



**САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086  
Тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36  
Сайт: www.ssau.ru, e-mail: ssau@ssau.ru  
ОКПО 02068410, ОГРН 1026301168310,  
ИНН 6316000632, КПП 631601001

06 ДЕК 2022

№ 104-6067

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –  
проректор по научно-

исследовательской работе

 А.Б. Прокофьев

« » 2022 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию 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

### Актуальность темы диссертации

Хроматографический анализ нефти и нефтепродуктов, а также других многокомпонентных объектов промышленности, характеризуется сложностью обработки хроматографических сигналов, связанных с наличием эффектов наложения и асимметрии пиков, которые возникают по причине большого количества веществ в анализируемом объекте, воздействия аппаратной функции детектора или возникновения химических превращений в хроматографической колонке. Данные факторы являются источниками статистической и динамической погрешностей, одним из возможных вариантов снижения которых является усовершенствование алгоритмов

первичной обработки хроматографических сигналов. Таким образом, тема диссертационной работы Бочкарева А.В., посвященная разработке информационно-измерительной системы хроматографического анализа с усовершенствованным алгоритмом первичной обработки хроматографических сигналов, который обеспечивал бы снижение погрешностей определения их информативных параметров, является актуальной.

### **Научная новизна диссертационной работы и полученных результатов**

Научная новизна диссертации Бочкарева А.В. заключается в разработке метода аппроксимации хроматографических сигналов, способного снизить погрешности их обработки, с применением процедуры предварительного разбиения сигналов на фрагменты, которая позволяет ограничить порядок используемых при аппроксимации базисных функций. Для уменьшения погрешности определения площади наложенных ассиметричных хроматографических пиков автором предложена модель «комбинированная гауссиана» пика, отличающаяся применением вейвлет-аппроксимации и модификацией формы би-гауссианы, и метод разделения пиков с использованием совокупности моделей Грамма-Шарлье и комбинированной гауссианы. Научную новизну также представляют структурная и функциональная схемы, а также алгоритмическое обеспечение разработанной информационно-измерительной системы хроматографического анализа.

### **Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки и производства**

В диссертации Бочкарева А.В. получены следующие практически значимые для хроматографического анализа широкого спектра объектов производства результаты: методы и модели аппроксимации хроматографических сигналов, использование которых в информационно-

измерительных системах для анализа позволит снизить погрешности измерений основных параметров.

Практическая значимость подтверждается тем, что разработанные методы используются при анализе состава трансформаторных масел и масел погружных электродвигателей в ООО «АКСЕС автоматик», при определении жирно-кислотного состава в испытательной лаборатории ФГБУ «Самарский ЦСМ», 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».

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Диссертационное исследование выполнено на высоком научно-методическом уровне. В работе применены подходы и методы, соответствующие целям и задачам исследования.

Сформулированные выводы и рекомендации основаны на глубоком анализе литературных источников и научной информации, а также на достаточном количестве публикаций по теме исследования в высокорейтинговых изданиях.

Представленные в диссертационной работе Бочкарева А.В. научные положения, выводы и рекомендации являются достоверными, логично вытекают из представленных экспериментальных результатов.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 21 печатном издании, включая 9 статей в рецензируемых изданиях, рекомендуемых для размещения материалов диссертаций, из списка ВАК РФ и индексируемых базами Scopus и Web of Science. Результаты работы и основные положения диссертации также были представлены и обсуждены на 8 международных и всероссийских конференциях.

Работа выполнялась в рамках гранта РФФИ № 20-31-90014 «Разработка алгоритмов повышения разрешающей способности аналитических приборов на базе кодирования-декодирования сигналов в базисе функций Чебышева-Эрмита».

Достоверность научных положений, выводов и практических рекомендаций, полученных в диссертационной работе, обеспечивается корректным использованием математических методов и подтверждается результатами экспериментальных исследований. Полученные данные не противоречат известным положениям в данной области исследований.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности и оценка содержания работы**

Результаты диссертационной работы Бочкарева А.В. соответствуют специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Диссертационная работа Бочкарева А.В. состоит из введения, четырех глав, включающих в себя обзор литературы, описание используемых методов, результаты собственных исследований, их обсуждение и выводы, заключения, списка сокращений и списка литературы, состоящего из 147 источников. Работа изложена на 159 страницах машинописного текста, в том числе содержит 5 приложений на 24 страницах, и иллюстрирована рисунками и таблицами.

