



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **118736** (13) **C2**  
(51) МПК

**E01C 23/01** (2006.01)  
**G01V 3/12** (2006.01)  
**G01S 13/88** (2006.01)  
**G01R 29/08** (2006.01)  
**G01N 29/04** (2006.01)  
**G01N 33/42** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

(21) Номер заявки: **а 2018 01633**  
(22) Дата подання заявки: **19.02.2018**  
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: **25.02.2019**  
(41) Публікація відомостей про заявку: **27.08.2018, Бюл.№ 16**  
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.02.2019, Бюл.№ 4**  
(72) Винахідник(и):  
**Батраков Дмитро Олегович (UA),**  
**Батракова Анжеліка Геннадіївна (UA),**  
**Білошенко Костянтин Сергійович (UA)**  
(73) Власник(и):  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ**  
**АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ,**  
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA),  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В.М. КАРАЗІНА,**  
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022 (UA),  
**Батраков Дмитро Олегович,**  
вул. Академіка Ляпунова, 16, кв. 54, м. Харків-166, 61166 (UA),  
**Батракова Анжеліка Геннадіївна,**  
вул. Академіка Ляпунова, 16, кв. 54, м. Харків-166, 61166 (UA),  
**Білошенко Костянтин Сергійович,**  
вул. Космічна, 4, кв. 24, м. Харків-166, 61166 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:  
Pochanin G. P. Advances in Short Range Distance and Permittivity Ground Penetrating Radar Measurements for Road Surface Surveying/ G. P. Pochanin, S. A. Masalov, V. P. Ruban et al.// Advanced Ultrawideband Radar: Signals, Targets and Applications.- September, 13. – 2016.- P. 19 - 64  
Sărăcin A. Using georadar systems for mapping underground utility networks/ A. Sărăcin// Urban Subsurface Planning and Management Week: SUB-URBAN 2017, Bucharest, 13-16 March 2017.- Bucharest, 2017.-P. 217-223  
UA 81652 C2, 25.01.2008  
UA a201705444, 10.01.2018  
US 5384715 A, 24.01.1995  
US 5835053 A, 10.11.1998  
US 2013082857 A1, 04.04.2013  
US 2010052971 A1, 04.03.2010

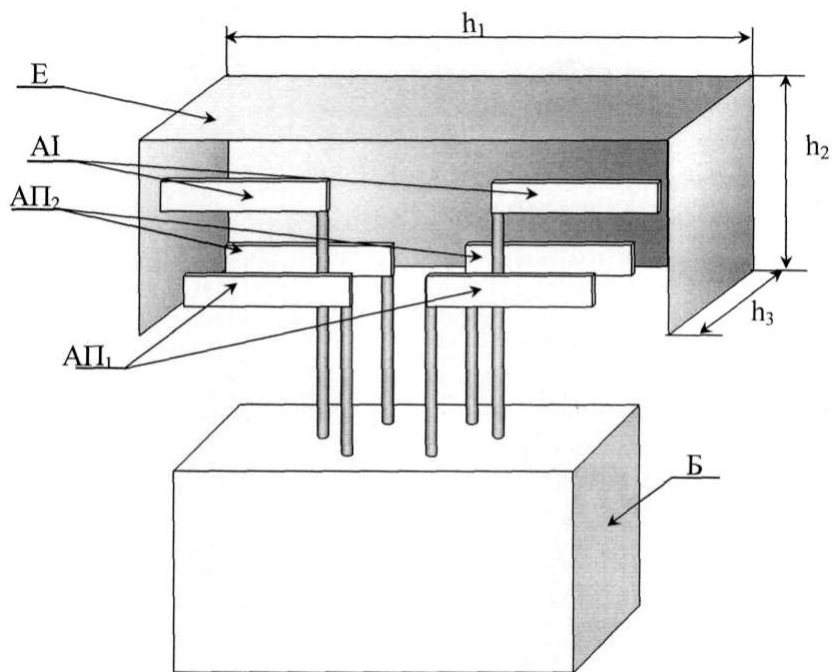
**(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ ТОВЩИНИ ШАРІВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОРАДАРА**

