

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по науке и инновациям
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
доктор физико-математических наук, доцент

Швейкин А.И.
2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Вычислительная система сенсорных устройств ввода информации на основе акустических преобразователей» выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Автоматика и телемеханика».

В 2022 году соискатель Козин Алексей Владимирович окончил Пермский национальный исследовательский политехнический университет по направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» с присуждением квалификации «магистр». В период подготовки диссертации соискатель обучался в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета по программе «Вычислительные системы и их элементы» на кафедре «Автоматика и телемеханика» и работал в должности ассистента. Диссертация представляется к защите раньше нормативного срока окончания обучения в аспирантуре.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Фрейман Владимир Исаакович, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

По итогам обсуждения представленной работы принято следующее заключение.

Представленная Козиним Алексеем Владимировичем диссертация посвящена созданию вычислительных систем акустических сенсорных устройств ввода информации с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками.

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

- выполнен аналитический обзор и анализ подходов к построению вычислительных систем сенсорных устройств ввода информации, сформулирована математическая постановка задачи работы;
- предложен оригинальный способ локализации места касания на основе анализа характеристик звуковых колебаний;

- разработаны и исследованы математические и программные модели позиционирования точки касания;
- создан метод проектирования вычислительной системы акустических сенсорных устройств ввода информации;
- проведены апробация и внедрение разработанных способа, моделей и метода на промышленном предприятии и в учебном процессе вуза.

2. Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- Предложен **способ локализации** места касания с помощью колебаний, распространяющихся по основе сенсорного устройства ввода информации. Он базируется на **оригинальном подходе** к обработке фрагмента звуковой волны, регистрируемой акустическими измерительными преобразователями. Это **дало возможность** уменьшить сложность алгоритмов локализации и снизить требования к техническому обеспечению вычислительных систем.

- Разработаны и верифицированы **математические и программные модели** определения места точки касания вычислительной системой акустического сенсорного устройства ввода информации. Они **отличаются** применением авторского способа локализации места касания. Это **позволило** повысить точность и быстродействие алгоритмов расчета и сократить вычислительную сложность при реализации.

- Создан **метод разработки вычислительной системы** сенсорного устройства ввода информации на основе акустических измерительных преобразователей. Его **оригинальность** заключается в комплексном подходе на основе предлагаемых в работе способа, математических и программных моделей локализации точки касания. Это **дало возможность** улучшить его технологические, эксплуатационно-технические и экономические характеристики устройств ввода информации рассматриваемого типа.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечена комплексным подходом к решению задачи построения вычислительных систем устройств ввода информации и использованием инструментальных методов моделирования и разработки. Полученные результаты не противоречат представленным в публикациях отечественных и зарубежных исследователей.

4. Практическая значимость исследования состоит в том, что созданный инструментальный в виде моделей, метода и алгоритмов реализован в опытных образцах сенсорных устройств ввода информации в приборах производства ПАО «ПНППК», предназначенных для работы в сложных условиях окружающей среды. По основным показателям отмечено, что внедрение результатов исследования позволило: увеличить наработку на отказ устройств ввода информации в составе изделий на 11 %; увеличить гарантийные сроки эксплуатации изделий в среднем на 12 %; уменьшить время отклика при взаимодействии с пультами управления на 32 %.

Разработанные способ и модели определения места касания вычислительной системой, а также метод разработки вычислительных систем сенсорных устройств ввода информации были применены в учебном процессе ФГАОУ ВО «ПНИПУ» в

содержании дисциплин «Программирование и основы алгоритмизации», «Численные методы», «Цифровая обработка сигналов», «Встроенные микропроцессорные системы» для направлений подготовки 11.03.02, 15.03.06, 27.03.04, реализуемых в ПНИПУ.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем:

Результаты изложены в 9 публикациях, из них 3 статьи в ведущих рецензируемых научных изданиях; 1 публикация в трудах международной конференции, индексируемых в Международной базе цитирования Scopus, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Научные статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК:

1. **Козин, А.В.** Метод разработки вычислительной системы сенсорного устройства ввода информации на основе акустических измерительных преобразователей / А.В. Козин, В.И. Фрейман // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2024. – № 52. – С. 117-138.

В данной статье представлены результаты разработки метода проектирования вычислительной системы акустических сенсорных устройств ввода информации. Проанализированы требования и исходные данные для проектирования. Раскрыто содержание основных этапов предложенного метода. Приведены данные об экспериментальных исследованиях опытного образца. Они позволили сделать вывод о том, что предложенный метод позволяет повысить надежность функционирования, быстродействие и точность локализации в сложных условиях эксплуатации сенсорных устройств ввода информации (вклад соискателя 70 %).

2. **Козин, А.В.** Разработка и исследование математической и программной моделей вычислительной системы сенсорного устройства ввода информации / А.В. Козин, В.И. Фрейман // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2024. – № 2(62). – С. 44-56.

