

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук, професора, зав. кафедри прикладної електродинаміки Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна Горобця М. М. на дисертацію Букіна Олександра Володимировича "Багаточастотне когерентне радіозондування підповерхневого середовища", подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Актуальність теми дисертаційної роботи

В дисертаційній роботі Букіна О. В. вирішуються важливі завдання, які пов'язано з використанням підповерхневої радіолокації за різними напрямками прикладних досліджень підповерхневого середовища, які потребують неруйнівної діагностики. Розвиток підповерхневї радіолокації обумовлено новими задачами, які стає неможливо вирішувати старими методами. Кілька десятиліть основним методом підповерхневого радіолокаційного зондування залишається відеоімпульсний метод. Відомо, що ґрунт характеризується частотною дисперсією діелектричної проникності складових його речовин. Анітрохи не применшуючи значення відеоімпульсного методу підповерхневого радіозондування, слід визнати, що при вирішенні певних завдань, наприклад, пов'язаних з необхідністю підповерхневого зондування вологого ґрунту на глибину до 20-30 м (до рівня ґрунтових вод), коли необхідно враховувати частотну дисперсію діелектричної проникності ґрунту, надається перевага багаточастотному підповерхневому радіозондуванню. Таким чином, розробка та апробація електричної моделі змішування ґрунту, на підставі якої розраховується частотна залежність діелектричної проникності ґрунту, а також вирішення завдань, пов'язаних з математичною обробкою та інтерпретацією (і візуалізацією) результатів багаточастотного підповерхневого радіозондування, що дозволяє більш ефективно визначати фізичні зміни у підповерхневї структурі ґрунту, є актуальним завданням.

Мета досліджень

Мета досліджень дисертації полягає у науковому обґрунтування та розвитку радіофізичного методу багаточастотного когерентного підповерхневого радіозондування, що дозволяє оцінювати фізичні характеристики підповерхневої структури ґрунту, виявляти зміну фізичних властивостей цієї структури в результаті техногенного впливу або природних

геологічних процесів; виявляти окремі об'єкти, пов'язані з елементами інженерних конструкцій, та діагностувати їх стан.

Наукова новизна одержаних результатів

За результатами проведеної роботи здобувачем отримані наступні результати, що мають наукову новизну.

По-перше, вперше запропоновано методуку використання фазової структури відбитих зондувальних сигналів для визначення підповерхневої структури ґрунту.

По-друге, запропоновано та апробовано скориговану математичну модель електричних характеристик ґрунту, що враховує частотну дисперсію його діелектричної проникності

По-третє, розроблено та експериментально перевірено новий ітераційний метод визначення фізичних характеристик підповерхневого середовища з фазової структури відбитого сигналу з використанням запропонованої моделі електричних параметрів ґрунту

По-четверте, вперше, з використанням розроблених макетів георадарів метрового і дециметрового діапазонів частот, експериментально підтверджено можливість використання фазової структури відбитих сигналів для оцінки фізичних характеристик підповерхневої структури ґрунту і окремих об'єктів як штучного, так і природного походження.

Вважаю, що елементи наукової новизни сформульовані коректно, їх кількість та кваліфікаційні ознаки відповідають нормативним вимогам.

Обґрунтованість та достовірність одержаних в роботі результатів

Здобувачем при виконанні дисертації використані сучасні експериментальні і теоретичні методи радіофізичних досліджень. Достовірність отриманих результатів підтверджено проведенням лабораторних та натурних вимірювань. В дисертаційній роботі багато посилань на наукові видання, перш за все зарубіжні, які включенні в список використаної літератури, що свідчить про обґрунтованість опрацювання проблеми та високий рівень наукової підготовки здобувача.

Оцінка змісту та завершеності дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, науково коректно сформульовано мету, яка визначає тему та завдання досліджень, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, взаємозв'язок проведених досліджень з науковими програмами і темами, наукову новизну та практичне значення

отриманих результатів, а також особистий внесок здобувача, дані про апробацію і публікацію результатів дисертаційної роботи.

