



УКРАЇНА

(19) UA (11) 95368 (13) C2
(51) МПК
C02F 1/48 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ МАГНІТНОЇ ОБРОБКИ РІДИН

1

(21) а201000060

(22) 11.01.2010

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.

(72) УСАЧОВ ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ

(73) УСАЧОВ ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ

(56) WO 2010/068132 A1, 17.06.2010

UA 47831 A, 15.07.2002

RU 2019518 C1, 15.09.1994

UA 23989 A, 31.08.1998

RU 2167728 C1, 27.05.2001

WO 0037365 A1, 29.06.2000

US 2004005679 A1, 08.01.2004

(57) Спосіб магнітної обробки рідини, що включає дію на рідину імпульсним електромагнітним полем за допомогою випромінювачів електромагнітного поля, на які подають електричні імпульси і які роз-

2

ташовані зовні трубопроводу, по якому протікає оброблювана рідина, який відрізняється тим, що випромінювачі розташовують періодично по гвинтовій лінії уздовж трубопроводу, а електричні імпульси подають до випромінювачів одночасно з періодом слідування імпульсів, який вибирають із залежності:

$$T = K/v,$$

де:

T - період слідування імпульсів;

l - крок періодичного розташування випромінювачів уздовж осі трубопроводу;

v - максимальна швидкість протікання рідини в трубопроводі;

K - експериментальний коефіцієнт, що враховує можливі відхилення швидкості протікання рідини в трубопроводі від максимальної.

Винахід належить до магнітної обробки рідин, зокрема до магнітної обробки води, і може знайти застосування, наприклад, в системах водопідготовки різних підприємств.

У останній час для боротьби з утворенням мінеральних відкладень і накипу в різних трубопроводних системах застосовують магнітну обробку рідини, що протікає через ці системи. Магнітну обробку рідини широко використовують в системах водовідливу, в конденсаторах парових турбін, в парогенераторах, в теплових мережах і системах гарячого водопостачання, в різних теплообмінних апаратах. Порівняно з поширеними методами зм'якшування води магнітну обробку відрізняють простота, дешевизна, безпека, екологічність, низькі експлуатаційні витрати.

Апарати магнітної обробки води випускаються багатьма фірмами в різних країнах: Pakard (США, Флорида), Wortington (США, м. Чикаго), Polar (Англія), SKD Dukla (Чехословаччина), Інститут атомної енергії (м. Краків, Польща) і т.д. Проблемою магнітної обробки води займаються в Німеччині, Китаї, Японії. Детально цією проблемою займалися в СРСР [Журнал "Уголь", Міністерство енергетики РФ, 2008, № 12, с. 24].

Широко відомі засоби магнітної обробки рідини з використанням постійних магнітів. Прикладами таких рішень є: "Протинакипний магнітний пристрій" за патентом України на корисну модель № 1574, "Пристрій для обробки води магнітним полем" за патентом України на корисну модель № 1627, "Пристрій для омагнічування води" за патентом України на винахід № 23989, "Пристрій для омагнічування рідини" за патентом РФ на винахід № 2192390, "Магнітний пристрій для обробки рідини" за патентом РФ на винахід № 2092444 та багато інших рішень, що запатентовані в різних країнах.

Практикою встановлено, що магнітна обробка рідин з використанням постійних магнітів має обмежену ефективність, зокрема для попередження утворення та видалення мінеральних відкладень і накипу в трубопроводних системах різного технологічного устаткування.

Для підвищення ефективності електромагнітної обробки використовують обробку рідин імпульсними електромагнітними полями.

Так, за авторським свідоцтвом СРСР № 595545, МПК C02F 1/48, дата подання заявки 23.02.1967, відомий спосіб магнітної обробки рідини і рідкотекучих продуктів, відповідно з яким з

(13) C2

(11) 95368

(19) UA

метою підвищення ефективності обробки, рідина або рідкотекучі продукти обробляють імпульсним електромагнітним полем з тривалістю імпульсу 10^{-5} - 10^{-7} мкс і з миттєвою потужністю імпульсу 50-1000 МВт. При цьому утворення накипу і випадання осаду різко знижується, структура, наприклад, води збагачується молекулами "талої води", що утворюються при таненні льоду, різко зростають хімічна і біологічна активність води.

