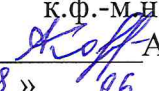


Министерство образования и науки Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Радиофизический факультет
Кафедра радиофизики

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК

Руководитель ООП

к.ф.-м.н., декан РФФ

 А.Г. Коротаев
«19» 06 2020 г.

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах подготовленной научно - квалификационной работы
(диссертации)

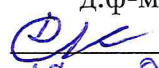
АКУСТИЧЕСКАЯ ТОМОГРАФИЯ В ВОЗДУХЕ

по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре
направление подготовки 03.06.01 - Физика и астрономия

Ерзакова Надежда Николаевна

Научный руководитель

д.ф.-м.н., профессор

 Д.Я. Суханов
«19» 06 2020 г.

Автор работы

аспирант

 Н.Н. Ерзакова

Томск-2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Актуальность темы исследования	3
2 Научная новизна.....	5
3 Теоретическая и практическая значимость работы	5
4 Основные результаты исследования	6
5 Список работ, опубликованных автором.....	6
Заключение.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковые зондирующие системы в воздухе применяются для ориентации роботов в пространстве, для диагностики различных изделий. Также ультразвуковые системы могут найти применение в контроле поверхности дорожного покрытия, а именно наличие колеи и разрушение поверхностного слоя. Дорожные условия оказывают значительное влияние на режим и безопасность движения, как отдельных автомобилей, так и всего потока транспортных средств в целом. Наличие дефектов поверхности дорожного полотна, в том числе скрытых от глаз, ведет к колоссальному экономическому ущербу, преждевременному износу транспортных средств и составляет угрозу жизням участников дорожного движения. Большая роль в обеспечении безопасности движения принадлежит основным технико-эксплуатационным показателям автомобильных дорог. К числу таких показателей относится ровность и шероховатость дорожного покрытия.

1 Актуальность темы исследования

На сегодняшний день задача бесконтактного сканирования поверхности решается с применением радиоволновых, лидарных, оптических, лазерных методов. Эти методы оценивают глубину зондируемой поверхности, дальность до поверхности и применяются на больших скоростях, что позволяет оценить протяженный участок поверхности. Недостатком лазерных методов является возможность работы только в отсутствии солнечного света. Радиоволновые методы зависят от погодных условий. Существуют ультразвуковые контактные дефектоскопы, которые при сканировании поверхности используют жидкости, что затрудняет сканирование на протяженных участках дороги. Ультразвуковые сканеры устойчивы к загрязнению атмосферы, имеют высокое разрешение в плоскости с учетом доплеровского эффекта и турбулентных искажений. Имеющиеся аналоги на рынке ультразвуковых сканеров имеют ряд недостатков, такие как отсутствие параллельной оцифровки измеряемых сигналов, неравномерное обеспечение уровня сигнала на исследуемой области. Также, стоит отметить, что пока ультразвуковые системы использовались на малых скоростях. Их ограничение скорости связано с небольшой скоростью звука. Немаловажная

проблема состоит в восстановлении формы сканируемой поверхности при наличии доплеровского уширения.

Объектом исследования является: технология акустического зондирования поверхности и восстановления её формы. Предмет исследования: алгоритм обработки сигналов с линейной сканирующей решётки ультразвуковых излучателей и приёмников для восстановления формы поверхности. Целью данного исследования является разработка ультразвукового сканера для определения высотного профиля неровной поверхности путем бесконтактного зондирования на скорости до 40 км/ч.

Задачи:

1. Провести анализ существующих методов;
2. Разработать структуру зондирующей системы;
3. Разработать численную модель по восстановлению неровной поверхности;
4. Разработать лабораторный макет для зондирования неровной поверхности;
5. Провести экспериментальные исследования;
6. Систематизация и обработка результатов экспериментов.

На кафедре радиофизики проводятся исследование и разработка ультразвуковых зондируемых систем в воздухе, в том числе разработан лабораторный макет бесконтактного ультразвукового сканера, перемещаемого над исследуемой поверхностью, который изображен на рисунке 1.

