



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108136** (13) **U**  
(51) МПК (2016.01)  
**E01C 23/00**  
**G01R 29/08** (2006.01)  
**G01D 21/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

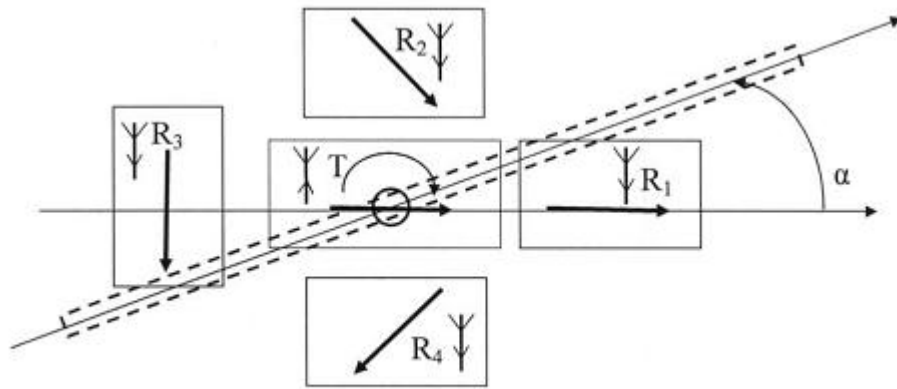
(21) Номер заявки: <b>u 2015 11193</b>	(72) Винахідник(и): <b>Батраков Дмитро Олегович (UA), Урдзік Сергій Миколайович (UA), Почанін Геннадій Петрович (UA), Батракова Анжеліка Геннадіївна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>13.11.2015</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.07.2016</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.07.2016, Бюл.№ 13</b>	(73) Власник(и): <b>Батраков Дмитро Олегович, вул. Академіка Ляпунова, 16, кв. 54, м. Харків-166, 61166 (UA), Урдзік Сергій Миколайович, пр. 50 років ВЛКСМ, 65, кв. 30, м. Харків- 111, 61111 (UA), Почанін Геннадій Петрович, пр. Тракторобудівників, 151, кв. 124, м. Харків-121, 61121 (UA), Батракова Анжеліка Геннадіївна, вул. Академіка Ляпунова, 16, кв. 54, м. Харків-166, 61166 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ПІДПОВЕРХНЕВИХ ТРІЩИН У АСФАЛЬТОБЕТОННОМУ ПОКРИТТІ ДОРОГИ ПІД ЧАС РУХУ ДІАГНОСТИЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ В ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ

### (57) Реферат:

Спосіб виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці полягає в тому, що випромінюючо-приймальну антенну систему радіолокатора підповерхневого зондування розміщують над поверхнею дорожнього одягу та виконують радіолокаційне зондування. Для цього збуджують випромінюючу антену електричним сигналом, 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. Випромінюючу антену, яка випромінює електромагнітне поле з круговою поляризацією, збуджують сигналом з синусоїдною часовою залежністю. Приймають відбите поле одночасно чотирма лінійно поляризованими приймальними антенами, які розташовують 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, рішення щодо існування тріщини приймають за наявності розбіжностей між амплітудами прийнятих сигналів.

UA 108136 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі експлуатації автомобільних доріг і може бути використана для неруйнівного контролю поточного стану та оцінки якості доріг з асфальтобетонним покриттям під час експлуатації.

Відомий спосіб виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці (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 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 pavements, how useful is GPR? // 6th Int. Workshop on "Advanced ground penetrating radar", (Aachen, Germany) - 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 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 відповідають тріщинам та за даними профілю, зчитаними по осях довжини маршруту і глибини, визначають місця знаходження тріщин в дорожньому одязі.