Загальними ознаками аналога та рішення, що заявляється, є: спосіб магнітної обробки рідини, що включає дію на рідину імпульсним електромагнітним полем.

За патентом Російської Федерації № 2172299, МПК C02F 1/48, дата подання заявки 07.12.1998, відомий спосіб магнітної обробки рідини імпульсним електромагнітним полем в системі охолодження технологічного устаткування. Рідину, яку використовують в системі охолодження технологічного устаткування, що заздалегідь пройшла фільтр, обробляють імпульсним електромагнітним полем з тривалістю імпульсу 0,1-100 мкс, миттєвою потужністю імпульсу 50-5000 Вт і частотою струму 50 Гц - 30 кГц, у тому числі і імпульсами з негативним фронтом. Рідина проходить через утворене індуктором імпульсне електромагнітне поле, яке, впливаючи на рідину, сприяє утворенню центрів кристалізації, на яких відбувається процес швидкого росту кристалів, які випадвають в осад, чим і попереджується обростання стінок накипом. Утворюється шлам, який видаляється з системи відомими засобами.

Загальними ознаками аналога та рішення, що заявляється, є: спосіб магнітної обробки рідини, що включає дію на рідину імпульсним електромагнітним полем.

За патентом Російської Федерації № 2174960, МПК C02F 1/48, дата подання заявки 18.10.2000, відомий спосіб магнітної обробки води, який включає генерацію однополярних електромагнітних імпульсів, передачу їх на випромінювачі, що виконані у вигляді обмоток на трубі, по якій протікає оброблювана вода. Однополярні електромагнітні імпульси зміщені відносно один одного на 180 градусів.

При оборотній системі водопостачання співвідношення кількості води, що відбирається з системи на споживання, до кількості води, що циркулює в системі, складає $Q_{\text{витр}} / Q_{\text{цирк}} \approx 0,8$, де:

$Q_{\text{витр}}$ - кількість води, що відбирається з системи на споживання, м³/годину; $Q_{\text{цирк}}$ - кількість води, що циркулює в системі, м³/годину. При прямоточній системі водопостачання витрату води визначають із співвідношення $Q \approx (0,005 - 0,010)d^2$, де: Q - витрата води, м³/годину; d - внутрішній діаметр трубопроводу, мм.

Пристрій для магнітної обробки води являє собою прилад з мікропроцесором управління електромагнітними імпульсами, перемикачем потужності електромагнітних імпульсів, дисплеєм для контролю роботи приладу. На боковій стороні при-

ладу розміщені гнізда для підключення електроживлення і випромінювачів.

Електричні імпульси передаються випромінювачам, які намотані на трубопровід у вигляді соленоїдів. При цьому електромагнітні імпульси розповсюджуються в обидві сторони трубопроводу. За допомогою випромінювачів потік електромагнітного випромінювання концентрується в об'ємі води, що протікає в трубопроводі. Пристрій встановлюють на вхідній магістралі або на лінії зворотної води. Електромагнітні імпульси змінюють структуру солей жорсткості з утворенням крихкої арагонітної форми карбонату кальцію. При цьому суміш відкладень солей жорсткості не утворюється, а відкладення, що сформувалися раніше, руйнуються і виносяться потоком води.

Загальними ознаками аналога та рішення, що заявляється, є: спосіб магнітної обробки рідини, що включає дію на рідину імпульсним електромагнітним полем за допомогою випромінювачів електромагнітного поля, на які подають електричні імпульси і які розташовані зовні трубопроводу, по якому протікає оброблювана рідина.

В зазначених аналогах, в яких передбачена магнітна обробка рідини імпульсним електромагнітним полем, можливості підвищення ефективності обробки обмежені тим, що орієнтація магнітних силових ліній залишається постійною в процесі обробки рідини. Образно кажучи, рідина оброблюється магнітним полем "односторонньо", що знижує ефективність обробки.

Для підвищення ефективності обробки імпульсним електромагнітним полем обробку рідин виконують імпульсними електромагнітними полями з перемінною полярністю.