У першому розділі дисертаційної роботи зроблено аналітичний огляд сучасного стану та тенденцій розвитку радіолокаційного зондування зондування підповерхневого середовища. Наведено опис і порівняльний аналіз найбільш поширених методів підповерхневого радіозондування, відомих електричних моделей змішування ґрунту які відображають взаємозв'язок між фізичними і електричними характеристиками ґрунту. З проведеного аналізу здобувачем зроблено висновок, що застосування підповерхневого радіозондування в умовах слабкої радіолокаційної контрастності розрізу ґрунту і дисперсії діелектричної проникності ґрунту обмежено методами підповерхневого радіозондування, які використовуються на даний час. Для вирішення цієї задачі запропоновано новий метод підповерхневого радіозондування, який базується на комплексному застосуванні багаточастотного когерентного підповерхневого радіозондування та скоригованої, на підставі проведених натурних вимірювань, електричної моделі ґрунту.

У другому розділі наведено обґрунтування метода зондування підповерхневого середовища багаточастотним когерентним радіосигналом зі ступінчастою зміною несучої частоти. В роботі доведено, що при обробці відбитих зондувальних сигналів стосовно радіолокаторів підповерхневого зондування зі ступінчастою зміною несучої частоти можна використовувати пряме перетворення Фур'є для переходу в частотну область, у якій частота пропорційна значенням глибини. Запропоновано новий метод обробки та інтерпретації сигналів відбитих від неоднорідностей підповерхневого структури ґрунту, в основі якого є використання їх фазової структури. Також запропоновано новий спосіб візуалізації фазової структури сигналів за трасою руху георадару, що дозволяє оцінювати просторову зміну фізичних властивостей порід ґрунту.

У третьому розділі наведено зіставлення результатів моделювання електричних характеристик ґрунту з даними підповерхневого зондування, на підставі якого було зроблено корекцію електричної моделі ґрунту. Дано опис ітераційного метода оцінки підповерхневої структури ґрунту, зокрема розрахунку розподілу об'ємної вологості по глибині. У методі застосовано залежність крутизни наростання фазочастотного спектра сигналів від фізичних характеристик порід ґрунту. Метод засновано на ітераційних процедурах підбору значення об'ємної вологості при розрахунку фазової структури відбитих зондувальних радіосигналів при відомих процентних вміст глинистої та піщаної фракцій та порівнянню її з фазовою структурою відображених

зондувальних радіосигналів, отриманої безпосередньо в результаті георадарного зондування.

У четвертому розділі представлено практичні результати, які отримано при проведенні підповерхневого зондування за допомогою виготовлених макетів багаточастотних під поверхневих радіолокаторів. Підповерхневі радіолокатори використовувались для: визначення рівня ґрунтових вод і картографування територій забруднених нафтопродуктами; визначення ступеня обводнення верхніх шарів ґрунту річкової дамби; проведення експериментів по застосуванню радіолокатора для пошуку закопаних у ґрунт макетів металевих і пластикових мін. На підставі проведених робіт доведено, що багаточастотне когерентне радіозондування підповерхневого середовища може бути ефективно використано для моніторингу та картографуванні рівня ґрунтових вод у зонах підтоплення та ділянок підповерхневого забруднення нафтопродуктами, а так само, для пошуку закопаних макетів мін.

Завершується робота висновками, що відображають основні результати дисертаційної роботи.

Виходячи з аналізу основної частини дисертації, можемо дійти висновку, що мета дисертаційної роботи в ході виконання дослідження була досягнута, а дисертація є завершеною науковою кваліфікаційною працею.

