



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор ТУСУРа
по научной работе и инновациям

А.Г. Лоцилов

«6» сентября 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Диссертация «Методы и алгоритмы цифрового дифференцирования сигналов, их реализация и применение в автоматизированных системах управления технологическими процессами» выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

В период подготовки диссертации соискатель Майстренко Андрей Васильевич работал в ТУСУРе, на кафедре компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП) в должности доцента.

В 1989 году окончил Томский институт автоматизированных систем управления и радиоэлектроники (ТИАСУР) с присвоением квалификации «инженер-системотехник» по специальности «Автоматизированные системы управления». В 2007 году окончил аспирантуру ТУСУРа по направлению 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

В 2007 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Синтез, исследование и применения алгоритмов цифрового дифференцирования сигналов в системах автоматического регулирования процессов».

В 2013 г. Майстренко А.В. присвоено ученое звание доцента.

В 2024 году окончил докторантуру ТУСУРа по направлению 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Научный консультант — Светлаков Анатолий Антонович, д.т.н., профессор, профессор кафедры КСУП ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

- 1. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации**

Результаты диссертационной работы, соответствующие поставленным задачам и сформулированные в положениях, выносимых на защиту, получены ав-

тором лично. Диссертация написана с использованием результатов, полученных лично автором или при его участии на всех этапах решения поставленных задач. В работах, опубликованных в соавторстве, личный вклад автора составляет не менее пятидесяти процентов.

Представленная диссертационная работа Майстренко А.В. посвящена повышению эффективности функционирования АСУТП. Управляющие и информационно-измерительные подсистемы, являющиеся неотъемлемой частью любой АСУТП, требуют непрерывного их совершенствования, а алгоритмы дифференцирования сигналов, являясь компонентами таких подсистем, играют критическую роль, поскольку оказывают прямое влияние на качество функционирования АСУТП. Задача дифференцирования сигналов является одной из тех задач, с которыми приходится сталкиваться в отраслях науки и техники, связанных с математическим моделированием различных динамических процессов и объектов, описываемых дифференциальными уравнениями, и с автоматизацией управления и регулирования данными процессами. Без умения эффективно решать данную задачу невозможно вести речь о создании цифровых регуляторов, обеспечивающих реализацию управления технологическими процессами в теплоэнергетике, металлургии, нефтехимии и т.п. в соответствии с заданными режимами и с достаточно высокой точностью. Без использования производных регулируемых переменных и знания оценок их значений невозможно создание автоматических регуляторов, обеспечивающих управление ТП в соответствии с заданными режимами и с высокой точностью. Повышение эффективности управления технологическими процессами (ТП) различного уровня сложности в автоматических и автоматизированных системах управления (АСУ) путем обеспечения максимального быстродействия и повышения робастности свойств цифровых дифференциаторов в условиях, когда измеряемые сигналы содержат существенные ошибки.

Результаты диссертационной работы, соответствующие поставленным задачам и сформулированные в положениях, выносимых на защиту, получены автором лично. Диссертация написана с использованием результатов, полученных лично автором или при его участии на всех этапах решения поставленных задач. В работах, опубликованных в соавторстве, личный вклад автора составляет не менее пятидесяти процентов.

2. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность результатов обеспечивается применением строгих математических методов решения задач, обоснованным использованием современных технологий разработки программного обеспечения, тестированием всех программных модулей, экспериментальным исследованием предложенных алгоритмов, а также результатами внедрения и эксплуатации.

Исследования адекватности построенных моделей подтверждают достоверность полученных результатов. Численные методы были сравнены с результатами теоретических расчетов, а также с результатами, полученными в аналогичных комплексах программ.

3. Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов заключается в следующем:

– для линейных АСУТП с максимальным быстродействием разработан оригинальный способ регуляризации на примере метода ЦДС, основанного на использовании решений интегральных уравнений В.Вольтерра. Синтезированы два метода структурной регуляризации плохо обусловленных СЛАУ;

– для систем автоматического регулирования синтезирован и программно реализован метод ЦДС, основанный на применении многоточечного оценивания неизвестных величин по результатам их экспериментальных измерений и псевдообратных матрицах;

– для нелинейных систем АСУТП, в качестве элемента математического обеспечения АСУТП, разработан модифицированный метод дихотомии решения нелинейных скалярных уравнений, обладающий более высокой скоростью сходимости вычисляемых решений к их истинным решениям;

– для АСУТП магистральными трубопроводами, синтезирован метод и алгоритм автоматизированного определения интервалов стационарности процессов, основанный на применении алгоритма ЦДС с использованием значений сигналов и значений их производных, имеющий высокую точность и позволяющий оператору АСУТП самостоятельно выбирать доверительные интервалы стационарности;

– для линейных АСУТП, в качестве элемента математического обеспечения АСУТП синтезирован модифицированный алгоритм Грама-Шмидта, позволяющий снизить неустойчивость решения по отношению к ошибкам задания ортонормируемых векторов и ошибкам вычисления решений и позволяющий обрабатывать значения входных переменных, поступающих в систему последовательно в режиме реального времени;

– для отстройки систем АСУТП синтезирован модифицированный метод обращения малых вещественных чисел, основанный на применении математики «длинных чисел», позволяющий получить характеристики матриц Гильберта, до сотого порядка и выше;

– синтезирован оригинальный ПИД-регулятор на базе алгоритма ЦДС, основанного на применении скользящей квадратичной аппроксимации дифференцируемого сигнала и псевдообратных матрицах, обладающий существенными преимуществами по сравнению с «классическим» регулятором;

– для автоматического регулирования объектов, синтезирован метод, основанный на концепции обратных задач динамики и разностных уравнениях, описывающих связи между значениями регулируемой переменной ОУ и управляющих воздействий, формируемых регулятором.

4. Практическая значимость работы заключается в том, что в АО «ЭлеСи» алгоритмы ЦДС использованы при разработке регуляторов различного типа и назначения, там же разработан и программно реализован новый метод определения стационарности процессов, основанный на применении алгоритма ЦДС с использованием скользящей квадратичной аппроксимации и псевдообратных матриц используемых в АСУ магистральными нефтепроводами.

По заказу компании «СибАгро Мясопереработка» разработана АСУ варочными камерами «Маутинг», для этого был изготовлен специализированный регулятор, при разработке которого был применен алгоритм, основанный на использовании скользящей аппроксимации дифференцируемого сигнала алгебраическими полиномами второго порядка.

Практическое использование алгоритма ЦДС, основанного на применении скользящей квадратичной аппроксимации и псевдообратных матриц, было реализовано в виде ПИД-регулятора, функционирующего в реальной автоматизированной системе управления шкафами автоматики в филиале «Новолипецкого Metallургического комбината» в г. Томске, там же был разработан и программно реализован адаптивный регулятор, в основе которого использован метод автоматического регулирования процессов, основанный на концепции обратных задач динамики, интегрированный в устройство автоматизированного управления прессом «Lindeman LIS-616».

При выполнении НГТУ х/д № ПЭ-6-06 от 02.06.2006г. на тему «Разработка программного обеспечения для моделирования компонентов системы СГА-ОН, выдача рекомендаций для пользователя» по заказу ОАО АКБ «Якорь-2» (г. Москва) при синтезе регуляторов цифровой системы управления транзисторным преобразователем частоты был использован алгоритм цифрового дифференцирования сигналов, основанный на использовании многоточечного оценивания неизвестных величин по их экспериментальным измерениям и псевдообратных матриц. Использование данного алгоритма позволяет упростить программную и аппаратную реализацию регулятора, а также повысить точность поддержания параметров выходной энергии системы СГА-ОН в динамических режимах.

