

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

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 01.07.2025 № 3

О присуждении Минаеву Якову Денисовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обоснование и разработка технологии изоляции газовых и газоконденсатных пластов с аномально низкими давлениями при освоении горизонтальных скважин» по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин принята к защите 28.04.2025, протокол заседания № 2, 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, Минаев Яков Денисович, 16 января 1998 года рождения, в 2021 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело.

С 01.10.2021 года по настоящее время является аспирантом 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, **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.

Верисокин Александр Евгеньевич – кандидат технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Северо-Кавказский федеральный университет, факультет нефтегазовой инженерии, кафедра разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, доцент кафедры; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»**, г. Пермь в своем положительном отзыве, подписанном Чернышовым Сергеем Евгеньевичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Нефтегазовые технологии», Мелехиным Александром Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом той же кафедры, секретарём заседания, и утвержденном Швейкиным Алексеем Игоревичем, доктором физико-математических наук, доцентом, проректором по науке и инновациям, указала, что теоретическая значимость работы заключается в научном обосновании механизма формирования газо- и гидродинамического равновесия в интервале вскрытия продуктивного пласта горизонтальным стволом скважины с учетом термобарических условий. Практическая значимость состоит в разработке технологии изоляции пластов с аномально-низким пластовым давлением, а также в предложенной методике подбора оптимальных параметров закачки, направленной на обеспечение устойчивого газо- и гидродинамического равновесия в процессе освоения.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 5 печатных работах, 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 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получен 1 патент.

Общий объем – 3,63 печатных листов, в том числе 1,85 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. Методика определения параметров щадящего глушения после МГРП / М.В. Двойников, **Я.Д. Минаев** // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2023. – № 3(135). – С. 28-32. (ВАК № 1013 ред. 29.03.2023).

Соискателем был проанализирован отечественный и международный опыт заканчивания скважин после многостадийного гидроразрыва пласта, рассмотрены основные способы замены подземного оборудования после интенсификации. Разработана методика планирования и проведения работ, позволяющая повысить эффективность технологии и сохранить фильтрационно-емкостные характеристики пласта-коллектора за счёт предотвращения поглощения технологических жидкостей при глушении.

2. Разработка технологии освоения газовых и газоконденсатных скважин на регулируемом давлении / М.В. Двойников, Н.Ю. Кузнецова, **Я.Д. Минаев**, Е. В.Крюков // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2022. – № 1. – С. 23-29. (ВАК № 290 ред. 29.03.2022).

Соискателем произведен анализ отечественного и зарубежного опыта в применении технологий вскрытия и заканчивания нефтяных скважин, позволяющих минимизировать повреждение продуктивного пласта, с целью адаптации данных технологий для применения на газовых скважинах и разработки технологии освоения скважин после ГРП на регулируемом давлении с использованием жидкого пакера.

3. Двойников, М.В. Обоснование возможности и оценка эффективности применения технологии бурения скважин на депрессии с регулируемым давлением / М.В. Двойников, Н.Ю. Кузнецова, **Я.Д. Минаев** // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 9(345). – С. 5-9. – DOI 10.33285/0130-3872-2021-9(345)-5-9. (ВАК № 2177 ред. 12.07.2021).

Соискателем разработаны алгоритм и программа оценки возможности и рациональности применения технологии бурения на депрессии с использованием современного устьевого и глубинного оборудования контроля и поддержания требуемого давления равновесия в системе скважина-пласт. Для каждого из этапов оценки разработаны собственные методы выбора критериев, в частности - математические модели промывки скважины пенами, которые могут быть представлены

как растворами на углеводородной основе, насыщенной азотом, так и разными видами водных растворов с учетом их физико-механических и химических воздействий.

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

4. Dvoynikov, M.V., **Minaev, Y.D.** Mathematical Model of Non-pressurized Flow for Calculating Killing of Gas Wells with Abnormally Low Reservoir Pressures. // International Journal of Engineering, Transactions A: Basics. – 2025. – Vol. 38, Issue 7. – pp. 1677-1684. DOI: 10.5829/ije.2025.38.07a.18

Двойников М.В., Минаев Я.Д. Математическая модель безнапорного потока для расчета глушения газовых скважин с аномально-низкими пластовыми давлениями // International Journal of Engineering, Transactions A: Basics. – 2025. – 38(7). – 1677-1684. DOI: 10.5829/ije.2025.38.07a.18

Соискателем описан физический механизм разрыва потока жидкости при закачке. Выведена математическая зависимость, описывающая разрыв потока жидкости в трубах при закачивании в условиях аномально низких пластовых давлений. Предложена математическая модель, описывающая физические процессы, происходящие при глушении газовой скважины с АНПД. Разобран процесс глушения по каждому этапу, предложена методика подбора оптимальных технологических параметров. Произведены верификационные расчёты, произведено сравнение полученных результатов с промысловыми данными.

