



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45078 (13) A

(51) 7 G01N11/16

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ

1

2

(21) 2001042942

(22) 28 04 2001

(24) 15 03 2002

(46) 15 03 2002, Бюл. № 3, 2002 р.

(72) Никифорок Богдан Васильович, Єршова Емма
Олександрівна(73) УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІН-
СТИТУТ СПЕЦІАЛЬНИХ ВИДІВ ДРУКУ(57) Спосіб визначення в'язкості, при якому прово-
дять занурення чутливого елемента, виконаного у
вигляді зонда, у досліджуване середовище, збу-
джують коливання зонда і вимірюють при цьому

амплітуду коливань зонда, який відрізняється
тим, що попередньо змінюють температуру дослі-
джуваного середовища до стандартної температу-
ри 20 °С, при досяганні досліджуванним середови-
щем стандартної температури 20 °С збуджують ко-
ливання зонда з власною частотою, вимірюють ча-
стоту власних коливань зонда, вимірюють водно-
час з вимірюванням частоти власних коливань ам-
плітуду коливань зонда, а величину в'язкості дослі-
джуваного середовища визначають за значеннями
частоти і амплітуди власних коливань зонда

Вінахід відноситься до області визначення
в'язкості, зокрема, до приладів для виміру в'язко-
сті, а саме, до способів визначення в'язкості рідких
речовин, і може застосовуватися в системах кон-
тролю й автоматичного регулювання в'язкості, на-
приклад, у поліграфічній, нафтохімічній та інших
галузях промисловості

Відомий спосіб визначення в'язкості, при яко-
му проводять занурення чутливого елемента, ви-
конаного у вигляді зонда, у досліджуване середо-
вище, збуджують коливання зонда, і за зміною па-
раметрів коливальної системи, яка зв'язана з ве-
личиною в'язкості рідких речовин, визначають її
значення [1]

Недоліками відомого способу визначення в'яз-
кості є складність системи виміру амплітуд коли-
вань зонда. При цьому зміни амплітуди коливань
зонда практично не відбувається, оскільки за допо-
могою відомої системи збудження коливань, вико-
наної у вигляді генератора частоти, що задає ко-
ливання, збуджують змушені коливання зонда з
частотою, що задається. У зв'язку з цим неможли-
во встановити залежність амплітуди коливань від
в'язкості досліджуваного середовища. Можлива
для виміру зміна амплітуди коливань відбувається
тільки в середовищі з великими значеннями в'яз-
кості, наприклад, у смолах, фарбах, нафтопродук-
тах. До недоліків відомого способу визначення в'яз-
кості можна віднести й те, що вимірювання її знач-
ень проводять при різних температурах досліджу-
ваного середовища, а в'язкість його визначають в

лабораторних умовах при стандартній температурі
20°C. Недооцінка температурного фактора буде
призводити до накопичування похибок при визна-
ченні фактичної величини в'язкості досліджуваного
середовища.

Найбільш близьким технічним рішенням, обра-
ним за прототип, є спосіб визначення в'язкості, при
якому проводять занурення чутливого елемента,
виконаного у вигляді зонда, у досліджуване сере-
довище, збуджують коливання зонда і заміряють
при цьому амплітуду коливань зонда [2].

Недоліками відомого способу визначення в'яз-
кості, обраного за прототип, є складність системи
вимірювання амплітуд коливань зонда. При цьому
зміни амплітуди коливань зонда практично не від-
бувається, оскільки за допомогою відомої системи
збудження коливань, виконаної у вигляді генерато-
ра частоти, що задає коливання, збуджують зму-
шені коливання зонда із частотою, що задається.
У зв'язку з цим неможливо встановити залежність
амплітуди коливань від в'язкості досліджуваного
середовища.

Можлива для виміру зміна амплітуди коливань
відбувається тільки в середовищі з великою вели-
чиною в'язкості, наприклад, у смолах, фарбах або
інших нафтопродуктах. До того ж, недоліками відо-
мого способу визначення в'язкості є й те, що вимі-
рювання значень проводять при різних температу-
рах досліджуваного середовища, а в'язкість його
визначають в лабораторних умовах при стандарт-
ній температурі 20°C. Недооцінка температурного

(13) A
(11) 45078
(19) UA

фактора у зазначеному способі визначення в'язкості буде призводити до накопичування похибки при визначенні фактичної величини в'язкості досліджуваного середовища

В основу винаходу поставлена задача шляхом урахування температурного фактору забезпечити підвищення достовірності визначення величини в'язкості досліджуваного середовища