Так, відомий пристрій магнітної обробки водних систем за авторським свідоцтвом СРСР № 283989, МПК B03C 1/00, дата подання заявки 10.06.1969, який містить соленоїд, що живиться знакозмінною напругою, усередині соленоїда розміщена циліндрична вертикальна робоча камера, яка виконана з діамантного матеріалу, в нижній частині камери розташований тангенціальний патрубок для введення рідини, у верхній частині робочої камери є відвідний патрубок, розташований уздовж подовжньої осі камери.

В основу роботи зазначеного пристрою покладено спосіб магнітної обробки рідини, що включає дію на рідину імпульсним електромагнітним полем з перемінною полярністю. Потік оброблюваної рідини через нижній тангенціальний патрубок вводять в робочу камеру, в якій рідина переміщається по спіралі вгору, перетинаючи знакозмінне електромагнітне поле, що створюється соленоїдом, і зливається через верхній патрубок. Оптимізація магнітної обробки здійснюється шляхом зміни частоти напруги залежно від сольового складу рідини. Необхідний період зміни полярності електромагнітного поля в процесі обробки здійснюють підбором частоти знакозмінної напруги прямокутної або будь-якої іншої форми з великою крутизою фронтів імпульсів.

Загальними ознаками аналога та рішення, що заявляється, є: спосіб магнітної обробки рідини, що включає дію на рідину імпульсним електромаг-

нітним полем за допомогою випромінювача електромагнітного поля, на який подають електричні імпульси і який розташований зовні трубопроводу, по якому протікає оброблювана рідина.

В зазначеному рішенні обробку рідини виконують електромагнітними полями з перемінною полярністю. В процесі магнітної обробки рідини імпульсне електромагнітне поле періодично змінює свій напрямок на протилежний. Рідина оброблюється по суті двома імпульсними електромагнітними полями з протилежною направленістю - тобто оброблюється тільки "двосторонньо", що обмежує можливості підвищення ефективності магнітної обробки.

Як найближчий аналог вибрано спосіб захисту та очищення поверхні феромагнітних матеріалів від відкладень, що відомий за патентом Російської Федерації № 2167728, МПК В08В 7/02, дата подання заявки 22.08.2000.

Спосіб включає дію на рідину імпульсним електромагнітним полем за допомогою випромінювачів електромагнітного поля, на які подають електричні імпульси і які розташовані зовні на живильному трубопроводі котла або теплообмінника, по якому протікає оброблювана рідина. Змінний струм промислової частоти за допомогою керованих випрямних пристроїв перетворюється в пачки імпульсного струму частотою 0,1-10 Гц і надходить на електромагніти (випромінювачі імпульсного електромагнітного поля), які перетворюють їх в імпульсні електромагнітні поля, під впливом яких в трубопроводах відбувається магнітна обробка рідини. Імпульсне електромагнітне поле створюють різнополярними пачками імпульсів.

Крім того, частину електромагнітів встановлюють на поверхнях котла або теплообмінника для створення ефекту магнітострикції на поверхнях нагріву. Таке поєднання дає можливість не тільки обробляти воду електромагнітними полями для захисту поверхонь нагріву від накипу, але і очищати поверхні нагріву ефектом магнітострикції.

Пристрій, що реалізує зазначений спосіб, містить керовані випрямні пристрої і з'єднані з ними електромагніти. Частина електромагнітів встановлена на живильному трубопроводі і служить для магнітної обробки води. Інша частина електромагнітів призначена для створення ефекту магнітострикції на поверхнях нагріву. Живлення електромагнітів здійснюють від однофазної мережі змінного струму через керовані випрямні пристрої. Як джерело імпульсного електромагнітного поля можна використовувати пульсатор електромагнітний ТУ РБ 99009425.001-99.

Магнітна обробка води в трубопроводі живлення забезпечує захист устаткування від відкладення накипу і шламу в результаті дроблення і розчинення в намагніченій воді солей, що істотно знижує інтенсивність їх накопичення на робочій поверхні нагріву теплообмінних апаратів і надалі захищає устаткування від накипу, а ефект магнітострикції сприяє очищенню поверхонь нагріву від існуючого накипу.

Загальними ознаками аналога та рішення, що заявляється, є: спосіб магнітної обробки рідини, що включає дію на рідину імпульсним електромаг-

нітним полем за допомогою випромінювачів електромагнітного поля, на які подають електричні імпульси і які розташовані зовні трубопроводу, по якому протікає оброблювана рідина.