(57) Реферат:

Галузь застосування: неруйнівний контроль при будівництві та експлуатації автомобільних доріг з асфальтобетонним покриттям. Спосіб підвищення надійності результатів оцінки товщини шарів дорожнього одягу за допомогою георадара, який полягає в тому, що генератор, фідери та приймач розміщують в одному блоці, поруч розташовують передавальну і приймальну антени для запобігання можливим змінам в прийнятих сигналах під час радіолокаційного зондування та реєстрації сигналів. У напрямках, де непотрібно випромінювання, розміщують поглинаючий екран, що унеможливорює реєстрацію паразитних сигналів від сторонніх джерел та забезпечує припустимий рівень відбитих цим екраном сигналів. Потім проводять вимірювання сигналу

UA 118736 C2

прямого проходження шляхом реєстрації сигналів при розташуванні блока георадара таким чином, щоб за період розгортки до приймальної антени не надходили сигнали від найближчих неоднорідностей, зберігають дані у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера, після чого георадар розміщують над поверхнею дорожнього покриття, на яку укладено металевий лист, та проводять реєстрацію та збереження у пам'яті комп'ютера відбитого сигналу, потім металевий лист видаляють з поверхні покриття та виконують радіолокаційне зондування, рухаючись по дорозі, з одночасною реєстрацією та збереженням у цифровому вигляді сигналів, що відбиті конструкцією дорожнього одягу. Сигнали, що отримані в процесі радіолокаційного зондування, обробляють шляхом вирахування сигналу прямого проходження з сигналів, що відбиті від металевого листа та конструкції дорожнього одягу, зберігають у пам'яті комп'ютера, а далі проводять обробку цих сигналів згідно з відомим алгоритмом. Технічний результат: підвищення надійності оцінки товщини шарів дорожнього одягу за рахунок запобігання спотворенням прийнятих сигналів та суттєвого зменшення потужності паразитних сигналів.



Фіг. 1

Винахід належить до галузі експлуатації, контролю й оцінки поточного стану автомобільних доріг з покриттям нежорсткого типу під час будівництва та експлуатації і може бути використана для підвищення надійності та точності оцінки діелектричної проникності та товщини шарів конструкції дорожнього одягу.

5 Георадари, які завдяки випромінюванню та прийому надширококустових імпульсних сигналів дозволяють проводити визначення товщини та діелектричної проникності шарів покриття та оцінку властивостей матеріалів, знаходять широке застосування в дорожній галузі для оцінки поточного стану асфальтобетонного покриття автомобільних доріг загального користування.

10 Для контролю поточного стану та якості дорожніх одягів нежорсткого типу застосовуються як прямі (такі, що передбачають локальне руйнування конструкції), так і неруйнівні методи. До першої групи відноситься відомий спосіб контролю якості покриття та основи (ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань. Чинний з 01.04.2017; ДСТУ Б В.2.7-306:2015 Суміші бітумомінеральні дорожні. Методи випробувань. - Чинний з 01.07.2016), який передбачає проведення вирубки з

15 дорожнього покриття (та основи) зразків-вирубків прямокутної форми або висвердлення циліндричних кернів.

Вирубку проводять за допомогою пневмомолотка, а циліндричні керни висвердлюють на всю товщину покриття (верхній і нижній шар разом) за допомогою самохідної або причіпної

20 бурової установки (наприклад, ІЕ-180) і потім вже розділяють шари в лабораторії. Кількість висвердлених кернів та розміри вирубок призначають залежно від типу асфальтобетону (дьюгтебетону) за максимальним розміром зерен та необхідної для випробувань кількості зразків. В такому разі діаметр кернів D повинен бути: при відборі проб з піщаного асфальтобетону (дьюгтебетону) не менше 50 мм, з дрібнозернистого - не менше 70 мм і з

25 крупнозернистого - не менше 100 мм. Недоліками такого способу є необхідність буріння (руйнування) покриття, неможливість проведення відбору кернів при русі лабораторії та дуже висока собівартість робіт.