Суть винаходу у способі визначення в'язкості, при якому проводять занурення чутливого елемента, виконаного у вигляді зонда, у досліджуване середовище, збуджують коливання зонда і вимірюють при цьому амплітуду коливань зонда, досягається тим, що попередньо змінюють температуру досліджуваного середовища до стандартної температури 20°C, при досяганні досліджуваним середовищем стандартної температури 20°C збуджують коливання зонда з власною частотою, вимірюють частоту власних коливань зонда, вимірюють водночас з вимірюванням частоти власних коливань амплітуду коливань зонду, а величину в'язкості досліджуваного середовища визначають за значеннями частоти і амплітуди власних коливань зонда

Порівняльний аналіз технічного рішення, що заявляється, з прототипом, дозволяє зробити висновок, що спосіб визначення в'язкості, що заявляється, відрізняється тим, що попередньо змінюють температуру досліджуваного середовища до стандартної температури 20°C, при досяганні досліджуваним середовищем стандартної температури 20°C збуджують коливання зонда з власною частотою, вимірюють частоту власних коливань зонду, вимірюють водночас з вимірюванням частоти власних коливань амплітуду коливань зонду, а величину в'язкості досліджуваного середовища визначають за значеннями частоти і амплітуди власних коливань зонда

Таким чином, спосіб визначення в'язкості, що заявляється, відповідає критерію винаходу «новизна»

Суть способу визначення в'язкості рідких речовин пояснюється за допомогою креслень, де на фіг 1 наведено конструктивно-компонувальну схему приладу, за допомогою якого проводять визначення в'язкості досліджуваного середовища, на фіг 2, 3 наведені схеми роботи зонда, відповідно, у першому і другому півперіодах його коливань, на фіг 4 наведено схему обладнання, за допомогою якого проводять визначення в'язкості, на фіг 5 наведена блок-схема приладу, за допомогою якого проводять визначення в'язкості, на фіг 6, 7 наведені, відповідно, залежності частоти власних коливань f і амплітуди A коливань зонда від в'язкості ν досліджуваного середовища та його температури t

Суть способу визначення в'язкості рідких речовин пояснюється за допомогою устаткування для цієї мети, наприклад, вібродатчика в'язкості, конструкція якого описана у [3], [4], або за допомогою інших приладів. Кожен з вищезазначених приладів містить зонд, закріплений з можливістю вчинення маятникових коливань, і систему збудження коливань зонда, що містить електровібратори, індукційні датчики, магніт, закріплений на зонді з можливістю взаємодії з індукційними датчиками, підсилювач низькочастотних коливань і прилад, який реєструє частоту та амплітуду коливань. Як при-

лад, який реєструє частоту власних коливань, може бути використаний електронно-лічильний частотомір. Як прилад, який реєструє амплітуду коливань, може бути використаний реєстратор лінійних переміщень зонда. При цьому зонд і електровібратори включені у частотно-вибіркову ланку системи збудження коливань, що реагують на зміну в'язкості середовища, у якому занурений зонд

Попередньо проводять тарування вібраційного вискозиметра за еталонними значеннями величин в'язкості ν матеріалу (речовини), що отримані за допомогою інших відомих методів контролю, описаних, наприклад, у [5]. Для цього приводять температуру t досліджуваного середовища до стандартної температури, яка дорівнює 20°C, збуджують коливання датчика в'язкості з власною частотою і приводять до відповідності частоту f і амплітуду A власних коливань датчика в'язкості з в'язкістю ν матеріалу (речовини) для кожного з численних досліджуваних матеріалів (речовин). За одержаними унаслідок контролю значеннями частоти f і амплітуди A власних коливань і відомих величин в'язкості ν матеріалу (речовини) при стандартній температурі досліджуваного середовища 20°C, будують графіки залежності частоти f і амплітуди A власних коливань датчика в'язкості від в'язкості ν матеріалу (речовини) та температури t (див. фіг 6 і фіг 7). Відповідно до графіка залежності $f = f(\nu, t)$, кожному із значень f частоти власних коливань датчика в'язкості буде відповідати визначене значення ν в'язкості матеріалу (речовини) (див. фіг 6). Відповідно до графіка залежності $A = f(\nu, t)$, кожному із значень амплітуди A власних коливань датчика в'язкості буде відповідати визначене значення в'язкості ν матеріалу (речовини) (див. фіг 7).

