



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **77339** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
G01M 7/02 (2006.01)
G01V 13/00
G01V 1/02 (2006.01)
G01H 9/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

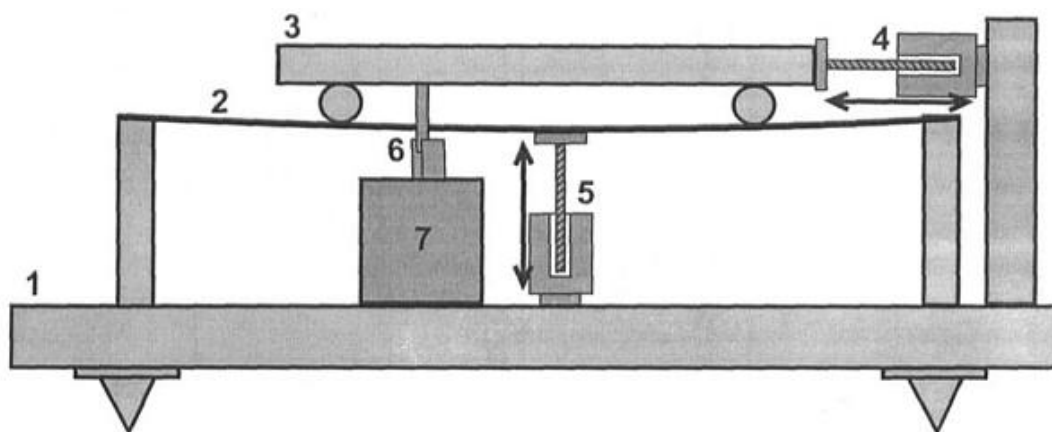
(21) Номер заявки: u 2012 09180	(72) Винахідник(и): Щербіна Сергій Валентинович (UA), Кендзера Олександр Володимирович (UA), Лісовий Юрій Володимирович (UA), Фещенко Анатолій Іванович (UA), Панков Федор Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.07.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.02.2013	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.02.2013, Бюл.№ 3	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ІМ. С.І. СУББОТІНА НАН УКРАЇНИ, пр. Палладіна, 32, м. Київ-142, 03680 (UA)

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ СЕЙСМОМЕТРІВ

(57) Реферат:

Пристрій для калібрування сейсмометрів складається з нерухокої платформи, на якій розташована рухома платформа, блока управління рухом платформи, генератора сигналів і системи збору даних, містить закріплену на нерухомій платформі жорстку, але гнучку сталеву пластину, на якій розміщена рухома платформа, для розташування на ній досліджуваного сейсмологічного обладнання, яка приводиться в рух електромагнітними приводами вертикальних і горизонтальних рухів, для моделювання відповідних коливань. Реєстрація переміщення рухокої платформи здійснюється високочутливим інфрачервоним інтерферометричним вимірювачем, інваріантним до напрямку переміщення платформи, розташованим в електронному блоці вимірювання і цифрування зміщення. Величина руху платформи візуально контролюється вмонтованим в рухому частину платформи мікатором. Електронне підсилення сигналу і його вимірювання здійснюється 16-ти бітним аналого-цифровим перетворювачем. Зареєстровані коливання зберігаються на персональному комп'ютері для розрахунку частотних характеристик та передавальних функцій усіх складових сейсмометрів різних типів.

UA 77339 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до області метрології, а саме до метрологічного обладнання і використовується в геофізиці, зокрема в сейсмології, для експериментального визначення динамічних і кінематичних характеристик сейсмологічного обладнання.

Корисна модель може використовуватися для калібрування сейсмологічних датчиків (сейсмометрів, велосиметрів і акселерометрів) та сейсмостанцій. Завдяки імітації процесу коливачь ґрунту з відомими характеристиками (величина руху платформи, в мікрометрах і напрямок руху), вона дозволяє визначати амплітудно-частотні характеристики або передаточні функції горизонтальних і вертикальних складових сейсмометрів, що проходить процес калібрування. Пристрій може створювати як імпульсні коливання, так і періодичні (синусоїдальні). Обидва типи коливань можуть використовуватися - для встановлення фізичних параметрів сейсмометрів та виявлення зміни їх амплітудно-частотних характеристик з плином часу (контролю стабільності).

Періодичні метрологічні дослідження сейсмометрів разом з реєструючим пристроєм (станцією) для виявлення часових змін і перевірки фізичних параметрів сейсмологічного обладнання є необхідними, згідно з інструкцією, з проведення сейсмологічних спостережень [1], і повинні проводитися як мінімум один раз на рік [2, 3].

