

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Директор АО «ГНПП Аэрогеофизика»



Контарович Р.С.

2022 г.

## **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Акционерного общества «Геофизическое научно-производственное предприятие Аэрогеофизика»**

на диссертационную работу Волковицкого Андрея Кирилловича «Методы и алгоритмы повышения эффективности аэроэлектроразведочных измерительных систем и комплексов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки)»

#### **Актуальность темы диссертационной работы**

Диссертационная работа Волковицкого А.К. посвящена созданию новых методов построения аэроэлектроразведочных систем и технологий, занимающих важное место в арсенале современных методов исследования земных недр.

Неуклонно растущие требования к точности, чувствительности и информационной полноте аэроэлектроразведочных измерений, детальности и одновременно производственной эффективности аэрогеофизических работ определяют важность создания новых подходов к разработке аэрогеофизической аппаратуры, измерительных систем и технологических комплексов.

#### **Содержание работы, соответствие паспорту специальности**

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка публикаций, списка литературы. Работа изложена на 304 страницах.

Список цитируемой литературы включает 69 наименований. В приложении приведены справки о внедрении результатов диссертационной работы.

Во введении обосновывается актуальность, практическая и теоретическая ценность диссертационной работы. Дается краткий исторический очерк развития аэроэлектроразведки. Сформулированы цель и задачи исследования, изложены структура, основные положения и краткое содержание разделов.

Первая глава посвящена рассмотрению общих принципов измерений в рамках метода низкочастотной индуктивной аэроэлектроразведки, различным формам представления результатов, их информативности. Рассмотрено влияние искажающих факторов на измерительный процесс и ограничение полноты получаемой информации, показана необходимость и определены задачи калибровки. Приведена классификация зондирующих систем. Показаны два аспекта оценки эффективности: качество и достоверность получаемой информации зондирования, а также экономическая целесообразность применения.

Во второй главе рассмотрен метод и алгоритм адаптивной коррекции, его особенности и ограничения. Приведена оценка точности, результаты применения метода на практике.

Третья глава посвящена методу и алгоритму контроля геометрических параметров в разнесенной зондирующей системе. Изложены теоретические основы, предложен метод и алгоритм относительного электромагнитного позиционирования, дано описание процедур калибровки системы позиционирования. Приведены экспериментальные результаты и показана эффективность метода.

В четвертой главе рассмотрен метод и алгоритм получения полного значения поля отклика в разнесенной аэроэлектроразведочной системе на фоне многократно его превышающего первичного поля на основе приведения результатов измерений к полю виртуального  $\delta$ -излучателя. Показана

возможность получения полного отклика одновременно в частотной и временной формах, приведены данные, полученные системой с двойной формой представления результатов зондирования.

Пятая глава посвящена разработке метода и алгоритмов информационной поддержки навигационных режимов аэросъемочного полета. Рассмотрены режимы аэросъемочного полета и связанные с ними задачи управления. Предложено основанное на кинематическом подходе алгоритмическое решение для рассмотренных режимов, приведены практические результаты, показана эффективность метода и алгоритмов.

Шестая глава посвящена рассмотрению результатов применения предложенных методов и алгоритмов на практике в структурах двух аэроэлектроразведочных систем и комплексов: ЕМ4Н (со спектральным представлением результатов зондирования), и «Экватор» (с комбинированным представлением в спектральной и временной формах). Дано краткое техническое описание систем, показана эффективность применения при геофизических исследованиях.

### **Научная новизна полученных результатов**

1. Разработан новый подход к решению задачи стабилизации измерительных систем аэроэлектроразведочных установок, найден метод непрерывного контроля частотных характеристик, основанный на введении дополнительных источников эталонных воздействий, предложен алгоритм адаптивной коррекции, позволяющий определить параметры спектральной и временной характеристик среды в процессе зондирования.
2. Сформулирован новый оригинальный критерий априорной оценки чувствительности различных аэроэлектроразведочных систем к полю отклика от зондируемой среды.
3. Предложен метод и базовый алгоритм относительного

позиционирования и определения пространственных и угловых координат приемной системы относительно возбуждающей на основе измерения параметров переменного магнитного поля системы компактно размещенных дипольных излучателей.

