



УКРАЇНА

(19) UA (11) 50186 (13) A

(51) 6 E21B37/04, E21B43/25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОБРОБКИ ФІЛЬТРІВ СВЕРДЛОВИН ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

1

2

(21) 2001117736

(22) 12 11 2001

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл. № 10, 2002 р.

(72) Гнґтецька Тетяна Віталіївна, Гнґтецький
Віталій Анатолійович, Скрипченко Сергій Васильо-
вич(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІН-
СТИТУТ"

(57) 1 Спосіб обробки фільтрів свердловини, що включає встановлення в свердловині з фільтром колони герметично з'єднаних між собою насосно-компресорних труб (НКТ) з відхиляючим пристроєм на її нижньому кінці, заповнення колони НКТ робочою рідиною, збудження акустичних коливань в верхній частині колони і їх передачу по стовпу рідини в НКТ, як по хвилеводу, до відхиляючого пристрою, відхилення хвилі коливань при виході із колони та послідовне дискретне переміщення нижнього кінця колони вздовж свердловини до наступної ділянки свердловини після обробки попередньої, який відрізняється тим, що на нижньому кінці колони на вході відхиляючого пристрою встановлюють пружну камеру, в колоні створюють надлишковий статичний тиск, а систему "генератор-хвилевід-пружна камера-відхиляючий пристрій" збуджують на одній з власних резонансних частот з наступним її відслідковуванням системою фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ), при цьому контролюють частоту коливань системи і по її зміні відносно частоти коливань, виміряної на відрізу цієї свердловини без перфорації, роблять висновки про початкову проникність відрізу свердловини, що обробляється, і ефективність протікання подальшого процесу обробки.

2 Пристрій для обробки фільтрів свердловини, що містить послідовно з'єднані генератор акустичних коливань, заповнений рідиною хвилевід - колону НКТ і відхиляючий пристрій, розміщений в зоні фільтра свердловини, що обробляється, який відрізняється тим, що генератор акустичних ко-

ливань складається з керованого задаючого генератора з індикатором частоти, підключеного до першого керуючого входу високошвидкісного дросельного гідроприводу, до складу якого входять з'єднані по гідравлічному колу послідовно насосна станція високого гідравлічного тиску, дросельний електрогідропідсилювач і орієнтований вертикально двосторонній гідравлічний виконавчий механізм, перший вихідний шток якого введений з можливістю зворотно-поступального руху в порожнину рідинного хвилеводу - НКТ, перший боковий відвід якого через перший клапан приєднано до ємності з робочою рідиною, а в другому боковому відводі встановлено датчик змінного тиску - гідрофон, вихід якого через попередній підсилювач і фазозсувач підключено до першого входу схеми фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ), вихід якої підключено через вимикач до керуючого входу задаючого генератора, а другий вихідний шток силового виконавчого гідравлічного механізму введено з можливістю зворотно-поступального руху в порожнину компенсаційної камери, з'єднаної через другий запорний клапан з повторним насосом, і з'єднаного через дросельний отвір в штоці виконавчого механізму з порожниною колони НКТ, крім того другий шток виконавчого механізму з'єднано з датчиком зворотнього зв'язку, вихід якого через підсилювач з індикатором амплітуди переміщення підключено до другого керуючого входу електрогідравлічного підсилювача і другого входу схеми ФАПЧ.

3 Пристрій по п. 1, який відрізняється тим, що відхиляючий пристрій виконано у вигляді пустотілого циліндричного корпусу, всередині якого розміщена пружна камера-сильфон, з'єднана верхнім фланцем через корпус з нижнім кінцем порожнини колони НКТ, при цьому нижній кінець сильфона герметично закрито кришкою, яка через циліндричну пружину і конічний відбивач відхилювача впирається в дно корпусу, на боковій поверхні якого навпроти конічного відбивача знаходяться щілини, вище і нижче яких встановлено перший і другий манжети.