5. Ценность научных исследований заключается в том, что в ней решена актуальная научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение. Для управляющих и информационно-измерительных подсистем АСУ ТП синтезированы и реализованы новые методы и алгоритмы ЦДС, которые представляют высокую теоретическую ценность, так как на их основе можно создать целый ряд новых алгоритмов, позволяющих разрабатывать новейшие автоматические регуляторы, которые можно применять в АСУТП любой степени сложности.

6. Научная специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Майстренко А.В. соответствует паспорту специальности ВАК 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» по следующим пунктам:

п. 5 – Научные основы, алгоритмическое обеспечение и методы анализа и синтеза систем автоматизированного управления технологическими объектами;

п. 11 – Методы создания, эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСПП и др., включая базы данных и методы их оптимизации, промышленный интернет вещей, облачные сервисы, удаленную диагностику и мониторинг технологического оборудования, информационное сопровождение жизненного цикла изделия;

п. 12 – Методы создания специального математического и программного обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУЦ, АСПП и др., включая управление исполнительными механизмами в реальном времени;

п. 16 – Средства и методы проектирования и разработки технического, математического, лингвистического и других видов обеспечения АСУ.

7. Отличие полученных в работе результатов от результатов, полученных в работах других авторов

В настоящее время разработке новых алгоритмов ЦДС уделяется недопустимо мало внимания, причем данная тенденция сохраняется уже достаточно давно, и характерна как для российских, так и для зарубежных учёных. Основное отличие разработанных методов и алгоритмов ЦДС заключается в том, что они имеют существенно большую помехоустойчивость и точность вычисления оценок производных дифференцируемого сигнала, чем алгоритмы, предложенные другими авторами.

8. Полнота изложения материалов в работах, опубликованных соискателем

Основные результаты исследований по теме диссертации Майстренко А.В. отражены в 51 публикации, цитируемых по ходу изложения материала. Из них 16 (шестнадцать) в журналах, входящих в перечень периодических научных изданий, рекомендуемых ВАК, 5 (пять) в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus. Результаты исследования нашли отражение в 2 отчетах НИР, 2 монографиях, 2 учебных пособиях и одном учебнике. В работах полностью отражены материалы диссертационного исследования.

Монографии и учебные пособия

1. Методы и алгоритмы цифрового дифференцирования сигналов в системах реального времени / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков. – Томск: Монография. Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2009. – 139 с. ISBN 978-5-86889-509-8.

2. Ортогонализация конечномерных векторов и ее применение в задачах управления / А.Е. Карелин, А.В. Майстренко, А.А. Светлаков. – Томск: Монография. Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 164 с. ISBN 978-5-86889-651-1.

3. Лабораторный практикум по дисциплине «Технические средства автоматизации» / А.В. Майстренко. – Томск: Учебное пособие. Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2009. – 58 с.

4. Обобщенные обратные матрицы и их применение в задачах автоматизации технологических процессов и производств // А.Е. Карелин, А.В. Майстренко, А.А. Светлаков. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 147 с.

5. Рекуррентная идентификация процессов и объектов и ее применение в построении адаптивных систем управления / А.Е. Карелин, А.В. Майстренко,

А.А. Светлаков. – Томск: Учебник. Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2011. – 180 с. ISBN 978-5-86889-554-8.

Статьи в зарубежных и отечественных журналах из списка Scopus

6. Maysrenko A.V. Application of numerical signal differentiation methods to determine stationarity of a process / N.V. Aksenova, T.V. Gandzha, V.M. Dmitriev, A.A. Svetlakov // Petroleum and Coal (2017); 59(3): 311-318 ISSN 1337-7027 an open access journal.

7. Maysrenko A.V. Indirect measurement of flow of liquid pumped with pump packages / N.V. Aksenova, T.V. Gandzha, A.A. Svetlakov // Petroleum and Coal (2017); 59(2): 244-249 ISSN 1337-7027 an open access journal.