В рішенні за прототипом, як і у вище наведеному аналогу, магнітну обробку рідини виконують імпульсними електромагнітними полями з перемінною полярністю. В процесі магнітної обробки рідини імпульсне електромагнітне поле періодично змінює свій напрямок на протилежний. Рідина по суті оброблюється двома імпульсними електромагнітними полями з протилежною направленістю - тобто тільки "двосторонньо", що обмежує можливості підвищення ефективності магнітної обробки.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу магнітної обробки рідини, в якому за рахунок особливостей дії імпульсного електромагнітного поля на оброблювану рідину підвищується ефективність магнітної обробки.

Поставлена задача вирішується тим, що в спосіб магнітної обробки рідини, що включає дію на рідину імпульсним електромагнітним полем за допомогою випромінювачів електромагнітного поля, на які подають електричні імпульси і які розташовані зовні трубопроводу, по якому протікає оброблювана рідина, відповідно до винаходу, випромінювачі розташовують періодично по гвинтовій лінії уздовж трубопроводу, а електричні імпульси подають до випромінювачів одночасно з періодом слідування імпульсів, який вибирають із залежності: $T = Kl/v$, де: T - період слідування імпульсів; l - крок періодичного розташування випромінювачів уздовж осі трубопроводу; v - максимальна швидкість протікання рідини в трубопроводі; K - експериментальний коефіцієнт, що враховує можливі відхилення швидкості протікання рідини в трубопроводі від максимальної.

Вказані ознаки складають суть винаходу.

Відмітні ознаки винаходу (випромінювачі розташовують періодично по гвинтовій лінії уздовж трубопроводу, а електричні імпульси подають до випромінювачів одночасно з періодом слідування імпульсів, який вибирають із залежності: $T = Kl/v$, де: T - період слідування імпульсів; l - крок періодичного розташування випромінювачів уздовж осі трубопроводу; v - максимальна швидкість протікання рідини в трубопроводі; K - експериментальний коефіцієнт, що враховує можливі відхилення швидкості протікання рідини в трубопроводі від максимальної) в сукупності з істотними ознаками, загальними з прототипом, забезпечують підвищення ефективності магнітної обробки рідини.

Пояснюється це наступним.

Відомо, що ефективність магнітної обробки рідини, наприклад для попередження відкладень та накипу в трубопровідних системах, залежить не тільки від виду магнітного поля (постійне магнітне поле, імпульсне електромагнітне поле) та його фізичних параметрів, а і від орієнтації магнітних силових ліній відносно потоку оброблюваної рідини. Особливо помітно підвищення ефективності, коли в процесі обробки періодично змінюється орієнтація електромагнітного поля відносно оброблюваної рідини. В відомих рішеннях, в яких магнітну обробку рідини виконують імпульсними елект-

ромагнітними полями з протилежною полярністю, як уже відмічалось, рідина, по суті, оброблюється двома імпульсними магнітними полями з протилежною направленістю - тобто тільки "двосторонньо", що недостатньо для істотного підвищення ефективності магнітної обробки.

Автором експериментально доказано, що збільшення кількості варіацій з орієнтацією імпульсного електромагнітного поля в процесі його дії на оброблювану рідину істотно підвищує ефективність магнітної обробки рідини. Умовно можна виразитися, що проявляється ефект "різностороннього" впливу магнітним полем на рідину на відміну від "односторонньої" обробки (одноплярними імпульсами) чи "двосторонньої" обробки (імпульсами з протилежною полярністю).

Розташування випромінювачів періодично по гвинтовій лінії уздовж трубопроводу, а також одночасна подача електричних імпульсів до випромінювачів з періодом слідування імпульсів, який вибирають із зазначеної вище залежності, забезпечують послідовну обробку рідини у міру її протікання в трубопроводі імпульсними електромагнітними полями з різною орієнтацією магнітних силових ліній відносно трубопроводу, тобто відносно потоку оброблюваної рідини в трубопроводі. При рівномірному послідовному розташуванні на одному витку гвинтової лінії уздовж трубопроводу, наприклад, восьми випромінювачів при зазначеній схемі подачі імпульсів до випромінювачів забезпечується послідовний вплив на рідину, яка протікає по трубопроводу, вісьма імпульсними електромагнітними полями різної орієнтації. Електромагнітне поле кожного наступного випромінювача повернуто (в даному випадку) на 45 градусів в поперечній площині трубопроводу відносно електромагнітного поля попереднього випромінювача, що реалізує ефект "різностороннього" впливу електромагнітним полем на рідину і істотно підвищує ефективність магнітної обробки.