Винахід відноситься до призначеної для промисловості, а саме до ремонту і експлуатації

бурих свердловин і може бути використаний для очищення фільтрів водозабірних, артезіанських і

(13) A

(11) 50186

(19) UA

водопонижуючих свердловин від кольматційних відкладень, обробки призабійних зон нафто-газових свердловин

Відомі способи обробки призабійної зони продуктивних пластів нафто-газових свердловин та фільтрів і при-фільтрової зони водопостачальних свердловин [1,2,3,4], в яких для підвищення продуктивності колекторів і очистки фільтрів використовують дію інтенсивних звукових та ультразвукових коливань

Недоліком цих способів є необхідність використання складного обладнання, яке опускається в свердловину, і неконтрольованість процесу обробки призабійної зони

Відомий пристрій для очищення фільтрів свердловин [5], який реалізує спосіб акустичної пневмоімпульсної обробки фільтрів в поєднанні з пристроєм механічного очищення внутрішньої поверхні фільтра щіткою з одночасним збором кольматційних відкладень в спеціальний контейнер

Недоліком пристрою є те, що акустичні ударні імпульси, які формуються за рахунок керованого вихлопу порції стисненого повітря, мають значне перевищення амплітуди хвилі репресії над тиском на негативній фазі імпульсу. Таким чином частки кольматантного матеріалу, відірвані від фільтра репресивною ударною хвилею, в значній мірі забиваються далі в пори прифільтрової зони, обмежуючи тим самим ефективність процесу очищення в цілому

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб обробки призабійної зони і підвищення проникності гірничих порід, обраний за прототип, [6]

Для здійснення способу в свердловину опускають колону герметично сполучених між собою насосно-компресорних труб (НКТ), герметизують свердловину, подають в колону НКТ робочу рідину до заповнення свердловини і створюють в ній надлишковий статичний тиск, потім у верхній частині колони НКТ генерують гідроудар і передають його вниз по колоні НКТ. За допомогою прикріпленого до кінця колони відбивача змінюють напрямок поширення ударної хвилі. Імпульсами ударної хвилі обробляють ділянку перфорованої зони свердловини чи фільтра, після чого кінець колони НКТ з відбивачем переміщують на наступну ділянку і здійснюють аналогічну обробку

Відомий спосіб має ряд недоліків. По-перше, використання коротких ударних імпульсів ($\tau = 1-10$ мс) для обробки свердловини обмежує енергетичну ефективність способу, з одного боку, через високу скважність імпульсів ($\tau \gg 100$), а з другого боку, значна частина енергії ударного імпульсу зосереджена в високочастотній частині спектру, яка, в свою чергу, затухає в колоні-хвилепроводі на шляху до відбивача значно більше, ніж низькочастотна. По-друге, процес обробки зони фільтра проходить в неконтрольованому режимі і ефективність проведеної обробки реально може бути оцінена тільки після відключення генератора ударних імпульсів від колони НКТ або підняття колони НКТ із свердловини. По-третє, запропонований спосіб обробки зони фільтра не може бути використаний, наприклад, на водопонижуючих чи артези-

анських свердловинах, обсадна копона яких не має достатньої герметичності, чи взагалі не може бути закрита, так як в цьому випадку без підпору статичного тиску неможливо створити нерозривний рідинний хвилепровід

Найбільш близьким до пристрою, що заявляється і реалізує спосіб обробки фільтрів свердловин є пристрій [6]. Відомий пристрій містить колону НКТ, над якою розташовано генератор гідроударних акустичних імпульсів з можливістю передачі енергії останніх в середину колони, а в нижній частині колони встановлено відхиляючий пристрій. Пристрій містить також резервуар з робочою рідиною, насос, вхід якого сполучений з резервуаром, а вихід з порожниною колони, засіб герметизації свердловини і засіб герметизації верхньої частини колони

Недоліком відомого пристрою є низька його енергетична ефективність і неможливість використання на свердловинах, які не можуть бути загерметизовані,

В основу винаходу поставлено задачу розробити спосіб обробки прифільтрової зони, в якому шляхом використання низькочастотних резонансних гармонічних коливань системи "генератор-хвилевід-відбивач" буде забезпечена підвищена енергетична ефективність процесу обробки при одночасному контролі обробки шляхом відслідковування за зміною резонансної частоти системи, обумовленої зміною проникливості зони фільтра, яка обробляється