Серед неруйнівних методів відомий метод визначення деформативних властивостей та товщини асфальтобетонних шарів дорожнього одягу, влаштованих на етапі будівництва або

30 ремонту (Новаковський Д.М. Визначення товщини та модуля Юнга асфальтобетонних шарів дорожнього одягу методом неруйнливої діагностики / Д.М. Новаковський, І.В. Кіяшко. // Автошляховик України. - 2010. - № 3 (215). - С. 40-43), який полягає в застосуванні розробленої авторами методики визначення товщини та модуля Юнга асфальтобетонних шарів дорожнього одягу за аналізом параметрів розповсюдження поверхневих хвиль, що виникають під дією

35 відомого тестового імпульсного навантаження. Недоліками такого методу є:

- неможливість проведення вимірювань при русі лабораторії;

- неможливість визначення модуля Юнга та товщини шарів асфальтобетонного покриття, яке вже деякий час знаходиться в експлуатації;

- велика собівартість проведення досліджень, оскільки для проведення контролю потрібні як

40 створення змінних в часі великих навантажень так і реєстрація поверхневих хвиль Релея на різних відстанях від центру навантаження за допомогою набору датчиків, які потребують нерухомого та якісного зчеплення з поверхнею покриття.

Близьким до способу, що заявляється, є Патент США («System Identification and Analysis of Subsurface Radar Signals» Inventor: Robert L. Lytton, Bryan, Tex., Patent Number: 5,384,715; Date of Patent: Jan. 24, 1995), суть якого полягає в тому, що: а) випромінюючо-приймальну антену систему радіолокатора підповерхневого зондування розміщують над поверхнею дорожнього одягу в напрямку до неба (тобто таким чином, щоб до приймальної антени не надходили сигнали, які відбиті від навколишніх предметів); б) проводять запис в комп'ютер радіоімпульсу, який за таких умов відповідає власним шумам передавальної системи (генератора та антени),

50 таким чином проводячи процес калібрування; с) розміщують великий металевий лист на поверхні дорожнього покриття, яке буде досліджуватися, та розміщують передавальну антену таким чином, щоб випромінювання відбувалося в напрямку металевого листа, а приймальну антену орієнтують на прийом відбитого сигналу і реєструють відбитий сигнал; д) за допомогою комп'ютерних програм вираховують сигнал прямого проходження, що був зареєстрований на

55 етапі б із сигналу, що відбитий від металевого листа і зареєстрований на етапі d. На цьому закінчується етап калібрування і починається етап вимірювання. Недоліком такого способу є наявність відносно великого сигналу прямого проходження - сигналу, що потрапляє до приймальної антени безпосередньо від передавальної антени. Це унеможлиблює отримання (реєстрацію) відносно слабких сигналів від внутрішніх границь дорожнього одягу. Ще одним

60 недоліком такого способу є наявність в імпульсах, що приймаються, паразитних сигналів від

станцій мобільного зв'язку та ін., що додатково унеможлиблює якісну обробку отриманих даних та достовірне визначення товщини шарів конструкції дорожнього одягу.