В статье рассмотрена реализация сенсорного устройства, предназначенного для работы в агрессивных условиях. Для локализации места касания в работе предложен оригинальный физический принцип действия устройства, основанный на использовании акустических волн, создаваемых при контакте с панелью. Приведены результаты разработки и исследования аналитической и численной моделей вычислительной системы сенсорного устройства, оценена их точность и вычислительная сложность. В статье исследовано влияние расположения микрофонов на панели, задания начальных характеристик и изменение геометрии панели на точность определения места касания. Предложенные модели позволили обеспечить высокую точность локализации и дать рекомендации по конструктивным параметрам устройства и программным настройкам его вычислительной системы (вклад соискателя 55 %).

3. **Козин, А.В.** Сенсорное устройство ввода информации на основе акустических измерительных устройств / А.В. Козин // Вестник Пермского

национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2023. – № 46. – С. 178-195.

В статье выполнен анализ основных видов сенсорных устройств ввода информации, их достоинств и недостатков. Предложено новое исполнение сенсорного экрана, обеспечивающее работоспособность в агрессивных условиях. Представлены результаты разработки и исследования модели и экспериментального образца сенсорного экрана. Предложено использовать результаты для дальнейшего исследования локализации звуковой волны по поверхности твердого тела (вклад соискателя 100 %).

Работа, опубликованная в издании, индексируемом в МБЦ:

4. **Kozin, A.** Contact Spot on a Display Surface / A. Kozin, E. Zalesskiy, A. Iakubchik, I. Iakubchik // Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2022, St. Petersburg, 25-28 января 2022 года. – St. Petersburg, 2022. – P. 349-351 (Scopus).

В работе представлены результаты исследования оригинального способа построения сенсорного устройства ввода информации. Оно построено на основе регистрации звуковых волн, распространяющихся от точки касания по поверхности твердых тел, выбранных в качестве подложки экрана. Пояснен принцип работы, обозначены направления дальнейших исследований (вклад соискателя 60 %).

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученные по тематике диссертационной работы:

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024611713 Российская Федерация. Вычислительная система, определяющая место касания по звуковой волне на герметичной приборной панели: № 2023685917: заявл. 29.11.2023: опубл. 24.01.2024 / **А.В. Козин**, А.В. Якубчик.

Программа предназначена для локализации места прикосновения внешнего объекта к сенсорной панели по звуковой волне. Она собирает данные с нескольких акустических датчиков (микрофонов), регистрирует факт касания и, при наличии касания, вычисляет место касания. Вычисленные координаты отправляются на компьютер (вклад соискателя 75 %).

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024616251 Российская Федерация. Модель вычислительной системы сенсорного устройства ввода информации: № 2024615370, заявл. 19.03.2024: опубл. 19.03.2024 / **А.В. Козин**, В.И. Фрейман; заявитель: ФГАОУ ВО «ПНИПУ».

Программа предназначена для моделирования работы алгоритма распознавания места касания в системе устройства ввода информации с помощью устройств (микрофонов), которые регистрируют звуковые волны, созданные при контакте с панелью пользователем. Программный код выполнен на языке программирования C и адаптирован для последующего применения в структуре встроенного программного обеспечения микроконтроллеров вычислительных систем (вклад соискателя 60 %).

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Представленная Козиним Алексеем Владимировичем диссертационная работа является прикладным научным исследованием в создании вычислительных систем с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками, она имеет фундаментальное и прикладное значение для развития данного направления науки.

Указанная область исследования соответствует пунктам **2, 4, 5** паспорта научной специальности 2.3.2. Вычислительные системы и их элементы:

П. 2. Разработка принципиально новых методов анализа и синтеза вычислительных систем и их элементов с целью улучшения технических характеристик, включая новые процессорные элементы, сложно-функциональные блоки, системы и сети на кристалле, квантовые компьютеры.

П. 4. Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования вычислительных систем и их элементов в нормальных и экстремальных условиях с целью улучшения их технико-экономических и эксплуатационных характеристик.

П. 5. Разработка научных методов и алгоритмов организации арифметической, логической, символьной и специальной обработки данных, хранения и ввода-вывода информации.

7. Диссертационная работа Козина Алексея Владимировича отвечает требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.: автор, Козин Алексей Владимирович, корректно ссылается в тексте диссертации на авторов и (или) источники заимствования материалов, в том числе при использовании результатов научных работ, опубликованных лично или в соавторстве.

Диссертация «Вычислительная система сенсорных устройств ввода информации на основе акустических измерительных преобразователей» Козина Алексея Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.2. Вычислительные системы и их элементы.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета «31» марта 2025 г. (протокол № 12).

Присутствовало на заседании 28 чел. Результаты голосования: «за» – 28 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Заведующий кафедрой
«Автоматика и телемеханика»,
доктор технических наук, профессор


_____/ Южаков А.А./
