



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **130654** (13) **C2**
(51) МПК (2026.01)

E01C 23/00

G01R 29/08 (2006.01)

G01V 3/12 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 33/42 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **a 2022 04786**

(22) Дата подання заявки: **15.12.2022**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **09.04.2026**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **29.11.2023, Бюл.№ 48**

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **08.04.2026, Бюл.№ 14**

(72) Винахідник(и):

**Батраков Дмитро Олегович (UA),
Батракова Анжеліка Геннадіївна (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002
(UA),
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В.Н. КАРАЗІНА,
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

UA 108136 U, 11.07.2016
UA 118408 C2, 10.01.2019
UA 118409 C2, 10.01.2019
UA 113916 C2, 27.03.2017
WO 2022043605 A1, 03.03.2022
CN 102012221 A, 13.04.2011
US 9395437 B2, 19.07.2016
CN 104280719 A, 14.01.2015

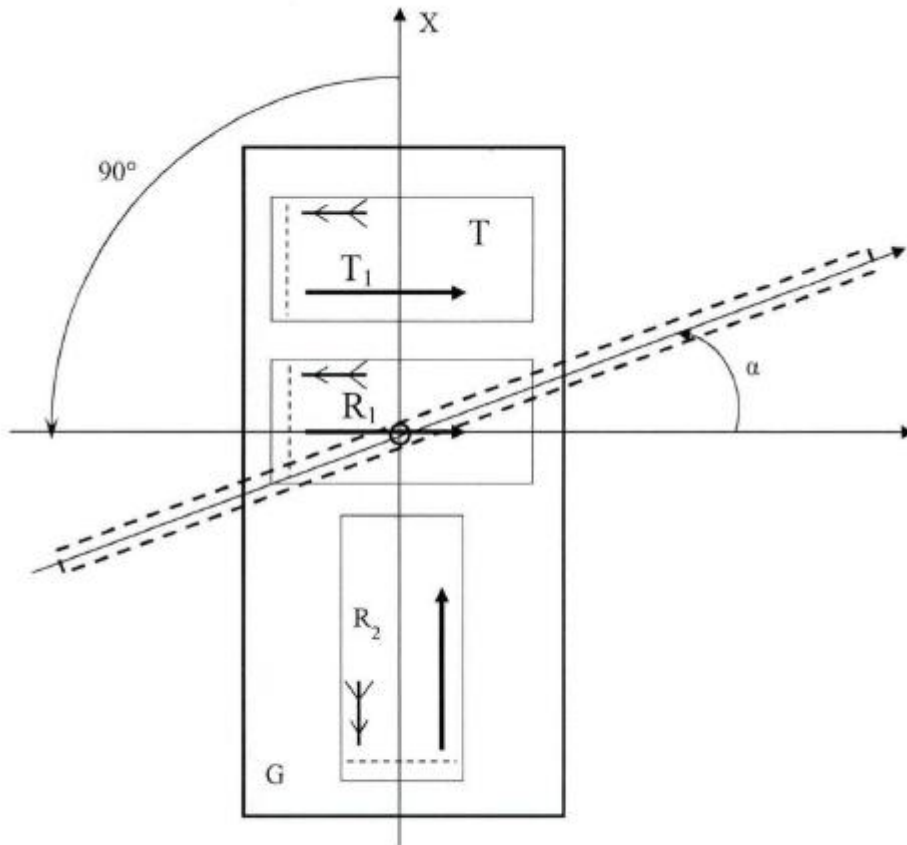
**(54) СПОСІБ РЕЄСТРАЦІЇ ВІДБИТИХ СИГНАЛІВ ГЕОРАДАРА ПІД ЧАС ВІЯВЛЕННЯ
ПІДПОВЕРХНЕВИХ ТРІЩИН В АСФАЛЬТОБЕТОННОМУ ПОКРИТТІ**

(57) Реферат:

Спосіб реєстрації відбитих сигналів георадара під час виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті належить до неруйнівного контролю асфальтобетонних шарів покриття при будівництві, експлуатації автомобільних доріг, дистанційне зондування. Спосіб полягає в тому, що для зондування дорожнього одягу застосовують одну випромінюючу антену, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, та дві лінійно поляризовані приймальні антени, напрямки поляризації яких орієнтовані до напрямку поляризації випромінюючої антени під визначеними кутами. Проводять реєстрацію сигналу прямого проходження; потім збуджують випромінюючу антену, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, та проводять зондування конструкції дорожнього одягу, одночасно реєструють відбите електромагнітне поле двома лінійно поляризованими приймальними антенами, що розташовані ортогонально одна до одної та під визначеними кутами до випромінюючої антени, а напрямки поляризації випромінювача створює кути 90° та 0° до напрямків поляризації приймальних антен. Потім обертають випромінюючо-приймальну антенну систему на кут 90° та проводять зондування дорожнього одягу, одночасно реєструють

UA 130654 C2

відбите електромагнітне поле та перетворюють прийняте електромагнітне поле в електричний сигнал, який реєструють і зберігають у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера. Аналізують залежність амплітуд прийнятих сигналів від напрямків поляризації випромінюючої антени та двох приймальних антен за допомогою комп'ютерних програм, а висновок щодо виявлення тріщин в асфальтобетонному покритті, у тому числі й підповерхневих тріщин, роблять за умов встановлення розбіжностей між амплітудами сигналів, прийнятих одночасно двома приймальними антенами. Технічний результат: підвищення надійності виявлення підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті дороги та оптимізації інформації щодо відбитих сигналів, які аналізуються.



Фіг.

Винахід належить до галузі будівництва, експлуатації, контролю й оцінки поточного стану автомобільних доріг з нежорстким дорожнім одягом і може бути використана для підвищення якості оцінки поточного стану доріг з асфальтобетонним покриттям під час будівництва та експлуатації.

5 Георадари, які випромінюють та приймають надширокосмугові імпульсні сигнали, застосовуються в дорожній галузі для неруйнівного контролю поточного стану асфальтобетонного покриття автомобільних доріг загального користування, а також для виявлення місцезнаходження та позиціонування тріщин в асфальтобетонному покритті та зміцнених шарах основи.

10 Відомий спосіб виявлення та визначення місць знаходження у тому числі і підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті (патент EP 0519045 B1 "Non-destructive materials testing apparatus and technique for use in the field" МПК7 G01N 3/30, G01N 3/06, G01N 3/02, G01N 29/12, G01N 29/04, G01N 3/04, 11.09.1996), який полягає в тому, що розміщують акустичний передавач та акустичний приймач на поверхні дороги, збуджують передавач, формують акустичну хвилю
15 напруження в досліджуваній структурі, реєструють акустичну хвилю приймачем, перетворюють акустичну хвилю в електричний сигнал, перетворюють електричний сигнал в спектр та виявляють спектр відбиття від тріщин. Причинами, що перешкоджають застосуванню цього способу для виявлення та визначення місць знаходження у тому числі і підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті є необхідність забезпечення контакту між поверхнею
20 досліджуваної структури та акустичними передавачем і приймачем, що вимагає на час проведення вимірювання залишати акустичну локаційну апаратуру нерухомою і не дозволяє проводити пошук тріщин під час руху локаційної апаратури, а також потреба в зондуванні ще й ділянки дороги, на якій є області без тріщин, в порівнянні з результатами зондування яких визначають наявність тріщини. До того ж існує велика вірогідність пропуску визначення тріщини,
25 якщо вона проходить вздовж маршруту зондування через те, що сигнали, які зареєстровано за таких умов на цілому та пошкоджених ділянках дороги, майже не відрізняються.

