

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертационной работе

БАРАНОВА Виктора Алексеевича

**«МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКСНОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В РАБОЧИХ РЕЖИМАХ»,**

представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальностям

2.2.4. Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины)
(технические науки)

2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы
(технические науки)

1. Актуальность работы

Известно, что многие естественные и искусственные объекты проявляют отдельные свои свойства на переменном токе или напряжении. Одной из величин, которая характеризует прохождение электрических сигналов через объекты различной физической природы, является комплексное сопротивление, измерение параметров которого позволяет получить уникальную информацию как о свойствах изучаемой физической или биологической системы, так и о механизме процессов, протекающих в ней. Последнее, на мой взгляд, обуславливает постоянную востребованность промышленности и других отраслей хозяйства в разработке и создании эффективных средств измерения параметров комплексных сопротивлений (ПКС), даже несмотря на то, что данному направлению в области электрических измерений уже много лет и есть давно сформировавшиеся и широко известные как в России, так и за рубежом, научные школы, включая пензенскую и самарскую.

Следует отдельно отметить, что задача измерения ПКС для объектов с неоднородной структурой (гетерогенных объектов), которой, собственно, и посвящено диссертационное исследование Баранова В.А., является нетривиальной и характеризуется высокой сложностью, т.к. для рассматриваемого класса объектов контроля свойственно наличие нескольких типов электрической проводимости, что, в свою очередь, приводит к нелинейности вольт-амперных характеристик и комплексного сопротивления объекта. Кроме того, при эксплуатации или производстве таких гетерогенных объектов, на результат преобразования ПКС существенное влияние будут оказывать внешние факторы, к числу которых, прежде всего, относится изменяющаяся температура в зоне контроля, а также использование для питания измерительных схем источников напряжения с ненормиро-

ванными метрологическими характеристиками (промышленная электросеть). Игнорирование указанных факторов может негативно сказаться на достоверности полученных результатов измерения ПКС, а также сформированных на их основе оценок функциональных параметров и характеристик самого объекта контроля.

Принимая во внимание богатую историю развития науки и техники электрических измерений, нельзя утверждать, что решений в рассматриваемой предметной области нет. Однако те из них, которые, по крайней мере, известны мне в части задачи определения параметров нелинейного комплексного сопротивления, носят разрозненный характер и не систематизированы. Кроме того, учитывая высокую востребованность подобного рода измерений в различных практических задачах промышленного производства, медицине и т.д., вопросы повышения эффективности средств контроля ПКС, равно как и улучшения их метрологических показателей, всегда находятся в фокусе внимания специалистов.

Вышесказанное позволяет мне утверждать, что решенные Барановым В.А. в рамках диссертационного исследования *задачи*, связанные с созданием научных и технических основ проектирования приборов для измерения составляющих комплексного сопротивления, частоты, напряжения и температуры в составе информационно-измерительных систем (ИИС) контроля параметров гетерогенных объектов в процессе их производства и эксплуатации, с совершенствованием метрологического обеспечения средств измерений ПКС, с исследованием возможностей и путей повышения эффективности существующих ИИС рассматриваемого класса, а также с разработкой соответствующего математического, алгоритмического, программного и аппаратного обеспечения таких систем, *актуальны, имеют важное хозяйственное значение, а их внедрение вносит значительный вклад в развитие страны.*

2. Общая характеристика работы

Диссертация Баранова В.А. обладает внутренним единством, написана технически грамотным языком, оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011. Общий объём рукописи составляет 318 страниц машинописного текста, что является достаточным для докторской диссертации и не превышает допустимого. Работа имеет чёткую структуру и состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы со 174 источниками и двух приложений. Отдельного упоминания заслуживает последняя, шестая, глава диссертации, в которой автор рассматривает возможные направления дальнейшего развития идей, опубликованных им в рамках своего исследования. На мой взгляд это выгодно отличает работу, подчеркивая её перспективность. В остальном диссертация вполне традиционна по своей компоновке.

