

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Аврамчука Валерия Степановича «**Методология и инструментальные вычислительные средства частотно-временного корреляционного анализа для технических систем контроля**», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.05 – «**Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления**».

### 1 Актуальность темы

В диссертации решается научно-техническая проблема повышения технико-экономических и эксплуатационных характеристик систем контроля, диагностики и управления за счет разработки способов обработки диагностических сигналов и создания на их основе алгоритмического и программно-аппаратного обеспечения. Актуальность темы диссертационной работы связана с широкой распространенностью микропроцессорных систем диагностики, используемых для технического контроля как ответственных объектов транспорта, так и опасных производственных объектов (трубопроводов, сосудов и аппаратов, работающих под избыточным давлением).

Сложность решаемой проблемы определяется необходимостью получения количественной информации о дефектах в условиях высокого уровня шума, искажения спектра диагностических сигналов при распространении в объекте контроля и в преобразователе. Дополнительные ограничения накладываются используемые в составе систем технического контроля устройства вычислительной техники. Повышение их аппаратной производительности является экстенсивным путем развития, при котором существенно увеличиваются затраты, что в дальнейшем может привести к снижению их эффективности. В этом контексте предложенная соискателем методология разработки алгоритмов и программ частотно-временных методов анализа сигналов, учитывающая архитектурные особенности и аппаратные ресурсы элементов вычислительной техники и включающая в себя универсальный математический аппарат для решения широкого класса задач технической диагностики, является своевременной и актуальной.

### 2. Научная новизна диссертации заключается в следующем:

– разработан способ определения и анализа частотно-временных корреляционных функций диагностических сигналов, который в отличие от применяемых ранее методов повышает отношения сигнал/шум и позволяет оценить частотные границы информативной составляющей сигнала;

– предложен и реализован способ обнаружения в зашумленных сигналах периодических и импульсных составляющих и оценки их частотных характеристик за счет применения частотно-временного коррелятора;

– разработан способ обработки сигналов систем управления и диагностических систем для автоматизированного определения параметров цифровых фильтров и определения частотных границ информативных составляющих полигармонических сигналов;

– совокупность новых аппаратно-программных решений, предназначенных для применения в системах управления и диагностики и позволяющих более чем в 3 раза

повысить скорость вычислений наиболее трудоемких процессов анализа частотно-временных характеристик сигналов.

### **3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Научные положения, выводы и рекомендации диссертации в полной мере обоснованы и аргументированы. Результаты диссертации основываются на известных положениях теории информации, математического анализа, математической статистики и теории цифровой обработки сигналов. Основные выводы подтверждаются обширными исследованиями на моделях сигналов. Результаты моделирования отражают весь спектр практически значимых задач с вариациями в широком диапазоне параметров информативных составляющих и шумов. Результаты работы созданных алгоритмов находятся в согласии со стандартными, общепринятыми методиками обработки сигналов. Объем выполненных исследований является статистически значимым и обеспечивает их повторяемость и воспроизводимость во всем спектре практически значимых условий. В диссертационной работе приведены результаты сравнения научных положений с опубликованными выводами других авторов, которые не противоречат друг другу. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на 18 научных международных и национальных конференциях.

**4. Научная и практическая значимость.** Научная значимость диссертации заключается в разработанной методологии и универсальной математической основы создания алгоритмического и программного обеспечения анализа сигналов систем управления. Разработанный в диссертации частотно-временной корреляционный анализ позволяет решать целый класс технических задач, связанных с повышением отношения сигнал/шум, обнаружением периодических и импульсных составляющих сигналов, определением их временных, частотных и амплитудных характеристик. Практическая значимость диссертации заключается в том, что разработанные программные средства позволили повысить достоверность обнаружения и определения местоположение сквозных дефектов в трубопроводном транспорте по сравнению с существующими аналогами. Практическая значимость подтверждается 13 актами внедрения.

### **5. Анализ содержания диссертации**

**Во введении** приведены все необходимые составляющие работы, такие как: актуальность работы, цель и задачи исследований, научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** представлен обзор современных микропроцессорных вычислительных устройств и их применение при решении практических задач с точки зрения улучшения эксплуатационных и технико-экономических характеристик промышленных систем различного назначения.

**Во второй главе** представлен разработанный соискателем математический аппарат частотно-временного корреляционного анализа сигналов. Приведены описания созданных методов, схемы вычислений, исходные данные синтезированных сигналов и результаты их исследований. На модельных примерах и результатах их анализа показаны преимущества и принципиальные отличия предлагаемых методов и (от) существующих подходов, в частности повышенной помехоустойчивости, наглядности и

информативности. Рассмотрено решение различных технических задач с применением предлагаемых автором методов. Положенные в основу вычислительных устройств алгоритмы позволяют повысить надёжность функционирования элементов и устройств систем контроля, диагностики и управления.