Близьким до способу, що заявляється, є спосіб виявлення та визначення місць знаходження у тому числі і під поверхневих тріщин в асфальтобетонному покритті (Diamanti N., Redman D., Giannopoulos A. A Study of GPR vertical crack responses in pavement using field data and numerical
30 modelling // Proc. of the XIII International Conference "Ground penetrating radar" (Lecce, Italy) - 2010. - P. 224-228. ISBN: 978-1-4244-4605-6, Bavusi M., Loperte A., Lapenna V., Soldovieri F. Rebars and defects detection by a GPR survey at a L'Aquila school damaged by the earthquake of April 2009 // Proc. of the XIII International Conference "Ground penetrating radar" (Lecce, Italy) - 2010. - P. 245-249. ISBN: 978-1-4244-4605-6, Ahmad, N., Lorenzl, H., and Wistuba, M... Crack detection in asphalt
35 pavements, how useful is GPR? // 6th Int. Workshop on "Advanced ground penetrating radar", (Aachen, Germany) - 2011), який полягає в тому, що лінійно поляризовану випромінюючу антенну та лінійно поляризовану приймальну антенну надширокосмугового імпульсного радіолокатора підповерхневого зондування розміщують над поверхнею дорожнього одягу таким чином, щоб напрямки поляризації обох антен збігались, збуджують випромінюючу антену
40 надширокосмуговим імпульсом електричної напруги, формують електромагнітну хвилю в дорожньому одязі, приймають електромагнітну імпульсну хвилю приймальною антеною, перетворюють електромагнітну імпульсну хвилю в електричний сигнал, перетворений електричний сигнал реєструють і зберігають у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера, за допомогою комп'ютерних програм перетворюють отримані дані у зображення радіолокаційного профілю дорожнього одягу, базуючись на досвіді оператора радара, знаходять відгуки, які
45 відповідають тріщинам та за даними профілю, зчитаними по осях довжина маршруту і глибина, визначають місця знаходження тріщин в дорожньому одязі. Причинами, що перешкоджають застосуванню цього способу для виявлення та визначення місць знаходження у тому числі і підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті, є необхідність зондування ще й ділянки
50 дороги, на якій є області без тріщин, в порівнянні з результатами зондування яких на зображенні радіолокаційного профілю визначають наявність тріщини, а також дуже мала амплітуда відбитого тріщиною сигналу за умов, коли тріщина розташована поперек вектора індукції електричного поля сигналу, що зондує.

Недоліки прототипу обумовлені тим, що за критерій, що визначає наявність тріщини в асфальтобетонному покритті, беруть радіолокаційне зображення тріщини, яке має вигляд
55 відгуку гіперболічної форми на зображенні радіолокаційного профілю дорожнього одягу. А для цього потрібно виконати зондування відносно великої ділянки дороги, при цьому потрібно, щоб під час зондування антенна система обов'язково перетнула тріщину.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб виявлення у тому числі і
60 підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної

лабораторії в транспортному потоці (Патент України на корисну модель: № 108136 Спосіб виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці / Батраков Д.О., Урдзік С.М., Почанін Г.П., Батракова А.Г.; заявник та патентоутримувач: Батраков Д.О., Урдзік С.М., Почанін Г.П., Батракова А.Г. - u201511193; заявл. 13.11.2015; опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13/2016), який полягає в тому, що випромінюючо-приймальну антенну систему радіолокатора розміщують над поверхнею дорожнього одягу та, рухаючись по дорозі, збуджують випромінюючу антену, яка випромінює електромагнітне поле з круговою поляризацією сигналом із синусоїдною часовою залежністю, приймають відбите поле одночасно чотирма лінійно поляризованими приймальними антенами, які розташовані на рівних відстанях від осі симетрії випромінюючої антени, розподіляючи їх рівномірно по колу з кутовим кроком 90 градусів та орієнтуючи напрямки поляризації сусідніх приймальних антен під кутом 45 градусів один до одного, після цього за допомогою комп'ютерних програм аналізують залежність амплітуд прийнятих сигналів від напрямків поляризації приймальних антен, висновок щодо існування тріщини приймають за наявністю розбіжностей між амплітудами прийнятих сигналів.

