

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., доцент кафедры КЭиФ,
декан РФФ НИ ТГУ,
А.Г. Коротаев
«12» 06 2020 г.

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах подготовленной научно - квалификационной работы
(диссертации)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ШИРОКОЗАХВАТНОГО СШП
ГЕОРАДИОЛОКАТОРА

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

Цепляев Илья Сергеевич

Научный руководитель
д.ф.-м.н., зав. кафедры
радиофизики
С.Э. Шипилов
«22» 06 2020 г.
Автор работы
аспирант
И.С. Цепляев

На сегодняшний день задача бесконтактного исследования плоскостных сред, а именно получение информации о структуре плоскостных сред, а также распределениях неоднородностей в них по данным многокурсового локационного СШП зондирования, является актуальной задачей, затрагивающей множество сфер в жизни человека.

Нередко предприятиям при планировании строительства новых сооружений или реконструкции подземных коммуникаций необходимо точное определение местоположения проложенных инженерных сетей. Причин может быть множество от утерянных документов и отсутствия возможности проверить само наличие проложенных коммуникаций, до планируемого строительства, которое, в любом случае, потребует проведения процедуры поиска проложенных в земле трубопроводов, электрических кабелей, телефонных проводов перед проведением земельных работ независимо от назначения будущего сооружения. Избежать повреждения или наложения инженерных сетей поможет их профессиональный поиск. Одним из вариантов поиска кабельных линий являются трассоискатели. Данные приборы позволяют осуществлять поиск подземных коммуникаций, маркеров коммунальных систем и кабельных линий в режиме реального времени на глубине до 2.5 м с шириной области исследования 0.2 м до 1 м. Но данный метод не позволяет определить, на что реагирует данный прибор. Так как визуализации объекта нет, следовательно, и реагирование прибора может происходить не на искомые объекты.

Также не менее важная задача для дорожных ремонтно-строительных управлений это определение толщины верхнего слоя автодорожного полотна для его контроля и своевременного ремонта. Согласно последним исследованиям в России меньше половины дорог соответствуют нормативным требованиям. Для улучшения дорожной сети был принят национальный проект "Безопасные и качественные автомобильные дороги". Во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития

Российской Федерации на период до 2024 года» паспорт нацпроекта включает в себя четыре федеральных проекта: «Дорожная сеть», «Общесистемные меры по развитию дорожного хозяйства», «Безопасность дорожного движения» и «Автомобильные дороги Минобороны России». Для успешной реализации национального проекта планируется создание Реестра новых и наилучших технологий, материалов и технологических решений. На данный момент проводятся эксперименты по внедрению новейших технологий при строительстве дорожной сети РФ. Так на федеральных трассах Подмосковья начался эксперимент по укладке верхнего слоя асфальта по новейшей технологии RAP. Задача эксперимента — подтвердить, что те заявленные характеристики, которые были получены в лабораторных условиях, подтверждаются в реальных условиях и обеспечивают необходимую долговечность. При этом определение толщины вновь уложенных асфальтовых смесей предполагается осуществлять не методом кернения как сейчас, а современными бесконтактными георадарными комплексами. Большинство из них способно определять лишь электрическую толщину слоя, т.е. произведение толщины на показатель преломления. И, соответственно, чтобы узнать абсолютную толщину необходимо знать априорную информацию о показателе преломления. Ранее в работе [Якубов В.П., Шипилов С.Э., Сатаров Р.Н. /СВЕРХШИРОКОПОЛОСНАЯ ТОМОГРАФИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ ЗА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПРЕГРАДАМИ/Контроль. Диагностика, 2011, специальный выпуск, С.87-91] было показано, что для однозначного и точного определения толщины и показателя преломления достаточно произвести измерения зондируемой среды в двух точках - при совмещенном приемеопередатчике и разнесенном. Суть метода заключается в определении задержки импульсов при прохождении через слой по расположению максимумов сигналов отраженных от первой и второй границы слоя. Однако в толщинах сопоставимых с длиной импульса затруднительно определить положение максимумов, при этом в случае

многослойных сред задача становится еще более сложной. Выходом видится внедрение методики сейсморазведочных работ, а именно метод общей глубинной точки, суть которого сводится к учету запаздывания отраженных волн, путём многократного прослеживания отражений от границы при различном взаимном положении источников и приемников упругих колебаний. Но для корректного учета отраженных волн необходимо задавать степень ослабления кратных волн, что требует знание априорной информации о количестве слоев. Автором был разработан лабораторный образец высокочастотного малогабаритного сканера позволяющего в режиме реального времени получать информацию о толщине и показателе преломления подстилающих поверхностей, визуализировать объекты, находящиеся в ней, а также был разработан метод поиска параметров многослойных плоскостойных сред.