Відомий подібний пристрій для проведення метрологічних досліджень сейсмометрів в Україні створено і знаходиться в м. Сімферополь на базі відділу сейсмології Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (ІГФ НАН України). Він складається з платформи, що розташована на чотирьох вузьких вертикальних пластинах і здатний відтворювати тільки горизонтальні періодично затухаючі коливання [4].

Недоліком зазначеного пристрою є можливість відтворення лише горизонтального руху основи сейсмометрів, що дозволяє калібрувати тільки їх горизонтальні складові. Для калібрування вертикальної складової сейсмометра застосовуються поворот датчика відносно нормального положення. Поворот датчика на бік призводить до некоректного функціонування приладу. Відкалібрувати вертикальну складову деяких сейсмометрів таким пристроєм взагалі неможливо. Прикладом може служити сертифікований сейсмометр виробництва Англії - Guralp [5], який має лише одне робоче положення - вертикальне. Прилад не може відтворювати повторні імпульсні і періодичні коливання, а тільки одиночні затухаючі коливання в горизонтальній площині, які важко повторити з достатньою точністю, що не дозволяє надійно встановити параметри перехідних характеристик сейсмометра. Використання вхідного сигналу у вигляді одиночних затухаючих коливань для розрахунків параметрів передаточних функцій є складною задачею, розв'язання якої вимагає застосування складних чисельних методів синхронного контролю за рухом основи датчика і результатів запису руху маятника.

Відомий подібний пристрій для проведення метрології сейсмічних датчиків є в м. Обнінськ (Росія) в Геофізичній службі Російської академії наук (ГС РАН) [6]. Прилад сконструйовано у вигляді двох окремих платформ: одна для відтворення горизонтальних коливань, а друга - для відтворення вертикальних. Даний пристрій має можливість створювати імпульсні та періодичні рухи і високу точність для визначення передаточних функцій сейсмометрів і зміни їх фізичних параметрів.

Недоліком даного пристрою є громіздкість, яка не дозволяє його транспортувати до місць розташування сейсмометрів та відсутність можливості задання руху основи датчиків у вигляді повного, змінного в просторі, вектора.

Як прототип вибрано, найбільш близький до корисної моделі, пристрій для проведення метрологічних досліджень сейсмометричного обладнання "Вібростенд Волна ВС4" [7] розроблений для калібрування і тестування сейсмодатчиків, сейсмометрів і сейсмічних акселерометрів та здатний задавати гармонічні коливання заданої частоти в широкому діапазоні амплітуд. Даний вібростенд може створювати як горизонтальні, так і вертикальні коливання в широкому діапазоні частот.

Пристрій складається з рухомого столу, блока управління рухом вібростенда, генератора (або цифро-аналогового перетворювача системи збору даних) і системи збору даних.

Прототип має наступні недоліки:

1) неможливість задавати імпульсні коливання, подібні до реальних сейсмічних подій, що необхідно для визначення динамічних характеристик (калібрування) сейсмометричного обладнання та перевірки впливу нелінійних ефектів;

2) досить вузьке обмеження по масі обладнання, яке проходить процес калібрування (3,5-10,5 кг) [8], так як реальний діапазон маси приладів, які використовуються в світі, є досить широким;

3) мала вага самої платформи, яка допускає власне розгойдування в процесі синусоїдального навантаження, що вимагає встановлення її на важкі стаціонарні постаменти і веде до втрати мобільності прототипу;

4) рухома частина стенду підвішена на тонких сталевих стрічках (розміри стрічок 13×28×0,1 мм) [8], які є досить чутливими до значних і тривалих навантажень. Для переходу до калібрування від горизонтальної до вертикальної компоненти, чи навпаки, необхідно перевернути корпус стенда на 90° і провести процедури по під'єднанню, або від'єднанню силових пружин, при цьому платформу необхідно від'єднати від постаменту, перевернути її та знову жорстко з'єднати з постаментом, що вимагає певних навичок і часу. При таких операціях можуть збитися налаштування самої платформи (зміна коефіцієнта пропорційності і нуля датчика), які неможливо відновити без серйозного калібрування самої платформи [8];