Недоліки прототипу обумовлені тим, що, по-перше, виявлення корисних сигналів, відбитих підповерхневими тріщинами, ускладнюється маскуванням іншими сигналами від шарів конструкції дорожнього одягу, що маскує корисні сигнали і зменшує ймовірність виявлення тріщин, по-друге, для пошуку тріщин в асфальтобетонному покритті потрібні чотири приймальні антени, які розташовані рівномірно по колу та орієнтовані за напрямками поляризації приймальних антен під кутом 45 градусів одна до одної, що утруднює налаштування георадара, підвищує вагу пристрою.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити спосіб реєстрації відбитих сигналів георадара під час виявлення підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті та підвищити надійність виявлення підповерхневих тріщин, шляхом застосування випромінюючої антени, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, а для прийому - двох лінійно поляризованих приймальних антен, які орієнтовані до випромінюючої антени під визначеними кутами, завдяки чому забезпечується виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, у тому числі і підповерхневими тріщинами.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі виявлення у тому числі і підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці, який полягає в тому, що випромінюючо-приймальну антенну систему радіолокатора підповерхневого зондування розміщують над поверхнею дорожнього одягу та, рухаючись по дорозі, виконують радіолокаційне зондування, для чого збуджують випромінюючу антену електричним сигналом із синусоїдною часовою залежністю, формують електромагнітну хвилю в дорожньому одязі, приймають відбиту електромагнітну хвилю приймальною антеною, перетворюють прийняту електромагнітну хвилю в електричний сигнал, перетворений електричний сигнал реєструють і зберігають у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера і аналізують за допомогою спеціальних комп'ютерних програм, відповідно до винаходу проводять реєстрацію сигналу прямого проходження (Патент України на винахід: № 118408 Спосіб калібрування та видалення паразитних відбиттів при неруйнівному контролі верхнього шару асфальтобетону за допомогою георадара / Батраков Д.О., Батракова А. Г.; заявник та патентоутримувач Харківський національний автомобільно-дорожній університет; Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна; Батраков Д.О., Батракова А.Г. - a201705444; заявл. 02.06.2017; опубл. 10.01.2019, Бюл. № 1/2019), потім збуджують випромінюючу антену, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, та проводять зондування конструкції дорожнього одягу, одночасно реєструють відбите електромагнітне поле двома лінійно поляризованими приймальними антенами, що розташовані під кутом 90° одна до одної, потім обертають випромінюючо-приймальну антенну систему на кут 90° та випромінюють електромагнітне поле з ортогональною поляризацією, проводять зондування дорожнього одягу, одночасно реєструють відбите електромагнітне поле, перетворюють прийняте електромагнітне поле в електричний сигнал, перетворений електричний сигнал реєструють і зберігають у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера, потім аналізують залежність амплітуд прийнятих сигналів від напрямків поляризації випромінюючої антени та двох приймальних антен за допомогою комп'ютерних програм, а висновок щодо виявлення тріщин в асфальтобетонному покритті, у тому числі й підповерхневих, роблять за умов встановлення розбіжностей між амплітудами сигналів, прийнятих одночасно двома приймальними антенами.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. На кресл. схематично зображено випромінюючо-приймальну антенну систему георадара G, яка складається з однієї випромінюючої антени Т та

двох приймальних антен (R_1 , R_2), що орієнтовані під кутом 90° одна до одної та приймають електромагнітне поле з взаємно ортогональними поляризаціями (напрямки поляризації позначені стрілками).

