель федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 10 с.: ил.

Соискателем разработана лабораторная установка для исследования продольного изгиба бурильной колонны в динамических условиях. Расширение функциональных возможностей лабораторной установки достигается за счет использования вибровозбудителя с контролем уровня вибрационного воздействия датчиком акселерометром-инклинометром, что приводит к более точному моделированию процесса продольного изгиба бурильной колонны при бурении.

Апробация работы проведена на 5 научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе на 3 международных. За последние 3 года принято участие в 4 научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе на 3 международных:

1. XIV специализированная выставка-форум «Нефтедобыча. Нефтепереработка. Химия» (16-18 ноября 2022, г. Самара);
2. III Международная научно-практическая конференция «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» (20-24 мая 2024, г. Санкт-Петербург);
3. Всероссийская научно-практическая нефтегазовая конференция «Молодой взгляд на проблемы ТЭК» (16-17 октября 2025, г. Тюмень);
4. Международная научно-практическая конференция имени Д.И. Менделеева (20-22 ноября 2025, г. Тюмень);
5. XIV Международная конференция «Наука без границ» (1-6 декабря 2025, г. Тобольск).

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

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего кафедрой нефтегазового дела ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», к.т.н. **Н.А. Буглова** и доцента

той же кафедры, к.т.н. **П.С. Пушмина**; главного эксперта ООО «СибГеоПроект», д.т.н., доцента **Ю.В. Ваганова**; профессора кафедры бурения нефтяных и газовых скважин РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д.т.н., профессора **С.Л. Симонянца**; руководителя проектов по сопровождению строительства скважин г. Пермь ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» **А.А. Предеина**; генерального директора ООО НПП «БУРИНТЕХ», д.т.н., профессора **Г.Г. Ишбаева** и ведущего инженера-конструктора отдела скважинного гидромеханического инструмента, к.т.н. **С.Ю. Вагапова**; директора по НИОКР ООО «Перфобур», д.т.н. **А.В. Лягова**; главного научного сотрудника Научного центра нелинейной волновой механики и технологии РАН ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук» д.т.н. **А.П. Аверьянова**; генерального директора ООО «Химпром», к.т.н. **В.В. Минибаева**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечены ряд замечаний и вопросов:

1. В автореферате явно не отражена зависимость между геометрическими характеристиками профилей, в частности, величин зенитных углов, и результатами исследования (к.т.н. **Н.А. Буглов** и к.т.н. **П.С. Пушмин**);
2. Разницу между изображениями, приведенными на рисунке 7 автореферата, идентифицировать сложно (к.т.н. **Н.А. Буглов** и к.т.н. **П.С. Пушмин**);
3. В автореферате не указана численная (либо процентная) величина снижения энергозатрат на углубление наклонно направленных скважин, достигаемая посредством результатов исследования (к.т.н. **Н.А. Буглов** и к.т.н. **П.С. Пушмин**);

4. Из автореферата неясно, почему осуществляется аппроксимация линейной части графика результатов лабораторных экспериментов (**д.т.н. Ю.В. Ваганов**);

5. Какие границы применимости разработанного алгоритма идентификации и локализации потери устойчивости буровой колонны? (**д.т.н. Ю.В. Ваганов**);

6. К замечаниям можно отнести некорректную величину осевой нагрузки на стр. 11 «500 кН», что явно не соответствует методике эксперимента (**д.т.н. Г.Г. Ишбаев и к.т.н. С.Ю. Ваганов**);

7. Из автореферата не совсем понятно, как оценивалась адекватность экспериментальной установки реальным исследуемым процессам (**д.т.н. Г.Г. Ишбаев и к.т.н. С.Ю. Ваганов**);

