«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и инновациям ФГАОУ ВО НИ ТПУ
________________ И.Б. Степанов

«_28_» ___03___ 2019 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Диссертация **«Акустический контроль геометрических параметров паллет»** выполнена в исследовательской школе химических и биомедицинских технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ).

В период подготовки диссертации соискатель Костина Мария Алексеевна обучалась в очной аспирантуре по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и работала в качестве ассистента в отделении «Электронная инженерия» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В 2012 г. Костина Мария Алексеевна окончила ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению «Электроника и наноэлектроника» с присвоением квалификации «Магистр».

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2018 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный руководитель – Бразовский Константин Станиславович, доктор технических наук, профессор исследовательской школы химических и биомедицинских технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

По итогам обсуждения на объединенном научном семинаре отделения «Электронная инженерия» инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности и исследовательской школы химических и биомедицинских

технологий ФГАОУ ВО «Национального исследовательского Томского политехнического университета» принято следующее заключение:

Актуальность диссертационных исследований обусловлена необходимостью внедрения и разработки нового способа зондирования и обработки акустических сигналов, которые позволяют повысить точность акустического контроля геометрических размеров движущегося объекта контроля.

Завершающей стадией технологического процесса массового производства продукции является ее упаковка, транспортировка и складирование. Для этого используются унифицированные поддоны, которые увеличивают удобство погрузочно-разгрузочных работ, обеспечивают сохранность товара, тем самым позволяют сократить затрачиваемое на это время. Кроме того, компактное размещение продукции уменьшает занимаемую площадь складского помещения. Деревянные поддоны являются многооборотной тарой и во время перемещения груза паллеты могут быть повреждены в той или иной степени, что может привезти к необратимой порче произведенного товара. Нарушение геометрических параметров паллет приводит к ошибке в работе автоматического устройства укладки продукции на поддон, при этом приходится тратить много времени на устранение аварийной ситуации, увеличиваются простои и издержки производства, что приводит к росту себестоимости продукции.

Комплексная оценка качества паллет с целью выявления всех дефектов (целостность досок, отсутствие трещин, сколов до гвоздя, отсутствие торчащих гвоздей) и оперативное принятие верного решения для их устранения с конвейерной ленты представляют собой сложнейшую задачу для оператора. Поэтому выполненные автором исследования являются несомненно актуальными.

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертационной работе

Личное участие автора заключается в:

- разработке способа двухчастотного зондирования с фазовой коррекцией и алгоритма обработки принятых сигналов;
- разработке математической модели на основе метода геометрической акустики;
- проведении экспериментальных исследований и интерпретации данных при апробации программно-аппаратного комплекса для детектирования непригодной транспортировочной тары.

2. Степень достоверности полученных теоретических и экспериментальных результатов

Достоверность полученных теоретических и экспериментальных исследований, полученных результатов и выводов обеспечивается корректным применением современных численных методов,

многочисленными экспериментальными исследованиями, устойчивой воспроизводимостью результатов и сопоставлением результатов, полученных разными методами и другими авторами. Достоверность полученных результатов подтверждается практической разработкой прибора для отбраковки поддонов по высоте, целостности верхней плоскости и обнаружению посторонних предметов на верхней плоскости поддона на линии упаковки готовой продукции.

3. Научная новизна работы заключается в следующем.

1. Разработан способ обработки двухчастотного сигнала с фазовой коррекцией для контроля геометрических параметров паллет, основанный на поочередном излучении зондирующего сигнала на двух частотах, определении временной координаты и фазы срабатывания порогового устройства и на основе этих данных вычислении временной координаты начала эхо-сигналов, позволяющий снизить погрешность контроля.

2. Выявлен характер влияния параметров зондирования на погрешность определения временной координаты начала эхо-импульса. Показано, что для фиксированных частот 25 кГц и 40 кГц достигается минимальная погрешность контроля.

3. Выявлен характер влияния параметров усиления принятых сигналов на качество контроля. Показано, что при подборе фиксированного коэффициента усиления для сигнала каждой частоты, достигается наименьшая погрешность.