Щоб забезпечити виявлення у тому числі і підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті випромінюючу антену Т радіолокатора підповерхневого зондування, яка випромінює електромагнітне поле (кресл.) з напрямком поляризації T_1 (позначений стрілкою), розміщують над поверхнею дорожнього одягу відповідно до винаходу таким чином, щоб напрямки поляризації двох приймальних антен R_1 і R_2 були орієнтовані під кутом 90° один до одного (кресл.), а напрямком поляризації випромінювача створював кути 90° та 0° (кресл.) до напрямків поляризації приймальних антен, завдяки чому при опроміненні тріщини, позначеної на кресл. пунктирною лінією і орієнтованої під кутом α до напрямку поляризації випромінювача T_1 , у дорожньому одязі через явище деполяризації формується еліптично поляризована електромагнітна хвиля. Компоненти електромагнітної хвилі приймають приймальними антенами R_1 і R_2 та перетворюють в електричні сигнали. Далі антенну систему G обертають навколо власної осі на кут 90° (кресл.) та повторюють вимірювання.

Після перетворення приймальними антенами R_1 і R_2 електромагнітної хвилі, що відбита об'єктом пошуку, в електричний сигнал, його аналізують за допомогою комп'ютерних програм. За умов відсутності тріщини внаслідок однорідності та ізотропії середовища, що зондується, амплітуди відбитих сигналів, що реєструються двома приймальними антенами в двох взаємно ортогональних положеннях (до та після обертання антенної системи георадара на кут 90°), однакові. Той факт, що амплітуди відбитих сигналів, що реєструються двома приймальними антенами в двох взаємно ортогональних положеннях (до та після обертання антенної системи георадара на кут 90°), відрізняються, свідчить про наявність тріщини. Якщо матеріал середовища (в тому числі дорожнього покриття) є однорідним у горизонтальній площині (дефектів немає, тріщина відсутня), амплітуди сигналів в приймальних антенах є однаковими.

Завдяки запропонованому відповідно до винаходу способу реєстрації амплітуд відбитих сигналів із застосуванням двох приймальних антен із взаємно ортогональними поляризаціями, що реєструють відбиті сигнали у двох взаємно ортогональних положеннях георадара, ймовірність виявлення підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті, підвищується, а ймовірність прийняття помилкового висновку про наявність підповерхневих неоднорідностей зменшується. До того ж, оптимізовано кількість інформації щодо відбитих сигналів, які аналізуються, що підвищує швидкість та надійність обробки даних георадарного зондування стосовно завдання пошуку підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті.

Технічний результат: підвищення надійності виявлення підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті дороги через спосіб реєстрації відбитих сигналів та оптимізації інформації щодо відбитих сигналів, які аналізуються.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб реєстрації відбитих сигналів георадара під час виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті, який полягає в тому, що для зондування дорожнього одягу застосовують одну випромінюючу антену, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, та дві лінійно поляризовані приймальні антени, напрямки поляризації яких орієнтовані до напрямку поляризації випромінюючої антени під визначеними кутами, який **відрізняється** тим, що проводять реєстрацію сигналу прямого проходження; потім збуджують випромінюючу антену, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, та проводять зондування конструкції дорожнього одягу, одночасно реєструють відбите електромагнітне поле двома лінійно поляризованими приймальними антенами, що розташовані ортогонально одна до одної та під визначеними кутами до випромінюючої антени, а напрямком поляризації випромінювача створює кути 90° та 0° до напрямків поляризації приймальних антен; потім обертають випромінюючо-приймальну антенну систему на кут 90° та проводять зондування дорожнього одягу, одночасно реєструють відбите електромагнітне поле та перетворюють прийняте електромагнітне поле в електричний сигнал, який реєструють і зберігають у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера; аналізують залежність амплітуд прийнятих сигналів від напрямків поляризації випромінюючої антени та двох приймальних антен за допомогою комп'ютерних програм, а висновок щодо виявлення тріщин в асфальтобетонному покритті, у тому числі й підповерхневих тріщин, роблять за умов встановлення розбіжностей між амплітудами сигналів, прийнятих одночасно двома приймальними антенами.

