

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Бочкарева Андрея Владимировича
«Разработка методов обработки сигналов в информационно-

измерительных системах хроматографического анализа»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности

2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

1. Актуальность диссертационной работы

Диссертационная работа Бочкарева А.В. направлена на решение актуальных задач, связанных с разработкой и исследованием новых методов обработки сигналов, формируемых современными газовыми хроматографическими анализаторами. Актуальность тематики исследования обусловлена потребностью в хроматографических анализаторах, обладающих улучшенными метрологическими характеристиками. Такие приборы необходимы при анализе состава и свойств веществ, широко используются в промышленности, а также при осуществлении научных исследований.

Основная проблема при разработке информационно - измерительных систем хроматографического анализа (ИИСХА) заключается в том, что хроматографические сигналы характеризуются неопределенностью их информативных параметров. Это вызвано наложением аддитивной случайной помехи на сигнал, неточно выбранным режимом хроматографического анализатора, а также влиянием аппаратной функции хроматографического детектора, что искажает форму хроматографических пиков и вызывает их наложение, и в результате вызывает в ряде случаев появление существенных погрешностей результатов хроматографического анализа. В настоящее время получают внедрение скоростные хроматографические анализаторы, время анализа которых составляет десятки секунд. Это требует решения проблемы определения характеристик сильно со вмещенных хроматографических пиков, вызванных инерционностью хроматографических детекторов. Следует отметить и то, что исследования по тематике диссертационной работы были поддержаны грантом Российского фонда фундаментальных исследований, что подтверждает научную, практическую значимость результатов, их апробацию.

2. Анализ структуры и содержания диссертационной работы

В представленной работе Бочкаревым А.В. предложена модель хроматографических пиков с использованием их вейвлет - аппроксимации, позволившая снизить погрешности определения основных информационных характери-

стик - площадей совмещенных асимметричных хроматографических пиков, а также новый метод разделения наложенных асимметричных хроматографических пиков, характеризующийся снижением погрешностей определения площадей совмещенных асимметричных пиков. Исследованы характеристики предложенных моделей пиков и новых методов обработки хроматографического сигнала.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и ряда приложений и изложена на 159 страницах.

Первая глава представляет собой аналитический обзор факторов, влияющих на погрешность обработки хроматографических сигналов.

Во второй главе изложены методы аппроксимации хроматографических сигналов в базисе ортогональных функций Чебышева-Эрмита.

Третья глава посвящена анализу моделей хроматографического пика, разработке метода вейвлет-аппроксимации и созданию на его основе структурной и функциональной схем ИИСХА. В главе подробно описан алгоритм работы измерительной системы хроматографического анализа.

В четвертой главе выполнен метрологический анализ измерительного канала ИИСХА, осуществлен расчет инструментальных и методических погрешностей информационно-измерительной системы, приведены результаты экспериментальных исследований.

Приложения к диссертации содержат функциональные схемы разработанных автором методов, а также результаты внедрений. Основное содержание диссертационной работы имеет четкую структуру, что делает ее удобной для ознакомления.

3. Научная новизна основных результатов, выводов и положений работы

1. Новый метод аппроксимации хроматографических пиков в базисе функций Чебышева-Эрмита, отличительной особенностью которого является предварительное разбиение сигналов на фрагменты, что позволяет ограничить порядок используемых при аппроксимации базисных функций и обуславливает снижение погрешности аппроксимации хроматографических сигналов.

2. Новая модель хроматографического пика на базе его вейвлет-аппроксимации, позволившая снизить погрешности определения площадей совмещенных асимметричных хроматографических пиков по сравнению с существующими методами обработки хроматографического сигнала.

3. Новый метод разделения совмещенных асимметричных хроматографических пиков, отличающийся использованием совокупности разработанных

моделей, что позволило снизить погрешности определения информационных характеристик совмещенных хроматографических пиков и выполнить коррекцию инфранизкочастотной помехи - дрейфа базовой линии хроматограммы.

4. Структурная схема, метрологический анализ и алгоритмическое обеспечение информационно-измерительной системы хроматографического анализа с улучшенными метрологическими характеристиками.

4. Практическая значимость диссертационной работы

Полученные результаты представляют несомненную практическую и теоретическую значимость.

Практическая значимость подтверждается использованием разработанных методов и математического обеспечения при анализе состава и свойств веществ на ряде предприятий, а также в учебном процессе «Самарский государственный технический университет» при подготовке бакалавров по направлению 12.03.01 «Приборостроение» по профилю «Информационно-измерительная техника и технологии».

Представленные методы аппроксимации хроматографических асимметричных пиков с использованием вейвлет - преобразования позволяют значительно снизить погрешности определения основных информационных параметров совмещенных пиков. Разработанные методы целесообразно использовать при создании скоростных высокоточных хроматографических систем, применяемых в химических и нефтехимических отраслях промышленности, а также при проведении научных экспериментов.

Разработанная в 3-й главе базовая микропроцессорная система реализует в блочном виде основные алгоритмические блоки разработанных методов, и может быть рекомендована при создании нового поколения портативных хроматографических информационно-измерительных систем.

