



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154653** (13) **U**  
(51) МПК

**E01C 23/07** (2006.01)

**G01N 22/02** (2006.01)

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

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2023 02208</b>	(72) Винахідник(и): <b>Батракова Анжеліка Геннадіївна (UA), Батраков Дмитро Олегович (UA), Почанін Геннадій Петрович (UA), Рубан Вадим Петрович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>10.05.2023</b>	(73) Володілець (володільці): <b>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)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>30.11.2023</b>	(74) Представник: <b>Азарова Алла Володимирівна</b>
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>29.11.2023, Бюл.№ 48</b>	

## (54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВІЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ, ВІДБИТИХ НЕОДНОРІДНОСТЯМИ, ЗОКРЕМА ПІДПОВЕРХНЕВИМИ ТРІЩИНАМИ

### (57) Реферат:

Спосіб підвищення надійності виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, зокрема підповерхневими тріщинами полягає в тому, що для зондування дорожнього одягу застосовують одну випромінюючу антенну систему, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, та дві лінійно поляризовані приймальні антени, які приймають надширокосмугові імпульсні сигнали на двох взаємно ортогональних поляризаціях, завдяки чому підвищується надійність виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, зокрема підповерхневими тріщинами. 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 взаємно ортогонально одна до одної, а напрямок поляризації випромінювача створює кути  $90^\circ$  та  $0^\circ$  до напрямків поляризації приймальних антен, та перетворюють прийняте електромагнітне поле в електричний сигнал, який реєструють і зберігають у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера. Потім аналізують прийняті сигнали від двох приймальних антен за допомогою комп'ютерних програм, а висновок щодо виявлення тріщин в асфальтобетонному покритті, зокрема підповерхневих, роблять за умови наявності сигналу в каналі, поляризація приймальної антени якого має кут  $90^\circ$  до поляризації випромінювача. За умови реєстрації сигналу в каналі, поляризація приймальної антени якого має кут  $0^\circ$  до поляризації випромінювача, та відсутності сигналу в каналі, поляризація приймальної антени якого має кут  $90^\circ$  до поляризації випромінювача, роблять висновок про однорідність матеріалу середовища, зокрема дорожнього покриття, у горизонтальній площині.

UA 154653 U

UA 154653 U

Корисна модель 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 зокрема 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, зокрема 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 радіолокаційної апаратури, а також потреба в зондуванні ще й ділянки дороги, на якій є області без тріщин, порівняно з результатами зондування яких визначають наявність тріщини. До того ж існує велика вірогідність пропуску визначення тріщини, якщо вона проходить вздовж маршруту зондування через те, що сигнали, які зареєстровано за  
25 таких умов на цілих та пошкоджених ділянках дороги, майже не відрізняються.

Аналогом є спосіб виявлення та визначення місць знаходження зокрема підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті (Diamanti N., Redman D., Giannopoulos A. A Study of GPR vertical crack responses in pavement using field data and numerical modelling // Proc. of the XIII  
30 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., Lorenzi, H., and Wistuba, M... Crack detection in asphalt pavements, how useful is GPR? // 6th Int. Workshop on "Advanced ground penetrating radar", (Aachen, Germany) -  
35 2011.), який полягає в тому, що лінійно поляризовану випромінюючу антену та лінійно поляризовану приймальну антену надширокосмугового імпульсного радіолокатора підповерхневого зондування розміщують над поверхнею дорожнього одягу таким чином, щоб напрямки поляризації обох антен співпадали, 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 осям "довжина маршруту" і "глибина", визначають місця знаходження тріщин в дорожньому одязі. Причинами, що перешкоджають застосуванню цього способу для виявлення та визначення місць знаходження, зокрема підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті, є необхідність зондування ще й ділянки дороги, на якій є області без тріщин, порівняно з результатами зондування яких на  
50 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 аналогом 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.

Найближчим аналогом є спосіб виявлення, зокрема підповерхневих тріщин, у  
60 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 кутівим 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 наявності розбіжностей між амплітудами прийнятих сигналів.