5) використовується різний матеріал силових пружин і стрічок, а також різний принцип розгойдування рухомої частини платформи. Для калібрування горизонтальних компонент сейсмометричного обладнання використовуються вбудовані силові пружини, які потребують додаткових компенсаційних заходів для обладнання з різною масою. Калібрування вертикальної компоненти здійснюється з використанням тонких сталевих стрічок [8], що в свою чергу вимагає тонких налаштувань при калібруванні різних компонентів, а також до погано контрольованої точності метрологічних процедур;

6) нестабільність роботи на високих і низьких частотах. На низьких частотах потужність підсилювачів не використовується до максимальної і відбувається видиме обмеження, що проявляється у вигляді стуків рухомої частини, що веде до зайвих неконтрольованих коливань і небажаних викривлень в характеристиках, які отримуються в процесі калібрування. На високих частотах надлишкова напруга з генератора вводить підсилювачі в режим насичення і на синусоїдальних коливаннях з'являються нелінійні зрізи (спотворення), внаслідок чого підсилювачі швидко перегріваються [8];

7) вібростенд потребує аретирування при транспортуванні, конструкція системи виконана ненадійно і затягуючи гвинти можна пошкодити стрічкові підвіски, про що наголошено в інструкції по користуванню приладом "Вібростенд Волна ВС4" [8].

Задачею створення корисної моделі є виготовлення пристрою, який буде виконувати комплексні метрологічні дослідження сейсмологічного обладнання, тобто проводити калібрування всіх трьох компонент сейсмометрів з високою точністю, з можливістю відтворювати коливання різної форми і тривалості (імпульсні і періодичні рухи) і в якому будуть враховані всі недоліки існуючих пристроїв і прототипу, що підвищить точність, надійність, оперативність та ефективність результатів.

Основними особливостями пристрою є - реалізація в одному пристрої можливості здійснювати з високою точністю (мікрони) два типи рухів, як горизонтальні так і вертикальні, завдяки використанню в конструкції пристрою гнучкої пластини. Рухи можуть відтворюватися як в імпульсному, так і в періодичному режимах, що забезпечить високу точність метрологічного дослідження сейсмологічного обладнання. Пристрій виконано в одній конструктивній формі. Він є відносно легким, але досить стійким і компактним, в результаті чого забезпечується його висока мобільність.

Розв'язання поставленої задачі контролю здатності сейсмометрів правильно реєструвати повний вектор сейсмічних коливань досягається шляхом використання гнучкої сталевий пластини, яка дозволяє за допомогою електромагнітних приводів створювати як горизонтальні, так і вертикальні рухи платформи без додаткових змін конструкції пристрою.

Запропонована корисна модель складається з нерухомої платформи (1), із вбудованими в неї водяними рівнями для виставлення платформи в горизонтальній площині. На нерухомій платформі закріплена жорстка, але гнучка, сталева пластина (2), на якій встановлена рухома платформа (3). Платформа (3) слугує для розміщення на ній обладнання, для якого проводяться метрологічні дослідження. Завдяки такій конструкції пристрою для калібрування сейсмометрів рухома платформа (3) може здійснювати рух як в горизонтальній, так і у вертикальній площинах, за допомогою електромагнітних приводів (4 і 5). Напрямок і величина переміщення фіксується інфрачервоним датчиком реєстрації горизонтальних і вертикальних рухів (6), який є складовою частиною електронного блока вимірювання і цифрування зміщення (7), звідки сигнал в цифровому вигляді передається на реєстрацію. Інфрачервоний випромінювач (8) генерує пучок світла, який проходить через вікно (10, і потрапляє на інфрачервоний приймач (9). Вікно (10) переміщується разом з рухомою платформою (3), що фіксується інфрачервоним приймачем (9). Зареєстрований сигнал надходить на АЦП (11), потім підсилюється і записується на ПК (12) у вигляді окремих файлів. (Фіг. 1 і Фіг. 2).

Фіг. 1. Схема пристрою для калібрування сейсмометрів.

- 1 - нерухома платформа;
- 2 - гнучка пластина;
- 3 - рухома платформа;
- 4 - електромагнітний привід горизонтальних рухів;
- 5 - електромагнітний привід вертикальних рухів;
- 6 - інфрачервоний датчик реєстрації горизонтальних і вертикальних рухів;
- 7 - електронний блок вимірювання зміщення.

Фіг. 2. Принципова схема реєстрації вертикального і горизонтального зміщення платформи.

