

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

24.1.107.01, созданного на базе ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова» Российской академии наук по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук

аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 10 октября 2022 г. № 3
О присуждении **Волковицкому Андрею Кирилловичу**, гражданину Российской Федерации ученой степени доктора технических наук

Диссертация «Методы и алгоритмы повышения эффективности аэроэлектроразведочных измерительных систем и комплексов» по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации» принята к защите «16» июня 2022 г. (протокол №2) диссертационным советом 24.1.107.01, созданным на базе ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова» Российской академии наук, 117997, Москва, ул. Профсоюзная 65, утвержденным Приказом ВАК № 1223-в от 29.12.2000 г., перерегистрирован 11.04.2012 г., Приказ № 105НК и Приказ № 561/НК от 03.06.2021 г.

Соискатель **Волковицкий Андрей Кириллович** 1955 года рождения в 2012 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационном совете, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова» Российской академии наук, работает в должности старшего научного сотрудника Лаборатории №1 «Динамических информационно-управляющих систем им. Б. Н. Петрова» ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова» Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Лаборатории №1 «Динамических информационно-управляющих систем им. Б. Н. Петрова» ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова» Российской академии наук.

Научный консультант – доктор технических наук **Павлов Борис Викторович**, главный научный сотрудник Лаборатории №1 «Динамических информационно-управляющих систем им. Б. Н. Петрова» ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова» Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- 1) **Тригубович Георгий Михайлович**, доктор технических наук, профессор, Акционерное общество «ЕМ-разведка», директор по геофизике;
- 2) **Модин Игорь Николаевич**, доктор технических наук, ФГБОУ «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова», кафедра геофизических методов исследования земной коры, профессор;

3) **Гетманов Виктор Григорьевич**, доктор технических наук, профессор, Геофизический центр Российской академии наук, директор научно-образовательного центра «Геофизические процессы и геоинформатика» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Геофизическое научно-производственное предприятие «Аэрогеофизика» в своем положительном заключении, подписанном директором, указала, что диссертация А.К. Волковицкого представляет крупный вклад в области совершенствования средств и методов аэрогеофизических исследований. В ней разработаны новые подходы и методы построения аэроэлектроразведочных систем, обработки получаемой информации, технологии выполнения съемок, которые могут использоваться при проектировании аппаратуры, разработке программного обеспечения аэросъемочных комплексов. Результаты работы имеют важное практическое значение и могут использоваться: на производственных геофизических предприятиях, выполняющих аэрогеофизические исследования; при проектировании новых аэроэлектроразведочных систем; в образовательном процессе вузов геолого-геофизической направленности.

Заключение ведущей организации содержит следующие замечания:

1) Вопросам методики геофизической интерпретации получаемых аэроэлектроразведочных данных в работе следовало бы уделить большее внимание. В частности, в работе упомянуто вычисление кажущихся удельных сопротивлений и даже приведены соответствующие карты, однако метод и алгоритм вычисления не рассмотрен.

2) Применительно к работе алгоритма адаптивной коррекции не рассмотрено влияние изменчивости параметров возбуждающей дипольной системы и оценки возможности учета этого влияния.

Отмечено, что указанные недостатки несколько не снижают высокой оценки диссертационной работы Волковицкого А.К. Скорее, они являются пожеланиями для будущих исследований автора.

Соискатель имеет 57 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 40 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, – 18 работ, из которых две монографии, глава в книге (в соавторстве с А.А.Кауфманом и Р.Смитом), 5 статей и докладов из перечня Web of Science/Scopus, 12 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, 22 работы в сборниках трудов российских и международных конференций, научно-технических журналах.

Наиболее значимые публикации из числа рецензируемых изданий:

- 1) Volkovitsky A.K. Adaptive Algorithm of Quasi-Stationary Periodic Processes Measurements Control // Automation and Remote Control. – 2021. – Vol. 82, – № 3. – С. 516–525.

