

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.358.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 декабря 2023 г. протокол № 7

О присуждении Ардаширову Айрату Робиртовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика адаптивной коррекции динамических погрешностей инклинометров на основе феррозондовых магнитометров и акселерометрических датчиков» по специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки) принята к защите 12 октября 2023 г., протокол заседания № 6, диссертационным советом 24.2.358.01, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»: 614990, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Диссертационный совет создан приказом Минобрнауки России № 853/нк от 12 июля 2022 г.

Соискатель, Ардаширов Айрат Робиртович, 07 сентября 1976 года рождения. Окончил «Уфимский государственный авиационный технический университет» с присуждением квалификации «Инженер» по специальности «Информационно измерительная техника и технологии» (решение Государственной аттестационной комиссии от 10 июня 1998 года).

С 2004 по 2008 год обучался в заочной аспирантуре ОАО НПФ «Геофизика» по направлению подготовки 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

В настоящее время работает директором Научно-производственного предприятия ООО «СмартГИС» (г. Уфа).

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизация, телекоммуникация и метрология» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Научный руководитель – Миловзоров Георгий Владимирович, доктор технических наук, профессор, директор Сарапульского политехнического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», профессор кафедры «Автоматизация, телекоммуникация и метрология» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (по совместительству).

Официальные оппоненты:

Астраханцев Юрий Геннадьевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории скважинной геофизики Института геофизики имени Ю.П. Булашевича УрО РАН (г. Екатеринбург),

Ясовеев Васих Хаматович, доктор технических наук, профессор кафедры электронной инженерии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (г. Уфа)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ООО «Нефтегазгеофизика» (г. Тверь) в своем положительном отзыве, утверждённом генеральным директором, кандидатом технических наук Вадимом Рафисовичем Хаматдиновым, и подписанным научным сотрудником лаборатории геонавигационных систем ООО «Нефтегазгеофизика», кандидатом физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния» Ильей Викторовичем Гринёвым, указала, что диссертационная работа Ардаширова Айрата Робиртовича на тему «Методика адаптивной коррекции динамических погрешностей инклинометров на основе феррозондовых магнитометров и акселерометрических датчиков» посвящена решению актуальной задачи скважинной инклинометрии, содержит новые результаты по части построения математических моделей, связывающей внутренние параметры инклинометрических устройств, совокупные задержки при последовательных опросах измерительных сигналов с акселерометров и феррозондов и погрешности расчетных значений искомых углов пространственной ориентации при геофизических исследованиях в открытом стволе скважины и при сопровождении бурения.

Диссертация изложена грамотным научным языком, обладает внутренним единством, хорошо оформлена. К наиболее сильным местам диссертации можно отнести тщательно проведенное математическое моделирование с большим количеством графических материалов для разных сочетаний параметров инклинометрических устройств.

Принципиальных замечаний нет.

Основные результаты диссертационных исследований представлены в виде 12 публикаций, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 1 патент на способ и докладывались на 7 международных и всероссийских конференциях.

Диссертационная работа соответствует пунктам 21 и 23 паспорта специальности 1.6.9 и критериям 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842 (с дополнениями и изменениями), а ее автор Ардаширов Айрат Робиртович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 «Геофизика».

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

Публикации в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК

1. **Ардаширов, А.Р.** Анализ динамических погрешностей забойных инклинометрических систем в условиях внешних крутильных возмущений / А.Р.

Ардаширов, Г.В. Миловзоров, А.Г. Миловзоров // Научно-технический вестник «Каротажник». 2023. Вып. 1 (321). - С. 95-105 (личный вклад автора 33 %).

2. Морозова, Е.С. О применении кватернионов в математическом моделировании трехкомпонентных векторно-измерительных преобразователей / Е.С. Морозова, Д.Г. Миловзоров, А.С. Дьячков, **А.Р. Ардаширов** // Информационно-измерительные и управляющие системы. - 2012.- № 12.- С. 42-47 (личный вклад автора 25%).