Недоліки найближчого аналога обумовлені тим, що виявлення корисних сигналів, відбитих підповерхневими тріщинами, ускладнюється маскуванням іншими сигналами від шарів конструкції дорожнього одягу, що зменшує ймовірність виявлення тріщин.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення надійності виявлення підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті за допомогою георадару шляхом застосування у конструкції георадару випромінюючої антенної системи, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, а для прийому - двох приймальних антен, які приймають надширококутні імпульсні сигнали на двох взаємно ортогональних поляризаціях, завдяки чому підвищується надійність виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, та надійність виявлення та визначення місць знаходження, зокрема підповерхневих тріщин, в асфальтобетонному покритті.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі підвищення надійності виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, зокрема підповерхневими тріщинами, який полягає в тому, що для зондування дорожнього одягу застосовують одну випромінюючу антенну систему, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, та дві лінійно поляризовані приймальні антени, які приймають надширококутні імпульсні сигнали на двох взаємно ортогональних поляризаціях, завдяки чому підвищується надійність виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, зокрема підповерхневими тріщинами, згідно з корисною моделлю, 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 взаємно ортогонально одна до одної, а напрямком поляризації випромінювача створює кути 90 та 0° до напрямків поляризації приймальних антен, та перетворюють прийняте електромагнітне поле в електричний сигнал, який реєструють і зберігають у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера, потім аналізують прийняті сигнали від двох приймальних антен за допомогою комп'ютерних програм, а висновок щодо виявлення тріщин в асфальтобетонному покритті, зокрема підповерхневих, роблять за умови наявності сигналу в каналі, поляризація приймальної антени якого має кут 90° до поляризації випромінювача; за умови реєстрації сигналу в каналі, поляризація приймальної антени якого має кут 0° до поляризації випромінювача, та відсутності сигналу в каналі, поляризація приймальної антени якого має кут 90° до поляризації випромінювача, роблять висновок про однорідність матеріалу середовища, зокрема дорожнього покриття, у горизонтальній площині.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями. На фіг. 1 схематично зображено випромінюючо-приймальну антенну систему георадару G, яка складається з однієї випромінюючої антени T 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 зокрема підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті випромінюючу антену  $T_1$  радіолокатора підповерхневого зондування, яка випромінює електромагнітне поле (фіг. 1) з напрямком поляризації  $T_1$  (позначений стрілкою), розміщують над поверхнею дорожнього одягу так, щоб напрямки поляризації двох приймальних антен  $R_1$  і  $R_2$  були орієнтовані під кутом 90° один до одного (фіг. 2), а напрямком поляризації випромінювача створював кути 90 та 0° (фіг. 2) до напрямків поляризації приймальних антен, завдяки чому при опроміненні тріщини (TP), позначеної на фіг. 2 пунктирною лінією, у

дорожньому покритті через явище деполяризації формується еліптично поляризована електромагнітна хвиля. Компоненти електромагнітної хвилі приймають приймальними антенами  $R_1$  і  $R_2$  та перетворюють в електричні сигнали.

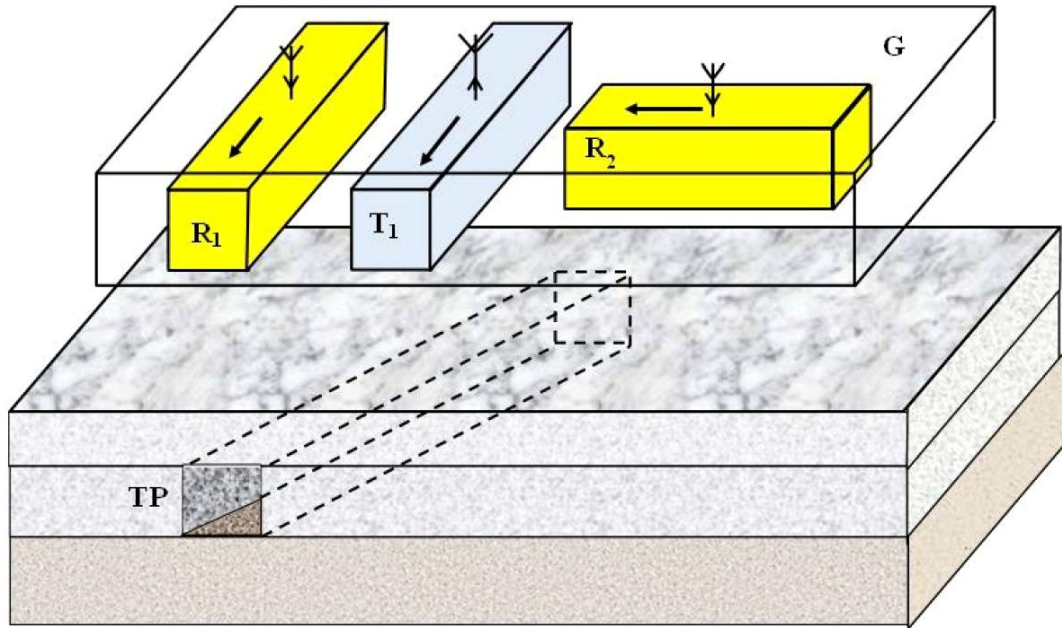
Після перетворення приймальними антенами  $R_1$  і  $R_2$  відбитої електромагнітної хвилі в електричний сигнал, його аналізують за допомогою комп'ютерних програм. За умов відсутності підповерхневої неоднорідності (матеріал середовища, зокрема дорожнього покриття, є однорідним у горизонтальній площині) реєструється сигнал в каналі, поляризація приймальної антени ( $R_1$ ) якого має кут  $0$  градусів до поляризації випромінювача ( $T_1$ ), а в каналі, поляризація приймальної антени ( $R_2$ ) якого має кут  $90$  градусів до поляризації випромінювача ( $T_1$ ), сигнал відсутній. Наявність сигналу в каналі, поляризація приймальної антени ( $R_2$ ) якого має кут  $90$  градусів до поляризації випромінювача ( $T_1$ ), свідчить про наявність підповерхневої неоднорідності.