Для подолання першого недоліку в (Пат. № 81652 Україна, МПК7 (2006) H01Q 9/00 H01Q 19/10. Спосіб розв'язки між передавальним і приймальним модулями антенної системи / Ю.О. Копилов, С.О. Масалов, Г.П. Почанин; Заявл. 17.08.05; Опубл. 25.01.08, Бюл. № 2. - 4 с.) запропоновано спосіб розв'язки, коли синхронно збуджують електричними сигналами, рівними за абсолютною величиною і взаємно протилежними за полярністю у будь-який момент часу, пару або більше однієї пари антен, які утворюють передавальний модуль антенної системи, причому конструкція однієї з антен кожної пари дзеркально симетрична конструкції іншої антени з цієї ж пари відносно однієї і тієї ж площини й амплітудно-частотні і фазочастотні характеристики однієї з антен кожної пари такі ж, як в іншій антені з цієї ж пари, у площині симетрії передавального модуля антенної системи, незалежно від ширини частотного спектра сигналу, компенсують напруженість поля, сформованого однією з антен кожної пари, напруженістю поля іншої антени з цієї ж пари, приймають сигнал за допомогою однієї або більше приймальних антен плоско-симетричної конструкції, які утворюють приймальний модуль антенної системи і розташовані таким чином, щоб їхні площини симетрії, що проходять через вихідні клеми кожної з приймальних антен, збігалися з площиною симетрії передавального модуля. Пізніше цей спосіб було удосконалено за рахунок використання однієї передавальної антени та двох приймальних (Pochanin, G.P.; Masalov, S.A.; Ruban, V.P.; Kholod, P.V.; Batrakov, D.O.; Batrakova, A.G.; Urdzik, S.N.; Pochanin, O.G., Advances in Short Range Distance and Permittivity Ground Penetrating Radar Measurements for Road Surface Surveying, in: Advanced Ultrawideband Radar: Signals, Targets and Applications. CRC Press - Taylor & Francis Group, London, 2016. 20-65. ISBN 9781466586574 - CAT# K20299). Але недоліком такого способу, як і раніше, є наявність в імпульсах, що приймаються, сторонніх сигналів, що надходять від джерел, які не розташовані в площині симетрії антенної системи (особливо від станцій мобільного зв'язку та ін.), що унеможлиблює якісну обробку отриманих даних та достовірне визначення товщини внутрішніх шарів конструкції дорожнього одягу. Причиною, що перешкоджає застосуванню цього способу для визначення товщини внутрішніх шарів покриття дороги, є також спотворення сигналів прямого проходження під час зміни відносного просторового положення елементів георадара в процесі калібрування. Ще однією причиною, що перешкоджає застосуванню цього способу, є неможливість надійної обробки даних контролю дорожніх одягів при наявності ліній живлення тролейбусів або під шляхопроводами, оскільки випромінювання та прийом сигналів здійснюється в двох протилежних напрямках, що призведе до появи додаткових паразитних сигналів.

В основу корисної моделі, що пропонується (фіг. 1-6), поставлено задачу удосконалити конструкцію георадара та спосіб отримання і обробки даних за рахунок розміщення генератора та приймача в одному блоці (Б на фіг. 1), поруч з яким розташовують передавальну (А1 на фіг. 1) і приймальні антени (АП<sub>1</sub>, АП<sub>2</sub> на фіг. 1) для запобігання можливим змінам в прийнятих сигналах під час подальшої реєстрації сигналів прямого проходження, сигналів, що відбиті від металевих листів та від досліджуваної ділянки автомобільної дороги під час пересування георадара. Також, у напрямках, де непотрібно випромінювання, розміщують поглинаючий екран (Е на фіг. 1) таким чином, щоб унеможливити реєстрацію паразитних сигналів від сторонніх джерел та забезпечити припустимий рівень відбитих цим екраном сигналів. Розміри екрану h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>, h<sub>3</sub>, (фіг. 1) пропонується підбирати при налаштуванні георадара. Потім проводять видалення паразитних відбиттів шляхом попереднього розташування блока георадара згідно фіг. 2 таким чином, щоб за період розгортки до приймальної антени не надходили сигнали від найближчих неоднорідностей (для розгортки 10 не. ця відстань від антен Ant до поверхні покриття дороги G становить не менше D=1,5 м, фіг. 2) та вимірювання сигналу прямого проходження (фіг. 3, сигнал S1 - без екрану, сигнал S2 зареєстровано при наявності екрану). Далі, після збереження даних на комп'ютері, георадар розміщують над поверхнею дорожнього покриття (фіг. 4), на яку укладено металевий лист (М на фіг. 4), та проводять реєстрацію відбитого сигналу, потім лист видаляють з поверхні та починають реєстрацію даних про сигнали, що відбиті конструкцією дорожнього одягу (фіг. 4; АБ асфальтобетон, 11 - шар основи), проводять їх обробку, згідно з якою сигнал S2 вираховується з сигналів, що відбиті від металевих листів та конструкції дорожнього одягу S3 та S4 (фіг. 5), внаслідок чого отримують сигнали S3' та S4' (фіг. 6), які вже не містять сигналу прямого проходження, а потім проводять обробку цих сигналів (S3' та S4') згідно з методом, що запропоновано в (Батраков Д.О. Определение толщин слоев дорожной одежды методом георадиолокационного зондирования / Д.О. Батраков, Л.Г. Батракова, Д.В. Головин, О.В. Кравченко, Г.П. Почанин // Физические Основы Приборостроения, 2014. Том 3. № 2. - С. 46-57; Gennadiy P. Pochanin, Sergey L. Masalov, Vadym P. Ruban, Pavlo V. Kholod, Dmitriy