Во *введении* обоснована актуальность темы исследования, определены цель и задачи работы, приведены положения, выносимые на защиту, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Первая глава посвящена анализу проблемы измерения параметров изделий с гетерогенной структурой и определения их характеристик в процессе производства, испытаний и эксплуатации. Здесь автор обосновывает выбор составляющих комплексного сопротивления в качестве величин, прямые измерения которых позволяют косвенно определить искомые функциональные параметры гетерогенных объектов. Им проанализировано современное состояние измерений функциональных параметров и определения характеристик гетерогенных объектов, рассмотрены типовые задачи, которые решаются путем измерений ПКС, систематизированы существующие методы измерения ПКС. По результатам анализа определены прямая и обратная задачи измерений функциональных параметров термозависимого нелинейного комплексного сопротивления, обоснованы сформулированные ранее цель и задачи исследования.

Во *второй главе* автором предлагаются теоретические основы проектирования универсальных приборов для измерения составляющих комплексного сопротивления, частоты, напряжения и температуры в составе ИИС, предназначенных для контроля параметров гетерогенных объектов в процессе их производства и эксплуатации (исследований, если речь идёт о биологических объектах) с учётом влияния температуры и питания измерительной схемы синусоидальным напряжением с ненормированными метрологическими характеристиками, а именно:

- универсальная модель гетерогенного объекта в рабочих режимах измерения на основе комбинации электрической и математической моделей объекта контроля, обеспечивающей унификацию аппаратной части ИИС соответствующего класса;
- модифицированное обобщённое уравнение Карандеева – Штамбергера для мостовых схем, расширенное на задачи измерения ПКС гетерогенных объектов в рабочих режимах в соответствии с синтезированной универсальной моделью за счёт введения в уравнение в качестве переменных температуры, а также амплитуды и круговой частоты синусоидального напряжения на объекте контроля, что обосновывает невозможность реализации средства измерения ПКС гетерогенного объекта на рабочих режимах в виде автономного прибора;
- обобщённая структурная схема процесса измерения, осуществляемого универсальным средством измерения ПКС, которая является основой для проектирования измерительных схем соответствующих устройств.

Здесь же предложен и описан оригинальный способ метрологического анализа на основе метода статистических испытаний (метода Монте-Карло), как альтернативы аналитическим методам исследования погрешностей измерений ПКС

при измерении параметров нелинейного комплексного сопротивления. Метод позволяет оценивать трансформацию распределений случайных погрешностей прямых измерений составляющих комплексного сопротивления при изменениях формы представления комплексного сопротивления, а также косвенных измерений ПКС и функциональных параметров гетерогенных объектов.

В *третьей главе* автор развивает предложенные ранее теоретические основы проектирования и, в частности, приводит результаты систематизации структур процесса совместных измерений составляющих комплексного сопротивления и напряжения на объекте контроля, которая позволила сформировать комбинаторно полную совокупность базовых структур устройств для совместных измерений составляющих комплексного сопротивления и напряжения на основе мостовой схемы и делителя напряжения при измерениях ПКС гетерогенных объектов в рабочих режимах. Здесь же даны рекомендации по выбору базовой структуры измерительного устройства при решении конкретных измерительных задач.

Также в разделе рассмотрены отдельные вопросы метрологии средств измерения ПКС - приведены оценки погрешности измерения составляющих комплексного сопротивления, обусловленные отклонениями параметров опорных двухполюсных электрических цепей от номинальных значений, и даны рекомендации по их минимизации при разработке измерительных устройств на основе базовых структур; предложены методики минимизации систематических составляющих погрешностей измерений составляющих комплексного сопротивления измерительными устройствами на основе базовых структур, обусловленных влиянием входных сопротивлений АЦП напряжения и АЦП фазового сдвига.