8. Maysrenko A.V. Synthesis of an automatic control method for major oil pipelines based on inverse dynamics problem concept / N.V. Aksenova, T.V. Gandzha, A.E. Karelin, A.A. Svetlakov // Petroleum and Coal (2018); 59(2): 244-249 ISSN 1337-7027 an open access journal.

9. Maysrenko A.V. Some problems in approximating processes and objects related to major oil pipelines with algebraic polynomials / / N.V. Aksenova, T.V. Gandzha, V.M. Dmitriev, A.A. Svetlakov // Petroleum and Coal (2019); 59(2): 244-249 ISSN 1337-7027 an open access journal.

10. Maysrenko A.V. Evaluating the Parameters of a Differential Equating Describing Start-up and Shutdown of a Pumping Unit / / N.V. Aksenova, T.V. Gandzha, V.M. Dmitriev, A.A. Svetlakov // Pet Coal (2022); 64(2): 325-328 ISSN 1337-7027 an open access journal.

Статьи в отечественных журналах из перечня ВАК

11. Майстренко А.В. Цифровое дифференцирование сигналов в реальном масштабе времени с применением скользящей квадратичной аппроксимации / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, Н.В. Старовойтов // Омский научный вестник. №7(43), 2006.-С.106-108.

12. Майстренко А.В. Регуляризация простейшего алгоритма цифрового дифференцирования сигналов. / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, Н.В. Старовойтов // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. №4 (25), 2006. – С. 53-67.

13. Майстренко А.В. Цифровое дифференцирование сигналов с применением многоточечных методов в системах автоматического регулирования процессов / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, Н.В. Старовойтов // - Томск: Доклады ТУСУР №2(20), 2009. - С. 86-89.

14. Майстренко А.В. Синтез многоточечного метода цифрового дифференцирования сигналов / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков // Омский научный вестник. №3(83), 2009.- С.201-204.

15. Майстренко А.В. Исследование свойств матрицы Гильберта и причин ее плохой обусловленности / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, Р.О. Черепанов // Омский научный вестник. №3(103), 2011.- С.265-269.

16. Майстренко А.В. Цифровое дифференцирование измеряемых сигналов с применением интегральных уравнений В.Вольтерра и его регуляризация / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, Н.В. Старовойтов // Омский научный вестник. №2 (120), 2013. – С. 308 – 313.

17. Майстренко А.В. Модифицированный алгоритм Грама–Шмидта ортонормирования конечномерных векторов и некоторые результаты его исследования / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, Р.О. Черепанов // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. № 3 (52), 2013. –С. 63-70

18. Майстренко А.В. Косвенное измерение расхода жидкости, перекачиваемой насосными агрегатами / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков // Доклады ТУСУР №4 (34), 2014. -С. 215-220.

19. Майстренко А.В. Применение методов цифрового дифференцирования сигналов для определения стационарности процессов / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. № 2 (59), 2015. – С. 7-19.

20. Майстренко А.В. Цифровое дифференцирование сигналов на основе скользящей квадратичной аппроксимации и его применение в синтезе ПИД – регуляторов / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, Н.В. Старовойтов // Омский научный вестник. №1 (145), 2016. –С. 73-77

21. Майстренко А.В. Синтез метода автоматического регулирования процессов, основанного на концепции обратных задач динамики / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, С.А. Харитонов // Омский научный вестник. №4 (154), 2017. –С. 83-87.

22. Майстренко А.В. Экспериментальные исследования метода автоматического регулирования процессов, основанного на концепции обратных задач динамики // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. № 27, 2018. –С. 175-194.

23. Майстренко А.В. Синтез модифицированного метода обращения малых вещественных чисел / А.В. Майстренко, А.Е. Карелин, А.М. Малышенко, А.А. Светлаков, С.П. Сущенко // doi: 10.21293/1818-0442-2019-22-4-50-55 Доклады ТУСУР, 2019, том 22, № 4.