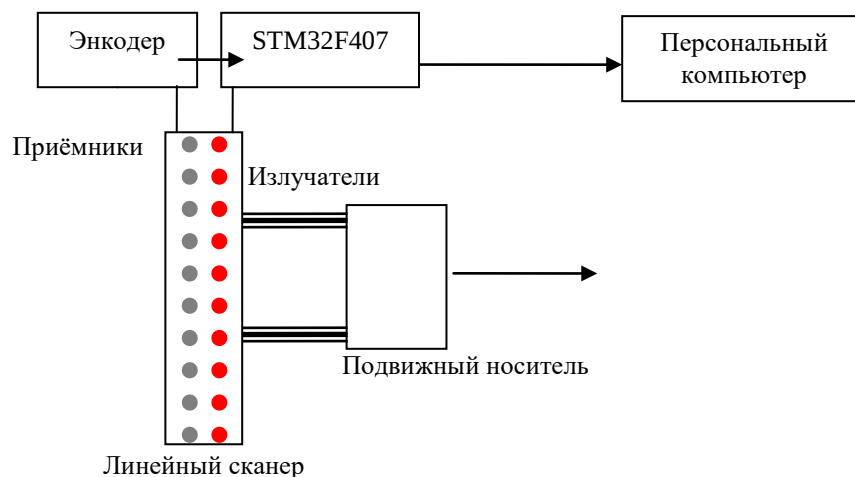


Рисунок 1 – Макет ультразвукового сканера

Система состоит из линейной решетки датчиков, 4 микроконтроллера, энкодера, персональный компьютер, подвижный носитель. В качестве ультразвуковых датчиков были выбраны микрофоны, работающие на частоте 40 кГц. Линейная решётка датчиков масштабируемая система, состоящая из нескольких модулей, что позволяет собирать решетку различной длины. Каждый модуль включает в себя по 16 излучателей и 16 приемников с шагом размещения 1 см. Микроконтроллеры обеспечивают генерирование зондирующего сигнала, коммутацию всех элементов, оцифровку сигналов, сбор информации с энкодера. Непрерывная передача данных осуществляется по протоколу Ethernet. Управление всей системой происходит с помощью персонального компьютера, где проводится обработка сигнала и визуализация неровной поверхности.

2 Научная новизна

Предложено осуществлять ультразвуковое сканирование поверхности с использованием широкополосных сигналов различной формы для устранения уровня артефактов на восстановленном изображении. Также предложено задействовать в качестве излучателя синфазную линейную решетку излучателей, а в качестве приемника – линейную решетку приемников, что позволит производить непрерывную оцифровку сигналов и обеспечит формирование цилиндрической волны. Научная новизна работы заключается в том, что впервые решена обратная задача ультразвукового зондирования на высоких скоростях при наличии существенного доплеровского эффекта и турбулентных искажений атмосферного воздуха.

3 Теоретическая и практическая значимость работы

Решение обратной задачи ультразвукового зондирования при условии быстрого поперечного движения носителя относительно зондируемой поверхности. В результате работы показано, что возможно реализовать быстрое сканирование ультразвуковыми сигналами в воздухе и восстановить форму поверхности с учётом доплеровского уширения спектра рассеянного сигнала с применением линейных решёток излучателей и приёмников.

Разработан лабораторный макет ультразвукового сканера для определения высотного профиля неровной поверхности путем бесконтактного зондирования на скорости до 40 км/ч. Предложенный алгоритм обработки данных позволяет восстановить высотный профиль без высокого уровня артефактов учитывая доплеровский эффект уширения. Разработанное программное обеспечение позволяет обеспечить параллельную оцифровку сигналов в режиме реального времени, а также осуществляет сбор данных, первичную обработку и передачу данных в режиме реального времени. Лабораторные испытания показали работоспособность метода и технической реализации. Теоретические и экспериментальные исследования согласуются.

Все основные теоретические и практические результаты диссертационной работы получены лично автором, либо при его непосредственном участии в качестве основного исполнителя. Так автором диссертации проведено численное моделирование, разработка и изготовление экспериментальной установки, проведение экспериментальных исследований. Совместно с научным руководителем проведена постановка задачи, разработка программного обеспечения. Разработан лабораторный образец ультразвукового сканера.