Основной целью работы является разработка устройства для радиотомографии плоскостойных сред, а также метода определения параметров каждого слоя многослойной плоскостойной среды. Был произведен анализ литературы, статей и информационных ресурсов и выявлено что на сегодняшний день требуется устройство, позволяющее в режиме реального времени получать информацию о подстилающих поверхностях и неоднородностях находящихся внутри ее. Потребность в данном устройстве существует в задаче по зондированию дорожного полотна, в задаче археологической разведки и задаче по поиску инженерных коммуникаций. В задаче по зондированию дорожного полотна и задаче археологической разведки необходимо различие толщин слоев, т.е. необходимо субсантиметровое разрешение в продольном состоянии. Также в данных задачах необходима глубина зондирования до 1 м. Из вышесказанных условий вытекает выбор диапазона частот работы устройства – 2-9 ГГц. В задаче по поиску инженерных коммуникаций необходимо разрешение в поперечном направлении не более 2 см, для высокоточного картографирования местности и избегания возможности

разрушения кабелей, труб, и других скрытых объектов, находящихся внутри исследуемой среды. Также данное устройство предназначено для ручного использования, вследствие этого максимальная скорость движения радиотомографа должна быть равна скорости движения человека, а именно 0.1 – 1 м/с. Максимальные размеры устройства исходят из задачи обеспечения возможности проникновения человека через узкий коридор – 50 – 60 см, и вследствие этого было определено количество антенных элементов в антенной решетке. Помимо этого данное устройство должно обладать независимым питанием для обеспечения мобильности. Также оно должно быть оснащено сетью WiFi для обеспечения возможности удаленного управления и передачи данных.

Таким образом, после проведенного анализа рынка существующих систем картографирования инженерных коммуникаций были определены технические требования к разрабатываемому радиотомографу:

- для количественного анализа экспертизы верхнего слоя автодорожного полотна с минимальной толщиной 2 см и определением характера искусственного покрытия (асфальтобетон, цемента-, армо- или железобетон).
- для археологической разведки на глубину до 1 м с разрешающей способностью в продольном направлении – 0.5 см, в поперечном – 1,5 см и трехмерной визуализацией объектов.
- скорость перемещения малогабаритного СШП георадиотомографа 0.1 – 1 м/с;
- анализ радиоизображения менее чем за 3 – 5 с;
- количество элементов 16;
- частота излучения 2-9 ГГц;
- размер апертуры 50 – 60 см;
- питание 12 В;
- связь Ethernet, WiFi.

Прибор представляет собой СШП геотомограф, в состав которого входят 16 сверхширокополосных приемных и передающих антенн,

согласованных на диапазон частот 2 – 9 ГГц, с коэффициентом стоячей волны по напряжению меньше 2. Для обеспечения многоракурсного зондирования данные антенные элементы были соединены в две линейные решетки. Антенные решетки были расположены гексагонально друг относительно друга для обеспечения более плотного заполнения. В качестве приемо-передающего модуля выступает компактный векторный анализатор цепи (ВАЦ) SC5090TR фирмы «Planar», работающий в диапазоне частот от 0.3 до 9 ГГц с мощностью излучения до 5 мВт и временем перестройки 30 нс. Для обеспечения быстрого переключения антенных элементов в антенной решетке использовался высокоскоростной электронный коммутатор. Для восстановления формы объектов, находящихся в толще исследуемой среды, применялся метод миграции. Для работы данного метода необходимо обеспечить привязку координат точек фокусировки к прямоугольной сетке. Для этого использовался энкодер. Сбор данных, управление коммутацией каналов и томосинтез радиоизображения осуществлялись на мини компьютере LattePanda Alpha, с использованием специально разработанной программы в среде MatLab. Удаленное управление устройством использовался сенсорный экран.

Общая схема управления решеткой представлена на рисунке 1.