Нижче наводиться докладний опис способу магнітної обробки рідини, що заявляється, з посиланнями на креслення, на яких показано:

Фіг. 1 - Спосіб магнітної обробки рідини, принцип дії імпульсним електромагнітним полем на рідину, що протікає в трубопроводі.

Фіг. 2 - Спосіб магнітної обробки рідини, схема розташування випромінювачів на трубопроводі.

Фіг. 3 - Спосіб магнітної обробки рідини, вид А на фіг. 2.

Фіг. 4-11 - Спосіб магнітної обробки рідини, послідовність обробки рідини імпульсними електромагнітними полями різної орієнтації.

Фіг. 12 - Спосіб магнітної обробки рідини, схема сумарної дії на рідину імпульсними електромагнітними полями різної орієнтації.

Фіг. 13 - Спосіб магнітної обробки рідини, структурна схема блоку електричних імпульсів.

Спосіб магнітної обробки рідини включає дію на рідину імпульсним електромагнітним полем 1 за допомогою випромінювачів 2 електромагнітного поля 1, на які подають електричні імпульси 3 і які розташовані зовні трубопроводу 4 з внутрішніми відкладеннями 5, по якому протікає оброблювана рідина. Випромінювачі 2 розташовують періодично

по гвинтовій лінії 6 уздовж трубопроводу 4, а електричні імпульси 3 подають до випромінювачів 2 одночасно, при цьому період подачі імпульсів 3 вибирають із залежності: $T = Kl/v$, де: T - період подачі імпульсів 3; l - крок періодичного розташування випромінювачів 2 уздовж осі трубопроводу 4; v - максимальна швидкість протікання оброблюваної рідини в трубопроводі 4; K - експериментальний коефіцієнт, що враховує можливі відхилення швидкості протікання рідини в трубопроводі 4 від максимальної. На практиці значення K знаходиться в межах 0,7-1,0 залежно діапазону відхилення швидкості протікання рідини від максимальної. Такий спосіб забезпечує послідовну обробку рідини у міру її протікання в трубопроводі 4 імпульсними електромагнітними полями 1 з різною орієнтацією магнітних силових ліній відносно трубопроводу 4, тобто відносно потоку оброблюваної рідини в трубопроводі 4.

На фіг. 1 показано принцип дії на рідину імпульсним електромагнітним полем 1 за допомогою випромінювача 2 електромагнітного поля 1, на який періодично подають електричний імпульс 3 і який розташований зовні трубопроводу 4 з мінеральними відкладеннями 5 на внутрішній стороні, по якому протікає оброблювана рідина.

На фіг. 2-3 показана схема розташування випромінювачів 2 уздовж осі трубопроводу 4. Випромінювачі 2а, 2б, 2в, 2г, 2д, 2е, 2ж, 2і (як приклад - вісім випромінювачів 2) розташовують періодично по гвинтовій лінії 6 уздовж ділянки L трубопроводу 4 з кроком періодичного розташування l відносно подовжньої осі 7 трубопроводу 4. Випромінювачі 2а-2і лініями 8 з'єднані з блоком електричних імпульсів 9, що в свою чергу з'єднаний з блоком живлення 10.

Електричні імпульси 3 подають до випромінювачів 2а, 2б, 2в, 2г, 2д, 2е, 2ж, 2і одночасно, при цьому період T подачі електричних імпульсів 3 вибирають із зазначеної вище залежності.

При рівномірному послідовному розташуванні на одному витку гвинтової лінії 6 уздовж трубопроводу 4, наприклад, восьми випромінювачів 2а-2і при зазначеній схемі подачі імпульсів 3 до випромінювачів забезпечується послідовний вплив на рідину, яка протікає по трубопроводу 4, вісьма імпульсними електромагнітними полями 1а-1і різної орієнтації. Електромагнітне поле кожного наступного випромінювача 2 повернуто на 45 градусів в поперечній площині трубопроводу 4 відносно електромагнітного поля попереднього випромінювача 2, що реалізує ефект "різностороннього" впливу електромагнітним полем 1 на рідину і істотно підвищує ефективність магнітної обробки.

