



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **88352** (13) **U**  
(51) МПК

**G01V 1/04** (2006.01)

**G01V 1/38** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

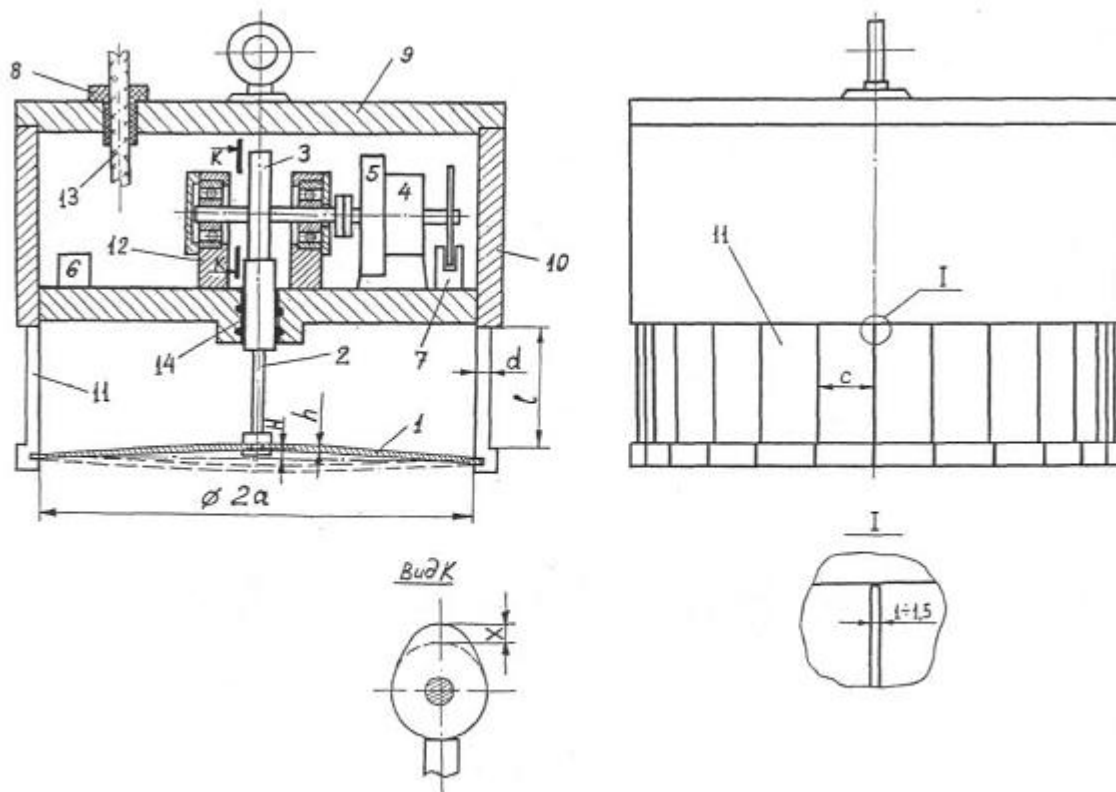
(21) Номер заявки: <b>u 2013 12266</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грищенко Володимир Миколайович (UA), Ломов Сергій Георгійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>21.10.2013</b>	(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.03.2014</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.03.2014, Бюл.№ 5</b>	

## (54) ДЖЕРЕЛО ДЛЯ МОРСЬКОЇ СЕЙСМОРОЗВІДКИ

### (57) Реферат:

Джерело для морської сейсморозвідки має нерухомий корпус циліндричної форми, в якому є герметична і заповнена водою частини об'єму, рухомий елемент у вигляді плоскої дискової мембрани із пружної сталі, закріплений по своєму контуру в заповненій водою частині корпусу, причому мембрана встановлена у стійкому увігнутому відносно напрямку випромінювання положенні, і рухомий шток, з'єднаний з центром мембрани з одного боку і має ковзаючий контакт з поверхнею ексцентрикового диска з іншого боку, такий, що має можливість переміщення вздовж осі перпендикулярно площині мембрани. Заповнена водою частина нерухомого корпусу має розрізи по утворюючій циліндричній поверхні корпусу з рівномірним кроком виконання розрізів. Ексцентриковий диск, встановлений з можливістю обертання, має можливість ковзати по торцевій поверхні штока. Мінімальний радіус ексцентрикового диска відповідає стійкому увігнутому, а максимальний радіус - стійкому опуклому положенням мембрани відносно напрямку випромінювання пружної хвилі у водне середовище.