4. Разработан алгоритм обработки двухчастотных сигналов, позволяющий исключить срабатывание компараторов в разных периодах эхо-сигналов, что позволит сохранить погрешность в диапазоне четверти периода большей частоты.

5. Создан программно-аппаратный комплекс, состоящий из блока датчиков, размещающихся над конвейерной лентой, блока управления и программной среды для визуализации результатов контроля, обладающий лучшими характеристиками по сравнению с аналогами.

4. Практическая значимость работы состоит в том, что:

- разработан способ двухчастотного зондирования с фазовой коррекцией, на основе которого можно проектировать ультразвуковые локаторы нового поколения с высокими техническими характеристиками, новизна которого подтверждена двумя патентами на изобретения;
- предложенные схемотехнические решения, защищенные патентами РФ, были использованы при проектировании программно-аппаратного комплекса для контроля геометрических параметров паллет;
- разработанный алгоритм обработки акустических сигналов, для определения временной координаты начала эхо-сигнала, можно использовать в акустических локаторах для уменьшения погрешности контроля дистанции;
- предложена математическая модель для анализа погрешности определения временной координаты начала эхо-импульса для выявления

влияния параметров акустического тракта (излучаемые частоты, величина порогового напряжения детектирующего устройства, расстояния до объекта контроля, параметров окружающей среды) на точность контроля.

5. Ценность научных работ соискателя

Костиной М.А. опубликовано 22 работы, в том числе 12 статей в изданиях, индексируемых в базах данных SCOPUS и Web of Science, 4 статьи в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, а также получено 4 патента.

Ценность научных работ заключается в том, что предложенные диссертантом способы и алгоритмы, позволяют контролировать поддоны с высокой точностью в реальном масштабе времени.

6. Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертация Костиной М.А. соответствует специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

7. Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях.

Публикации в журналах, индексируемых в базах данный Scopus и WoS:

1. Костина М.А. Small-Angle Acoustic Tomography under Shadow Testing with Antenna Arrays [Article, Electronic resource] / A. I. Soldatov [et al.]// Russian Journal of Nondestructive Testing – 2018 – Vol. 54, No. 7 – [P. 463–468].

2. Костина М.А. Investigating Measurement Errors in Dual-Frequency Probing Technique by Mathematical Modeling [Article, Electronic resource] / A. I. Soldatov [et al.]// Russian Journal of Nondestructive Testing – 2019 – Vol. 55, No. 1 – [P. 15-21].

3. Костина М.А. Management of in-tube projectiles using acoustic channel [Electronic resource] / S.I. Bortalevich [et al.] //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering – 2018 – Vol. 327 – [042055, 9 p.].

4. Костина М.А. Simulation of the propagation of elastic waves through multilayer structures [Electronic resource] / A. I. Soldatov [et al.]// Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies, MWENT 2018 – Proceedings - [8337218, P. 1-4].

5. Костина М.А. Small-angle tomography algorithm for transmission inspection of acoustic linear array [Electronic resource]/ A. I. Soldatov [et al.]// MATEC Web of Conferences – 2016 – [03006, 7 p.].

6. Костина М.А. Simulation of surface oscillation of ultrasound sensor based on piezoelectric semiconductor transducer [Electronic resource]/ A. I. Soldatov [et al.]// Journal of Physics: Conference Series. - 2016 - Vol. 671 – [012054, P. 1-6]

7. Костина М.А. Influence of the echo shapes on the result of tomographic image [Electronic resource] / P. V. Sorokin [et al.] // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Russia, Omsk, May 21-23, 2015 : proceedings. – IEEE, 2015. – [4 p.].

8. Костина М.А. Software-hardware system for measurement of the pallet dimensions [Electronic resources]/ P. V. Sorokin [et al.] // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). : IEEE, 2017. – [P. 1–5].

9. Костина М.А. System for automatic sorting of pallets[Electronic resources]/ P. V. Sorokin [et al.]// 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON).: IEEE, 2016. С. 1–4.