Четвёртая и пятая главы имеют более прикладной характер и посвящены разработке средств измерения ПКС гетерогенных объектов в рабочих режимах с расширенными функциональными возможностями и улучшенными метрологическими характеристиками, а также созданию информационно-измерительных и контрольно-измерительных систем на их основе. При этом улучшение функциональных и метрологических характеристик средств измерений ПКС автор рассматривает в двух направлениях: в разработке измерительных преобразователей и структур на их основе с улучшенными метрологическими характеристиками и в совершенствовании метрологически значимого программного обеспечения.

В частности, в *четвертой главе* представлен оригинальный способ измерения нормируемых параметров высоковольтных электроизоляторов под рабочим напряжением с использованием пассивной измерительной схемы с двумя опорными элементами. С целью минимизации составляющей погрешности измерения, связанной с нестабильностью частоты синусоидального напряжения питания измерительной схемы в рабочих режимах, автором предложена оригинальная структура прецизионного быстродействующего частотомера, методическая по-

грешность измерения которого определяется только нестабильностью опорной частоты, а время измерения не превышает периода измеряемого синусоидального напряжения. Здесь же приведены описания разработанных высокочувствительных вторичных измерительных преобразователей модуля комплексного сопротивления диэлькометрического и ёмкостного датчиков, которые обладают максимальной для данного класса преобразователей чувствительностью и устойчивостью к низкочастотным (по сравнению с частотой питания измерительной схемы) шумам. Отдельно в главе рассмотрены вопросы измерения температуры гетерогенного объекта с целью учёта её влияния на результат преобразования ПКС.

В свою очередь, *пятая глава* диссертации посвящена информационно-измерительным и контрольно-измерительным системам для определения функциональных параметров гетерогенного объекта в рабочих режимах в процессе их производства или эксплуатации на основе предложенных автором принципов измерения нелинейных составляющих комплексного сопротивления. В разделе описан разработанный унифицированный канал измерения составляющих комплексного сопротивления объекта и напряжения на нём в составе ИИС, предложен новый способ аналого-цифрового преобразования напряжения, который обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с параллельными АЦП и исключает возможность потери информации об изменении преобразуемого напряжения. Также в разделе представлен оригинальный способ пооперационного активного многопараметрического измерительного контроля гетерогенного объекта в ходе производственного процесса.

Шестая глава посвящена перспективам дальнейшего развития разработанных в диссертации теоретических положений и практических идей. Основной упор здесь автор делает на интеллектуализацию измерений. При этом он поднимает достаточно сложную и актуальную проблему разработки интеллектуальных средств измерения ПКС не только как устройства, в котором реализованы те или иные методы искусственного интеллекта («технократический» взгляд на интеллектуальную ИИС), но и с общих позиций создания теории систем преобразования измерительной информации.

Заключение традиционно содержит основные результаты исследования и выводы по работе.

В *приложениях* представлены дополнительные материалы, включая сведения о внедрении и практическом использовании результатов диссертации в научно-производственных организациях, предприятиях энергетической отрасли и в вузах. Также здесь приведены сведения, подтверждающие наличие объектов интеллектуальной собственности по теме исследования, автором (соавтором) которых является соискатель.

3. Обоснованность результатов и их достоверность

Достоверность и обоснованность полученных в диссертационной работе научных результатов, выводов и рекомендаций *обеспечивается* корректным использованием общеизвестных методов теоретических и экспериментальных исследований, которые строго обоснованы в научной литературе, апробированы и хорошо себя зарекомендовали при проведении научных исследований. Адекватность теоретических расчетов подтверждается результатами практического применения систем, реализующих предложенные в работе принципы, на предприятиях и в организациях РФ.