UA 88352 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі технічних засобів збудження хвиль у водному середовищі і може бути використана для сейсморозвідки на акваторіях.

Важливою частиною розвідувальної геофізики є сейсморозвідка. На даний час для сейсморозвідки на акваторіях використовується широкий спектр засобів. Їх основною метою є створення пружних хвиль у водному середовищі. Принцип дії таких пристроїв і їх конструктивне виконання визначаються вимогами до певного виду сейсморозвідувальних робіт, а саме: глибина проникнення пружної хвилі в породи, що знаходяться на дні, і роздільної здатності хвиль, що відбиваються.

Найважливішою особливістю будь-якої хвилі є енергія, пов'язана із рухом середовища при проходженні по ній хвилі. Енергія, що виділяється в одиниці об'єму біля деякої точки, де вона спостерігається, називається щільністю енергії. В рідинах розповсюджуються лише Р-хвилі (повздовжні, стиснення, безвихрові). Для гармонічної Р-хвилі щільність енергії є дорівнює [1].

$$e = 2\pi^2 \rho f^2 A^2, \text{ Дж/м}^3, \quad (1)$$

де  $\rho$  - щільність рідини,  $f$  - частота,  $A$  - амплітуда коливань середовища.

На даний час для сейсморозвідки в глибоких акваторіях (морська сейсморозвідка на шельфі і в Світовому океані) найчастіше використовуються пневматичні пристрої, так звані "пневмогармати". Їх принцип дії базується на тому, що від компресора, що знаходиться на геофізичному судні, в об'єм такого пристрою закачується повітря з тиском до 20 МПа. При відкритті електромагнітного клапана це стиснене повітря викидається у водне середовище. Оскільки пневмогармати використовуються на відносно невеликій глибині (9-10 метрів), повітряний пузир швидко збільшується у розмірах, створюючи пружну хвилю у водному середовищі. При поєднанні пневмогармат можна отримати достатньо потужну сейсмічну хвилю, щоб досягти глибини проникнення в породи на дні до кількох кілометрів. Найбільш розповсюджені пневмогармати фірми "Bolt Technology Corporation". Із конструкцією, принципом дії і характеристиками таких пневмогармат можна познайомитись в [1, 2]. Основним недоліком таких пневмогармат є пульсації повітряного пузиря у воді. Цей недолік усувається в удосконалених пневмогарматах фірми "Sercel" [1].

Основною експлуатаційною особливістю пневмогармат є те, що вони є низькочастотними пристроями і не можуть забезпечити високу роздільну здатність сейсмічних сигналів. Частота хвилі, що створюється пневмогарматами, зазвичай не перевищує 20-30 Гц. Для більш детального вивчення тонких шарів порід на дні в морській сейсморозвідці необхідно використовувати пристрої, що створюють у водному середовищі пружну хвилю із частотою більш високою, ніж забезпечують пневмогармати.

Створення пружної хвилі у водному середовищі за допомогою газового (парового) пухиря використовується у пристроях типу "спаркер" [1]. Спаркер створює імпульс тиску у воді внаслідок розряду великої конденсаторної батареї безпосередньо у воду через систему електродів, що транспортуються на спеціальному каркасі за кораблем на певній глибині. Робочі напруги спаркера дорівнюють 3,5-4 кВ, а амплітуда розрядних струмів досягає сотень ампер. Плазмовий канал розряду призводить до швидкого закипання прилягаючого об'єму води і, як наслідок, до розростання парового пухиря, що створює пружний імпульс тиску у водному середовищі. Спаркер може використовуватись в широкому діапазоні енергій. Основним недоліком спаркера є нестабільність створюваного імпульсу тиску, що пов'язано із нестабільністю електричного пробоя водного про шарку. Також, спаркер не може створювати високу роздільну здатність при сейсморозвідці.

В останній час розробляється клас пристроїв для створення пружних хвиль у водному середовищі, в яких електрична енергія, що накопичилась в конденсаторних батареях, перетворюється в імпульс механічної сили, під дією якої переміщується випромінюючий елемент таких пристроїв. В свою чергу такі пристрої можуть бути розподілені на декілька основних підкласів.