- 1 - нерухома платформа;
- 3 - рухома платформа;
- 7 - електронний блок вимірювання зміщення;
- 8 - інфрачервоний передатчик;
- 9 - інфрачервоний приймач;
- 10 - вікно через яке проходить інфрачервоний промінь;
- 11 - аналого-цифровий перетворювач;
- 12 - персональний комп'ютер.

Суть технічного рішення. В конструкції корисної моделі використано жорстку, але гнучку, сталеву пластину (2), яка дозволяє створювати вертикальні рухи завдяки її здатності прогинатися під дією електромагнітного приводу (5). Горизонтальні рухи створюються шляхом переміщення рухомої платформи (3) по поверхні пластина дією електромагнітного приводу (4). В останньому випадку гнучка пластина фіксується електромагнітним приводом (5) для відтворення лише горизонтальних рухів (Фіг. 1).

Дія на горизонтальні компоненти сейсмометра, розміщеного на рухомій платформі (3), забезпечується за рахунок створення електромагнітним приводом (4) імпульсних або періодичних коливань рухомої платформи (3) в горизонтальному напрямку по гнучкій пластині (2). Дія на вертикальну компоненту сейсмометра забезпечується електромагнітним приводом (5) і коливаннями платформи (3) в вертикальному напрямку за рахунок прогину пластина (2). Прогин жорсткої пластина має невеликий діапазон, але він є достатнім для імітації реальних сейсмічних коливань ґрунту.

Для того щоб задавати коливання різної форми, амплітуди і тривалості використовується "Генератор сигналів спеціальної форми Г6-27" [9]. Сигнали, що задаються цим генератором, надходять на електромагнітні приводи (4 і 5) і контролюються осцилографом.

Реєстрація переміщення рухомої платформи (3) здійснюється завдяки використанню інфрачервоних датчиків зміщення (5), які мають високу чутливість до 1 мікрона. Ці датчики під'єднані до електронного пристрою, який здійснює електронне підсилення сигналу і його вимірювання (цифрування) 16-ти бітним аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) PCI-9111HR [10]. Величину руху платформи можна також візуально контролювати вмонтованим в рухому частину платформи мікатором (головка вимірювальна пружинна малогабаритна), модель 13301, марка 1ИПМ, точність 1 мікрон (ГОСТ 14712-79Е).

Основні відмінності та переваги запропонованої корисної моделі від прототипу є наступними:

- можливість на одному приладі проводити калібрування трьох складових сейсмометрів (дві горизонтальні і вертикальна),
- невеликі розміри віброплатформи (80×31×25 см) і її відносно невелика вага (близько 25 кг)
- забезпечують її компактність і мобільність.
- надійні і витривалі електромагнітні приводи пристрою дозволяють, без обмеження в часі, моделювати як імпульсні, так і періодичні коливання.

Дослідний зразок корисної моделі, яка отримала шифр ПКС-3 (пристрій калібрування сейсмометрів - три компоненти) виготовлено на базі Інституту геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України співробітниками відділу сейсмічної безпеки (м. Київ).

Випробування калібрувального пристрою ПКС-3 проведено з використанням сейсмометричних датчиків різних типів в Інституті геофізики НАН України.

Тестові калібрування приладів (сейсмометричних датчиків і сейсмометрів) виконувалися шляхом порівняння результатів калібрування на платформі (фізичного експерименту) з результатами теоретичного розрахунку частотних характеристик за даними виробників. Це дозволило оцінити точність і якість виготовленого пристрою для калібрування сейсмічних датчиків (фіг. 3).

Фіг. 3. Результат експериментального процесу калібрування сейсmodатчика БЕГІК.

а - процес реакції горизонтального сейсмометра БЕГІК на прямокутний імпульс руху на нього від платформи. Зміна амплітуди відгуку сейсмометра пов'язана із різними значеннями амплітуди вхідного імпульсів IRS2;

б - експериментальний відгук сейсмометра на заздалегідь вибраний вхідний прямокутний імпульс руху платформи;

в - результати розрахунку отримані після спектрального аналізу передаточної функції сейсмометра;

г - фазова характеристика сейсмометра.

Характерні результати проведених тестових калібрувань приладів (сейсмометричних датчиків і сейсмометрів) свідчать про високу функціональність, точність і надійність роботи корисної моделі.

Важливими для застосування в геофізиці властивостями пристрою є суміщення обох рухів в одному пристрої, а також висока чутливість інфрачервоного інтерферометричного вимірювача до зміщення платформи в будь-якому напрямку. Прилад може виконувати метрологічне тестування сейсмометрів на основі додаткового використання сертифікованих вимірювачів зміщення (мікатор 1ИПМ, ГОСТ 14712-79Е).