Научные положения, выводы и заключения, сделанные Барановым В.А. в рамках диссертационного исследования, прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях, известны специалистам и достаточно полно отражены в опубликованных им научных работах, включая 2 монографии, 23 статьи в рецензируемых научных изданиях категории не ниже К-2, которые рекомендованы ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук по специальности 2.2.4 и 2.2.11 (рекомендация ВАК РФ от 26.10.22 №2-пл/1 «О новых критериях к соискателям ученых степеней кандидата наук, доктора наук, членам диссертационных советов»), 9 патентов РФ на изобретения и 3 свидетельства о государственной регистрации базы данных (всего 71 публикация по теме диссертационного исследования).

4. Научная новизна результатов

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов *определяется*:

1. *Впервые разработанными* в рамках исследования *теоретическими основами* проектирования (здесь под теоретическими основами я буду понимать совокупность знаний в виде взаимосвязанных понятий, выявленных закономерностей, методов, моделей и принципов, достаточных для разработки и проектирования ИИС и их компонентов) универсальных приборов для измерения составляющих комплексного сопротивления, частоты, напряжения и температуры в составе ИИС, предназначенных для контроля параметров неоднородных (гетерогенных) объектов в процессе их производства и эксплуатации (исследований) с учётом влияния внешних факторов (температуры и питания измерительной схемы синусоидальным напряжением с ненормированными метрологическими характеристиками) на функциональные свойства объекта и средств контроля, которые состоят в:

– *систематизации методов* измерения функциональных параметров и определения характеристик гетерогенных объектов в рабочих режимах, что поз-

волило сформулировать прямую и обратную задачи измерений ПКС таких объектов;

- *создании универсальной модели* гетерогенного объекта контроля на основе комбинации его электрической и математической моделей, обеспечивающей унификацию аппаратной части ИИС соответствующего класса и позволяющей использовать априорные знания об объекте в процессе измерения для обработки информации и определения его искомых функциональных параметров (измерения, базирующиеся на знаниях);

- *расширении обобщённого уравнения Карандеева – Штамбергера* для мостовых схем на задачи измерения ПКС гетерогенных объектов в рабочих режимах в соответствии с синтезированной универсальной моделью путем введения в уравнение в качестве переменных температуры, амплитуды и круговой частоты синусоидального напряжения на объекте контроля и *обосновании невозможности реализации средства измерения ПКС* гетерогенного объекта на рабочих режимах в виде автономного прибора;

- *разработке обобщённой структурной схемы* процесса измерения универсальным средством измерения ПКС, которая является основой для проектирования измерительных схем соответствующих устройств;

- *формировании комбинаторно полной совокупности базовых структур* устройств для совместных измерений СКС и напряжений на основе мостовой схемы и делителя напряжения при измерениях ПКС гетерогенных объектов в рабочих режимах.

2. *Оригинальными и новыми способами* измерения ПКС, преобразования и обработки измерительной информации, включая:

- *оригинальный способ метрологического анализа средств измерений ПКС* на основе метода статистических испытаний (метода Монте-Карло), как альтернативы аналитическим методам исследования погрешностей при измерении параметров нелинейного комплексного сопротивления, который позволяет оценивать трансформацию распределений случайных погрешностей прямых измерений составляющих комплексного сопротивления при изменениях формы представления комплексного сопротивления, а также косвенных измерений ПКС и функциональных параметров гетерогенных объектов;

- *новый способ аналого-цифрового преобразования напряжения*, обеспечивающий, в отличие от существующих, минимизацию потерь информации о форме преобразуемого сигнала (новизна подтверждается патентом РФ №2835033);

- *новый способ измерения стандартизованных ПКС высоковольтных электроизоляционных конструкций под рабочим напряжением* на основе спектрального анализа с помощью модифицированного метода Прони, обеспечиваю-

щий лучшее быстродействие по сравнению с известными аналогами (новизна подтверждается патентом РФ №2214609);

- *новый способ измерения частоты синусоидального напряжения с высоким быстродействием и лучшими метрологическими характеристиками по сравнению с известными аналогами (новизна подтверждается патентами РФ №1597762, 1467519);*