Відомий пристрій, в якому рухлива тверда плита, що створює хвилю стиснення у воді, приводиться в дію електромагнітним приводом, що жорстко закріплюється на корпусі пристрою. Конструкція і принцип дії такого пристрою представлені в [3]. Такі пристрої створюють пружні хвилі у водному середовищі при поверхневій буксировці. Це їх основна перевага, оскільки вони можуть експлуатуватись у так званих "транзитних" зонах (наприклад, заболочена місцевість, неглибокі водні середовища та ін.) Основними недоліками таких пристроїв є невисокі значення величин енергії і частоти сейсмічного сигналу.

Значно більш високу роздільну здатність при сейсморозвідці мають пристрої типу "бумер". Основною ознакою бумерів є використання приводів електродинамічного типу.

Відома конструкція бумера, в якій рухлива електрична котушка замінена на рухливу плиту, що виконана із матеріалу з високою електропровідністю (зазвичай алюміній). При проходженні імпульсу розрядного струму по нерухливій електричній котушці і виникнення внаслідок цього імпульсу магнітного поля в електропровідній плиті в ній виникають вихрові струми, що створюють, відповідно, свій імпульс магнітного поля протилежного напрямку. Як наслідок рухлива плита відштовхується від котушки, жорстко закріпленої на нерухомому корпусі бумера. Такі бумери конструктивно простіші і за їх допомогою можна отримати більш високочастотну хвилю.

Найбільш висока частота пружної хвилі у водному середовищі досягається в конструкції бумера із жорстко закріпленою по контуру дисковою мембраною із електропровідного матеріалу. Пластина у формі диска із матеріалу з високою електропровідністю жорстко закріплена по своєму контуру в корпусі бумера, що у свою чергу жорстко закріплений на пристрої, що буксирується під водою. Імпульс вихрових струмів, що виникає в пластині, взаємодіє з магнітним полем електричної котушки і тим самим викликає імпульс електродинамічної сили, під дією якого пластина поводить себе як мембрана, жорстко закріплена по контуру, і виникаюча при цьому випуклість мембрани створює пружну хвилю стиснення у водному середовищі. Зазвичай бумери працюють з величинами електричної енергії 300-500 Дж на енергетично переважаючих частотах до 1 кГц в спектрі сигналу, що випромінюється. В цілому бумери забезпечують гарну роздільну здатність до 0,5 м. Конструкція і принцип дії такого бумера представлені в [4]. Недоліком цієї і усіх інших конструкцій бумерів є невисока величина енергії, що випромінюється у водне середовище.

Відома конструкція джерела для морської сейсморозвідки [5]. Джерело має нерухомий корпус, в якому є герметична і заповнена водою частини об'єму. В частині корпуса, що заповнена водою, є закріплений рухливий елемент у вигляді плоскої дискової мембрани з пружної сталі. Також у корпусі розташований рухомий шток, з'єднаний з центром мембрани з одного боку і має ковзаючий контакт з поверхнею ексцентрикового диска з іншого боку. Плоска мембрана встановлена у стійкому увігнутому відносно напрямку випромінювання положенні і закріплена по своєму контуру в корпусі джерела. Шток має можливість переміщення по осі джерела перпендикулярно площині мембрани. Ексцентриковий диск при обертанні має можливість ковзати по торцевій поверхні штока, причому мінімальний радіус диска відповідає стійкому увігнутому, а максимальний радіус - стійкому випуклому положенням мембрани. Шток знаходиться у вузлі, який забезпечує герметизацію частини об'єму на заданій глибині експлуатації джерела. Створення імпульсу пружного стиснення води відбувається за рахунок переведення мембрани за допомогою ексцентрикового диска із стійкого увігнутого положення у стійке випукле положення. За час повільного підведення мембрани за допомогою ексцентрикового диска із стійкого увігнутого положення до нестійкого положення рівноваги мембрана накопичує механічну енергію стискування. Із нестійкого положення рівноваги мембрана самостійно з великою швидкістю перекидається у стійке випукле положення (ефект "хлопаючої" мембрани). За цей час створюється імпульс пружного стиснення води. Описаний тип джерела є найбільш близьким технічним рішенням. Конструкція і принцип дії джерела для морської сейсморозвідки, представленого в [5], прийняті за прототип.