Технічним результатом корисної моделі є:

- можливість на одному пристрої проводити метрологічні дослідження трьох компонент будь-яких типів сейсмометрів;

- можливість відтворення імпульсних і періодичних рухів платформи;

- висока точність визначення частотних характеристик і передавальних функцій усіх складових (компонент) сейсмометрів різних типів;

- портативність і мобільність пристрою.

Джерела інформації:

1. Кондорская Н.В., Аранович З.И., Соловьева О.Н., Шебалин Н.В. и др. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях единой системы сейсмических наблюдений СССР. "Наука". М.: 1982.

2. Peter Borman. IASPEI. New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP). Volume 1. Chapter 5. Potsdam. 2002.

3. Аранович З.И., Кирнос Д.П., Фремд В.М. Апаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. "Наука". Москва - 1974.

4. Щербина С.В. Цифровые сейсмические регистраторы и их калибровка. Геофізичний журнал № 2 2011. Том 33. К.: 201. - С. 156-160.

5. Сайт розробника сертифікованих сейсмометрів Guralp <http://www.guralp.com/product-range/40t-seismometers/>.

6. Геофізична служба Російської академії наук <http://www.gsras.ru/>.

7. Сайт розробника пристрою "Вибростенд Волна ВС4" для сейсмометрів http://www.r-sensors.ru/seismometers_ru.shtml.

8. Інструкція по користуванню вібростендом для сейсмодатчиків "Волна ВС4" http://www.r-sensors.ru/1_products/UserManual_Volna_rus.pdf.

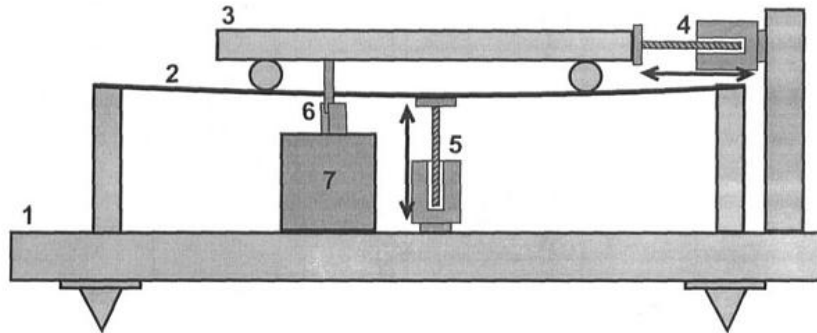
9. Технічні характеристики генератора сигналів спеціальної форми Г6-27 http://ooobvs.ru/g6-27_generator_signalov_specialnoy.

10. Інструкція по користуванню аналого-цифровим перетворювачем http://www.adlinktech.com/PD/web/PD_detail.php?cKind=&pid=28&seq=&id=&sid=&source=.

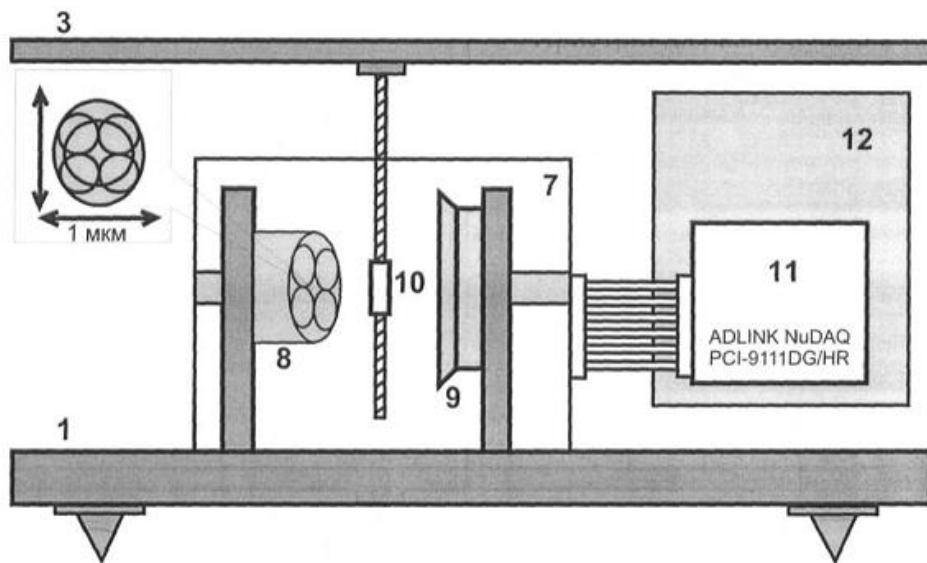
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для калібрування сейсмометрів, який складається з нерухокої платформи, на якій розташована рухома платформа, блока управління рухом платформи, генератора сигналів і системи збору даних, який **відрізняється** тим, що використано закріплену на нерухомій платформі жорстку, але гнучку сталеву пластину, на якій розміщена рухома платформа, для розташування на ній досліджуваного сейсмологічного обладнання, яка приводиться в рух електромагнітними приводами вертикальних і горизонтальних рухів, для моделювання відповідних коливань, реєстрація переміщення рухокої платформи здійснюється високочутливим інфрачервоним інтерферометричним вимірювачем, інваріантним до напрямку переміщення платформи, розташованим в електронному блоці вимірювання і цифрування зміщення, також величину руху платформи можна візуально контролювати вмонтованим в рухому частину платформи мікатором (головка вимірювальна пружинна малогабаритна), електронне підсилення сигналу і його вимірювання (цифрування) здійснюється 16-ти бітним аналого-цифровим перетворювачем, а зареєстровані коливання зберігаються на