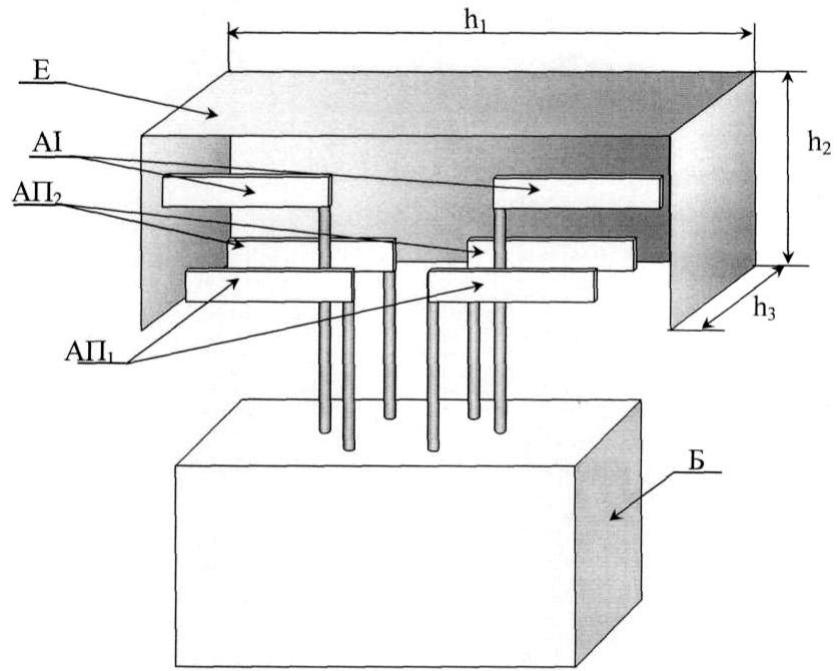
O. Batrakov, Angelika G. Batrakova, Sergey N. Urd/ik and Olcksandr G. Pochanin Advances in Short Range Distance and Permittivity Ground Penetrating Radar Measurements for Road Surface Surveying : [in the book of Advanced Ultrawideband Radar: Signals, Targets and Applications) / Gennadiy P. Pochanin, Sergey A. Masalov, Dmitriy O. Batrakov et al. - London: CRC Press - Taylor & Francis Group, 2016. P. 20-65. ISBN 9781466586574 CAT# K20299). Тобто фіг. 3. показує суттєві відмінності між сигналами, особливо в період часу (розгортай після 6 не), коли надходять сигнали від внутрішніх границь шарів (фіг. 6).