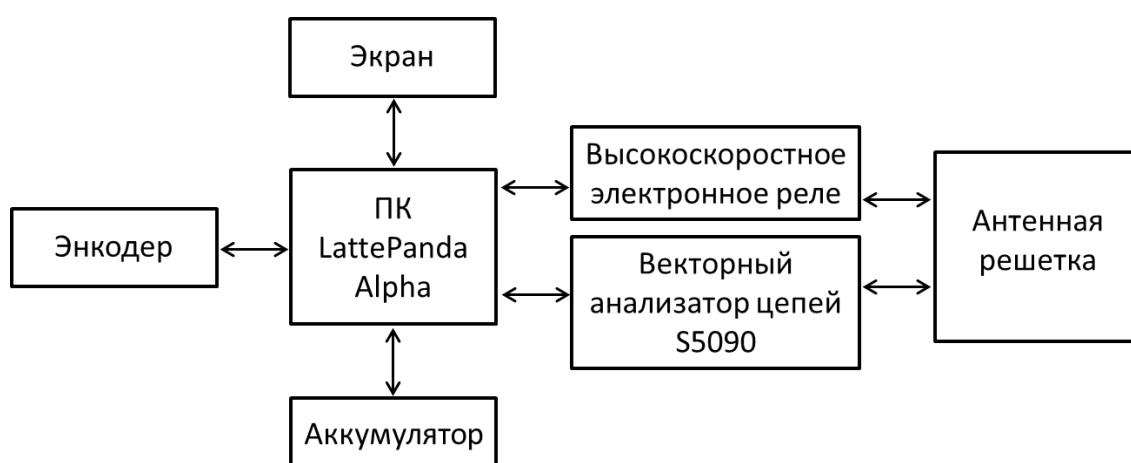


Рисунок 1 – Блок схема устройства

По материалам диссертации опубликовано 10 работ, из них 8 статей в журналах, рецензируемых в Scopus.

Оформлено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа сбора данных для многоканального СШП геолокатора» № 2019615617, Цепляев И.С., Шипилов С.Э., Сатаров Р.Н., Федянин И.С..

Все основные теоретические и практические результаты диссертационной работы получены либо лично автором, либо при его непосредственном участии в качестве основного исполнителя. Так автором диссертации проведены: постановка задач, моделирование решения обратных задач в CST Microwave Studio, построение конструкции лабораторного макета георадиолокатора, подборка комплектующих, сборка устройства, написание программного обеспечения по управлению и сбора геолокационных данных на языке Matlab, проведение экспериментов, а также анализ полученных результатов диссертации.

Определение направления и выбор методов исследований осуществлено научным руководителем профессором Шипиловым Сергеем Эдуардовичем. Совместно с научным руководителем проведены: численное моделирование с применением пакета программ MathCad, CST Microwave Studio, Matlab, обсуждение идей и методов постановки и методики проведения экспериментальных и теоретических исследований. Разработан лабораторный образец георадара. Научный руководитель является соавтором всех основных публикаций автора диссертации.

Автор диссертации выражает свою искреннюю благодарность научному руководителю Шипилову Сергею Эдуардовичу и коллеге Сатарову Раилу Наилевичу за большую непосредственную помощь в выполнении диссертационной работы, а также всему коллективу кафедры радиофизики ТГУ за внимание и полезные обсуждения в ходе работы над диссертацией.

Поиск заимствований в научных текстах^β
[\(/index.php/ru/\)](/index.php/ru/)
[\(/index.php/en/\)](/index.php/en/)

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_Цепляев+.pdf.

Год публикации: 2020.

Оценка оригинальности документа - 89.45%

Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 10.55%

Просмотр заимствований в документе

Время выполнения: 7 с.

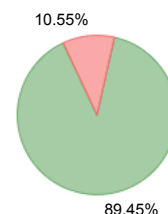
Документы из базы

Источники заимствования

1. Радиоволновая томография с использованием принципа тактирования решётки (<http://vak2.ed.gov.ru/idcUploadAutoref/renderFile/178830>)

Авторы: Сатаров Раиль Наилевич.

Год публикации: 2014. Тип публикации: автореферат диссертации.

<http://vak2.ed.gov.ru/idcUploadAutoref/renderFile/178830><http://vak2.ed.gov.ru/idcUploadAutoref/renderFile/178830>[Показать заимствования \(7\)](#)
 В списке литературы
 Источники
 Заимствования

10.55%

2. **Трёхмерное радиовидение на основе измерения амплитуды поля интерференции** (<http://vak2.ed.gov.ru/idcUploadAutoref/renderFile/179034>)

Авторы: Завьялова Ксения Владимировна.
Год публикации: 2014. Тип публикации: автореферат диссертации.
<http://vak2.ed.gov.ru/idcUploadAutoref/renderFile/179034>
(<http://vak2.ed.gov.ru/idcUploadAutoref/renderFile/179034>)
[Показать заимствования \(6\)](#)



9.36%

[Дополнительно](#)

[Значимые оригинальные фрагменты](#)

[Искать в Интернете](#)