Цикл і послідовність обробки рідини імпульсними електромагнітними полями 1 показана на фіг. 4-11. Так, в приведеному прикладі (вісім випромінювачів 2а-2і) на оброблювану рідину в позиції випромінювача 2а діє імпульсне електромагнітне поле 1а, полюси N , S якого орієнтовані вертикально. Об'єм рідини, що оброблений електромагнітним полем 1а випромінювача 2а, надходить на позицію розташування випромінювача 2б, де підлягає обробці електромагнітним полем 1б випромінювача 2б, яке повернуто відносно електромаг-

нітного поля 1а на 45 градусів. І так далі до позиції розташування випромінювача 2і. Таким чином при наявності, як приклад, восьми випромінювачів 2 рідина підлягає обробці восьмикратно імпульсними електромагнітними полями 1а-1і, які послідовно повернуті відносно один одного на 45 градусів.

На фіг. 12 показана сумарна картина обробки рідини імпульсним електромагнітним полем 1 на ділянці L трубопроводу 4.

На фіг. 13 показана структурна схема блоку електричних імпульсів 9. Блок електричних імпульсів 9 включає взаємозв'язані між собою генератор електричних імпульсів 11, регулятор параметрів імпульсів 12 (період, амплітуда, ширина імпульсів) з засобами 13 ручного управління параметрами, комутатор електричних імпульсів 14, який лініями 8 з'єднаний з випромінювачами 2а-2і, а також індикаторну панель 15 для візуального контролю роботи блоку електричних імпульсів 9.

Імпульси 3а-3і надходять від блоку електричних імпульсів 9 через лінії 8 одночасно періодом Т до випромінювачів 2а-2і.

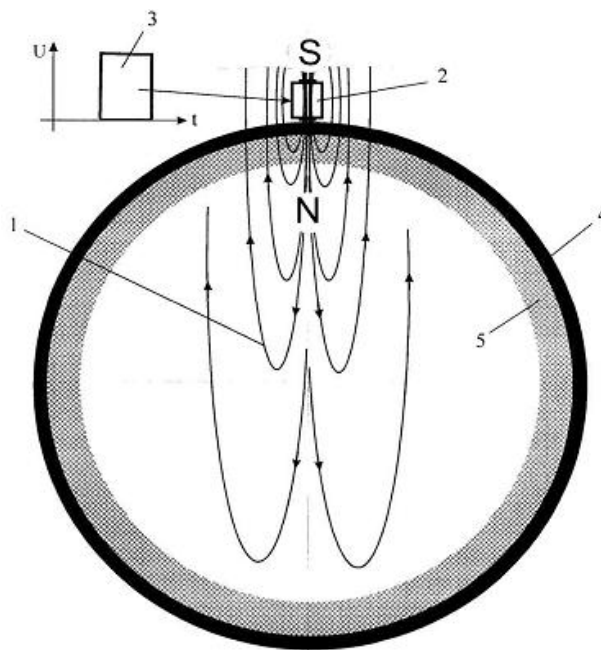
Спосіб реалізують наступним чином. Уздовж ділянки L трубопроводу 4 періодично по гвинтовій лінії 6 монтують однотипні випромінювачі 2а, 2б, 2в, 2г, 2д, 2е, 2ж, 2і (для випадку восьми випромінювачів) з кроком l періодичного розташування відносно подовжньої осі 7 трубопроводу 4. Зазначені випромінювачі 2а-2і лініями 8 з'єднують з блоком електричних імпульсів 9. Засобами 13 ручного управління параметрами імпульсів задають необхідний режим роботи. Включають блок електричних імпульсів 9, який генерує електричні імпульси

3а-3і з періодом слідування Т, які за допомогою комутатора електричних імпульсів 14 подають на випромінювачі 2а-2і в зазначеному вище порядку.