5. Технология глушения газовых скважин на регулируемом давлении / М.В. Двойников, **Я.Д. Минаев**, В.В. Минибаев [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335, № 1. – С. 7-18. – DOI: 10.18799/24131830/2024/1/4315. (БАК-МБД (GeoRef, Scopus, WoS(ESCI) № 674 ред. 31.12.2023)

Соискателем обосновано негативное влияние жидкости глушения на низкопроницаемые газовые пласты, разработана технология щадящего глушения газовых и газоконденсатных скважин с использованием гибких насосно-компрессорных труб и оборудования для проведения операций на регулируемом давлении, представлена технологическая схема размещения и обвязки оборудования при глушении; проведены лабораторные исследования и подобраны технологические параметры для второй блокирующей пакки – жидкого пакера, для дополнительной изоляции газового пласта; построена математическая модель процесса глушения газовых скважин по разработанной технологии, проведен расчет для условий газоконденсатного месторождения Восточной Сибири, представлены результаты моделирования технологических операций, отражающие изменение

основных технологических параметров в ходе работ по глушению.

Патенты:

6. Патент №2813414 Российская Федерация, МПК E21B 43/12 (2006.01); СПК E21B 43/12 (2024.01). Способ глушения горизонтальных газовых скважин. Заявка №2023116506: заявл.23.06.2023: опубл. 12.02.2024 / **Я.Д. Минаев**, М.В. Двойников; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». - 20с.

Соискателем разработана технология глушения газовых скважин с горизонтальным окончанием после гидроразрыва пласта, за счет обеспечения гидродинамического равновесия в системе скважина-пласт с помощью оборудования для проведения работ на регулируемом давлении.

Апробация работы проведена на 6 научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе на 5 международных. За последние 3 года принято участие в 5 научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе на 4 международных:

1. Международная научно-практическая конференция «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» (15-16 ноября 2022, г. Санкт-Петербург);

2. Региональная научно-техническая конференция молодых специалистов ООО «РН-Сервис» (14 марта 2023 г., г. Самара);

3. Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии – нефтегазовому региону» (22-25 мая 2023, г. Тюмень);

4. V Международная научно-практическая конференция «Инновации для повышения эффективности сопровождения нефтегазовых активов» (18-20 октября 2023 года, г. Пермь);

5. IX Международная научно-практическая конференция «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли» (20 декабря 2024 года, г. Альметьевск).

В диссертации Минаева Якова Денисовича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: **Н.А. Буглова**, к.т.н., доцента, заведующего кафедрой нефтегазового дела ФГБОУ ВО «Иркутский научно-исследовательский технический университет»; **С.И. Грачева**, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» и **Ж.М. Колева**, к.т.н.,

доцента кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»; **С.В. Каменских**, д.т.н., доцента, доцента кафедры «Бурения, машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов» ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»; **М.М. Фаттахова**, к.т.н., начальника Управления технологии строительства скважин ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»; **А.А. Каракозова**, к.т.н., доцента, первого проректора ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»; **С.Л. Симонянца**, д.т.н., профессора, профессора кафедры бурения нефтяных и газовых скважин РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина; **Г.Г. Гиляева**, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Нефтегазовое дело» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»; **Р.Ю. Кузнецова**, д.т.н., генерального директора ООО «Сабсоил ЭС Рус»; **М.С. Антонова**, к.т.н., заместителя генерального директора по науке и инжинирингу, ООО «РН-Технологии»; **Н.М. Мниха**, к.ф.-м.н., доцента отделения нефтегазового дела ИШПР НИ ТПУ; **Ф.А. Агзамова**, д.т.н., профессора кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; **И.В. Бурьяненко**, к.т.н., заместителя генерального директора по науке АО «Ритверц».