8. В качестве замечания – предложения хочу отметить, что решение уравнения Матье, полученное автором, в дальнейшем позволит построить зоны динамической устойчивости с использованием, например, диаграммы Айнса - Стретта, и оценить их при рассмотренных в диссертации нестационарных параметрических колебаний. При этом нужно иметь в виду, что за границы наиболее важных первой и второй области устойчивости отвечают изгибная и крутильная жесткости динамически возмущенной части компонок и коэффициент затухания. Подбирая затем параметры специальных виброгасителей и демпферов, установленных в расчетных местах компонок или наоборот – возбудителей колебаний, можно вывести предложенную КНБК из зон неустойчивости. Для дальнейшего развития данного направления технологии мониторинга НДС буровой колонны предлагаю установить и исследовать эти зоны (**д.т.н. А.В. Лягов**);

9. В автореферате не приводится количественная оценка критерия энергетической эффективности предлагаемых технико-технологических решений (**д.т.н. А.П. Аверьянов**);

10. В автореферате ограниченно раскрыты вопросы устойчивости разработанного алгоритма идентификации и локализации потери

устойчивости к изменениям геолого-технических условий и погрешностям исходных данных (**д.т.н. А.П. Аверьянов**);

11. В работе недостаточно раскрыт вопрос учета бурового раствора при исследовании влияния динамических условий на устойчивость бурильной колонны, поскольку взаимодействие бурильного инструмента с жидкой средой может оказывать влияние на параметры колебаний, в том числе за счет демпфирующего эффекта (**к.т.н. В.В. Минибаев**).

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 научно-методическая основа мониторинга напряженно-деформированного состояния бурильной колонны при углублении наклонно направленных скважин, включающая математическое описание напряженно-деформированного состояния бурильной колонны с учетом динамических условий, методику проведения численных и лабораторных исследований, алгоритм идентификации и локализации потери устойчивости, а также рекомендации по предотвращению формирования продольных изгибов бурильной колонны;

предложены новый подход к идентификации критического и закритического состояния бурильной колонны по изменению скорости движения талевого блока и веса на крюке, способ обработки данных инклинометрии извилистых участков ствола скважины для повышения качества математического моделирования, классификация систем мониторинга напряженно-деформированного состояния бурильной колонны и лабораторная установка для исследования потери устойчивости бурильной колонны в динамических условиях;

доказана перспективность использования технологии мониторинга и прогнозирования НДС БК для обеспечения энергетической эффективности углубления наклонно направленных скважин;

введены новые диагностические признаки идентификации потери устойчивости бурильной колонны, основанные на изменении скорости ее осевой деформации и особенностях динамического поведения при изменении форм ее устойчивого состояния.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о влиянии динамических условий бурения на критические нагрузки потери устойчивости бурильной колонны, о существовании стабилизирующих и дестабилизирующих амплитудно-частотных зон, а также о возможности использования закономерностей изменения скорости деформации бурильной колонны в качестве критерия идентификации ее критического и закритического состояния;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс аналитических методов механики бурильной колонны, математического моделирования напряженно-деформированного состояния, метода конечных элементов, лабораторных экспериментальных исследований, методов обработки экспериментальных данных и анализа промысловых данных;

изложены теоретические положения, описывающие влияние осевых и поперечных колебаний на напряженно-деформированное состояние бурильной колонны, механизмы изменения сил трения в динамических условиях, а также принципы построения систем мониторинга напряженно-деформированного состояния бурильной колонны различного уровня сложности;

раскрыты механизмы влияния динамических воздействий на изменение критических нагрузок, перераспределение контактных сил и сил трения, особенности формирования синусоидального и спирального изгибов

бурильной колонны, а также причины возникновения дополнительных энергетических потерь при потере устойчивости;

изучены взаимосвязи между параметрами динамического воздействия, распределением сил трения, напряженно-деформированным состоянием бурильной колонны, критическими нагрузками потери устойчивости и эффективностью передачи осевой нагрузки на долото.