- *новый способ преобразования модуля комплексного сопротивления диэлькометрических и емкостных датчиков физических величин в напряжение постоянного тока, обладающего высокой помехоустойчивостью и предельной для данного вида преобразователей чувствительностью (новизна подтверждается патентом РФ №1762253);*

- *оригинальный способ активного многопараметрического измерительного контроля состояния гетерогенного объекта в рабочих режимах на основе анализа разнородной измерительной информации (новизна подтверждается патентом РФ №2719467).*

5. Значимость полученных результатов для науки и практики

Теоретическая значимость полученных в диссертационной работе результатов для науки об измерениях определяется разработанными теоретическими основами проектирования универсальных приборов для измерения составляющих комплексного сопротивления, частоты, напряжения и температуры в составе ИИС, предназначенных для контроля параметров гетерогенных объектов в процессе их производства и эксплуатации с учётом влияния внешних факторов, а также предложенными оригинальными способами измерения ПКС, преобразования и обработки измерительной информации.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработанном математическом, алгоритмическом, аппаратном и программном обеспечении, реализованном в приборах и системах измерений, которые были внедрены в промышленность или использовались в учебном процессе в вузах при подготовке специалистов по соответствующим специальностям (акты о внедрении результатов диссертационного исследования в АО «НИИЭМП», АО «НИИФИ», ООО «НПФ «СТЭК», акты и справки об использовании результатов диссертации в филиале «Пензаэнерго» ПАО «МРСК Волги», ФГБОУ ВПО «ПГУ»). Документально подтверждено, что реализация отдельных результатов диссертации в рамках ОКР «Разработка комплекта устройств для измерения, регулирования и регистрации температуры в ходе технологических процессов» для ФГУП «НИИЭМП» (акт приемки от 19.12.2003 г.) привела к получению предприятием экономической выгоды (расчёт экономической выгоды (дохода) от использования результатов работы, утвержденный заместителем генерального директора ФГУП «НИИЭМП» по экономическим вопросам Н.А. Медведевой от 16.12.2003 г.)

6. Характеристика автореферата диссертации

Автореферат повторяет структуру диссертации и в кратком виде позволяет судить о её содержании. Основные выводы диссертации соответствуют основным выводам автореферата.

7. Замечания по работе:

7.1. Замечания и комментарии общего характера:

1. Большой объем фактического материала и желание все представить в рамках одной работы, на мой взгляд, иногда приводило к тому, что в тексте диссертации терялись логические связки при переходе от одного положения к другому. Например, при описании обобщенной структуры информационно-управляющей системы производственного процесса с активным измерительным контролем (рис. 1.1), вдруг появляется единичный пример конкретного содержимого только одного из блоков схемы (БД), причём на этом уровне непонятно, какое отношение пример имеет к диссертации. Аналогично, в чисто теоретической части работы, посвящённой описанию комбинированной модели обобщённого гетерогенного объекта измерения (раздел 2.1), вдруг появляется «разрыв» с описанием метода Монте-Карло для метрологического анализа результатов измерений ПКС, который детализируется на конкретном примере измерения ПКС высоковольтных изоляторов. Это же, только наоборот, относится и к разделу 4, в котором отдельно выделено описание модифицированного метода цифровой обработки на основе алгоритма Прони (теория, которую можно было рассматривать как общую для всей главы 4), и только два (!) из оставшихся 6 подразделов (подразделы 4.2, 4.3) посвящены его применению. Еще один пример – это раздел 5, где достаточно подробное описание использования унифицированного канала измерения составляющих комплексного сопротивления в составе кардиографа внезапно, без логического разделения, переходит к чисто производственной задаче (синтез оксидных покрытий), к тому же без какого-либо описания последней. Отдельное замечание касается главы 6, которая, на мой взгляд, выбивается из контекста диссертации и по большому счёту содержит только общие соображения, которые не конкретизированы (или практически не конкретизированы) в части объекта исследования.