3. Ахметсафин, Р.Д. Автономная геофизическая система «Горизонталь» с доставкой на бурильных трубах / Р.Д. Ахметсафин, **А.Р. Ардаширов**, А.А. Булгаков, И.Р. Габдрахманов, В.И. Дворкин, В.Я. Иванов, М.А. Сулейманов, В.Н. Служаев, А.Р. Лаздин // Научно-технический вестник «Каротажник». 2005. №10-11(137-138). - С. 39-46 (личный вклад автора 11%).

Публикации в других изданиях

4. **Ардаширов, А.Р.** О применении инклинометрического модуля в скважинной геофизической аппаратуре / А.Р. Ардаширов // Актуальные проблемы науки и техники: матер. I Междунар. науч.-техн. конф. (Сарапул, май 2021 г.) / [Электронный ресурс]. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т.Калашникова, 2021. С. 265-269 (личный вклад автора 100 %).

5. **Ардаширов, А.Р.** О динамических погрешностях инклинометрических систем / А.Р. Ардаширов, Г.В. Миловзоров // Актуальные проблемы науки и техники: матер. II Междунар. науч.-техн. конф., посв. 70-летию ИМИ - ИжГТУ и 60-летию СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т.Калашникова» (Сарапул, 19-21 мая 2022 г.) / [Электронный ресурс]. – Ижевск: Изд-во УИР ИжГТУ имени М.Т.Калашникова, 2022. С. 497-501. (личный вклад автора 50 %).

6. Миловзоров, Г.В. Особенности функционирования инклинометров в условиях воздействия низкочастотных крутильных колебаний / Г.В. Миловзоров, **А.Р. Ардаширов**, Д.Г. Миловзоров // Приборостроение в XXI веке - 2022. Интеграция науки, образования и производства: сборник материалов XVIII Всероссийской научно-технической конференции (Ижевск, 23-25 нояб. 2022 г.). – Ижевск: Изд-во УИР ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2023. С. 218-222 (личный вклад автора 33 %).

В работах, опубликованных соискателем ученой степени, в которых изложены основные научные результаты диссертации, недостоверных сведений, заимствований материалов или отдельных результатов без указания ссылок установлено не было.

На автореферат диссертации поступили 10 отзывов, **все положительные**. Среди них 9 отзывов с замечаниями:

1. *Нистюк Анатолий Иванович*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сети связи и телекоммуникационные системы» ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», отмечает:

– следовало бы провести соответствие положений, выносимых на защиту, с пунктами формулы научной специальности;

– пункт 2 заключения описан общими словами и содержит утверждение применимости классических основ и общей теории.

2. *Васин Николай Николаевич*, доктор технических наук, профессор кафедры сетей и систем связи ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникации и информатики», отмечает:

– уменьшение динамической погрешности измерения «искомых углов пространственной ориентации не менее, чем на 10-15%» в автореферате не подтверждено таблицами, графиками или другими результатами.

3. *Петушков Михаил Юрьевич*, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры электроники и микроэлектроники ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», отмечает:

– на рис. 4 отсутствуют подписи на осях и из текста не понятно расхождения в величинах составляют процентов;

– отсутствуют пояснения, из каких составляющих складываются «задержка» в опросе датчиков.

4. *Ахметсафин Раис Дахиевич*, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информатики и геоинформационных систем ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), отмечает:

– стр. 16. Не указаны времена задержки в опросе датчиков, и, соответственно, изменения углов поворота скважинного прибора за это время (например, при частоте 2 Гц). В таблице 1 логичным было бы дополнить колонки А1÷А5 такими значениями;

– стр. 18. Не обоснованы коэффициенты -6 и +8 грубого пересчета показаний датчиков феррозондов;

– стр. 16-18. Фактически решаются две задачи одномерной оптимизации (при оценке углов поворота прибора вокруг своей оси). Существует множество методов, однако, в автореферате нет обоснования выбранных решений задачи оптимизации (например, сопоставления с методом Ньютона).