В основу винаходу поставлено також задачу розробити пристрій для очистки фільтрів, в якому шляхом використання періодичних коливань з керованими параметрами та шляхом удосконалення відхиляючого пристрою досягається підвищена енергетична ефективність пристрою та забезпечується можливість його використання на свердловинах, які не герметизуються чи мають низький гідростатичний рівень води

Поставлена задача вирішується тим, що в способі обробки фільтрів свердловини, що полягає в установленні в свердловині з фільтром колони герметично з'єднаних між собою насосно-компресорних труб (НКТ) з відхиляючим пристроєм на її нижньому кінці, заповненні колони НКТ робочою рідиною, збудженні акустичних коливань в верхній частині колони і їх передачі по стовпу рідини в НКТ, як по хвилеводу, до відхиляючого пристрою, відхиленні хвилі коливань при виході із колони та послідовному дискретному переміщенні нижнього кінця колони вздовж свердловини до наступної ділянки свердловини після обробки попередньої, новим є те, що на нижньому кінці колони на вході відхиляючого пристрою встановлюють пружну камеру, в колоні створюють надлишковий статичний тиск, а систему "генератор-хвилевід-пружна камера-відхиляючий пристрій" збуджують на одній з власних резонансних частот з наступним її відслідковуванням системою фазової автопідстройки частоти (ФАПЧ), при цьому контролюють частоту коливань системи і по її зміні відносно частоти коливань, виміряних на відрізку цієї свердловини без перфорації, роблять висновок про початкову проникність відрізку свердловини, що

обробляється, і ефективність протікання подальшого процесу обробки

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для обробки фільтра свердловини, що містить послідовно з'єднані генератор акустичних коливань, заповнений рідиною хвилевод - коло-ну НКТ і відхиляючий пристрій, розміщений в зоні фільтра свердловини, що обробляється, новим є те, що генератор акустичних коливань складається з керованого задаючого генератора з індикатором частоти, підключеного до першого керуючого входу високошвидкісного дросельного гідроприводу, до складу якого входять з'єднані по гідралічному колу послідовно насосна станція високого гідралічного тиску, дросельний електрогідропідсилювач і орієнтований вертикально двохсторонній гідралічний виконуючий механізм, перший вихідний шток якого введений з можливістю зворотньо-поступального руху в порожнину рідинного хвилеводу, перший боковий відвід якого через перший клапан приєднано до ємності з робочою рідиною, а в другому боковому відводі встановлено датчик змінного тиску гідрофон, вихід якого через попередній підсилювач і фазозсувач підключено до першого входу схеми фазової автопідстроювання частоти (ФАПЧ), вихід якої через вимикач підключено до керуючого входу задаючого генератора, а другий вихідний шток силового виконавчого механізму введений з можливістю зворотньо-поступального руху в порожнину компенсаційної камери, з'єднаної через другий запірний клапан з повітряним насосом, і з'єднаної через дросельний отвір в штоці виконавчого механізму з порожниною колони НКТ - хвилеводу, крім того другий шток виконавчого механізму з'єднано з датчиком зворотнього зв'язку, вихід якого через підсилювач з індикатором амплітуди переміщення підключено до другого керуючого входу електрогідралічного підсилювача і другого входу схеми ФАПЧ. Новим також є те, що відхиляючий пристрій виконано у вигляді пустотілого циліндричного корпусу, в середині якого встановлена пружна камера - сильфон, з'єднана верхнім фланцем через корпус з нижнім кінцем порожнини колони НКТ, при цьому нижній кінець пружної камери - сильфону герметично закрито кришкою, яка через пружину і кінцевий відбивач впливає в дно корпусу відхилювача, на боковій поверхні якого навпроти кінцевого відбивача знаходяться щілини, вище і нижче яких встановлено перший і другий манжети.

На поданому кресленні наведено схематичне виконання пристрою для обробки фільтрів свердловини, оснащеного керованим генератором з схемою автопідстроювання частоти і відхиляючою головкою.