Використання способу підвищення надійності виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, зокрема підповерхневими тріщинами, з однією передавальною антенною та двома приймальними антенами із взаємно ортогональними поляризаціями, підвищує надійність виявлення підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті, швидкість георадарних обстежень та обробки інформації. До того ж, інформація про наявність підповерхневих неоднорідностей дозволяє скоригувати результати зондування шляхом вилучення ділянок додаткових відбиттів електромагнітного поля від неоднорідностей, що підвищує надійність визначення значень діелектричної проникності матеріалу шарів дорожнього покриття, а також їх товщини стосовно завдання визначення товщини шарів дорожнього покриття за результатами георадарного зондування.

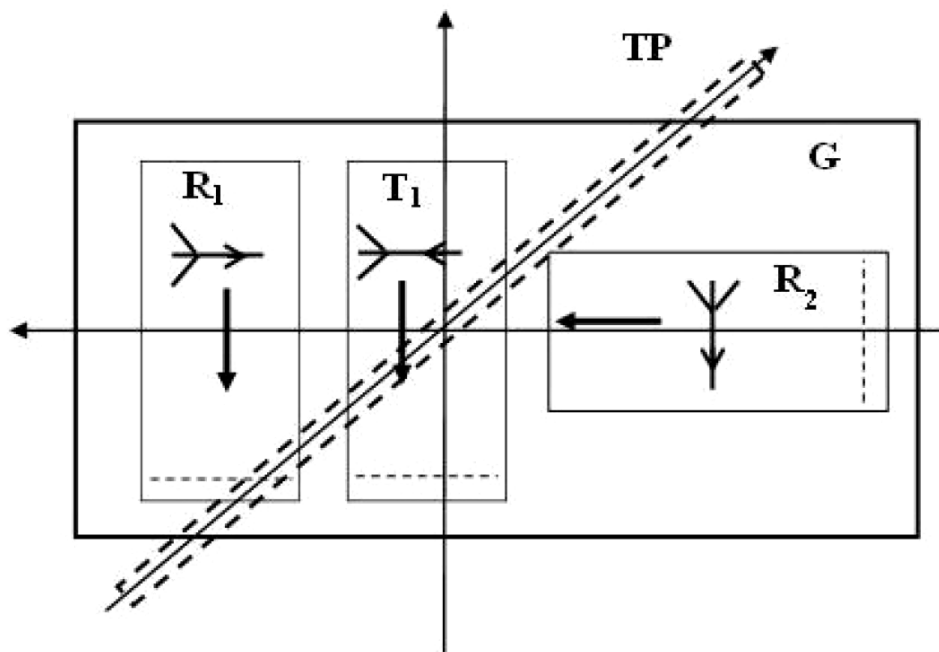
Технічний результат: підвищення надійності виявлення підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті дороги, який досягається завдяки способу підвищення надійності виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, зокрема підповерхневими тріщинами.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб підвищення надійності виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, зокрема підповерхневими тріщинами, який полягає в тому, що для зондування дорожнього одягу застосовують одну випромінюючу антенну систему, яка випромінює електромагнітне поле з однією лінійною поляризацією, та дві лінійно поляризовані приймальні антени, які приймають надширокопasmові імпульсні сигнали на двох взаємно ортогональних поляризаціях, завдяки чому підвищується надійність виявлення сигналів, відбитих неоднорідностями, зокрема підповерхневими тріщинами, 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 взаємно ортогонально одна до одної, а напрямки поляризації випромінювача створює кути  $90^\circ$  та  $0^\circ$  до напрямків поляризації приймальних антен, та перетворюють прийняте електромагнітне поле в електричний сигнал, який реєструють і зберігають у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера, потім аналізують прийняті сигнали від двох приймальних антен за допомогою комп'ютерних програм, а висновок щодо виявлення тріщин в асфальтобетонному покритті, зокрема підповерхневих, роблять за умови наявності сигналу в каналі, поляризація приймальної антени якого має кут  $90^\circ$  до поляризації випромінювача; за умови реєстрації сигналу в каналі, поляризація приймальної антени якого має кут  $0^\circ$  до поляризації випромінювача, та відсутності сигналу в каналі, поляризація приймальної антени якого має кут  $90^\circ$  до поляризації випромінювача, роблять висновок про однорідність матеріалу середовища, зокрема дорожнього покриття, у горизонтальній площині.



Фиг. 1.



Фиг. 2.