5. Достоверность и обоснованность основных положений работы

Автор достаточно корректно использует в диссертации положения теории измерений, численного анализа, методов цифровой обработки сигналов, методов аналитического и имитационного моделирования.

Основные теоретические положения и результаты расчетов подтверждены экспериментальными исследованиями разработанной ИИСХА. Результаты анализа погрешностей методов и систем измерений подтверждаются компьютерным моделированием.

Проведенные аналитические и экспериментальные исследования позволили сформулировать обоснованные рекомендации по направлению применения

известных и усовершенствованных методов и, реализующих их, средств измерений.

Корректность изложения научного материала, наглядная иллюстрация полученных результатов в виде большого числа графиков позволяют объективно оценивать содержание, выводы и значимость проведенных научных исследований.

Содержание основных разделов диссертации свидетельствует о полноте и научной обоснованности проведенного соискателем исследования в теоретическом плане.

Основные результаты диссертационной работы апробированы автором на 6 международных и всероссийских конференциях с участием ведущих ученых в области информационно-измерительной техники и метрологии, в том числе на Всероссийской научной конференции с международным участием «Математическое моделирование и краевые задачи» (г. Самара, 2019 г.), Международной научной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, 2019 г.), Международной научно-технической конференции «Методы, средства и технологии получения и обработки информации» (г. Пенза, 2020 г.), Всероссийской научной конференции «Молодежь и наука: шаг к успеху» (г. Курск, 2021 г.), Международной конференции и молодежной школе «Информационные технологии и нанотехнологии» (г. Самара, 2021 г.), Международной мультидисциплинарной конференции по промышленному инжинирингу и современным технологиям «FarEastCon» (г. Владивосток, 2021 г.), Международной молодежной научной конференции «Будущее науки-2022» (г. Курск, 2022 г.), Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии» (г. Самара, 2022 г.).

6. Публикации соискателя

Научные положения, выводы и заключения соискателя по итогам диссертационной работы достаточно полно отражены в опубликованных научных статьях. В общей сложности по тематике исследования автором опубликована 21 работа, в том числе 6 статей - в журналах, рекомендованных ВАК.

В диссертации четко указан личный вклад автора в полученные результаты в работах, опубликованных коллективно с соавторами.

7. Основные замечания по работе

1. Сглаживающие свойства разработанного в диссертационной работе метода аппроксимации хроматографических сигналов исследованы только в сравнении с цифровым фильтром скользящего среднего.

2. Разработанные автором методы первичной обработки хроматографических сигналов не позволяют оператору систем хроматографического анализа, в случае неверно подобранного режима работы такой системы, получить информацию о возможных изменениях в режиме работы системы с целью повышения точности определения информативных параметров.

3. В описании разработанного автором алгоритма реализации метода аппроксимации хроматографических сигналов отсутствуют данные о формируемом результате работы данного алгоритма, если какое-либо из условий выхода из него не будет выполнено.

4. На с. 19 не определено, почему ширина Гауссова пика выбирается в пределах $\pm 2\sigma$. Обычно в технических приложениях ширина такого пика выбирается в пределах $\pm 3\sigma$.

5. Не оценена погрешность, вызванная в ИИС хроматографического анализа дрейфом параметров аппаратных функций детектора и хроматографической колонки.

6. Слишком часто в тексте встречаются аббревиатуры, определенные в других разделах работы, что затрудняет ее изучение.

7. Качество выполнения некоторых иллюстраций затрудняет их восприятие, в частности слишком мелкий масштаб на рис. 4.4, рис.4.5.

8. В выражении (4.2) пропущено умножение на 100 %, хотя ответ выражен в процентах.

9. В пояснение к выражению (4.39) не указано, что означает параметр \tilde{S} .

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают ценности выполненной работы.

10. Рисунок 4.1 обозначен «Структурная модель ИК ИИСХА», но по сути на нем представлена метрологическая структурная модель ИК ИИСХА.

11. В разделе 4.1.1 Анализ инструментальной погрешности модель аналого-цифрового преобразователя учитывает только аддитивную погрешность $\Delta_{\text{АЦП}}$ и не пояснено, почему не рассмотрены мультипликативная и нелинейная составляющие погрешности АЦП.

8. Заключение

Диссертация Бочкарева А.В. является завершенной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней" ВАК России.


Диссертация соответствует п.3 паспорту специальностей научных работников 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы, поскольку в ней разработаны математическое, алгоритмическое, информационное, программное и аппаратное обеспечение информационно-измерительных систем хроматографического анализа.

Автореферат и опубликованные работы отражают все основные положения диссертации.

Считаю, что автор диссертационной работы, Бочкарев Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Официальный оппонент,

Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информационно-измерительная техника и метрология» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза


Печерская Екатерина Анатольевна

Докторская диссертация защищена

По специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения

Адрес места основной работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет»

Почтовый адрес: 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40

Рабочий телефон: +7 (8412) 66-65-96

Email: iit@pnzgu.ru

Подпись Печерской Е.А. заверяю:

Ученый секретарь ученого совета

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»



Дорофеева Ольга Станиславовна