проведена модернизация существующих аналитических моделей напряженно-деформированного состояния бурильной колонны путем учета влияния динамических условий на силы трения, совершенствования обработки данных инклинометрии для имитации поведения жесткой колонны, способов идентификации формирования продольного изгиба и его формы на основе совместного анализа скорости движения талевого блока и веса на крюке.

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

разработаны и внедрены в 2026 году в производственной, научно-исследовательской и проектной деятельности ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» (акт внедрения от 24.03.2026 №1) математическая модель НДС БК; технические предложения по выполнению конструктивных схем систем мониторинга НДС БК; рекомендации по обеспечению устойчивого состояния БК при строительстве наклонно направленных скважин;

определены пределы и перспективы практического применения разработанной технологии мониторинга при использовании аналитических моделей и систем прямых измерений;

создана система практических рекомендаций по мониторингу напряженно-деформированного состояния бурильной колонны, идентификации критического состояния, определению фактических критических нагрузок и предупреждению формирования продольных изгибов при бурении наклонно направленных скважин.

представлены рекомендации по построению архитектуры систем мониторинга напряженно-деформированного состояния бурильной колонны, выбору диагностических параметров, использованию разработанного алгоритма в составе автоматизированных систем управления буровых комплексов, а также рекомендации по обеспечению энергоэффективности процесса бурения за счет контроля и управления пространственной формой БК.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием разработанной лабораторной установки, обеспечивающей воспроизводимость экспериментов, а выводы подтверждены сериями повторных лабораторных исследований, численным моделированием методом конечных элементов, сопоставлением результатов экспериментов с аналитическими решениями и с промышленными данными;

теория построена на фундаментальных положениях механики деформируемого твердого тела, теории устойчивости систем, современных представлениях о напряженно-деформированном состоянии бурильной колонны, согласуется с известными аналитическими моделями и опубликованными результатами отечественных и зарубежных исследований;

идея базируется на применении технологии контроля и прогнозирования НДС БК, основанной на использовании совокупности экспериментально установленных критериев и аналитических зависимостей, обеспечивающей оперативное определение пространственного положения бурильной колонны в процессе углубления наклонно направленных скважин;

использованы результаты сравнения авторских исследований с известными аналитическими решениями, опубликованными экспериментальными данными и современными научными работами отечественных и зарубежных авторов по вопросам моделирования напряженно-деформированного состояния и потери устойчивости бурильных колонн;

установлено качественное согласование полученных закономерностей с фундаментальными представлениями о критическом и закритическом поведении бурильной колонны, а также качественное и количественное согласование результатов численного моделирования, лабораторных экспериментов и анализа промысловых данных в пределах принятых допущений;

использованы современные методы математического моделирования, обработки экспериментальных данных, статистической обработки результатов повторных испытаний, метод конечных элементов при численном моделировании, а также численные и лабораторные экспериментальные исследования, выполненные в широком диапазоне частот, амплитуд и видов динамических воздействий.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования; разработке лабораторной установки для исследования потери устойчивости в динамических условиях; разработке методики проведения физических и численных экспериментов; проведении физических и численных экспериментов, обработке и интерпретации результатов экспериментов; разработке схем реализации систем мониторинга НДС БК; разработке алгоритма идентификации и локализации потери устойчивости бурильной колонны; разработке комплекса мер по недопущению формирования продольных изгибов бурильной колонны.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Кутузов Павел Андреевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 15.07.2026 диссертационный совет принял решение присудить **Кутузову П.А.** ученую степень кандидата технических наук за

решение научной задачи, направленной на обеспечение энергоэффективности углубления наклонно направленных скважин усовершенствованием методов контроля напряженно-деформированного состояния бурильной колонны и управления ее пространственной формой в условиях геолого-технологических неопределенностей, имеющей важное значение для развития нефтегазовой отрасли страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 9, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председательствующий
заместитель председателя
диссертационного совета



Ученый секретарь
диссертационного совета

Шабаров
Аркадий Николаевич

Блинов
Павел Александрович

15.07.2026 г.