Таким чином, завдяки описаним вище заходам, які вжито для мінімізації впливу перешкод та алгоритму обробки даних підповерхневого зондування підвищується надійність визначення границь розподілу шарів покриття та значень їх діелектричної проникності, а ймовірність хибного рішення (прийняття висновку про наявність границі шару, коли насправді границі в даному місці немає) зменшується. Знання глибини границь розподілу шарів покриття та значень діелектричної проникності матеріалів шарів дозволяє оптимально, з точки зору кошторису, спланувати і виконати відновлювальні роботи на автомобільних дорогах загального користування.

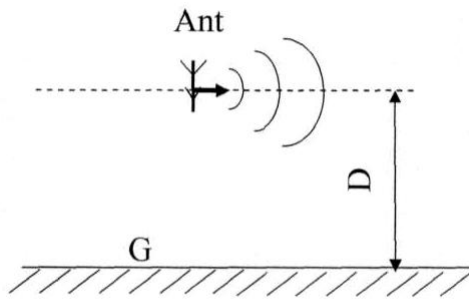
Технічний результат: підвищення надійності оцінки товщини шарів дорожнього одягу за рахунок запобігання спотворенням прийнятих сигналів та суттєвого зменшення потужності паразитних сигналів.

## 20 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

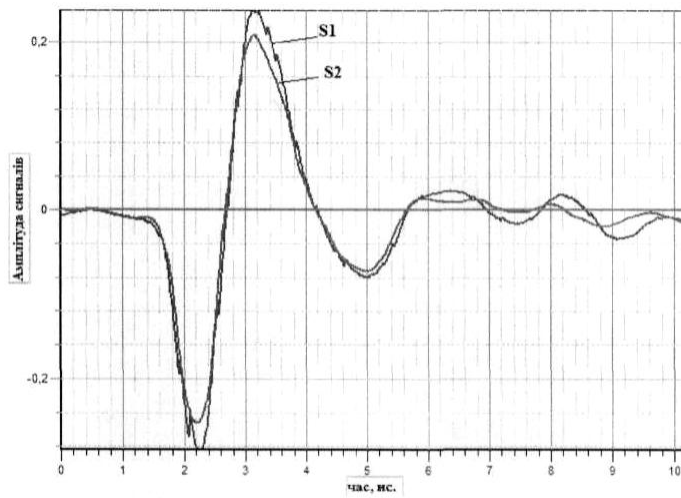
Спосіб підвищення надійності результатів оцінки товщини шарів дорожнього одягу за допомогою георадара, який полягає в тому, що генератор, фідери та приймач розміщують в одному блоці, а поруч розташовують передавальну і приймальну антени для запобігання можливим змінам в прийнятих сигналах під час подальшої реєстрації сигналів прямого проходження, сигналів, що відбиті від металевого листа та від досліджуваної ділянки автомобільної дороги під час пересування георадара, який **відрізняється** тим, що у напрямках, де непотрібно випромінювання, розміщують поглинаючий екран таким чином, щоб унеможливити реєстрацію паразитних сигналів від сторонніх джерел та забезпечити припустимий рівень відбитих цим екраном сигналів; потім проводять вимірювання паразитних відбиттів, в тому числі сигналу прямого проходження, шляхом реєстрації сигналів при розташуванні блока георадара таким чином, щоб за період розгортки до приймальної антени не надходили сигнали від найближчих неоднорідностей, зберігають дані у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера, після чого георадар розміщують над поверхнею дорожнього покриття, на яку укладено металевий лист, та проводять реєстрацію та збереження у пам'яті комп'ютера відбитого сигналу; потім лист металу видаляють з поверхні покриття та виконують радіолокаційне зондування, рухаючись по дорозі, з одночасною реєстрацією та збереженням у цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера сигналів, що відбиті конструкцією дорожнього одягу, які потім обробляють шляхом вирахування сигналу прямого проходження з сигналів, що відбиті від металевого листа та конструкції дорожнього одягу, внаслідок чого отримують сигнали, які не містять сигналу прямого проходження, а потім проводиться обробка цих сигналів згідно з відомим алгоритмом.