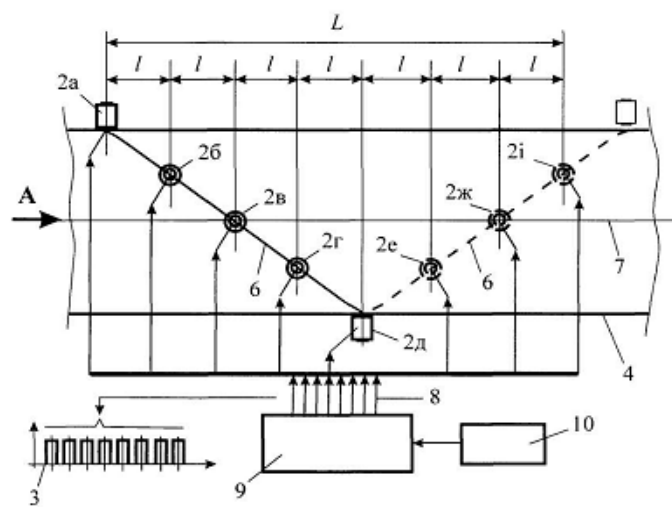
Послідовна обробка рідини у міру її протікання в трубопроводі 4 імпульсними електромагнітними полями 1а-1і з різною орієнтацією магнітних силових ліній відносно потоку оброблюваної рідини в трубопроводі 4 істотно підвищує ефективність магнітної обробки рідини для попередження мінеральних відкладень всередині трубопроводу 4, а також руйнування і видалення існуючих мінеральних відкладень в трубопроводі 4.

Прикладом, який яскраво ілюструє ефективність способу, що заявляється, для очищення мінеральних відкладень в трубопроводах є його експериментальне впровадження на водовідливні горизонту 764 м на ДП "Шахта ім. М. Горького", м. Донецьк. Під час роботи установки (247 днів) внутрішній діаметр трубопроводу збільшився на 34 %, унаслідок чого пропускна спроможність трубопроводу збільшилася на 79,2 % на всьому протязі - 1700 м.

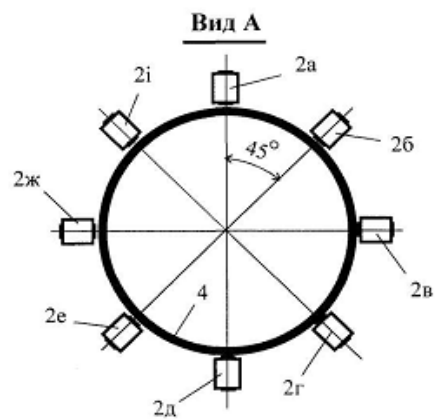
До початку робіт відкладення були твердими по всьому перерізу трубопроводу. Потім, в один з контрольних оглядів, було відмічено розм'якшення поверхневого шару мінеральних відкладень. При подальшому контролі було зафіксоване видалення розм'якшеного поверхневого шару мінеральних відкладень в трубопроводі. Структура мінеральних відкладень, що залишилися, змінилася - вони стали пористими (як губка), розділеними на шари, лезо щупа легко входило між ними.



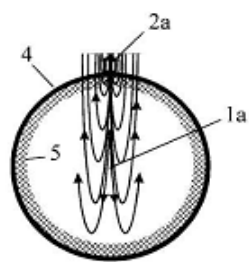
Фіг. 1



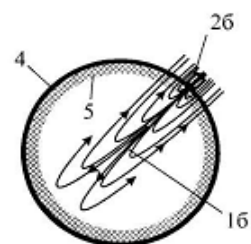
Фиг. 2



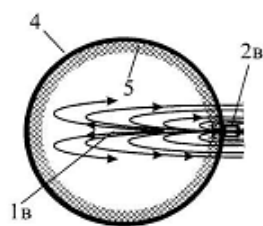
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