Пристрій містить колону 1, складену з окремих герметично з'єднаних насосно-компресорних труб. Над колоною вертикально встановлено виконуючий гідралічний механізм 2 генератора акустичних коливань 3. В якості генератора акустичних коливань використовується високошвидкісний електрогідралічний привід, до складу якого входять електричний керований задаючий генератор з індикатором 4, насосна гідралічна станція 5, електрогідропідсилювач 6 та двохсторонній сило-

вий виконуючий механізм 2, силовий поршень 7 якого жорстко зв'язаний з першим 8 і другим штоком 9, в середині яких розміщено дросельний отвір 10. Зверху над виконуючим механізмом 2 встановлено компенсаційну камеру 11, в яку введено шток 8 з можливістю зворотньо-поступального руху. До штоку приєднано датчик зворотнього зв'язку 12. Компенсаційна камера 11 через клапан 13 приєднана трубопроводом до повітряного насоса 14. В нижній частині колони встановлено відхиляючий пристрій 15, який складається з корпусу 16 сильфону 17, кришки сильфону 18, пружини 19, кінцевого відбивача 20, першого 21 та другого 22 манжетів. На циліндричній поверхні корпусу розміщені випромінюючі щілини 23.

Через перший боковий відвід і клапан 24 до колони 1 приєднана ємність 25 з робочою рідиною. В другому боковому відводі колони 1 встановлено гідрофон 26, який через попередній підсилювач 27 та фазозсувач 28 приєднано до першого входу схеми ФАПЧ 29. На другий вхід схеми ФАПЧ через попередній підсилювач з індикатором 30 поступає сигнал з датчика зворотнього зв'язку 12. Вихід схеми 29 через вимикач 31 приєднано до керуючого входу генератора 4.

Пристрій працює, а спосіб здійснюється таким чином. Монтують колону 1 з відхиляючим пристроєм 15 і нарізають її стандартними трубами до досягнення зони фільтра. Місця з'єднання труб герметизують спеціальною мастикою і стрічкою ФУМ. Приєднують до колони гідрофон 26, резервуар з робочою рідиною 25 і виконуючий механізм 2 генератора 3, зібраний в одному конструктивному модулі з компенсаційною камерою 11.

Порожнину колони 1 заповнюють рідиною (наприклад пластовою водою) з ємності 25. Далі приблизно на 50% заповнюють порожнину камери 11 і насосом 14 створюють в ній надлишковий статичний тиск $p_0 = 0,2 - 1,0 \text{ МПа}$, який через рідину і дренажний отвір 10 передається в порожнину НКТ, знімаючи тим самим статичне навантаження з поршня виконуючого гідромеханізму 2. При цьому герметична пружна камера 17 на нижньому кінці НКТ запобігає витіканню рідини в затрубний простір, чим забезпечується можливість створення в НКТ рідинного хвилеводу навіть при не повністю заповненій чи відкритій свердловині, що характерно для водопонижуючих та артезіанських свердловин.

Надлишковий тиск p_0 в сумі з тиском, пропорційним різниці рівнів рідини в НКТ і свердловині, сприймається і компенсується силою пружності пружини 19 і пружністю камери-сильфону 17.

Колону 1 встановлюють так, щоб її кінець з відхиляючим пристроєм був розташований в неперфорованій зоні свердловини трохи вище фільтра, тобто в зоні з мінімальною проникністю стінок свердловини. Манжети 21 і 22 при цьому відділяють робочу зону (зону максимального впливу) відхиляючого механізму. В цьому випадку система "виконуючий механізм-хвилепровід-відхиляючий пристрій" може бути представлена трубним резонатором з імпедансними верхньою (Y_1) і нижньою (Y_2) "кришками" [7]. При малих втратах енергії в "кришках" і НКТ резонансні частоти такого резона-

тора визначаються рівнянням

$$K_1 + \arctg(j\omega c Y_1) + \arctg(j\omega c Y_2) = 1\pi, \quad (1)$$

де $1=1,2$ - номер резонансної моди, $K=2\pi/c$, c - швидкість розповсюдження звукової хвилі в хвилеводі (за рахунок пружності стінок НКТ ця швидкість приблизно на 10% менша від швидкості звуку в необмеженому рідинному просторі)