Недоліком прототипу є наступне. При підведенні мембрани із стійкого увігнутого положення до нестійкого положення рівноваги механічна напруга в мембрані різко наростає і може перевищити допустиму межу пружної деформації. Ця обставина змушує обмежувати радіус вигину мембрани в стійкому увігнутому положенні і, як результат, обмежується величина енергії, що випромінюється у водне середовище.

Задачею корисної моделі є підвищення питомої енергії, що випромінюється у водне середовище.

Поставлена задача вирішується тим, що джерело для морської сейсморозвідки має нерухомий корпус циліндричної форми, в якому є герметична і заповнена водою частини об'єму, рухомий елемент у вигляді плоскої дискової мембрани із пружної сталі, закріплений по своєму контуру в заповненій водою частині корпуса, причому мембрана встановлена у стійкому увігнутому відносно напрямку випромінювання положенні, і рухливий шток, сполучений з центром мембрани з одного боку, що має ковзаючий контакт з поверхнею ексцентрикового диска з іншого боку, і що має можливість переміщення вздовж осі перпендикулярно площині мембрани, а заповнена водою частина нерухомого корпуса має розрізи по утворюючій циліндричній поверхні корпуса з рівномірним кроком виконання розрізів. Ексцентриковий диск, встановлений з можливістю обертання, має можливість ковзати по торцевій поверхні штока, причому мінімальний радіус ексцентрикового диска відповідає стійкому увігнутому, а максимальний радіус - стійкому опуклому положенням мембрани відносно напрямку

випромінювання пружної хвилі у водне середовище. Шток розташований у вузлі, який забезпечує герметизацію частини об'єму корпусу на заданій глибині експлуатації джерела.

Суть корисної моделі пояснюється наступними кресленнями:

на фіг. 1 показана конструкція джерела для морської сейсмозвідки;

5 на фіг. 2 показані основні розрахункові параметри мембрани;

на фіг. 3 показані приведені розрахункові значення динаміки мембрани для випадку, коли мембрана перекидається рівномірним тиском по всій поверхні;

на фіг. 4 показані співвідношення величин частота-енергія для різних типів джерел для морської сейсмозвідки.

10 На фіг. 1 представлена конструкція джерела для морської сейсмозвідки. Джерело складається із дискової мембрани 1 із високоміцної пружної сталі, що закріплена по своєму контуру і знаходиться в частині корпусу, що заповнена водою, причому центр мембрани жорстко зв'язаний зі штоком 2, що має можливість переміщуватись у напрямі, перпендикулярному до площини мембрани, ексцентрикового диска 3, електричного двигуна 4, редуکتора 5 з великим передавальним числом, датчика 6 рівня води, датчика 7 положення ексцентрикового диска, герметичного діелектричного введення 8, кришки 9, корпусу 10, пружних елементів 11, які виконані в заповненій частині корпусу шляхом розрізів в цій частині по утворюючій циліндричної поверхні корпусу, підшипникового вузла 12, розміщеного в герметичній частині корпусу, електричного кабелю 13 управління джерелом, вузла гідроізоляції 14. В герметичну частину корпусу через гідроізолюючий вузол проходить кінець штока, по якому має можливість ковзати поверхня ексцентрикового диска. До кабелю підключені електричний двигун, датчик положення ексцентрикового диска і датчик рівня води в герметичній частині корпусу.

Джерело працює наступним чином.

25 У вихідному положенні мембрана 1 встановлюється у стійкому увігнутому положенні  $Z_1$ . Цьому положенню мембрани відповідає положення ексцентрикового диска 3, при якому торцева поверхня штока 2 контактує із поверхнею ексцентрикового диска в точці його найменшого радіуса. Це положення встановлюється при обертанні ексцентрикового диска за допомогою електричного двигуна 4, редуکتора 5 і контролюється за допомогою датчика 7.