2. Высокая квалификация автора привела к тому, что многие свои «знания» он считает «само собой разумеющимися», а потому иногда отсутствуют обоснования тех или иных утверждений или принятых решений. В частности, рекомендации по использованию определенных схем замещения в качестве моделей объекта измерения ПКС не обоснованы, и отсутствуют ссылки на источники, где такие обоснования могут быть приведены. Также не обосновано требование измерения составляющих комплексного сопротивления при $n/2$ значениях частоты синусоидального напряжения для $n > 2$ и что делать, если n – нечётное. Непонятно, почему в качестве возможных эталонных чисел основных и дополнитель-

ных величин системы СИ при проектировании интеллектуальных систем (см. раздел 6) необходимо использовать те, которые приведены в таблице 6.1 и т.п.

3. Диссертация называется «МЕТОДЫ и средства измерений...». При этом ни в разделе, посвященном новизне исследования, ни в положениях, выносимых на защиту, ни в тексте самой диссертации термин «МЕТОД» применительно к решаемым задачам практически не используется (он заменён на термин «СПОСОБ»). Можно согласиться, что термины «СПОСОБ» и «МЕТОД» зачастую воспринимаются как близкие синонимы и часто считаются взаимозаменяемыми, хотя и имеют отличия. Тем не менее, на мой взгляд, терминологически должно быть соответствие заголовка диссертации тому, что в ней рассматривается.

4. Не вдаваясь в особенности формулировки приведённых в диссертации положений, выносимых на защиту (обычно элементы данного раздела начинаются с наименования научного результата или нового знания (теоретические основы, метод, способ, структура, алгоритм и т.п.) с последующей детализацией его составных частей), хотелось бы отметить, что в общем их содержание должно напрямую соответствовать пунктам новизны результатов исследования (иначе непонятно, зачем защищать). В диссертации, к сожалению, это не так: п.1 новизны соответствует п.2 положений, п.2 новизны -> п.3 положений, п.5 новизны -> п.5 положений, п.3,4,6,7 новизны -> п.7 положений. Зачем на защиту выносятся пункты 1, 4, 6 непонятно, т.к. если они не новы, то и защищать их нет необходимости.

5. Выводы по разделам диссертации не всегда соответствуют содержанию разделов. В большей степени это касается разделов 1 и 6. В частности, выводы по пунктам 1-4 раздела 1 содержат утверждения и обобщения, которые невозможно сделать на основании содержимого раздела, т.к. в нём отсутствуют соответствующие сведения, а выводы по разделу 6 не содержат какой-либо конкретики. Также не вполне понятна значимость вывода 3 (стр. 89) по разделу 2, который содержит декларацию возможности оценки случайных составляющих погрешностей прямых измерений методом Монте-Карло. Есть замечание по основным результатам и выводам по работе в целом. Хотелось бы, чтобы выводы по работе *напрямую* отвечали на вопрос: «Решены ли поставленные в диссертации задачи или нет?» Текущее содержание указанного раздела позволяет сделать это только частично. В частности, из представленного содержимого раздела непонятно, решена ли задача разработки структуры и алгоритмов функционирования ИИС для измерения ПКС (п.3,4 задач), какие получены результаты метрологического анализа измерительных приборов и ИИС (п.5 задач, указано только, что метод Монте-Карло позволяет оценивать соответствующие погрешности), какое математическое, алгоритмическое и информационное обеспечение разработано в рамках диссертации (п.6 задач).

7.2. Замечания и комментарии частного характера:

6. На схеме информационно-управляющей системы, представленной на рис. 1 (стр. 20), на уровне «Заготовительная стадия» присутствует канал управления. Его назначение в тексте диссертации не поясняется.

7. В качестве моделей объекта измерения ПКС (стр. 28) автор обоснованно рекомендует и анализирует схемы замещения, представленные на рис. 1.2 а, в, д, ж, и, л, п, р. Непонятна необходимость последующего анализа (стр.30) не рекомендованных схем замещения рис. 1.2 б, г, е, н.