Причинами, що перешкоджають застосуванню цього способу виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці, є необхідність зондування цілої ділянки дороги, на якій є також і непошкоджені області, в порівнянні з результатом зондування яких на зображенні радіолокаційного профілю визначають наявність тріщини, а також дуже мала амплітуда відбитого тріщиною сигналу за умов, коли тріщина розташована поперек вектору індукції електричного поля сигналу, що зондує.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці (Патент України на корисну модель 81296 Україна, (51) МПК E01C 23/00, G01R 29/08 (2006.01) Спосіб виявлення та визначення місць знаходження у тому числі і підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті / Батракова А.Г., Батраков Д.О., Почанін Г.П.; заявник та патентовласник Батракова А.Г., Батраков Д.О., Почанін Г.П. - u201300256; заявл. 08.01.2013; опубл. 25.06.2013, бюл. № 12/2013), 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 були взаємно ортогональними, збуджують випромінюючу антену надширокосмуговим електричним імпульсом, формують електромагнітну імпульсну 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, залишаючи у тому ж положенні відносно дороги, обертають антенну систему відносно вертикальної осі на заздалегідь визначені один або більше кутів, при кожному зі згаданих кутів обертання збуджують випромінюючу антену надширокосмуговим електричним імпульсом, 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 аналізують залежність амплітуди прийнятої імпульсної електромагнітної хвилі від кута обертання антенної системи, рішення про наявність тріщини приймають за наявністю в прийнятому імпульсі електромагнітного поля крос-поляризованої компоненти, яка реєструється приймальною антеною.

Недоліки прототипу обумовлені тим, що для досягнення мети необхідно, залишаючи нерухомою вздовж маршруту зондування (або переміщуючи в межах малої за довжиною ділянки дороги), обертати антенну систему відносно вертикальної осі на заздалегідь визначені один або більше кутів і для кожного кута повороту окремо і послідовно збуджувати

випромінюючи антену надширокосмуговим електричним імпульсом, формувати електромагнітну хвилю в дорожньому одязі, приймати електромагнітну імпульсну хвилю приймальною антеною, перетворювати електромагнітну імпульсну хвилю в електричний сигнал, перетворений електричний сигнал реєструвати і зберігати у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера. Тому

5 такий спосіб виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги унеможливорює здійснювати контроль стану дорожніх покриттів під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити спосіб виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці шляхом застосування сигналу, що зондує, з синусоїдною

10 часовою залежністю і використання для випромінювання однієї антени, яка формує електромагнітне поле зондуючого сигналу з круговою поляризацією, а для прийому - одночасно чотирьох лінійно поляризованих приймальних антен, орієнтованих до випромінюючої антени під заздалегідь визначеними кутами, завдяки чому забезпечується виявлення сигналів, відбитих

15 саме тріщинами, у тому числі і підповерхневими, георадаром діагностичної лабораторії як в нерухомому стані, так і при русі по дорозі зі швидкістю транспортного потоку без обертання антенної системи.

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 виконують радіолокаційне зондування, для чого збуджують випромінюючу антену електричним сигналом, 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, відповідно до корисної моделі, збуджують випромінюючу антену, яка випромінює електромагнітне поле з круговою поляризацією, сигналом з синусоїдною часовою залежністю, приймають відбите поле одночасно чотирма лінійно поляризованими приймальними антенами, які розташовують 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, рішення щодо існування тріщини приймають за наявності розбіжностей між амплітудами прийнятих сигналів.

35 Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де:

на фіг.1 схематично зображено антенну систему, яка складається з випромінюючої частини, позначеної літерою Т, та позначених літерами  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  приймальних частин, в яких напрямки поляризації (позначені стрілками) сусідніх антен орієнтовані під кутом 45 градусів одна до одної, а тріщина, позначена пунктирною лінією, орієнтована під кутом  $\alpha$  до напрямку

40 поляризації приймальної антени  $R_1$ ;

на фіг. 2 показано приклад розрахунку нормованих амплітуд сигналів в приймальних антенах при зміні напрямку тріщини - кута  $\alpha$  (фіг. 1) від 0 до 180 градусів.