Маючи тарувальний графік залежності частоти f власних коливань і амплітуди A власних коливань датчика в'язкості від в'язкості ν матеріалу (речовини) та температури t , приступають до досліджень з використанням приладу, за допомогою якого проводились контрольні вимірювання частоти власних коливань f і амплітуди A власних коливань датчика в'язкості

Для пояснення суті винаходу вибрано устаткування, наприклад, у вигляді вібродатчика в'язкості, який містить, як варіант конструкції (див. фіг 1), корпус 1 з торцевими кришками 2 і внутрішніми перегородками 3, до яких кріпляться підшипники ковзання 4, які виконані, наприклад, з фторопласту (матеріалу, що володіє одним з найменших коефіцієнтів тертя), і електровібратори 5, які виконані, наприклад, у вигляді електромагнітних котушок. У середині електровібраторів 5 (у середині електромагнітних котушок) проходить рухомий магнітний яр 6, що конструктивно виконаний двополосним. На торцях рухомого магнітного ярка 6 закріплені жорстко втулки 7, які виконані, наприклад, із бронзи з полірованою зовнішньою поверхнею. У торці кришок 2 і магнітного ярка 6 упираються пружини 8, які повинні мати однакові характеристики жорсткості. На рухомому магнітному ярі 6 (у його геометричній середині) закріплені кронштейни 9 і 10. На вільному кінці кронштейна 9 закріплений робочий орган 11 датчика в'язкості, а на кронштейні 10 - постійний магніт 12 (N/S). Кронштейни 9 і 10 проходять крізь прорізи 13, що виконані у корпусі 1. Ін-

дукційні датчики 14 закріплені на рухомих основах 15 (як варіант конструктивного виконання) Переміщення рухомих основ 15 із закріпленими на них індукційними датчиками 14 відносно постійного магніту 12 проводиться за допомогою регулювальних гвинтів 16 (як варіант конструктивного виконання) Збудження коливань датчика в'язкості з робочим органом 11 проводиться за допомогою подачі живлення з підсилювача збудження низької частоти 17 на електровібратори 5 До схеми виміру вихідного сигналу датчика в'язкості входять прилади 18 і 19, що реєструють Як прилад 18, який реєструє частоту f власних коливань, може бути використаний електронно-лічильний частотомір (див. поз. 18 на фіг. 4) Як прилад 19, який реєструє амплітуду A коливань, може бути використаний реєстратор лінійних переміщень зонда Прилад 18, який реєструє частоту f власних коливань зонда, виконаний сполученим за допомогою електричних ланцюгів 20 з джерелом живлення 21 і електровібратором 5 Прилад 19, який реєструє амплітуду A коливань зонда, також виконаний сполученим з джерелом живлення 21 і електровібратором 5 електричними ланцюгами 20 При цьому виходи індукційних датчиків 14 виконані сполученими з підсилювачем збудження 17, а виходи зазначеного підсилювача збудження 17 - з електровібратором 5, джерелом живлення 21 і приладом 18 (реєстратором частоти f власних коливань зонда) електричними ланцюгами 20 (див. фіг. 4, 5)

Для проведення досліджень додатково використовують ємність 22 для досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 Як варіант конструкції ємність 22 виконують у вигляді циліндра з закритою нижньою частиною Ємність 22 конструктивно може містити кришку 24 з отвором 25 для проходження кронштейну 9 із закріпленням на ньому робочим органом 11 Усередині корпусу ємності 22 встановлюють термометр 26 та нагрівальний елемент 27 Корпус 28 ємності 22 додатково постачають зовнішньою стінкою 29, яку встановлюють на відстані від базової стінки корпусу 28 При цьому конструктивно виконують порожнину 30, яка утворюється базовою стінкою корпусу 28 і додатковою зовнішньою стінкою 29, герметично закритою Для підведення у внутрішню порожнину 30 охолодженої або нагрітої речовини, наприклад, води, азоту, пари, на додатковій зовнішній стінці 29 встановлюють патрубки 31 для підведення зазначеної охолодженої або нагрітої речовини (позиція 32) Виходи нагрівального елемента 27 з'єднують з джерелом живлення 21 за допомогою електричного ланцюга 20

Для визначення в'язкості досліджуваного матеріалу вібродатчик в'язкості працює таким чином

Перед початком досліджень заповнюють ємність 22 досліджуванним матеріалом (рідкою речовиною) 23 до визначеного рівня і закривають кришкою 24 Проводять замір температури досліджуваного матеріалу 23, наприклад, за допомогою термометра 26 Якщо температура досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 не відповідає стандартній, а саме, 20°C , то її приводять у відповідність до стандартної температури $t = 20^{\circ}\text{C}$ Наприклад, якщо температура досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 менше ніж 20°C , то вмикають нагрівальний елемент 27, який є зануреним