24. Майстренко А.В. Дихотомия. Дихотомия? Дихотомия! основные положения, проблемы терминологии и инспекционный анализ метода дихотомии / А.В. Майстренко, К.А. Майстренко, А.А. Светлаков // Научный вестник НГТУ. – 2020. – № 4(80). – С. 93–110. DOI: 10.17212/1814-1196-2020-4-93-110.

25. Майстренко А.В. Дихотомия. Дихотомия? Дихотомия! Модифицированный метод дихотомии решения нелинейных скалярных уравнений и некоторые результаты его исследований / А.В. Майстренко, К.А. Майстренко, А.А. Светлаков // Системы анализа и обработки данных. – 2021. – № 1 (81). – С. 85–102. – DOI: 10.17212/2782-2001-2021-1-85-102.

26. Майстренко А.В. Оценивание параметров дифференциального уравнения, описывающего процессы запуска и останова насосного агрегата / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков // Системы анализа и обработки данных. – 2022. – № 1 (84). – С. 85–102. – DOI: 10.17212/2782-2001-2021-1-85-102.

Тезисы и доклады в трудах конференций

1. В.Т. Антропов. Цифровое дифференцирование функций с применением конечных разностей / В.Т. Антропов, А.Е. Карелин, А.В. Майстренко, А.А. Светлаков // Труды X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» посвященная 400-летию г. Томска, 29 марта-2 апреля 2004 г. в 2-х томах – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2004.

2. А.В. Майстренко. Цифровое дифференцирования сигналов с применением скользящей аппроксимации и псевдообратных матриц / А.В. Майстренко, Н.В. Старовойтов // Труды XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ». 27 марта – 21 марта, 2006, Томск. Изд-во ТПУ, 2006.

3. А.В. Майстренко. Применение регуляризации для простейшего метода цифрового дифференцирования на конечных приращениях сигнала и времени / А.В. Майстренко, Н.В. Старовойтов // Труды XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ». 27 марта – 21 марта, 2006, Томск. Изд-во ТПУ, 2006.

4. А.В. Майстренко. Применение модифицированного алгоритма чувствительности для построения разгонной характеристики асинхронного двигателя / А.В. Майстренко, Н.В. Старовойтов // XV Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии». Сборник трудов в 3 томах. – Т. 2. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. - С. 291-293.

5. А.В. Майстренко. Определение коэффициентов математической модели разгонной характеристик асинхронного двигателя с помощью алгоритма чувствительности. / А.В. Майстренко, Н.В. Старовойтов // XV Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии». Сборник трудов в 3 томах. – Т. 2. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. - С. 289-291.

6. А.В. Майстренко. Математическая модель электропривода переменного тока / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, Н.В. Старовойтов // Электротехника, электроника и электротехнологии ЭЭЭ-2009 материалы IV научно-технической конференции с международным участием. - Новосибирск: Изд-во НГУ, 2009 С. 147-153.

7. А.Г. Гарганеев. Применение модифицированного алгоритма чувствительности для построения математической модели скорости вращения ротора асинхронного электродвигателя / А.Г. Гарганеев, А.В. Майстренко. // По материалам международной научно-технической конференции «Силовая электроника и энергоэффективность». Украина, Киев-2009, часть 4, -С.78-80.

8. А.В. Майстренко. Цифровое дифференцирование сигналов в реальном масштабе времени с применением скользящей линейной аппроксимации / А.В. Майстренко, В.Л. Савчук, А.А. Светлаков // Международная научно-

практическая конференция «Перспективные инновации, в науке, образовании, производстве и транспорте 2009». – Одесса: Изд-во Черноморье, 2009. Том 2.

9. А.Г. Гарганеев. Цифровое дифференцирование сигналов с применением многоточечных методов в системах автоматического регулирования процессов / А.Г. Гарганеев, А.В. Майстренко. // По материалам международной научно-технической конференции «Проблемы современной электротехники-2010» Украина, Киев-2010, -С.132-138.