- 2) Pavlov B.V., Volkovitskii A.K., Karshakov E.V. Low Frequency Electromagnetic System of Relative Navigation and Orientation // Gyroscopy and Navigation. – 2010. – Vol. 1, – № 3. – P. 201–208.
- 3) Павлов Б.В., Волковицкий А.К. Аэроэлектроразведочные измерительные комплексы и пути повышения их эффективности // Управление большими системами. – 2015. – № 54. – С. 134–165.
- 4) Волковицкий А.К., Каршаков Е.В., Павлов Б.В. Позиционирование подвижных объектов в низкочастотном электромагнитном поле. Ч. 1. Базовый алгоритм относительного позиционирования // Проблемы управления. – 2013. – № 1. – С. 57–62.
- 5) Волковицкий А.К., Каршаков Е.В., Павлов Б.В. Позиционирование подвижных объектов в низкочастотном электромагнитном поле. Ч. 2. Особенности технической реализации // Проблемы управления. – 2013. – № 2. – С. 58–64.
- 6) Волковицкий А.К., Вовенко Т.А., Каршаков Е.В., Павлов Б.В. Электромагнитная система относительного позиционирования в аэроэлектроразведочных комплексах // Датчики и системы. – 2013. – № 6. – С. 44–52.
- 7) Волковицкий А.К., Каршаков Е.В., Павлов Б.В. Управление проводкой атмосферного летательного аппарата // Вопросы оборонной техники. Серия 9. Специальные системы управления, следящие приводы и их элементы. – 2012. – Вып. 5(257). – С. 49–56.
- 8) Волковицкий А.К., Гольдин Д.А., Каршаков Е.В., Павлов Б.В. Принципы построения, структуры и алгоритмы аэроэлектроразведочных комплексов: монография в двух частях. Часть 1. Состояние, проблемы и теоретические основы // М.: ИПУ РАН. – 2013. – 142 с.
- 9) Волковицкий А.К., Гольдин Д.А., Каршаков Е.В., Павлов Б.В. Принципы построения, структуры и алгоритмы аэроэлектроразведочных комплексов: монография в двух частях. Часть 2. Пути и методы реализации // М.: ИПУ РАН. – 2013. – 114 с.
- 10) Smit R., Volkovitskiy A. Airborne Electromagnetic Prospecting Systems // In Kaufman A. Principles of Electromagnetic Methods in Surface Geophysics. – Amsterdam: Elsevier B.V., – 2014. – С. 679–710

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов.

Все отзывы **положительные**.

Без замечаний – отзыв д.т.н., проф, **В.Н.Конешова**, г.н.с., зав. Лаб. № 601 Гравиинерциальных измерений ФГБУН Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта Российской академии наук.

Отзывы с замечаниями:

1) Отзыв на автореферат д.т.н, проф. **В.С.Гаврилова**, главного научного сотрудника АО «Научно-производственный центр автоматики и

приборостроения им. академика Н.А.Пилюгина» содержит следующие замечания:

– Применительно к задаче стабилизации и адаптивной коррекции указано, что предложенный алгоритм имеет ограничения, однако сами эти ограничения в автореферате не приведены.

– Применительно к задаче калибровки системы относительного позиционирования не определено количественно влияние несовершенства зондирующей системы на точность определения координат и углов.

– В части формирования управляющей информации для пилота не рассмотрен контроль высоты полета над съемочным рельефом.

2) Отзыв на автореферат д.т.н., старшего научного сотрудника **В.В.Щербинина**, начальника научно-технического отделения АО «Центральный научно-исследовательский институт автоматики и гидравлики»:

– При рассмотрении метода и алгоритма относительного позиционирования не показана зависимость точности позиционирования от геометрических параметров излучателя, в реальности не являющегося системой точечных диполей, как это предполагает предложенный базовый алгоритм.

3) Отзыв на автореферат д.г.-м.н., заслуженного геолога РФ, почетного разведчика недр, академика РАЕН **А.И.Иванова**, научного руководителя ФГБУ ЦНИГРИ и к.г.-м.н. **С.Г.Мишенина**, заведующего отделом геофизики:

– Характер изложения смешанный, целесообразно было бы разделить теоретические и практические результаты, которые воплощены в реальной новой технологии и, что особенно важно, внедрены в практику геолого-разведочных работ.

4) Отзыв на автореферат д.ф.-м.н., проф. **А.И.Матасова**, ведущего научного сотрудника Лаборатории управления и навигации механико-математического факультета МГУ:

– Параметры систем ЕМ4Н и «Экватор» отражены в трех таблицах: Таблица 1 (сравнение систем), Таблица 2 (характеристики ЕМ4Н) и Таблица 3 (характеристики «Экватора»), однако, например, значения дипольных моментов указаны существенно разные.

– Нет пояснений к рисунку 13, сам же рисунок не дает полного представления о конфигурации излучателей.

5) Отзыв на автореферат д.г.-м.н., профессора, академика РАЕН, **П.А.Игнатова**, зав. Кафедрой геологии полезных ископаемых ФГБОУ высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»

– Следовало более детально раскрыть эффективность применения алгоритмов системы относительного позиционирования, влияние поля отклика на точность позиционирования.

– Часть данных в таблицах 1, 2 и 3 не согласована. Расходятся значения дипольных моментов, определяющие динамический диапазон измерительных систем.

– Целесообразно более подробно описать эффективность применения разработок на двух-трех примерах по оценке перспектив территорий на ценные полезные ископаемые.

б) Отзыв на автореферат д.т.н., профессора **С.С.Гаврюшина**, заведующего кафедрой «Компьютерные системы автоматизации производства» Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана:

– Применительно к работе алгоритмов системы относительного позиционирования влияние поля отклика на точность позиционирования приведено лишь схематично. Упомянуто, что по результатам вычисления параметров поля отклика в результаты позиционирования могут быть внесены поправки, однако соответствующий алгоритм не рассмотрен.