у досліджуваній матеріал (речовину) 23, що знаходиться у ємності 22, і нагрівають досліджуваній матеріал 23 до відповідної температури $t = 20^{\circ}\text{C}$ Або для нагрівання досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 використовують метод пропускання нагрітої речовини, наприклад, газу або води (позиція 32), крізь внутрішню порожнину 30 (яка створена базовою стінкою 28 корпусу ємності 22 та додатковою зовнішньою стінкою 29) ємності 22 Якщо температура досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 більше 20°C , то для охолодження досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 використовують метод пропускання холодної речовини, наприклад, газу або води (позиція 32), крізь зазначену внутрішню порожнину 30 ємності 22

Водночас з приведенням досліджуваного матеріалу (наприклад, рідкої речовини) 23 до стандартної температури 20°C , вібродатчик в'язкості устатковлюють на кришці 24, що закриває ємність 22 з досліджуваним матеріалом 23, так, щоб кронштейн 9 із закріпленням на ньому робочим органом 11 проходив в отвір 25 на згаданій кришці 24 Електричні ланцюги 20 від індукційних датчиків 14 і електровібраторів 5 вібраційного вискозиметра з'єднують з входами, відповідно, підсилювача збудження низької частоти 17 і приладів 18 та 19, які реєструють (відповідно, із входами електронно-лічильного частотомира і реєстратора лінійних переміщень зонда) Виходи підсилювача збудження низької частоти 17 та приладів 18 і 19, що реєструють, з'єднують електричним ланцюгом 20 з входом джерела живлення 21 (див. фіг. 4, 5)

Проводять перевірку відповідності температури досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 стандартній температурі 20°C (за допомогою термометра 26) та занурення робочого органа 11 у досліджуваній матеріал 23 Робочий орган 11 датчика в'язкості повинен бути цілком зануреним у згаданий досліджуваній матеріал 23 (див. фіг. 4)

При відповідності вищезазначеним вимогам (щодо відповідності температури досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 величині 20°C та занурення робочого органа 11 у досліджуваній матеріал (рідку речовину) 23, вмикають джерело живлення 21 і подають живлення на підсилювач збудження низької частоти 17 і прилади 18 і 19, що реєструють, (відповідно, на електронно-лічильний частотомір і реєстратор лінійних переміщень зонда) (див. фіг. 4)

При взаємодії магнітного поля постійного магніту 12 (N/S) з індукційними датчиками 14 в одному з них (наприклад, лівому - відповідно до фіг. 1) буде вироблятися сигнал у вигляді електрорушійної сили ($e \cdot r \cdot c$) індукції З цього індукційного датчика 14 сигнал у вигляді $e \cdot r \cdot c$ індукції буде подаватися на підсилювач збудження низької частоти 17 і з останнього (вже підсилений) - на електровібратор 5 (наприклад, на лівий електровібратор 5 - відповідно до фіг. 1) та на вхід приладів 18 і 19, що реєструють (див. фіг. 4, 5) При цьому електровібратор 5 буде утворювати електромагнітне поле Під дією електромагнітного поля, яке утворено електровібратором 5, рухомий магнітний ярк 6, що конструктивно виконаний двополюсним, буде виштовхуватися зі згаданого електровібратора 5 у напрямку іншого електровібратора 5 (правого - відповідно до