30 Створення імпульсу пружного стиснення води відбувається наступним чином. По команді з корабля через електричний кабель 13 подається напруга на електричний двигун 4 і він за допомогою редуکتора 5 з великим передавальним числом починає повільно, але з великим моментом обертати в підшипниковому вузлі 12 ексцентриковий диск 3. Ковзаючи по торцевій поверхні штока 2, ексцентриковий диск змушує шток переміщуватись в осьовому напрямі у вузлі гідроізоляції 14. Протилежний кінець штока 2 жорстко з'єднаний з центром мембрани. Таким чином мембрана переміщується до положення нестійкої рівноваги  $Z_2$  (фіг. 2). При русі мембрани від положення  $Z_1$  до положення  $Z_2$  можливе виникнення в об'ємі мембрани механічної напруги стискування, яка перевищує допустимий рівень пружної напруги. Коли рівень напруги в мембрані досягає небезпечної величини, пружні елементи 11 починають пружно згинатися в напрямі від осі корпусу, усуваючи тим самим небезпеку пластичної деформації мембрани і накопичуючи при цьому додаткову механічну енергію стискування. Як наслідок, вигін мембрани у стійкому увігнутому положенні може бути більшим у порівнянні з прототипом. При досягненні мембраною положення нестійкої рівноваги  $Z_2$  відбувається дуже швидке самостійне переміщення її у стійке випукле положення  $Z_3$  (ефект "хлопаючої" мембрани). На фіг. 2 наведені розрахункові значення динаміки мембрани для випадку, коли мембрана переміщується рівномірним тиском по своїй поверхні. Різниця  $X$  між максимальним та мінімальним радіусами ексцентрикового диска дещо більша тієї відстані, яку проходить центр мембрани під дією зовнішньої сили до положення  $Z_2$ . Таким чином, механічна енергія накопичується (акумулюється) в об'ємах мембрани 1 та пружних елементів 11 за рахунок енергії електричного двигуна 4 за проміжок часу при стискуванні мембрани від положення  $Z_1$  до положення  $Z_2$ , а пружна хвиля стискування у водному середовищі створюється за проміжок часу самостійного дуже швидкого переміщення мембрани із положення  $Z_2$  в положення  $Z_3$ . Після спрацьовування мембрани ексцентриковий диск продовжує обертання і зупиняється у вихідному положенні для наступного спрацьовування. Вертання мембрани у вихідне положення  $Z_1$  відбувається за допомогою спеціального пристрою пружно-жорсткого зв'язку торця штока 2 із ексцентриковим диском 3 (на фіг. 1 не показано). Електричний кабель 13 управління проходить у герметичну частину корпусу 1 скрізь герметичне діелектричне введення 8 у кришці 9 джерела. Оскільки на практиці неможливо забезпечити ідеальну гідроізоляцію герметичної частини корпусу джерела, останній має датчик 6 рівня води. Коли кількість води в герметичній частині корпусу досягає небезпечної рівня для роботи електричних пристроїв, по команді датчика 6 електричне

живлення відключається, після чого відбувається підйом джерела із водного середовища і злив води через спеціальний штуцер (на фіг. 1 не показано).

У порівнянні з джерелами, в яких акумулюється енергія стисненого повітря чи електрична енергія конденсаторних батарей, в джерелах такого типу з акумулюванням механічної енергії можливо отримання значно більш високого рівня питомої потужності випромінювання у водне середовище. У порівнянні з прототипом за рахунок використання пружних елементів в корпусі джерела можливо отримати більші величини питомої потужності випромінювання і частоти сейсмічного сигналу.

Основними розрахунковими параметрами джерела є (фіг. 1, 2): вигін мембрани  $H$  у стійкому увігнутому положенні  $Z_1$ ; товщина мембрани  $h$ ; діаметр  $2a$  мембрани по контуру закріплення; довжина  $l$ , ширина  $s$  і товщина  $d$  пружних елементів; глибина буксирування; частота імпульсів стиснення водного середовища. Розрахунок динаміки самостійного переміщення мембрани виконується як розрахунок динаміки геометрично нелінійної пологої сферичної осесиметричної оболонки, показаної на фіг. 2, де  $R$  - радіус оболонки,  $h$  - товщина. Як математична модель, прийнята система рівнянь геометрично нелінійної теорії вигину пологих оболонок в полярній системі координат, розглянутої в [6, 7].

Наближене розв'язання для сталюї мембрани джерела з параметрами  $2a = 0,5$  м;  $H = 15$  мм;  $h = 5$  мм дає динаміку переміщення мембрани з урахуванням демпфірування водним середовищем, що показана на фіг. 3.