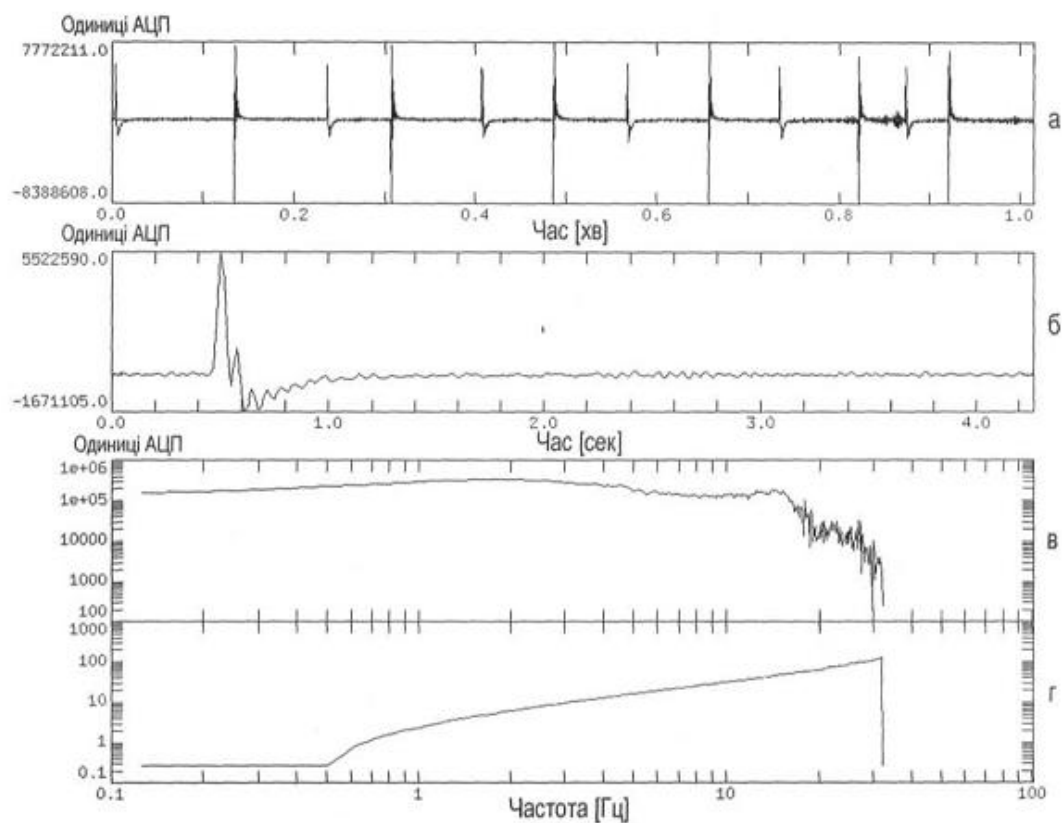
персональному комп'ютері для розрахунку частотних характеристик та передавальних функцій усіх складових (компонент) сейсмометрів різних типів.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка С. Чулій

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

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