схеми на фіг. 1), який не працює у перший напівперіод коливань. Рухомий магнітний ярк 6, що спирається на підшипники ковзання 4 втулками 7, буде ковзати по них практично без тертя (у зв'язку з тим, що для підшипників ковзання 4 вибирається матеріал з мінімальним коефіцієнтом тертя, наприклад, фторопласт, а визначені підшипники ковзання 4 додатково контактують з полірованою поверхнею втулок 7). При переміщенні магнітного ярка 6 вздовж корпусу 1 по прорізах 13 у зазначеному корпусі 1 будуть переміщуватись і кронштейни 9 та 10 (із закріпленнями на них, відповідно, робочим органом 11 датчика в'язкості і постійним магнітом 12 (N/S)). При цьому постійний магніт 12 буде взаємодіяти з індукційним датчиком 14. Переміщення рухомого магнітного ярка 6 буде викликати стиск пружини 8 (правої - відповідно до схеми на фіг. 1). Зазначена пружина 8 при своєму стиску буде накопичувати енергію. Наприкінці переміщення рухомого магнітного ярка 6 (див. фіг. 2), коли буде досягнуте рівноважне положення (коли сила впливу електромагнітного поля з електровібратора 5 на магнітний ярк 6 буде дорівнювати силі зтягування пружини 8), згаданий магнітний ярк 6 зупиниться. У цей момент індукційний датчик 14 (лівий - відповідно до схеми на фіг. 1) припинить виробляти сигнал у вигляді e_r с індукції (сигнал стане дорівнювати «нулю»), а задіяний електровібратор 5 обезструмиться. Рухомий магнітний ярк 6 під дією пружини 8 (правої - відповідно до схеми на фіг. 1), яка є упертою одним кінцем у рухому кришку 2, а другим - у торець магнітного ярка 6, почне переміщуватись у зворотний бік. При цьому постійний магніт 12 почне взаємодіяти з іншим індукційним датчиком 14 (правим - відповідно до схеми на фіг. 1). Визначений датчик 14 почне виробляти сигнал у вигляді e_r с індукції і за вищевказаною схемою подавати його на підсилювач збудження 17, а потім, вже підсилений, на інший електровібратор 5 (правий електровібратор 5 - відповідно до схеми на фіг. 1), який буде працювати у другий півперіод коливань, та на вхід приладів 18 і 19, що реєструють (відповідно, на електронно-лічильний частотомір і реєстратор лінійних переміщень зонда). Під дією електромагнітного поля зазначеного електровібратора 5 (правого - відповідно до схеми на фіг. 1) рухомий магнітний ярк 6 почне переміщатись убік іншого електровібратора 5 (лівого електровібратора 5 - відповідно до схеми на фіг. 1), стискаючи пружину 8 (ліву - відповідно до схеми на фіг. 1). Наприкінці переміщення рухомого магнітного ярка 6 (див. фіг. 2), коли буде досягнуте рівноважне положення (коли сила впливу електромагнітного поля від електровібратора 5 на магнітний ярк 6 буде дорівнювати силі зтягування пружини 8), згаданий магнітний ярк 6 знову зупиниться. У цей момент індукційний датчик 14 (правий - відповідно до схеми на фіг. 1) припинить виробляти сигнал у вигляді e_r с індукції (сигнал стане дорівнювати «нулю»), а задіяний електровібратор 5 обезструмиться. Рухомий магнітний ярк 6 під дією пружини 8 (лівої - відповідно до схеми на фіг. 1), яка є упертою одним кінцем у рухому кришку 2, а другим - у торець магнітного ярка 6, почне переміщатись у зворотний бік.

Таким чином, виникають незатухаючі у часі

механічні коливання динамічної системи «магнітний ярк 6 - пружини 8» і пов'язаного з нею датчика в'язкості з робочим органом 11, що занурений у досліджуваний матеріал 23. У залежності від в'язкості V досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 частота f власних коливань і амплітуда A власних коливань будуть різноманітними за усі інші рівні умови (сили попереднього зтягування пружин 8, визначеному вигляду робочого органа 11, відстані між індукційними датчиками 14 і постійним магнітом 12, параметрами електровібратора 5, а саме, його котушки, температури t досліджуваного матеріалу 23). При дотриманні усіх вищевказаних умов частота f власних коливань і амплітуда A власних коливань динамічної системи «магнітний ярк 6 - пружини 8» і пов'язаного з нею датчика в'язкості з робочим органом 11 буде відповідати визначеній величині в'язкості V досліджуваного матеріалу (речовини) 23.

За допомогою приладів 18 і 19, що реєструють (наприклад, відповідно, електронно-лічильного частотоміра і реєстратора лінійних переміщень зонда), визначають фактичну частоту f_t власних коливань і амплітуду A_t власних коливань датчика з робочим органом 11, що буде відповідати фактичному значенню в'язкості V_1 досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23. Для цього на графіках залежності $f = f(v, t)$ і $A = A(v, t)$, відповідно, на осях f і A , вибирають фактичне значення частоти f_t власних коливань і амплітуди A_t власних коливань, проводять перпендикуляр до перетину з графіком і з точки перетину з графіком опускають перпендикуляр на вісь V . Отримане значення в'язкості V_1 буде відповідати фактичній в'язкості V_1 досліджуваного матеріалу (рідкої речовини) 23 (див., відповідно, фіг. 6 і фіг. 7).

Для спрощення операції визначення фактичної величини в'язкості V , прилади 18 і 19, що реєструють, відповідно, частоту f власних коливань і амплітуду A коливань, можуть бути відрегульовані за показниками в'язкості V .