Диссертация оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями и содержит все необходимые составляющие такого уровня исследований. Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации и полученные в ней результаты.

## **Замечания по работе**

Отмечая актуальность, научную новизну и практическую значимость полученных в диссертации Бочкарева А.В. результатов, следует указать следующие замечания:

1. В работе рассматриваются методы обработки сигналов только для газовых хроматографов, и не рассматриваются аналогичные методы для высокоэффективных жидкостных хроматографов и т.д., что сужает их область применения.

2. Малое внимание уделено коррекции динамической погрешности, вызванной инерционностью хроматографического детектора по теплопроводности, наиболее распространенного в газовой хроматографии.

3. При оценке погрешностей методов определения параметров совмещенных хроматографических пиков не учитывается влияние шумов хроматографического детектора.

4. Не оценена погрешность, вызванная в информационно-измерительной системе хроматографического анализа дрейфом параметров аппаратных функций детектора и хроматографической колонки.

5. В диссертационной работе слишком много внимания уделено описанию известных методов аппроксимации сигналов, методов вейвлет - преобразования.

Указанные замечания не оказывают существенного влияния на положительную оценку диссертации в целом и не снижают ценности проведенных исследований и полученных результатов.

## **Рекомендации по использованию результатов диссертации**

Разработанные в диссертации Бочкарева А.В. методы представляют теоретический и практический интерес и могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях по разработке, производству, техническому обслуживанию хроматографических анализаторов, таких как ОАО «Цвет», ЗАО СКБ «Хроматек», ООО «НПФ МЭМС» и других предприятиях при

разработке перспективных средств хроматографического анализа состава и свойств веществ.

Актуальность направления исследования, высокий уровень и важность полученных научных и практических результатов определяют перспективы расширенного использования результатов диссертации.

### **Заключение**

Представленные в рассматриваемой работе результаты исследований вносят вклад в развитие аналитического приборостроения.

Вынесенные на защиту научные положения в достаточной мере обоснованы и соответствуют поставленным целям и решаемым задачам.

Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную соискателем самостоятельно на высоком уровне, и представляет собой решение задачи, имеющей значение для развития информационно-измерительных систем хроматографического анализа, позволяющих повысить достоверность определения количественных характеристик смесей веществ.

В рецензируемой научно-квалификационной работе содержится решение научной задачи по усовершенствованию существующих методов обработки хроматографических сигналов.

Работа соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (в действующей редакции), и предъявляемым критериям к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор Бочкарев Андрей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры химии федерального государственного

автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» (Самарский университет), протокол № 5 от 01 декабря 2022 года.

Декан физического факультета,  
заведующий кафедрой химии  
федерального государственного  
автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Самарский национальный  
исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»  
(Самарский университет),

д.т.н., профессор, специальность  
02.00.02 Аналитическая химия

Платонов Игорь Артемьевич

Заведующий кафедрой  
радиотехники федерального  
государственного автономного  
образовательного учреждения  
высшего образования «Самарский  
национальный исследовательский  
университет имени академика С.П.  
Королева» (Самарский университет),  
д.т.н., доцент, специальность  
05.13.05 Элементы и устройства  
вычислительной техники и систем  
управления

Данилин Александр Иванович

федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва  
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, д.34  
тел.: (846) 335-18-26,  
Факс: (846) 335-18-36  
E-mail: [ssau@ssau.ru](mailto:ssau@ssau.ru)  
кафедра химии: тел.: (846) 335-18-06  
E-mail: [pia@ssau.ru](mailto:pia@ssau.ru)  
кафедра радиотехники: тел.: (846) 267-45-49  
E-mail: [aidan@ssau.ru](mailto:aidan@ssau.ru)



Платонова И.А.  
Подпись Данилин А.И. удостоверяю.  
Начальник отдела сопровождения деятельности  
ученых советов Самарского университета  
Васильева И.П.  
05. 12. 2022 г.