8. Несколько неубедительно звучит тезис об анализе «современного состояния измерений ПКС» в разделе 1.3 (стр. 39) при ссылках на работы Карандеева К.Б., Кнеллера В.Ю. и др., относящихся к 60-70 гг. прошлого века.

9. На стр. 63 автор утверждает, что метод Монте-Карло не может заменить классические аналитические методы «при исследовании малоизученных объектов», тем не менее применяет его для анализа погрешностей при измерении параметров нелинейного комплексного сопротивления. Обоснование такого решения в данной части диссертации непонятно, хотя оно и появляется далее в тексте, но намного позже (стр. 70).

10. Не вполне понятна фраза на стр. 149 «Причиной же появления нулей в спектре... является использование предположения...».

11. На стр. 177-178 описывается самостоятельная ИИС контроля температур при производстве изделий электронной техники, хотя в соответствии с разделом 2.2, равно как и с заголовком подраздела 4.5, это должно быть устройство или один из каналов ИИС. Предполагаю, что описанная в данном разделе ИИС является демонстратором возможностей реализации такого канала, но тогда должны быть соответствующие пояснения в тексте.

12. Непонятно, что обозначают пунктирные линии блоков алгоритма аналого-цифрового преобразования напряжения, представленного на рис. 5.4 (стр. 206).

13. Судя по структуре, представленной на рис. 5.9 (стр. 219), рассматривается информационно-управляющая система (не ИИС), т.к. на ней указано лицо, принимающее решение, присутствуют исполнительные устройства и заведены обратные связи на объект контроля. В алгоритме функционирования системы (стр. 220), равно как и при дальнейшем его описании, про управление ничего не сказано. Роль вышеуказанных блоков, связанных с управлением, в данной части диссертации непонятна.

14. Представленная на рис. 5.10 схема алгоритма выполнена с отступлением от ГОСТ 19.701 90 (не показаны терминаторы).

15. В разделе 6 при перечислении нормированных алгебр с делением (обобщение Гурвица для теоремы Фробениуса) пропущена алгебра октонионов.

16. Имеется достаточно много замечаний по оформлению рукописи диссертации: во вводной части диссертации нарушен порядок указания библиографических ссылок (после ссылки на публикацию [2] (стр. 22) сразу идет ссылка на публикации [7], [8] (стр. 24), [9] (стр. 25)); в таблице 1 (стр. 37) одновременно используются английские и русские наименования элементов; нередко встречаются повторы фрагментов текста, иногда вплоть до дословного дублирования (в частности, непонятна необходимость дословного повтора целей и задач исследования во введении, в разделе 1.4 и в выводах по разделу 1, абзац перед рис. 2.1 (стр. 60) дословно повторяет абзац после рисунка (стр. 61), текст верхнего абзаца на стр. 70 практически полностью повторяет аналогичный на стр. 65, на стр. 173 начала абзацев 2 и 3 практически идентичны и т.д.); на стр. 63 ссылка на систему уравнений отсутствует; некорректно указана ссылка на выражение (2.5) на стр. 85; графики на стр. 99, 102, 104 ... не содержат наименования оси Z , равно как и единиц измерения величин, отложенных по осям системы координат; непонятна отсылка к выражению (4.3) (выражение (4.3) – это выражение для дискретной последовательности отсчетов сигнала в виде линейного разностного уравнения) на стр. 186 в части определения основной относительной погрешности измерения сопротивления и напряжения; в выражении (4.65) на стр. 188 скорее всего опечатка; в заключении на стр. 268-272 пронумерованы абзацы 5 и 7, хотя остальные абзацы приведены без нумерации.

8. Заключение по диссертации

Диссертация Баранова В.А. *обобщает результаты* многолетних исследований автора в области разработки методов измерений электрических величин и создания приборов и систем измерения на их основе.