Підвищення ефективності застосування способу визначення в'язкості, що заявляється, у порівнянні з прототипом досягається за рахунок підвищення точності визначення частоти і амплітуди коливань чутливого елемента, зануреного у досліджуване середовище, а саме, за рахунок використання авторезонансних режимів коливань динамічної системи, які найбільш точно відображають зміни впливу величини в'язкості на згадану динамічну систему. У способі визначення в'язкості, що заявляється, використовується коливальна система самоналагоджувального типу, динамічні характеристики якої залежать тільки від жорсткості вмонтованих пружних елементів (пружин) і від реологічних характеристик досліджуваного середовища, зокрема, від в'язкості. Підвищення ефективності застосування способу визначення в'язкості досягається також тим, що при проведенні контрольних замірювань в'язкості досліджувану речовину приводять до стандартної температури, при якій визначають фактичну в'язкість досліджуваного середовища.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. А. с. СРСР № 775667 від 30.10.80, (бюл. № 40),

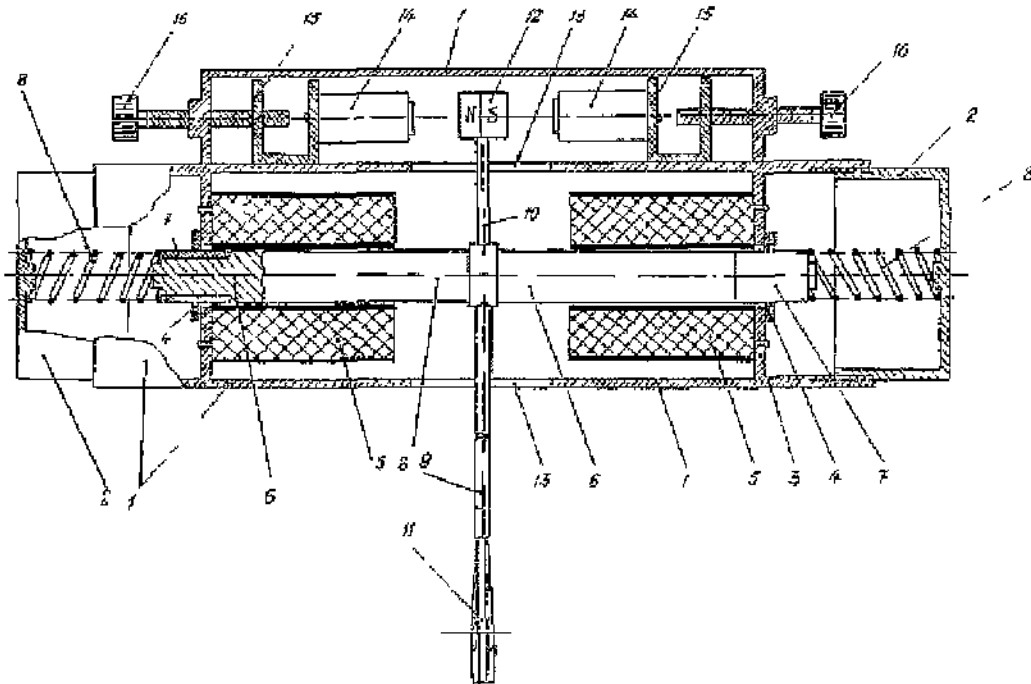
МПК G01N11/16 -аналог

2 А с СРСР № 685957 від 18 09 79, МПК G01N11/16 - прототип

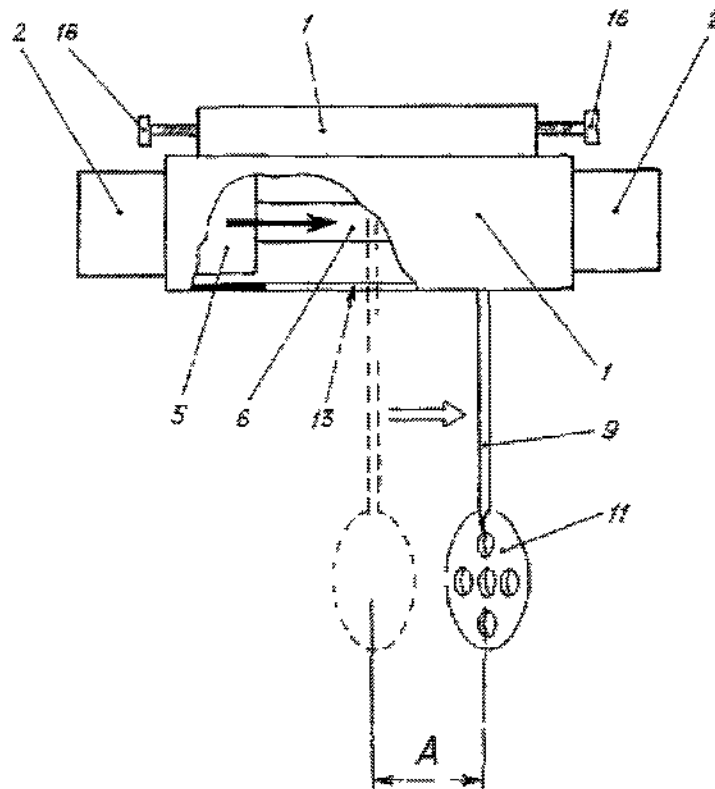
3 А с СРСР № 212615, МПК G01N11/16, 1967