**В третьей главе**, представлен теоретический анализ подходов, позволяющих повысить эффективность вычислений и тем самым улучшить эксплуатационные характеристики устройств вычислительной техники. Представлен алгоритм вычисления частотно-временной корреляционной функции, позволяющий осуществить реализацию параллельных вычислений. Описано комплексное решение задачи создания аппаратно ориентированной программной реализации предложенных во второй главе методов, учитывающий доступные возможности и особенности микропроцессорных элементов вычислительной техники. Предложенные решения исследованы на микропроцессорах общего назначения и представлены соответствующие выводы. В заключительной части главы приведены результаты использований массивно-параллельных вычислений на графических адаптерах при расчете частотно-временной корреляционной функции.

**В четвертой главе** приведено описание разработанного графического компонента. Представлена информация о технологиях, позволяющих повысить эффективность отображения графического представления частотно-временной корреляционной функции. Рассмотрены и решены задачи представления графических данных. Приведено описание программной структуры созданного компонента: UML-диаграмма классов компонента и интерфейс объектов визуализации. Представленная реализация соответствует принципам эффективного использования доступных вычислительных возможностей и, тем самым, позволяет повысить эффективного использования ресурсов устройств вычислительной техники. Последнее положительно сказывается на эксплуатационных характеристиках средств визуализации в составе систем контроля, диагностики и управления. В заключении главы приведено краткое описание созданной геоинформационной системы.

**В пятой главе** представлено описание созданных автором инструментальных программных средств и аппаратных устройств вычислительной техники. Приведены описания программно-аппаратных устройств нескольких вариантов исполнения и их технические характеристики. Представлены исследования микроконтроллеров Cortex при решении задач расчета корреляционных функций применительно к задаче обнаружения утечек.

**В шестой главе** представлены результаты экспериментальных исследований применения разработанных инструментальных вычислительных средств контроля и диагностики функционирования элементов технических систем. Доказано повышение точности определения местоположения течи корреляционно-акустическим способом с применением разработанных инструментальных вычислительных средств по сравнению с известным подходом. Разработанные алгоритмы частотно-временного анализа и программные средства обеспечивают устойчивые, достоверные результаты при диагностике систем управления подачей топлива в двигателях внутреннего сгорания.

## **6. Замечания по содержанию диссертации.**

1) В первой главе достаточно подробно сделан обзор современных вычислительных средств, используемых в системах контроля, но отсутствуют сведения о состоянии

научных исследований по теме диссертации.

2) Выражение (2.1), используемое в работе для вычисления автокорреляционной функции, справедливо только для нормированных сигналов с нулевым средним и единичным средним квадратичным отклонением. Эти ограничения в работе не отмечены.

3) Во второй главе, для демонстрации работоспособности предложенного метода определения частоты следования периодических импульсов следовало бы рассмотреть смесь нескольких периодических импульсных сигналов, локализованных в различных областях спектра.

4) Во второй и шестой главах, при проведении экспериментальных исследований, отсутствуют пояснения к выбору частоты дискретизации (44,1 кГц в обоих случаях).

5) В пятой главе, при рассмотрении рисунков 5.21 и 5.22 не очевидно, что последний рисунок является масштабированным фрагментом первого. Подобные пояснения об отношении графических материалов необходимо приводить в тексте.

6) В заключительной главе также можно было рассмотреть применение разработанных инструментальных средств для решения задач фильтрации сигналов. В данном направлении могут быть получены существенные результаты, поскольку созданные методы позволяют осуществить автоматическую настройку частотных фильтров для выделения границ полезного сигнала.

Отмеченные замечания не снижают высокий научный уровень проведенных исследований и не влияют на общий положительный вывод о качестве диссертационной работы.

**7. Оформление диссертации** соответствует ГОСТ Р 7.0.11. Диссертация и автореферат написаны грамотным техническим языком. Материал излагается последовательно и логично. Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертации.

## **8. Публикации**

По теме диссертации автором опубликовано 46 работ, в том числе 15 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 12 работ в изданиях, индексируемых в базе данных SCOPUS, опубликована одна монография. Соискателем получены 12 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и 6 патентов РФ на изобретения.

## **9. Заключение**

Диссертация является завершенной научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором системных исследований получены результаты, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. При этом решена научная проблема, имеющая важное научное и хозяйственное значение для развития систем контроля, диагностики и управления ответственных производственных и технических объектов. Диссертационная работа по своей цели, задачам, методам исследования и основным результатам соответствует паспорту специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

На основании анализа актуальности темы, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверности и новизны, а также значимости для науки и практики, диссертация Аврамчука В.С. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание

ученой степени доктора технических наук, а также п. 9 Положения о присвоении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Автор диссертации Аврамчук В.С. заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Я, Бехер Сергей Алексеевич, согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета Д 212.268.03 и их дальнейшую обработку.

Дата составления отзыва «12» октября 2018 года

Заведующий научно-исследовательской лаборатории «Физические методы контроля качества», профессор кафедры «Электротехника, диагностика и сертификация» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения, доктор технических наук (05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий), доцент. Бехер Сергей Алексеевич  
адрес: РФ, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191,  
телефон: 8-(383)-328-03-02, эл. почта: bcher@stu.ru.

Официальный оппонент



Бехер  
Сергей  
Алексеевич

подпись С.А. Бехера заверяю,  
Ученый секретарь ФГБОУ ВО СГУПС,  
кандидат технических наук, доцент



Гербер  
Александр  
Робертович



15.10.2018, МП