Диссертация *является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему*, в которой представлены *теоретические основы* проектирования приборов для измерения составляющих комплексного сопротивления, частоты, напряжения и температуры в составе информационно-измерительных систем (ИИС) контроля параметров гетерогенных объектов в процессе их производства и эксплуатации, достаточные для разработки соответствующих ИИС и их компонентов, что может быть *квалифицировано как научное достижение*. Изложенные в работе *новые научно обоснованные технические решения имеют важное хозяйственное значение, а их внедрение вносит значительный вклад в развитие страны*, что подтверждается соответствующими актами о внедрении.

Диссертация *написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения*, выдвигаемые для публичной защиты. Сформулированные автором *выводы* можно охарактеризовать как *обоснованные и достоверные. Практическое использование научных ре-*

зультатов, имеющих прикладной характер, документально *подтверждено* соответствующими актами о внедрении.

Содержание работы *соответствует п.1* - «Создание новых научных, технических и нормативно-технических решений, обеспечивающих повышение качества продукции, связанных с измерениями механических величин, времени и частоты, тепловых величин, электрических и магнитных величин, аналитических и структурно-аналитических величин (состава, свойств и структуры веществ и материалов)», *п.2* – «Совершенствование научно-технических, технико-экономических и других видов метрологического обеспечения измерений для повышения эффективности производства современных изделий, качество которых зависит от точности, диапазонности, воспроизводимости измерений величин, перечисленных в п.1, а также их сохраняемости на заданном промежутке времени» *паспорта специальности 2.2.4* «Приборы и методы измерения (по видам измерений)», а также *п.1* – «Научное обоснование перспективных информационно-измерительных и управляющих систем, систем их контроля, испытаний и метрологического обеспечения, повышение эффективности существующих систем», *п.2* – «Исследование возможностей и путей совершенствования существующих и создания новых элементов структуры и образцов информационно-измерительных и управляющих систем, улучшение их технических, эксплуатационных, экономических и эргономических характеристик, разработка новых принципов построения и технических решений», *п.3* – «Математическое, алгоритмическое, информационное, программное и аппаратное обеспечение информационно-измерительных и управляющих систем» и *п.4* - «Расширение функциональных возможностей информационно-измерительных и управляющих систем на основе применения методов измерений контролируемых параметров объектов для различных предметных областей исследования» *паспорта специальности 2.2.11* «Информационно-измерительные и управляющие системы».

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях категории не ниже К-2, которые рекомендованы ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание учёной степени доктора наук по специальности 2.2.4 и 2.2.11 (рекомендация ВАК РФ от 26.10.22 №2-пл/1 «О новых критериях к соискателям ученых степеней кандидата наук, доктора наук, к членам диссертационных советов»). Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Оформление работы в целом соответствует установленным требованиям.

Замечания, сделанные в отзыве, не являются критическими, отчасти носят субъективный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

На основании изложенного считаю, что **диссертация** Баранова В.А. на тему «Методы и средства измерений параметров комплексного сопротивления гетерогенных объектов в рабочих режимах» **удовлетворяет критериям раздела II «Положения о присуждении учёных степеней»**, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024 г., с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025 г.), установленным для докторских диссертаций, а её автор, **БАРАНОВ Виктор Алексеевич**, заслуживает **присуждения ему искомой ученой степени доктора технических наук по специальностям 2.2.4. - Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины) (технические науки) и 2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки).**

Официальный оппонент - директор Института проблем управления сложными системами Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, доктор технических наук (специальность 05.11.16)

Боровик Сергей Юрьевич



Институт проблем управления сложными системами Российской академии наук – обособленное подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИПУСС РАН – СамНЦ РАН)
443020, г. Самара, ул. Садовая, 61
т. (846) 3323927, факс (846) 3332770
e-mail: borovik@iccs.ru
<http://www.iccs.ru>