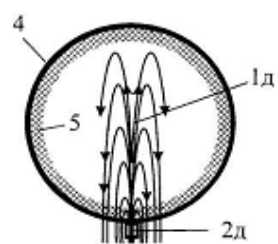


Fig. 8

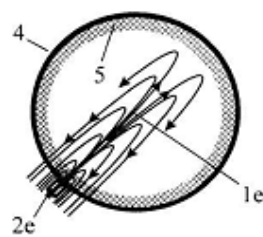


Fig. 9

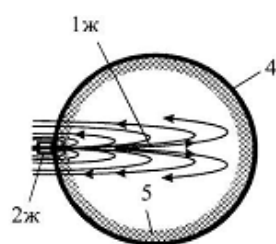


Fig. 10

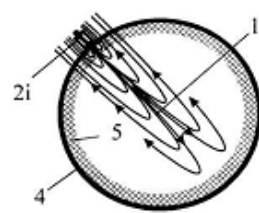


Fig. 11

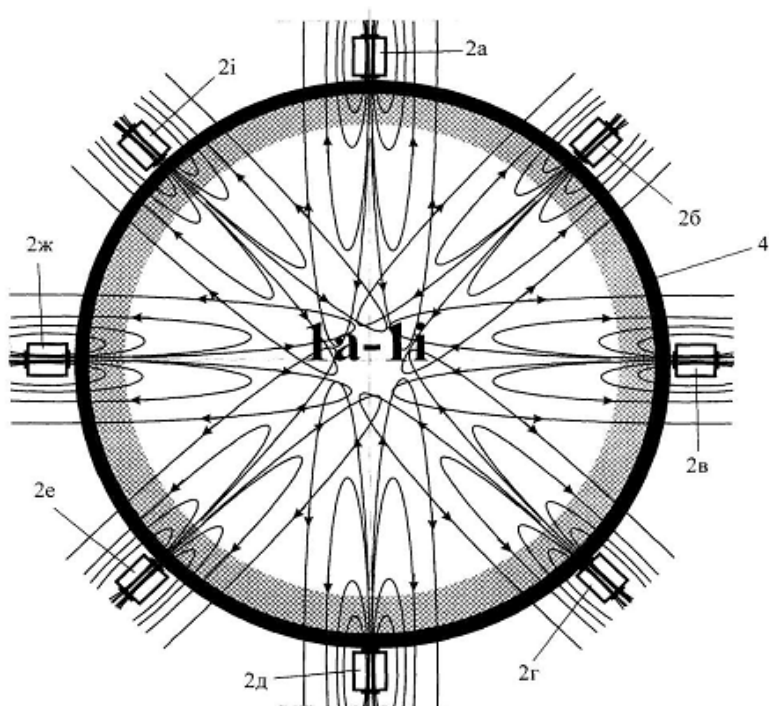
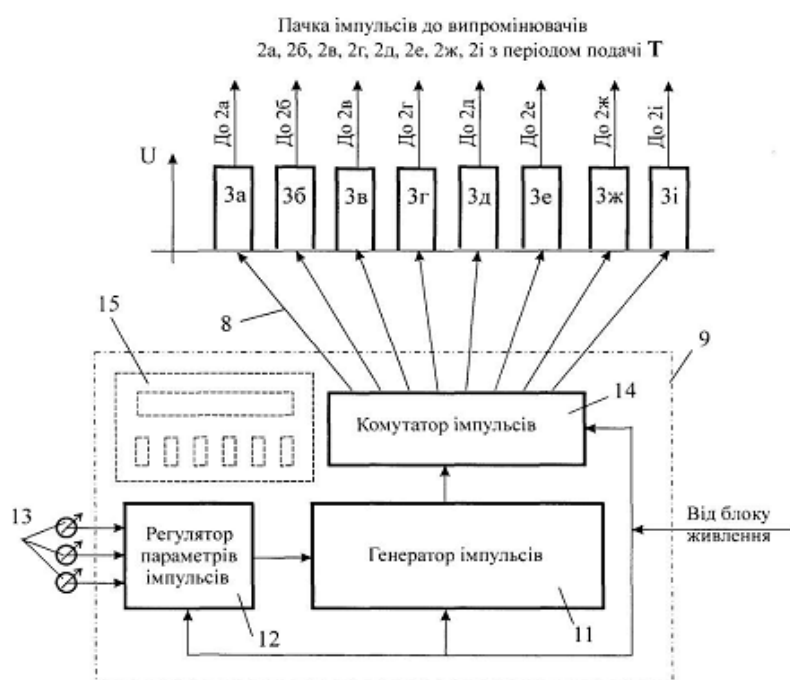


Fig. 12



Фіг. 13