10. А.Г. Гарганеев. Цифровое дифференцирование сигналов на основе скользящей квадратичной аппроксимации и его применением в синтезе ПИД – регуляторов / А.Г. Гарганеев, А.В. Майстренко. // По материалам международной научно-технической конференции «Силовая электроника и энергоэффективность». Украина, Киев – 2010, СЕЕ, часть 1, -С.205-208.

11. А.Г. Гарганеев. Применение методов цифрового дифференцирования сигналов для определения стационарности процессов /А.Г. Гарганеев, А.В. Майстренко. // По материалам международной научно-технической конференции «Силовая электроника и энергоэффективность». Украина, Киев – 2011, часть 1, - С.199-204.

12. А.Г. Гарганеев. Некоторые проблемы аппроксимации алгебраическими полиномами процессов и объектов в силовой электронике / А.Г. Гарганеев, А.В. Майстренко, А.А. Светлаков // По материалам международной научно-технической конференции «Силовая электроника и энергоэффективность». Украина, Киев – 2012, часть 2, - С.131-137.

13. А.Г. Гарганеев. Цифровое дифференцирование сигналов с использованием интегральных уравнений Вольтерра, и его применение для моделирования систем управления и контроля в силовой электронике / А.Г. Гарганеев, А.В. Майстренко, А.А. Светлаков // По материалам международной научно-технической конференции «Силовая электроника и энергоэффективность» Украина, Харьков-2013, часть 1, - С.111-116.

14. А.В. Майстренко. Косвенное измерение расхода перекачиваемой жидкости через насосный агрегат / А.В. Майстренко, А.А. Светлаков // По материалам международной научно-технической конференции «Силовая электроника и энергоэффективность» Украина, Одесса-2014, часть 1, - С.100-107.

15. А.В. Майстренко. Аналитическая модель и алгоритм синтеза распределенно-сосредоточенных цепей с несимметричными нагрузками / А.В. Майстренко, Г.А. Малютин, Т.А. Чепко, Т.Т. Чинь // 34-ая Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» 08-14 сентября 2024 г., Севастополь, Россия, часть 1, -С.100-107.

9. Соответствие диссертации и документов требования ВАК РФ

Диссертационная работа и документы оформлены в соответствии с требованиями п. 9, 15 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, требованиями Приложений 2,3 Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой

степени доктора наук, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.11.2027 г.

10. Выводы и заключение

Диссертационная работа явилась обобщением научных исследований. В ней подробно изложены вопросы построения сложных АСУ ТП с высокой помехозащищенностью, быстродействием и точностью регулирования. Теоретически обоснована необходимость проведения исследований с целью создания методов и алгоритмов ЦДС, являющихся неотъемлемой частью таких АСУ ТП, которые бы в полной мере удовлетворяли предъявляемым требованиям. Создание такого рода алгоритмов ЦДС, функционирующих в реальном масштабе времени, их исследование и практическая реализация и являлись главной целью данной диссертации, таким образом, для достижения сформулированной цели исследования была решена серьезная научная проблема, суть которой заключалась в разработке новых методов и алгоритмов ЦДС, обладающих высокими точностными характеристиками, более устойчивых к помехам и способных функционировать в режиме on line.

Диссертация «Методы и алгоритмы цифрового дифференцирования сигналов, их реализация и применение в автоматизированных системах управления технологическими процессами» Майстренко Андрея Васильевича рекомендуется к защите на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Заключение принято на заседании кафедры КСУП ТУСУРа.

Присутствовало на заседании 20 чел. Результаты голосования: «за» – 20 чел., «против» – 0, «воздержалось» – 0, протокол № 17 от 05 сентября 2024 г.

Председатель НТС
профессор каф. КСУП ТУСУРа,
д.т.н. доцент



Ганджа Т.В.