Наукова та практична цінність отриманих результатів

Наукова та практична цінність отриманих результатів дисертації Букіна О. В. полягає у наступному:

- Запропоновано метод радіофізичного багаточастотного зондування підповерхневого середовища, який може бути використаний для діагностики структури ґрунту з залежною від частоти діелектричною проникністю і слабкою радіолокаційною контрастністю розрізу ґрунту.
- Використання залежності фазової структури відбитих зондуючих радіосигналів від фізичних характеристик ґрунту дозволяє удосконалювати методи обробки цих сигналів.
- Запропоновано математичну модель електричних характеристик ґрунту яка є вихідною моделлю при проведенні георадіолокаційних робіт в умовах частотної дисперсії діелектричної проникності ґрунту.
- Створено георадари метрового і дециметрового діапазонів, які призначені для багаточастотного зондування, та можуть бути використані як основа для подальших розробок систем підповерхневого зондування.

Здобувач приймав участь у розробці, створенні та натурних випробуваннях багаточастотних радіолокаторів підповерхневого зондування. Було розроблено підповерхневі радіолокатори в яких використовується

багаточастотний когерентний зондуєчий сигнал із ступінчастою зміною несучої частоти в діапазонах: 100-450 МГц, 500-900 МГц, 1200-1800 МГц. При розробці та натурних випробуваннях було перевірено низку технічних рішень, що планується використати у подальших розробках підповерхневих радіолокаторів.

Публікації та особистий внесок здобувача

Основні результати дисертаційної роботи викладені у 11 роботах, з них: 5 статей в наукових фахових виданнях України та іноземному журналі; 1 патент України на винахід; 3 тези доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій; 2 статті, які додатково відображають наукові результати дисертації.

Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам ДАК України та "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника". Зазначені публікації повною мірою висвітлюють основні наукові положення дисертації.

Особистий внесок здобувача полягає у безпосередній участі у розробці вузлів георадаров, у проведенні натурних вимірювань та обробки результатів, у обґрунтуванні запропонованого метода обробки отриманих результатів, у проведенні аналізу та обробки наукової літератури, в комп'ютерному моделюванні НВЧ вузлів, зокрема антен.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

Ознайомлення з текстом автореферату дисертації дає підстави стверджувати, що за структурою та змістом він відповідає вимогам, що ставляться МОН України. У тексті автореферату відображено основні положення, зміст, результати і висновки здійсненого Букіним О. В. дисертаційного дослідження. Вважаю, що зміст автореферату та основні положення дисертації є ідентичними.

Загальний висновок

Тема дисертації, її зміст та отримані результати у повній мірі відповідають спеціальності 01.04.03 – радіофізика та профілю спеціалізованої вченої ради Д 64.157.01. Опонент позитивно оцінює дисертаційну роботу Букіна О. В. та рекомендує її до захисту в спеціалізованій вченій раді Д 64.157.01 Інституту радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Що стосується зауважень по роботі, хотів би відзначити наступне.

1. При аргументації вибору методу підповерхневого радіозондування доцільно було б навести порівняльний аналіз методів не тільки за якісними, але й за кількісними показниками.

2. Добре було б більш чітко обґрунтувати вибір моделі електричного змішування ґрунту(стор. 36).

3. В тексті дисертації відсутнє обґрунтування частотного діапазону, який використовується в підповерхневому радіозондуванні.

4. З тексту дисертації не зрозуміло, як впливають на результати підповерхневого радіозондування електричні характеристики антен, що використовуються в багаточастотних підповерхневих радіолокаторах.

Вищенаведені зауваження ні в якому разі не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи. Дисертація відповідає вимогам п. 11 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 до кандидатських дисертацій. Зміст автореферату аналогічний до змісту дисертації, а її тема відповідає спеціальності 01.04.03 – радіофізика. Букін О. В. безумовно заслуговує присудження йому ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри прикладної електродинаміки

Харківського національного університету

імені В.Н. Каразіна,

доктор фізико-математичних наук, професор М. М. Горобець

«15» листопада 2018 р.

Підпис Миколи Миколайовича Горобця засвідчую

учений секретар

Харківського національного університету

імені В. Н. Каразіна



Н. А. Вінникова

«15» листопада 2018 р.