

## **ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук Павлікова В. В.  
на дисертаційну роботу Букіна Олександра Володимировича "Багаточастотне когерентне радіозондування підповерхневого середовища", подану на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Радіолокаційне підповерхнєве зондування застосовується для визначення підповерхневої структури ґрунту, а саме, його фізичної будови в розрізі по глибині та для виявлення розташованих в товщі ґрунту локальних об'єктів. Радіолокаційне підповерхнєве зондування знаходить своє застосування в різних галузях господарської діяльності та службах забезпечення безпеки життєдіяльності, таких як: інженерна геологія, гідрогеологія, екологія, ліквідація техногенних катастроф. Радіолокаційне підповерхнєве зондування є методом неруйнівного контролю, що дозволяє оперативно використовувати його в тих випадках, коли інші методи (наприклад, буріння) використовувати не доцільно з причини їх руйнівного впливу на об'єкт дослідження або ж з-за великої трудомісткості та собівартості.

Застосування методу підповерхневого радіозондування характеризується впливом на результат зондування частотної дисперсії діелектричної проникності ґрунту. Фізичні характеристики підповерхневої структури ґрунту в розрізі по глибині можуть виникати плавно (наприклад, зміна вологості ґрунту). Радіолокаційна контрастність розрізу по глибині в цьому випадку низька, що не дозволяє, використовуючи класичний, відеоімпульсний метод підповерхневого радіозондування визначати ці зміни.

Дисертація О. В. Букіна присвячена застосуванню багаточастотного когерентного підповерхневого радіозондування для оцінки підповерхневої структури ґрунту в умовах частотної дисперсії діелектричної проникності ґрунту та слабкою радіолокаційною контрастністю розрізу ґрунту по глибині. Враховуючи вище викладене, тема дисертаційної роботи є актуальною.

Дисертацію виконано на основі науково-дослідних робіт, які проводилися у відділі статистичної радіофізики ІРЕ ім. О. Я. Усикова НАН України в рамках держбюджетних тем, в яких здобувач був виконавцем.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

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

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

По-друге, здобувачем 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.

### **Обґрунтованість і достовірність наукових результатів**

Наукові положення дисертації, її висновки та рекомендації є наслідком ґрунтовного опрацювання та узагальнення результатів досліджень які проводилися у відділі статистичної радіофізики ІРЕ ім. О. Я. Усикова НАН України з 2004 по 2017 рр. в рамках держбюджетних тем: "Створення спеціалізованого георадара "Скануючий георадар" для виявлення в ґрунті на глибинах до 20 ... 30 м шарів, забруднених, зокрема, нафтопродуктами, пустот та інших утворень природного і антропогенного походження" (шифр "Геосфера-2") 2006 р. (номер держ. реєстрації Р.01.05.U005549); "Дубосарська ГЕС. Радіофізичне обстеження укосу греблі радіолокатором підповерхневого зондування "Скануючий георадар" (шифр

"Дністр") 2010 р. ( номер держ. реєстрації 01.U004354); "Вивчення особливостей і розробка методів опису електромагнітних полів в природних неоднорідних середовищах з межами розділу стосовно завдань дистанційного зондування і радіолокації" (шифр "Сакура") 2011 р. (номер держ. реєстрації 01060011977); "Розробка нових моделей і методів вивчення тонкої структури електромагнітних полів в діапазонах частот від одиниць мегагерц до десятків гігагерц в природних, неоднорідних, анізотропних середовищах і поблизу поверхонь їх розділу для задач дистанційного зондування і радіолокації" (шифр "Теразонд") 2014 р. (номер держ. реєстрації 0111U010476); "Дослідження властивостей природних середовищ, їх поверхонь розподілу та структурних неоднорідностей методами дистанційного зондування і радіолокації" (шифр "Сенсорика") 2017 р. (номер держ. реєстрації 0115U002003).

### **Практичне значення результатів роботи**

Практичне значення дисертаційної роботи О. В. Букіна полягає в тому, що отримані в ній теоретичні та експериментальні результати доцільно використовувати при розробці нових, перспективних методик підповерхневого радіозондування. Основні практичні результати полягають у наступному:

- Запропонований метод радіофізичного багаточастотного зондування підповерхневого середовища може бути використаний для діагностики структури ґрунту з залежною від частоти діелектричною проникністю і слабкою радіолокаційною контрастністю розрізу ґрунту.
- Залежність фазової структури відбитих зондуючих радіосигналів від фізичних характеристик ґрунту дозволяє удосконалити методи обробки цих сигналів.
- Запропонована математична модель електричних характеристик ґрунту служить вихідною моделлю при проведенні георадіолокаційних робіт в умовах частотної дисперсії діелектричної проникності ґрунту.
- Створені георадари метрового і дециметрового діапазонів, які призначені для багаточастотного зондування, можуть бути використані як основа для подальших розробок систем підповерхневого зондування.

### **Повнота викладення наукових і прикладних результатів дисертації**

Основні результати за темою дисертаційної роботи опубліковано в 11 роботах, серед яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України та іноземному журналі, які входять до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus, Scopus, Google Scholar); 1 патент України на винахід, 3 тези доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій, 2 статті, які додатково відображають наукові результати дисертації. Всі опубліковані роботи за змістом відповідають змісту дисертації. Зміст автореферату дисертації відповідає основним положенням дисертації.

### **Відповідність дисертації встановленим вимогам**

Дисертація є завершеною роботою. Її обсяг, структура, зміст і оформлення повністю відповідають вимогам діючого законодавства України, що подаються до кандидатських дисертацій. Тематика дисертаційних досліджень відповідає паспорту спеціальності 01.04.03 – радіофізика.

### **Недоліки та зауваження**

До недоліків дисертації можна віднести наступне.

У другому розділі, на рис. 2.2 наведено структурну схему багаточастотного радіолокатора зі ступінчастою зміною несучої частоти. З тексту дисертації не зрозуміло, чим обґрунтовано побудову приймального тракту радіолокатора на основі гомодинної схеми, а не супергетеродинної.

У третьому розділі, на рис. 3.15 назви деяких блоків ітераційного алгоритму не досить інформативні. Деякі графічні елементи алгоритму прийнято зображати по іншому.

У деяких рисунках, наприклад рис. 3.17, текст виконано дрібним шрифтом, що ускладнює їх розуміння.

Однак ці недоліки не мають суттєвого значення для загальної оцінки роботи

## Загальні висновки

Дисертаційна робота Букіна Олександра Володимировича на тему "Багаточастотне когерентне радіозондування підповерхневого середовища" виконана на високому науковому рівні і задовольняє вимогам п.11 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567. Представлені на захист результати обґрунтовані, вірогідні, мають наукову новизну та практичну значність. Автор роботи Букін О.В. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

### Офіційний опонент:

В.о. проректора з наукової роботи

Національного аерокосмічного університету

ім. М. С. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

доктор технічних наук, ст. науковий співробітник



В. В. Павліков

19.11.2018р.