5 Список работ, опубликованных автором

1. Sukhanov D.Ya., Erzakova N.N. Visualization of broadband sound sources //MATEC Web of conferences. 2016. Vol. 79. P. 1001(1)-1001(6).
2. Ерзакова Н.Н., Суханов Д.Я. Визуализация широкополосных источников звука // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VII научно-практической конференции (25–28 мая 2016 г.) / под ред. А.В. Юрченко; Томский государственный университет – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2016. С. 386-393.
3. Ерзакова Н.Н., Суханов Д.Я. Ультразвуковое зондирование с непрерывным пространственным сканированием // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VIII научно-практической конференции (22-25 ноября

- 2017 г.) / под ред. В.И. Сырямкина, А.В. Юрченко; Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2017. С. 138-139.
4. Суханов Д.Я., Ерзакова Н.Н., Минин И.В., Минин О.В., Беличенко В.П., Кузьменко И.Ю., Муксунов Т.Р., Завьялова К.В., Федянин И.С. Синтез источников ультразвукового поля на основе фазовых экранов // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VIII научно-практической конференции (22-25 ноября 2017 г.) / под ред. В.И. Сырямкина, А.В. Юрченко; Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2017. С. 51-52.
 5. Суханов Д.Я., Ерзакова Н.Н., Минин И.В., Минин О.В., Беличенко В.П., Кузьменко И.Ю., Муксунов Т.Р., Завьялова К.В., Федянин И.С., Сивков Е.К., Емельянов Ф.С. Управление левитацией частиц в ультразвуковом поле // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VIII научно-практической конференции (22-25 ноября 2017 г.) / под ред. В.И. Сырямкина, А.В. Юрченко; Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2017. С. 87-89.
 6. Суханов Д.Я., Ерзакова Н.Н., Худокормов Б.Д., Беличенко В.П., Завьялова К.В. Синтез рефлекторов для формирования заданного распределения волнового поля // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VIII научно-практической конференции (22-25 ноября 2017 г.) / под ред. В.И. Сырямкина, А.В. Юрченко; Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2017. С. 94-95
 7. Sukhanov D.Y., Erzakova N.N. Ultrasound sounding in air by fast-moving receiver // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. Vol. 363. P. 012024(1)-012024(5).
 8. Sukhanov D.Y., Zav`yalova K.V., Erzakova N.N. Synthesis of ultrasound field sources based on phase screen approximation // MATEC Web of conferences. 2018. Vol. 155. P. 01011(1)-01011(5). URL: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2018/14/matecconf_ime2018_01011/html (date of access: 28.03.2018).
 9. Roslyakov, S., Emelyanov, F., Sivkov, E. Erzakova N.N. Phased arrays of ultrasound

emitters controlled by binary signals for acoustic levitation // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 516. P. 012033(1)-012033(4).

10. Ерзакова Н.Н., Завьялова К.В., Суханов Д.Я. Ультразвуковое зондирование высотного профиля поверхности в воздухе // SibTest – 2019. Сборник тезисов докладов V Международной конференции по инновациям в неразрушающем контроле, 26-28 июня 2019 г. Томск: Изд-во ТПУ, 2019. С. 26-27. URL: <http://ndts.tpu.ru/sibtest2019/> (дата обращения: 21.05.2020).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен метод ультразвукового зондирования в воздухе при движении линейной решётки с применением широкополосных зондирующих сигналов которые позволяют снизить уровень артефактов при восстановлении изображений неровной поверхности.
2. Разработана экспериментальная установка на основе 64 –х излучателей и приемников, расположенных с шагом 1 см позволяющая бесконтактно зондировать поверхность на скорости до 40 км/ч.
3. Разработан алгоритм обработки данных зондирования для восстановления высотного профиля поверхности.
4. Разработанная система представляет интерес для контроля и оценки уровня колеи изменения и качества дорожного покрытия.

Введите текст:

...или загрузите файл:

Файл не выбран...

Выбрать файл...

Укажите год публикации:

2020 ▼

Выберите коллекции

Все

Рефераты

Авторефераты

Иностранные конференции

PubMed

Википедия

Российские конференции

Иностранные журналы

Российские журналы

Энциклопедии

Англоязычная википедия

Анализировать

Проверить по расширенному списку коллекций системы Руконтекст (<http://text.rucont.ru/like>)

Обработан файл:

Научный доклад_ЕрзаковаНН+.doc.

Год публикации: 2020.

Оценка оригинальности документа - 100.0%

Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 0.0%

Просмотр заимствований в документе

Время выполнения: 10 с.

Заимствования отсутствуют

[Значимые оригинальные фрагменты](#)

[Библиографические ссылки](#)

[Искать в Интернете](#)



100.00%

[Дополнительно](#)