10. Костина М.А. Inaccuracy of acoustic measurements in dual-frequence method of sounding/ M.A. Kostina, Y.V. Shulgina, A.I. Chudinova// MATEC Web of Conferences – 2018

11. Костина М.А. Simulation of acoustic signals in a waveguide of circular cross section// Mechanical Engineering, Automation and Control Systems: Proceedings of International Conference, Tomsk, December 1-4, 2015. – Tomsk: TPU Publishing House, 2015 – p. 1-4.

12. Костина М.А. Distance determination based on dual frequency method with phase correction // 2017 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2017 – Proceedings. 29-30 June 2017.

Публикации в рецензируемых изданиях из списка ВАК

1. Костина М.А. Применение фазового метода для определения временного положения акустического импульса/ М.А. Костина, П.В. Сорокин, А.А. Солдатов // Известия Южного федерального университета. Технические науки : научно-технический и прикладной журнал. – 2010. – Т. 110, № 9. – [С. 97-102].

2. **Костина М.А.** Алгоритм реконструкции томограммы при теневом методе акустической дефектоскопии линейными решетками/ М.А. Костина, А.И. Солдатов, А.А. Солдатов, П.В. Сорокин, Ю.В. Шульгина// Контроль. Диагностика – 2018 – №2– [С. 42-47].

3. **Костина М.А.** Малоракурсная акустическая томография при теневом контроле антенными решетками/ М.А. Костина, А.И. Солдатов, А.А. Солдатов, П.В. Сорокин, Ю.В. Шульгина // Дефектоскопия – 2018 – № 7 – [С. 3-9].

4. **Костина М.А.** Исследование погрешностей измерений при двухчастотном методе зондирования на основе математического моделирования/ М.А. Костина, А.И. Солдатов, А.А. Солдатов, П.В. Сорокин, Ю.В. Шульгина // Дефектоскопия –2019 – № 1– [С. 17-22].

Патенты

1. Патент RU 2 599 602 C1 «Способ компенсации погрешности измерения ультразвукового локатора» по заявке № 2015122824/28 от 15.06.2015, опубл. 10.10.2016, Бюл. № 28/ Солдатов А.И., Шульгина Ю.В.,

Солдатов А.А., Сорокин П.В., Костина (Солдатова) М.А.

2. Патент RU 2 596 907 C1 «Устройство компенсации погрешности измерения ультразвукового локатора» по заявке №2015122093/28 от 09.06.2015, опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25 / Солдатов А.И., Шульгина Ю.В., Солдатов А.А., Сорокин П.В., Костина (Солдатова) М.А., Шульгин Е.М.

3. Патент RU 2 679 647 C1 «Способ ультразвуковой томографии» по заявке № 2018120253 от 31.05.2018, опубл. 12.02.2019, Бюл. № 5 / Солдатов А.И., Шульгина Ю.В., Солдатов А.А., Сорокин П.В., Костина М.А. и др.

4. Патент RU 2 679 648 C1 «Устройство ультразвуковой томографии» по заявке № 2018120256 от 31.05.2018, опубл. 12.02.2019, Бюл. № 5 / Солдатов А.И., Шульгина Ю.В., Солдатов А.А., Сорокин П.В., Костина М.А. и др.

8. Внедрение результатов диссертационной работы

Результаты диссертационных исследований использованы в ОАО «Томское пиво», г. Томск, а также в учебном процессе отделения «Электронная инженерия» ФГАОУ ВО НИ ТПУ при подготовке магистрантов по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» в рамках дисциплины «Электронные промышленные устройства».

Диссертация **«Акустический контроль геометрических параметров паллет»** Костиной Марии Алексеевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Заключение принято на объединенном научном семинаре отделения «Электронная инженерия» инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности и исследовательской школы химических и биомедицинских технологий ФГАОУ ВО НИ ТПУ.

Присутствовало на заседании 37 чел. Результаты голосования: «за» - 37 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 1 от 26 марта 2019 г.

Председатель научного семинара,
ФГАОУ ВО НИ ТПУ
Директор ИШХБМТ, д.х.н., профессор Юсубов М.С.

Секретарь научного семинара,
ФГАОУ ВО НИ ТПУ
Зам.директора по развитию ИШХБМТ, д.х.н. Трусова М.Е.