4. Предложен алгоритм, позволяющий определить спектр и временную форму поля отклика в широком диапазоне свойств зондируемой среды при использовании разнесенной зондирующей системы.
5. Обоснован принципиально новый подход к созданию перспективных комбинированных аэроэлектроразведочных систем, объединяющих преимущества частотных методов зондирования и метода переходных процессов, предложены структура и алгоритмы, обеспечивающие их функционирование.
6. Разработаны алгоритмы калибровки разнесенных зондирующих систем, включающие калибровку системы относительного позиционирования.
7. Разработана структура, методы и оригинальные алгоритмы информационной системы поддержки навигационных режимов аэросъемочного полета.

#### **Достоверность и обоснованность полученных результатов**

Достоверность полученных результатов обеспечивается строгостью применяемого математического аппарата, результатами математического и компьютерного моделирования, подтверждается при анализе результатов обработки данных аэроэлектроразведочных, полученных в процессе экспериментальных и производственных работ, многочисленными публикациями и выступлениями на конференциях.

#### **Значимость полученных результатов**

**Теоретическая значимость** работы заключается в разработке научно обоснованных методов формирования структур комплексов технических и

программных средств аэроэлектроразведочных комплексов, обеспечивающих их эффективное применение в широком диапазоне условий зондирования на принципах частотного и временного представления геофизически значимой информации.

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.

**Практическая значимость** работы подтверждается внедрением полученных результатов в серийных аэрогеофизических комплексах: ЕМ4Н, ЭКВАТОР, в реальных аэросъемочных работах демонстрирующих высокие показатели эффективности: как в части полноты и достоверности результатов зондирования, так и в части технологичности, производительности и экономической эффективности применения.

### **Публикации, апробация работы и личное участие автора в получении результатов диссертации**

По теме диссертации всего опубликовано 40 работ, в том числе: две монографии, две статьи в журналах из перечня Web of Science/Scopus, три доклада из перечня Web of Science/Scopus, 11 статей в рецензируемых журналах, диссертация, глава в книге и 20 работ в сборниках трудов и тезисов конференций. Дополнительно приводится список работ по темам, смежным с темой диссертации: две монографии, две статьи в журналах из перечня Web of Science/Scopus, четыре статьи в рецензируемых журналах, 10 работ в сборниках трудов и тезисов конференций. Все результаты диссертационной работы получены А.К. Волковицким лично.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы предлагается использовать:

- на производственных геофизических предприятиях, выполняющих аэрогеофизические исследования;
- при проектировании новых аэроэлектроразведочных систем;
- в образовательном процессе вузов геолого-геофизической направленности.

### **Общая характеристика работы**

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 используются в производственном процессе рядом предприятий.

### **Замечания по диссертационной работе**

Отмечая высокий уровень полученных результатов, приводим замечания, возникшие при анализе текста диссертационной работы:

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.

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

### **Заключение**

Диссертация Волковицкого А.К. на соискание ученой степени доктора технических наук является законченной научной квалификационной работой, в которой решена крупная научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение – разработаны новые методы и алгоритмы обработки информации, повышающие эффективность аэроэлектроразведочных систем и комплексов применительно к решению геолого-геофизических задач, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора наук, а ее автор, Волковицкий Андрей Кириллович, заслуживает присуждения степени доктора технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (технические науки).

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены на заседании научно-технического совета АО «ГНПП Аэрогеофизика». Присутствовало 12 человек, протокол №4 от 09.08.2022 г.

Заместитель директора

АО «ГНПП Аэрогеофизика»

О.Р. Контарович

Главный геофизик

АО «ГНПП Аэрогеофизика»

П.С. Бабаянц

Ведущий геофизик

АО «ГНПП Аэрогеофизика»

А.А. Трусов

15.08.2022

Почтовый адрес: 125459, Москва, Походный проезд, д. 19

Вебсайт: <http://www.aerogeo.ru>

Телефон: +7 495 738 77 77

Электронный адрес: [agp@aerogeo.ru](mailto:agp@aerogeo.ru)

Сведения о составителях отзыва верны, личные подписи составителей заверяю:

Начальник отдела кадров

Л.В.Гассан