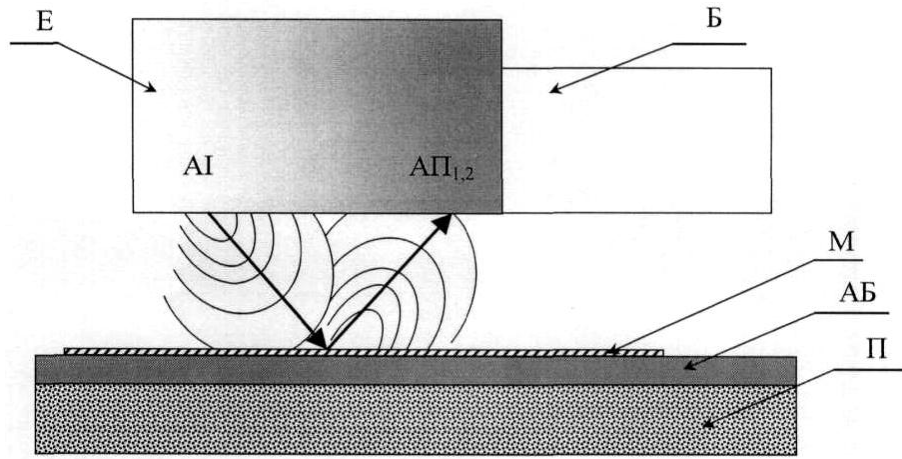
Фиг. 1



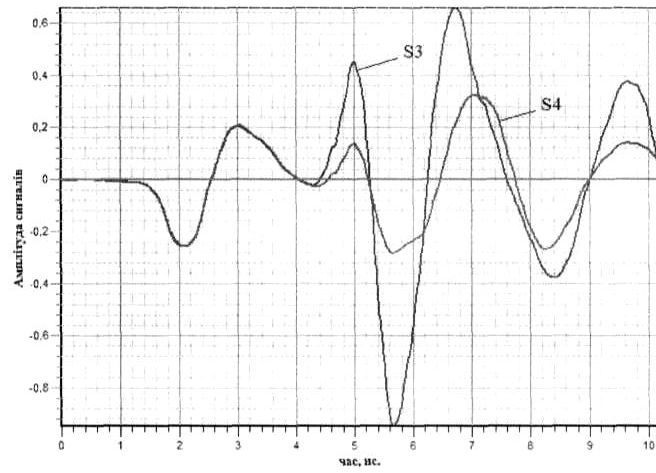
Фиг. 2



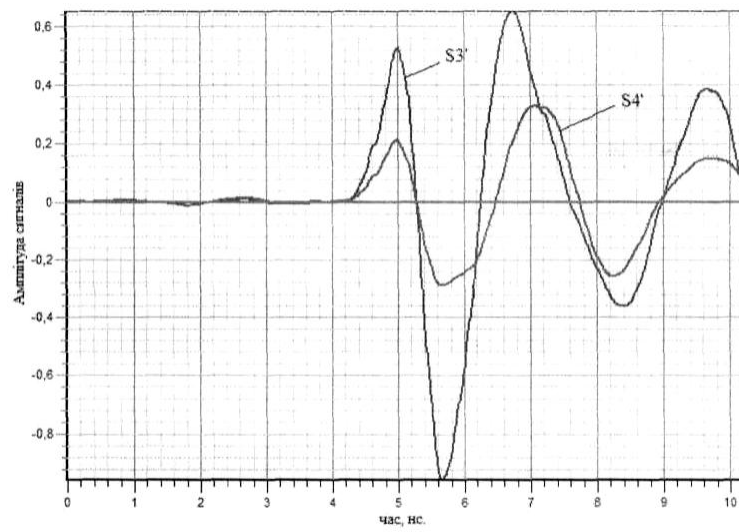
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

---

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

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