5. *Салахов Тимур Рамилевич*, начальник отдела электроники АО НПФ «Геофизика», кандидат технических наук, отмечает:

– в работе указывается, что доминирующие влияние оказывают низкочастотные крутильные воздействия, но что можно считать низкочастотным, не ясно; также, не понятно, данная градация подразумевает разделение на низкочастотное и высокочастотное воздействие или имела иной смысл;

– из текста автореферата не ясно, рассматриваемая модель учитывает только осесимметричное положение акселерометрических и феррозондовых магнитных датчиков, и будет ли она применима для приборов с датчиками, смещенными от оси в сторону цилиндрической стенки прибора.

6. *Кризский Владимир Николаевич*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информатики и компьютерных технологий» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», отмечает:

– в отличии от других, в работе №11 списка основных публикаций автора по теме диссертации не указан личный вклад автора в процентах.

7. *Перельгин Владимир Тимофеевич*, зам. генерального директора по науке АО НПП «ВНИИГИС», кандидат геолого-минералогических наук, отмечает:

– на рисунке 6 показаны графики распределения погрешностей визирного и зенитного угла. Не показано распределение погрешностей для азимутального угла;

– на рисунке 7 на графике приведена графическая интерпретация результатов экспериментальных исследований. Но не указано, для каких частот и амплитуд.

8. *Еремин Виктор Николаевич*, исполнительный директор ООО НПП ГА «Луч», кандидат технических наук, отмечает:

- отсутствие в перечне анализируемых влияющих факторов временных задержек, вызванных аналоговыми фильтрами.

9. *Чувькин Борис Викторович*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», отмечает:

- термин «низкочастотная составляющая крутильных воздействий» определен только качественно, не даны числовые значения границ частотного диапазона;

- в третьем защищаемом положении не раскрыт процесс подтверждения адекватности разработанных математических моделей феррозондовых магнитометров и акселерометрических датчиков.

Отзыв без замечаний прислал:

1. *Иванов Владимир Александрович*, генеральный директор ООО «Удмуртнефтегеофизика», кандидат технических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается общностью тематики исследования: ООО «Нефтегазгеофизика», одного из ведущих научно-технических центров России в области разработки техники и технологий геофизических исследований и контроля нефтегазовых скважин; Астраханцев Ю.Г. является известным специалистом в области разработки геофизической аппаратуры и магнитометрических исследований; Ясовеев В.Х – специалист по вопросам математического моделирования и обработки сигналов с акселерометрических и феррозондовых датчиков. Официальные оппоненты и ведущая организация имеют широкую известность, высокую научную компетентность, значительные достижения в данной области наук и способны определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** совокупность новых математических моделей инклинометрических устройств с дополнительной матрицей поворотов базиса корпуса скважинного прибора вокруг продольной оси на малые угловые параметры, определяемые совокупной задержкой последовательных опросов информационных сигналов с акселерометрических и феррозондовых датчиков;

- **выявлено** доминирующее влияние низкочастотных крутильных воздействий на значения измеряемых сигналов с феррозондовых и акселерометрических датчиков, обусловленных спецификой эксплуатации инклинометрических устройств при проведении скважинных геофизических исследований в открытом стволе и при геофизическом сопровождении проводки скважин;

- **предложена** методика адаптивной коррекции динамических погрешностей инклинометрических устройств, включающая верификацию численных значений малых угловых параметров, характеризующих внешние крутильные возмущения;

- **доказана** перспективность применения на практике предложенной методики коррекции динамических погрешностей инклинометрических устройств.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано**, что применение программно-алгоритмического и методического обеспечения, основанного на новых математических моделях, позволяет уменьшать динамические погрешности инклинометрических устройств;

- **выявлено**, что между инклинометрическими исследованиями в открытом стволе и замерами забойными инклинометрическими устройствами при геофизическом сопровождении проводки скважин могут проявляться существенные расхождения по азимуту и зенитному углу;