За результатами розрахунку у водне середовище випромінюється пружний імпульс тиску з еквівалентною частотою  $f = 227$  Гц і амплітудою переміщення центральної точки мембрани  $W = 35$  мм. Щільність енергії, що випромінюється у водне середовище безпосередньо під мембраною приблизно може бути оцінена за допомогою (1). Величина  $A$  в (1) відповідає переміщенню випромінюючої безкінечно великої поверхні. Розрахункове переміщення мембрани кінцевих розмірів від положення  $Z_2$  до положення  $Z_3$  відбувається по сферичній поверхні змінного радіусу. Приблизно може бути прийнято співвідношення  $W = 0,5-0,6 A$ . Як наслідок, щільність енергії, що випромінюється у водне середовище може бути оцінена величиною  $e = 2\pi^2 r f^2 W^2 = 311$  кДж/м<sup>3</sup>. Із урахуванням прийнятої в розрахунку площі мембрани  $0,196$  м<sup>2</sup> у водне середовище запропонованим джерелом випромінюється імпульс енергії  $E$  величиною  $E = 62$  кДж. Аналогічні розрахунки були проведені для прототипу. Мембрана, яка має такі ж розміри була встановлена у стійкому увігнутому положенні  $Z_1$  з величиною  $H = 10$  мм. Цей вигін обмежується максимально допустимим рівнем напруг стиснення матеріалу мембрани. Для прототипу у водне середовище випромінюється імпульс енергії  $E = 13,4$  кДж.

На фіг. 4 [1] наведені приклади співвідношення величин енергія-частота для різних типів джерел для морської сейсмозвідки. Наведений приклад бумера із оптимальним експлуатаційним співвідношенням величин енергія-частота. При енергетично переважаючій частоті  $f = 250$  Гц у водне середовище бумером випромінюється імпульс енергії величиною  $E = 1$  кДж. При цьому бумер має приблизно таку ж площу випромінюючої поверхні, як і запропоноване джерело.

Приведені приклади і розрахунки свідчать про те, що конструкція і принцип дії запропонованого джерела для морської сейсмозвідки дають позитивний ефект, який полягає у збільшенні питомої енергії, що випромінюється у водне середовище.

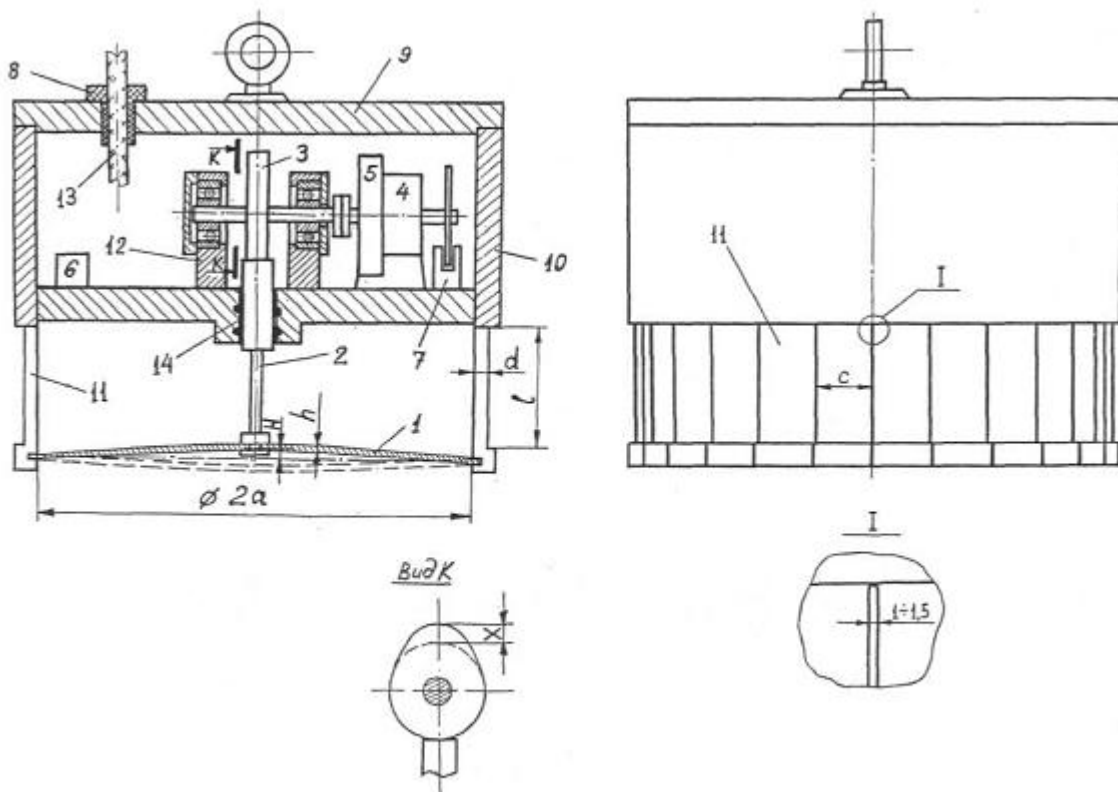
Джерела інформації:

1. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсмозвідка. Том 1. История, теория и получение данных. - М.: Мир, 1987. - 448 с.
2. Кири П., Брукс М. Введение в геофизическую разведку. - М.: Мир, 1988. - 382 с.
3. Патент Российской Федерации № 2246741, G01V 1/38, опубл. 20.02.05, бюл. № 5.
4. Патент SU № 1817707, B06 B1/04, опубл. 23.05.03, бюл. № 15.
5. Патент України на корисну модель № 77245, G01V 1/04 G01V 1/38, опубл. 11.02.2013, бюл. № 3.
6. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластин и оболочек. - М.: Наука, 1972.
7. Огибалов П.М., Колтунов М.Л. Оболочки и пластины. - М.: изд. МГУ, 1969.

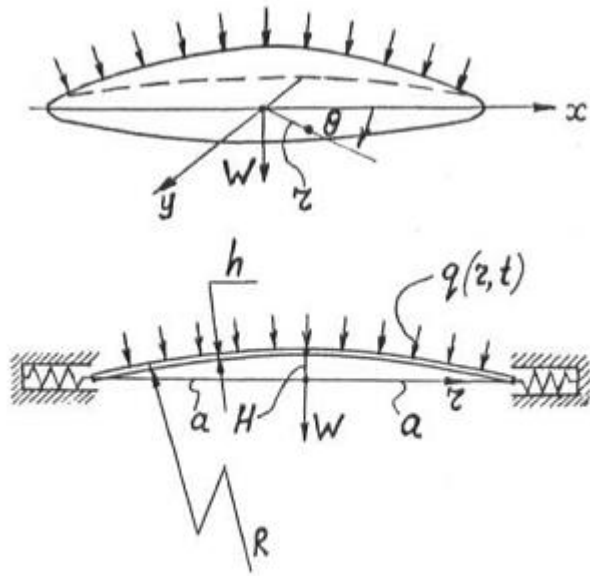
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Джерело для морської сейсмозвідки, що має нерухомий корпус циліндричної форми, в якому є герметична і заповнена водою частини об'єму, рухомий елемент у вигляді плоскої дискової мембрани із пружної сталі, закріплений по своєму контуру в заповненій водою частині корпусу, причому мембрана встановлена у стійкому увігнутому відносно напрямку випромінювання положенні, і рухомий шток, з'єднаний з центром мембрани з одного боку і має