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 отмечен ряд замечаний и вопросов:

1. В таблице 1 приводятся верификационные данные выведенного уравнения для скважинных условий, которое не отображается в тексте, а указанные отклонения статистически не подтверждаются (к.т.н. **Н.А. Буглов**);
2. Отсутствует рисунок 3Б, упомянутый на странице 13 (к.т.н. **Н.А. Буглов**);
3. Для моделирования устьевого давления, на наш взгляд, следовало бы воспользоваться модифицированной моделью Ансари, как более точной по сравнению с моделью Хасана-Кабира (к.т.н. **Н.А. Буглов**);
4. В системе дифференциальных уравнений (3) не показана связь между уравнениями, входящими в систему (д.т.н. **С.И. Грачев**, к.т.н. **Ж.М. Колев**);
5. В третьем уравнении системы дифференциальных уравнений (3) под знаком квадратного корня находится размерная величина. Чем это объясняется (д.т.н. **С.И. Грачев**, к.т.н. **Ж.М. Колев**)?

6. Исходные данные для системы уравнений (3) приведены в системе СИ, следовательно, непонятно наличие в третьем уравнений системы значений 10^3 и 10^{-3} (д.т.н. **С.И. Грачев**, к.т.н. **Ж.М. Колев**);
7. В актуальности темы исследования указаны месторождения Восточной Сибири (Ковыктинского ГКМ), тогда как практический опыт представлен по месторождениям Севера Западной Сибири (Ямбургского НГКМ) (к.т.н. **М.М. Фаттахов**);
8. Пояснить взаимосвязь технологии изоляции, заявленной в теме диссертационной работы, с разработанной и апробированной технологией глушения с использованием блокирующего состава (к.т.н. **М.М. Фаттахов**);
9. В первой главе при анализе проблем, возникающих при глушении газовых и газоконденсатных скважин с АНПД необходимо больше внимания уделить отечественному опыту работ с критическим анализом положительных и отрицательных моментов (д.т.н. **Г.Г. Гиляев**);
10. В диссертации разработан способ глушения газовых и газоконденсатных скважин с АНПД для применения в условиях Ковыктинского ГКМ. Однако промысловые работы на скважине, судя по тексту, не проведены. Только практическая апробация разработанной технологии может однозначно подтвердить правильность теоретических и лабораторных результатов (д.т.н. **Г.Г. Гиляев**);
11. На стр. 10 автор описывает экспериментальную установку, но не говорит о критериях моделирования, положенных в основу её разработки. Поэтому не ясно, как соотносятся расходы и давления, определяющие разрыв сплошности потока с реальными давлениями, возникающими в скважинных условиях (д.т.н. **Ф.А. Агзамов**);
12. Для рис. 9 хотелось бы видеть глубину скважины по вертикали для того, чтобы выделить гидростатическую составляющую давлений (д.т.н. **Ф.А. Агзамов**);
13. Возможно ли применение радиоизотопных методов для контроля плотности потока технологических жидкостей аналогично использованию многофазных расходомеров в нефтегазовой промышленности? (к.т.н. **И.В. Бурьяненко**)

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:

разработан методический подход к проектированию изоляции газовых и газоконденсатных пластов с АНПД, включающий подбор технологических жидкостей, режима закачивания, рекомендации по профилированию потока, дросселированию и контролю противодавления, критерии оценки режима закачивания и условий достижения гидродинамического равновесия;

предложены технология изоляции газовых и газоконденсатных пластов с АНПД и методика определения оптимальных параметров закачки технологических жидкостей при освоении газовых скважин с АНПД на основе газо- и гидродинамического равновесия;

доказана возможность создания газо- и гидродинамического равновесия в системе «горизонтальный ствол скважины – призабойная зона пласта», на основе контроля сплошности прокачиваемых технологических жидкостей, позволяющего обеспечить минимальное воздействие избыточного давления при освоении скважин с АНПД;

введено понятие «критического расхода» жидкости в трубах, характеризующего переход между безнапорным и напорным режимами течения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость обоснования и разработки новых технологических решений для освоения газовых и газоконденсатных пластов с АНПД, основанных на создании газо- и гидродинамического равновесия в системе скважина-пласт за счёт оперативного контроля и управления забойным и устьевым давлениями в процессе закачки технологических жидкостей;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** современные методы экспериментальных исследований и математического моделирования, проведение вычислительных экспериментов и статистический анализ результатов;

изложены современные концепции и методические подходы к изоляции продуктивных интервалов, применяемые в отечественной и международной практике, а также специфика работы в горизонтальных стволах, применяемые пакерующие устройства и рецептуры блокирующих составов, позволяющих изолировать продуктивный пласт и обеспечить его надёжную защиту на время работ;