– При описании работы индикатора пилота и схемы расчета управляющей информации не указано, как определяются значения коэффициентов ПИД-регулятора.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается профилем их научной деятельности и профессиональных интересов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **изучены** исторические аспекты становления и развития, особенности современного состояния и тенденции развития аэроэлектроразведочных технологий;
- **разработаны** научно обоснованные подходы к разработке и созданию эффективных аэроэлектроразведочных систем, комплексов и технологий;
- **предложен** метод и алгоритм адаптивной коррекции и стабилизации измерительных характеристик аэроэлектроразведочных установок;
- **теоретически обоснована** возможность высокоточного относительного позиционирования приемной системы аэроэлектроразведочной установки в низкочастотном переменном поле сосредоточенной системы трех возбуждающих дипольных излучателей;
- **разработаны** принципы технической реализации и алгоритм определения взаимного пространственного положения и угловой ориентации сосредоточенных возбуждающей и приемной систем аэроэлектроразведочной установки;
- для разнесенной зондирующей системы **показана** принципиальная возможность определения параметров поля отклика на фоне многократно его превышающего первичного возбуждающего поля;
- **разработаны** теоретические основы и алгоритмы калибровки аэроэлектроразведочных систем;
- **обоснована** принципиальная возможность построения аэроэлектроразведочных зондирующих систем с комплексным представлением получаемой информации одновременно в спектральной и временной формах;
- **созданы и внедрены** в практику аэрогеофизических исследований зондирующие системы аэроэлектроразведочных комплексов ЕМ4Н и «Экватор»,

функционирование которых основывается на предложенных методах и алгоритмах;

- **разработаны, реализованы и внедрены** в практику производственных аэрогеофизических работ алгоритмы и программы информационной поддержки навигационных режимов аэросъемочных полетов;

- на многочисленных примерах **показана** высокая эффективность решения геологических задач с применением аэроэлектроразведочных систем, построенных на основе предложенных методов и алгоритмов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Предложенные в работе метод и алгоритм контроля частотной характеристики зондирующей системы и адаптивной коррекции результатов измерений может быть использован для обеспечения стабильности функционирования не только аэроэлектроразведочных, но и других измерительных систем.

- Теоретические результаты, полученные в части алгоритмов относительного позиционирования в ближней зоне, могут быть использованы при разработке систем автоматической посадки, контроля взаимодействия подвижных объектов.

- Предложенный метод и алгоритм определения полного значения вектора поля отклика от зондируемой среды открывает новые возможности интерпретации результатов зондирования с применением разнесенных аэроэлектроразведочных установок.

- Предложенные алгоритмы информационной поддержки навигационных режимов аэросъемочного полета, основанные на взаимодействии информационной системы с пилотом, могут быть применены и для управления движением автономных беспилотных аппаратов.

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

На основе предложенных методов и алгоритмов созданы две принципиально новые аэроэлектроразведочные зондирующие системы и комплексы – ЕМ4Н и «Экватор», в реальных аэросъемочных работах демонстрирующие высокие показатели эффективности как в части полноты и достоверности результатов зондирования, так и в части технологичности, производительности и экономической эффективности применения, что подтверждается актами о внедрении от ОАО «Геотехнологии», ФГУП ВСЕГЕИ, АК «Норд Голд».

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты получены в процессе всестороннего анализа, аналитически обоснованы и аргументированы; теоретические построения опираются на данные первоисточников, хорошо согласуются с результатами исследований по смежной тематике; корректность полученных теоретических решений в части предложенных методов и алгоритмов подтверждается многочисленными натурными и модельными экспериментами.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном получении всех основных результатов диссертационной работы, а именно:

- выборе и обосновании критерия чувствительности зондирующей системы к полю отклика;
- разработке метода и алгоритма адаптивной коррекции и стабилизации аэроэлектроразведочных измерительных систем;
- разработке метода и алгоритма относительного позиционирования приемника разнесенной зондирующей системы в системе координат, связанной с источником поля;
- разработке алгоритмов калибровки аэроэлектроразведочных систем;
- разработке алгоритмов информационной поддержки навигационных режимов аэросъемочного полета.
- апробации теоретических результатов в докладах на научных и практических конференциях;
- внедрении результатов в производственную деятельность аэрогеофизических предприятий.

На заседании 10 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение: За решение научной проблемы по разработке методов и алгоритмов повышения эффективности аэроэлектроразведочных измерительных систем и комплексов, имеющих важное хозяйственное значение, присудить Волковицкому Андрею Кирилловичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.3.1, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени доктора технических наук – 22, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Зам. директора по научной работе
к.ф.-м.н.

И.Н. Барабанов

Зам председателя диссертационного совета
24.1.107.01, доктор технических наук

В.В.Кульба

Ученый секретарь диссертационного совета
24.1.107.01, кандидат технических наук

Е.Ф.Жарко

11 октября 2022 г.