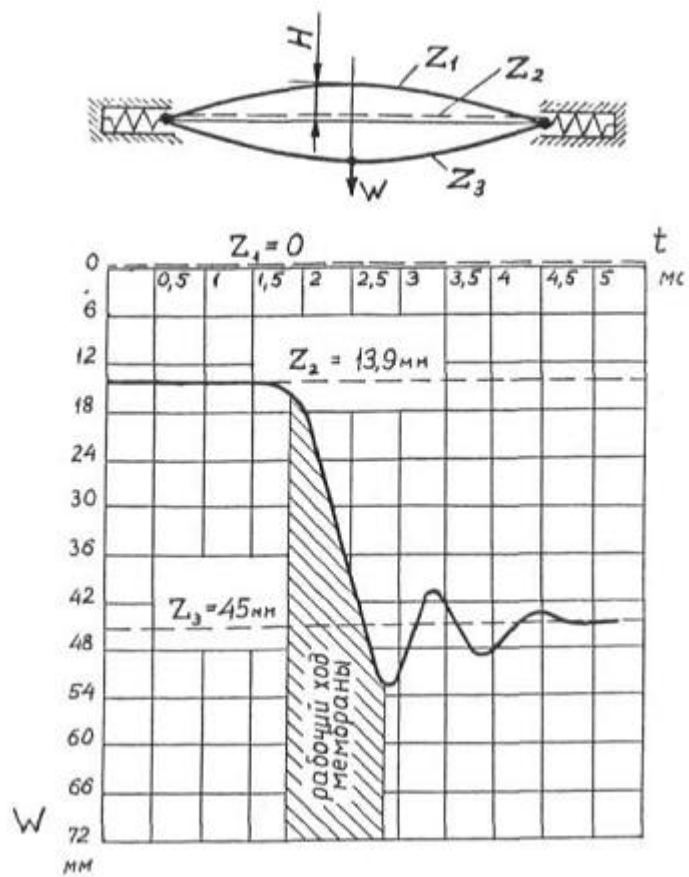
- ковзаючий контакт з поверхнею ексцентрикового диска з іншого боку, такий, що має можливість переміщення вздовж осі перпендикулярно площині мембрани, яке **відрізняється** тим, що заповнена водою частина нерухомого корпуса має розрізи по утворюючій циліндричній поверхні корпуса з рівномірним кроком виконання розрізів, а ексцентриковий диск, встановлений з
- 5  
можливістю обертання, має можливість ковзати по торцевій поверхні штока, причому мінімальний радіус ексцентрикового диска відповідає стійкому увігнутому, а максимальний радіус - стійкому опуклому положенням мембрани відносно напрямку випромінювання пружної хвилі у водне середовище.
- 10  
2. Джерело за п. 1, яке **відрізняється** тим, що шток розташований у вузлі, який забезпечує герметизацію частини об'єму корпуса на заданій глибині експлуатації джерела.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



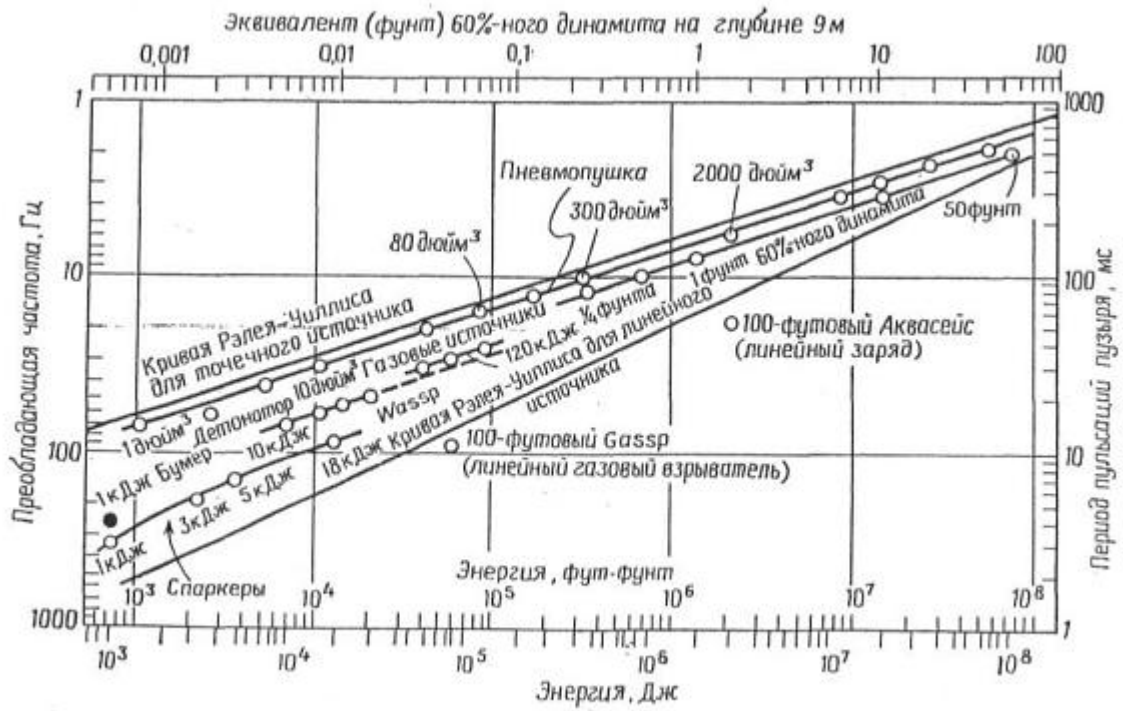


Fig. 4

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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