- **применительно** к тематике диссертации результативно использованы известные положения общей теории пространственной ориентации твердых тел, основанных на векторно-матричном математическом аппарате, согласно которым сложные пространственные повороты твердого тела разбиваются на отдельные плоские повороты ортогональных базисов вокруг собственных осей;

- **изложены** результаты исследований и экспериментальной апробации усовершенствованной методики адаптивной коррекции динамических погрешностей, позволяющей повысить точность определения значений информационных сигналов с феррозондовых и акселерометрических датчиков инклинометрических устройств;

- **раскрыты** проблемы технической реализации и обработки результатов измерений в условиях внешних воздействий на значения измеряемых сигналов;

- **изучены** факторы, влияющие на решение задач пространственной ориентации в инклинометрии, при переходе от одной системы координат к другой;

- **проведена** модернизация традиционной методики алгоритмической коррекции погрешностей инклинометрических устройств, позволяющей обеспечить улучшение точностных характеристик за счет уменьшения влияния динамических погрешностей.

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

- **разработаны и внедрены** схемотехнические решения инклинометров и методики программно-алгоритмической коррекции результатов измерений в ОАО «Когалымнефтегеофизика» и ОАО НПФ «Геофизика»;

- **определены** наиболее перспективные направления улучшения точностных характеристик инклинометров, основанные на усовершенствованной методике алгоритмической обработки результатов замеров;

- **создан** программно-алгоритмический комплекс, реализующий методику адаптивной коррекции информационных сигналов с феррозондовых и акселерометрических датчиков, путем использования верификации численных значений калибровочных параметров, и обеспечивающей улучшение точностных характеристик инклинометрических устройств;

- **разработана** специализированная установка и проведены экспериментальные исследования динамических погрешностей инклинометрических устройств, предложенная методика адаптивной алгоритмической коррекции позволяет уменьшить динамические погрешности;

- **представлены** результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также результаты математического моделирования на ЭВМ;

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

- для **экспериментальных работ** достоверность гарантирована применением сертифицированных и аттестованных приборов;

- **теория построена** на корректном применении матричного математического аппарата;

- **идея базируется** на алгоритмической коррекции измерительных сигналов с феррозондовых и акселерометрических датчиков с помощью методики адаптивной идентификации корректирующих параметров и верификации их численных значений;

- **установлено**, что для инклинометров с феррозондовыми и акселерометрическими датчиками практическое применение предложенной усовершенствованной методики адаптивной коррекции позволяет улучшить их точностные показатели;

- **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, результаты вычислительных и натурных экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

- непосредственное участие в разработке математического и программно - алгоритмического обеспечения для инклинометрических измерений;

- разработка методики адаптивной идентификации корректирующих параметров и верификации их численных значений;

- выполнение моделирования на ЭВМ и проведении вычислительных экспериментов;

- создание специализированной установки и выполнении комплекса экспериментальных исследований;

- внедрении результатов диссертационных исследований в производственных организациях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- в докладе не было пояснений, которые касаются применения углов Эйлера, преобразований матриц, кватернионов;

- необходимо совершенствовать методику, чтобы она нашла применение не только для феррозондовых инклинометров, но и для гироскопических приборов при проведении других геофизических исследований в скважинах.

Соискатель Ардаширов Айрат Робиртович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по применению установки и экспериментальным исследованиям динамических погрешностей инклинометрических устройств, а также возможностям методики адаптивной алгоритмической коррекции для уменьшения динамических погрешностей.

На заседании 21 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение: в диссертационной работе изложены научно обоснованные технические, технологические и методические решения в области геофизического сопровождения скважин, имеющие существенное значения для повышения эффективности поисков, разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, и присудить Ардаширову Айрату Робиртовичу учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 11 докторов наук по специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки), участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 11; против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета 24.2.358.01,
доктор технических наук,
профессор

В.И. Костицын

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.358.01,
доктор геолого-минералогических наук,
доцент



П.А. Красильников

21 декабря 2023 г.