4 А с СРСР № 238875, МПК G01N11/16, 1966

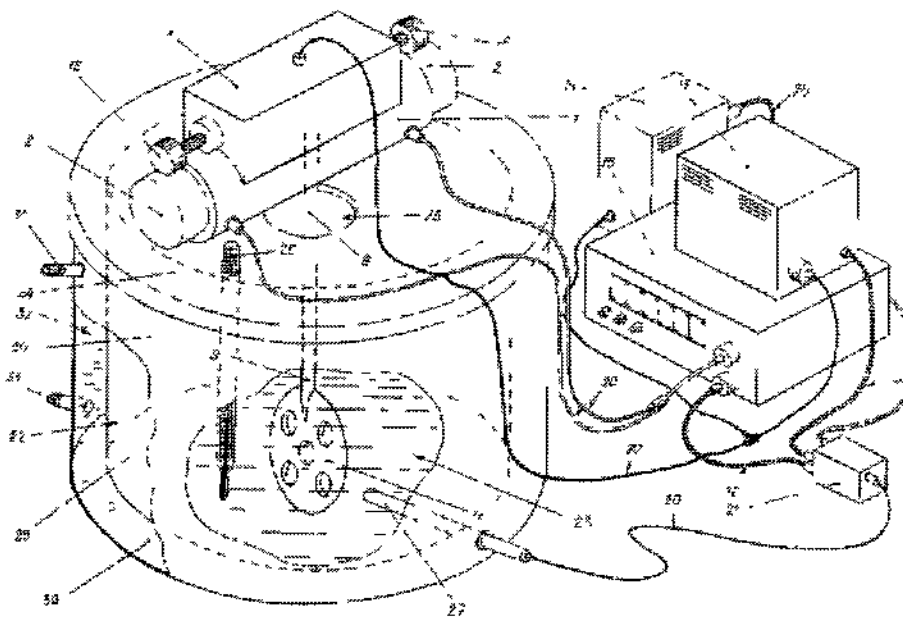
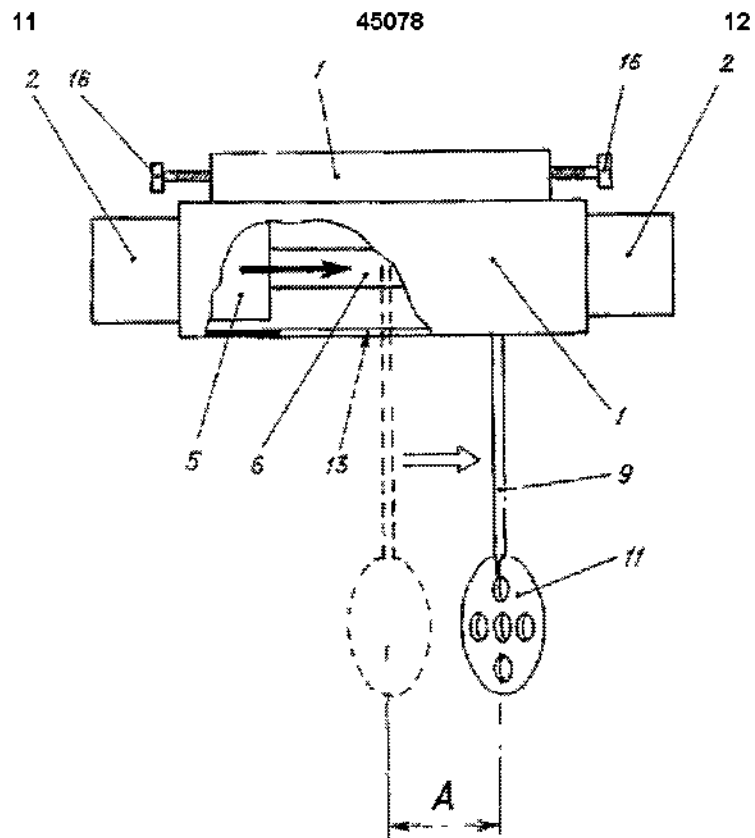
5 Н И Орел, Э В Губачек, Б Й Березин, В М Водолазская «Справочник технолога-полиграфиста», часть 5, Печатные краски - М «Книга», 1988г - С 188 - 202, § 4.3 «Реологические свойства красок для издательских целей»