раскрыты проблемы, характерные для газовых и газоконденсатных скважин, вскрывающих продуктивные пласты с АНПД, рассмотрены процессы, характерные для закачки технологических жидкостей в скважины с недостатком пластовой энергии, выделены факторы, определяющие забойное давление в газовой скважине при глушении и методы их контроля;

изучены основные факторы, влияющие на формирование забойного давления в газовых и газоконденсатных скважинах при изоляции пластов, включая: давление и температуру продуктивного пласта, свойства пластового флюида, профиль и конструкцию скважины, технологию изоляции и применяемое оборудование, технологические параметры закачивания, скорость СПО и темпы дросселирования;

проведена модернизация методического подхода к проектированию изоляции газовых и газоконденсатных пластов с АНПД, включающая подбор технологических жидкостей, режима закачивания, рекомендации по профилированию потока, дросселированию и контролю противодействия, оценку режима закачивания и условий достижения гидродинамического равновесия.

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

разработаны и внедрены в 2025 году в производственной деятельности компании ООО «ВЭЛ ИНЖИНИРИНГ» (акт внедрения от 14.03.2025): математические зависимости, описывающие состояние потока технологических жидкостей при закачивании в интервал продуктивных пластов с АНПД; математическая модель глушения газовых и газоконденсатных скважин в условиях аномально-низких пластовых давлений; методические рекомендации по расчету оптимальных параметров закачивания технологических жидкостей при глушении газовых скважин с АНПД на основе газо- и гидродинамического равновесия.

определены перспективы использования в производственной практике разработанной технологии изоляции горизонтального участка, основанной на поддержании газо- и гидродинамического равновесия в системе скважина-пласт за счёт регулирования сплошности потока закачиваемой технологической жидкости, компенсации поршневых эффектов при спуске и подъеме инструмента снижением устьевых и нагнетаемых давлений;

создан методический инструментарий для проектирования изоляции газовых и газоконденсатных пластов с АНПД, включающий подбор технологических жидкостей, режима закачивания, рекомендации по профилированию потока, дросселированию и контролю противодействия, критерии оценки режима закачивания и условий достижения гидродинамического равновесия;

представлены предложения по использованию предложенных методических решений при проектировании и проведении изоляционно-освоенческих работ в скважинах, осложнённых АНПД, использованию модели и методики в качестве основы для разработки технологических регламентов, выбора оборудования и составов жидкостей, а также использованию результатов

работы в обучении инженерного персонала сервисных и проектных организаций.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на современных исследованиях в области освоения газовых и газоконденсатных скважин с АНПД, включая проектирование гидравлической программы, контроль давления в системе скважина-пласт и технологические методы обеспечения надёжного глушения в условиях АНПД, согласуется с опубликованными научными работами по теме диссертации;

идея базируется на создании и поддержании газо- и гидродинамического равновесия в системе скважина-пласт за счёт контроля сплошности закачиваемых технологических жидкостей, использовании возникающего при подъеме ГНКТ разрежения и компенсации скачков давления дросселированием на устье;

использованы общенаучные и частно-научные методы сравнения и аналогий, анализа и синтеза, а также экспериментальное исследование и математическое моделирование изучаемых процессов, проведение вычислительных экспериментов и анализ графических и числовых результатов;

установлены соответствие полученных результатов поставленной цели исследования и отсутствие противоречий выводов и рекомендаций соискателя положениям теоретико-методологической базы по теме диссертации;

использованы современные качественные и количественные методы, в т.ч. система теоретических, эмпирических методов с включением механистического (численного) моделирования, оценка результатов исследований и достоверность с использованием дисперсионного и регрессионно-корреляционного анализа.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования; математическом описании механизма формирования забойного давления и получении математических зависимостей, описывающих неустановившийся поток технологических жидкостей при закачивании в скважину с АНПД; разработке экспериментального стенда; проведении лабораторных и численных экспериментов; разработке методики проектирования изоляции газовых и газоконденсатных пластов; разработке способа глушения газовых и газоконденсатных скважин с АНПД.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Минаев Яков Денисович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 01.07.2025 диссертационный совет принял решение присудить **Минаеву Я.Д.** ученую степень кандидата технических наук за разработку технологии изоляции продуктивных пластов с аномально-низкими пластовыми давлениями, обеспечивающей повышение качества освоения горизонтальных газовых и газоконденсатных скважин, имеющей существенное значение для развития нефтегазовой отрасли.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 10 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 11, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель заседания,
заместитель председателя
диссертационного совета



Шабаров Аркадий
Николаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Блинов Павел
Александрович

01.07.2025 г.