При збудженні випромінюючої антени вона випромінює поле з круговою поляризацією, завдяки чому в дорожньому одязі формується в загальному випадку еліптично поляризована відбита електромагнітна хвиля (Ваганов Р.Б. Каценеленбаум Б.З. Основы теории дифракции М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. - (Современные физико-технические проблемы). - 272 с.). За умов відсутності тріщини внаслідок однорідності та ізоотропії середовища, що зондується, амплітуди сигналів, що реєструються усіма чотирма приймальними антенами, однакові. Той факт, що амплітуди сигналів в приймальних антенах відрізняються, свідчить про наявність тріщини.

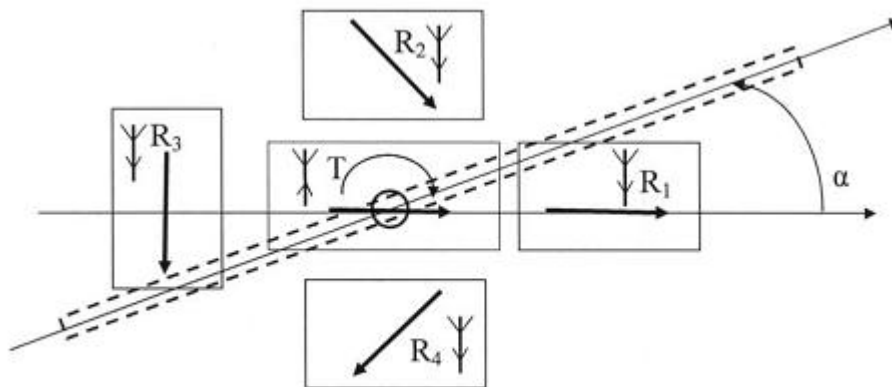
50 Фіг. 2 демонструє, що співвідношення амплітуд чотирьох прийнятих сигналів є унікальним для кожного з напрямків тріщини  $\alpha$ . Тому, аналізуючи співвідношення цих амплітуд, можна однозначно визначити напрямок тріщини.

Оскільки реєстрація амплітуд відбитих сигналів відбувається усіма чотирма приймальними антенами одночасно і швидко, а увесь цикл радіолокаційного вимірювання не потребує додаткових обертань антенної системи, які є необхідними в прототипі, запропонований спосіб суттєво прискорює отримання та обробку корисної інформації і надає змогу здійснювати контроль стану дорожніх покриттів під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці, завдяки чому значно підвищується продуктивність роботи діагностичної лабораторії.

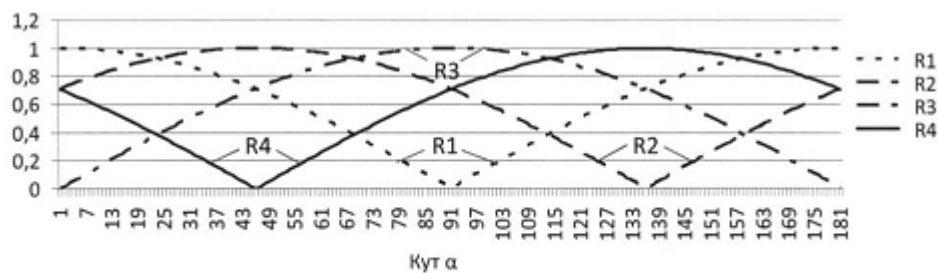
60

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці, який полягає в тому, що випромінюючо-  
 5 приймальну антенну систему радіолокатора підповерхневого зондування розміщують над поверхнею дорожнього одягу та виконують радіолокаційне зондування, для чого збуджують випромінюючу антену електричним сигналом, формують електромагнітну хвилю в дорожньому одязі, приймають відбиту електромагнітну хвилю приймальною антенною, перетворюють  
 10 прийняту електромагнітну хвилю в електричний сигнал, перетворений електричний сигнал реєструють і зберігають у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера, який **відрізняється** тим, що випромінюючу антену, яка випромінює електромагнітне поле з круговою поляризацією, збуджують сигналом з синусоїдною часовою залежністю, приймають відбите поле одночасно чотирма лінійно поляризованими приймальними антенами, які розташовують на рівних  
 15 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, рішення щодо існування тріщини приймають за наявності розбіжностей між амплітудами прийнятих сигналів.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601