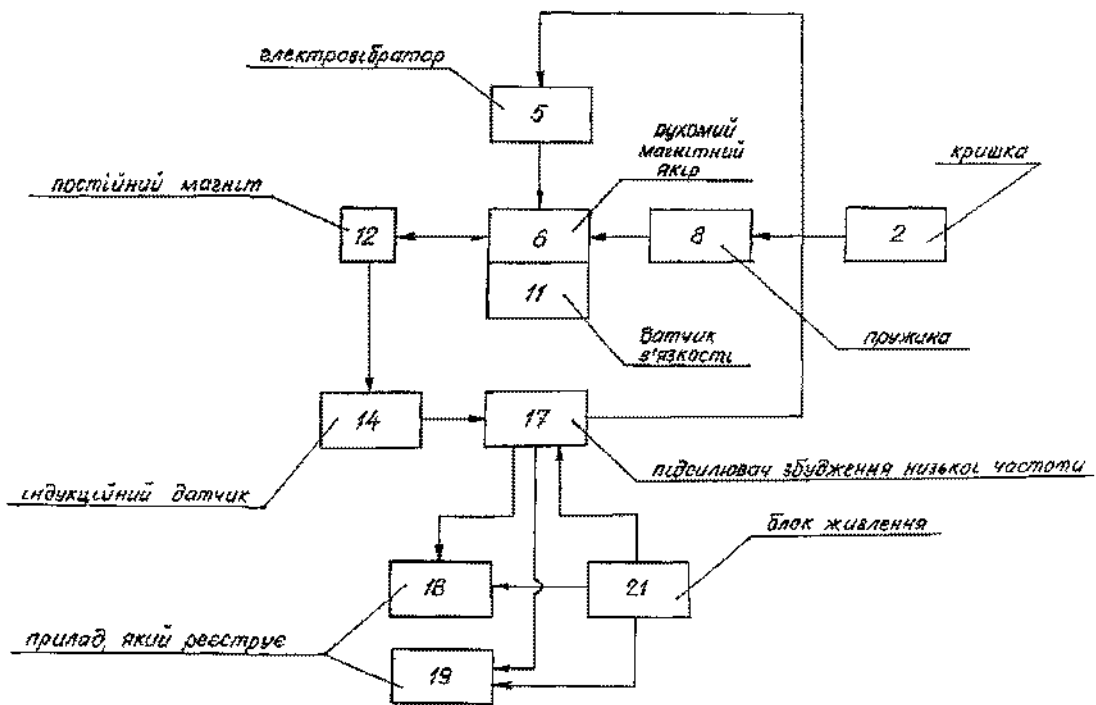


Фиг. 1

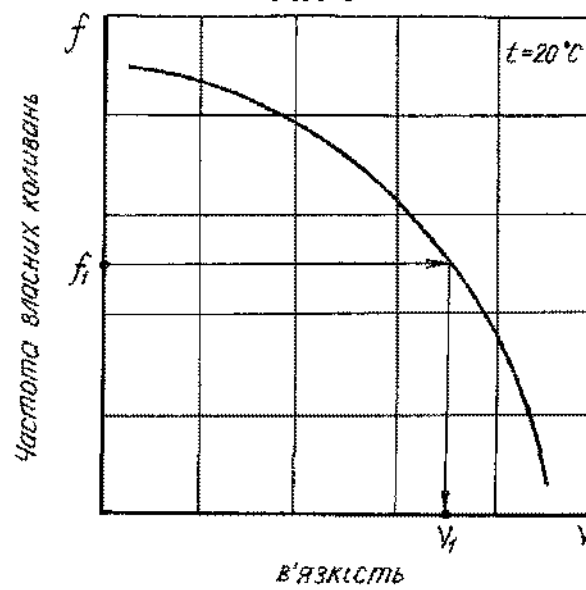


Фиг. 2

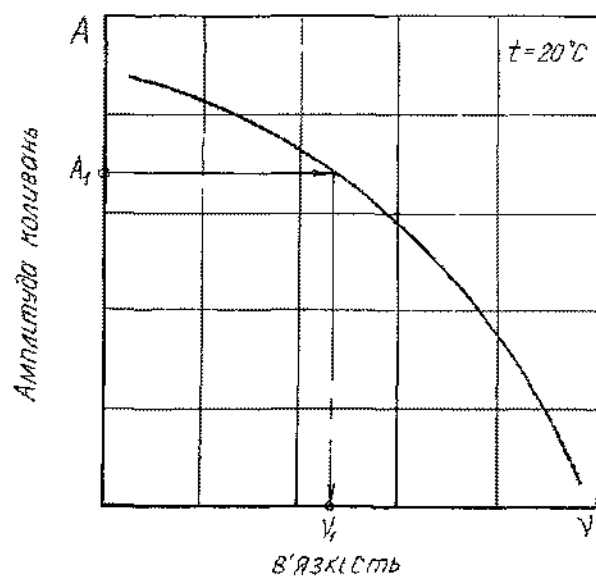




Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7