Вираховують по (1) діапазон можливих значень резонансної частоти резонатора при зміні провідності нижньої "кришки" від $Y_1 \rightarrow 0$, що відповідає розташуванню відхиляючого пристрою в не-проникливій зоні, до $Y_2 \rightarrow \infty$, що відповідає умові розміщення відхиляючого пристрою в повністю проникливій зоні фільтра

$$F^0_1 = 2L, \quad f^{\infty}_1 = c/4L \quad (2)$$

Наприклад, для хвилеводу з НКТ довжиною $L=40$ м, заповненого пластовою водою ($C \approx 1300$ м/с) із (2), нехтуючи пружністю камери 17 отримуємо $f^0_1 = 16,3$ Гц і $f^{\infty}_1 = 8,2$ Гц. Тобто, приведені розрахунки показують, що резонансна частота системи "виконуючий гідромеханізм - хвилепровід - відхиляючий пристрій - фільтр" повинна знижуватись пропорційно збільшенню проникності стінок свердловини

Встановлюють на задаючому генераторі 4 частоту $f \approx f^{\infty}_1$ і включають генератор 3. Під дією сигналу генератора 4 електрогідропідсилювач 6 виконує перетворення енергії постійного потоку гідралічної рідини високого тиску, який створюється насосною станцією 5, в пульсуючі потоки, які потрапляючи в порожнини виконуючого механізму 2 призводять до зворотньо-поступальних коливань поршня 7 з штоками 8 і 9. Амплітуда цих коливань контролюється індикатором попереднього підсилювача 30 датчика зворотнього зв'язку 12.

Під дією зворотньо-поступальних рухів поршня 8, зануреного в рідину порожнини НКТ, в хвилепроводі збуджуються акустичні коливання, які розповсюджуючись вздовж колонії НКТ з швидкістю c , досягають пружної камери 17 відхиляючого пристрою. Зважаючи на досить малу пружність камери 17 в порівнянні з пружністю об'єму рідини в цій камері, звукова хвиля майже без втрат передається на кінцевий відбивач 20 відхиляючого пристрою. Сприймаючи звуковий тиск, стінка свердловини частину енергії поглинає, а частину відбиває назад у хвилепровід, за рахунок чого в ньому і виникають резонансні явища, тобто створюються умови для існування стоячих хвиль на визначених раніше резонансних частотах [7].

Далі по максимуму амплітуди тиску звукових коливань в свердловині, які вимірюються гідрофоном 26 і контролюються індикатором попереднього підсилювача 27, проводять точну настройку генератора 4 на резонансну частоту системи f_1 . Після цього генератор 3 вмикають, колонію НКТ опускають вниз і фіксують в положенні, при якому відхиляючий пристрій розміщується на початковій ділянці фільтра.

Вмикають генератор 3 і знову досягають настройки системи в резонанс на початковій резона-

нсної частоті системи f_1 , яка залежить від початкової проникності відрізка фільтра, що обробляється. Вмикають тумблером 31 систему ФАПЧ, яка, порівнюючи фазу коливань штока силового гідромеханізму (вихід підсилювача 30) з фазою тиску цих коливань під поршнем (вихід підсилювача 27 і фазозсувача 28), виробляє сигнал похибки, який поступає на керуючий вхід задаючого генератора, змінюючи його частоту до виконання умов резонансу. При цьому фазозсувач 28 використовується для коригування частоти автозахвату.

Використання резонансних явищ в хвилепроводі дозволяє в декілька раз підвищити ефективність процесу обробки фільтра і прифільтрової зони за рахунок резонансного збільшення амплітуди діючого тиску і швидкості підвібраційного акустичного потоку в оброблюваній зоні.

Продовжують обробку вибраної ділянки фільтра, слідкуючи за автоматичною зміною резонансної частоти системи. Відносне зниження резонансної частоти системи в процесі роботи свідчить про збільшення проникності фільтра під дією акустичних гідралічних коливань.

При стабілізації частоти генератора на певному кінцевому значенні резонансної частоти системи f^k_1 обробку вибраної ділянки фільтра припиняють. Після цього колонію НКТ знову опускають вниз, фіксуючи відхиляючий механізм на наступній ділянці фільтра, і цикл настройки та обробки повторюють за попереднім алгоритмом, контролюючи початкову, поточну і кінцеву резонансні частоти системи на оброблюваному відрізку фільтра. По співвідношенню частот

$$F^0_1 > f^k_1 > f^{\infty}_1$$

та швидкості їх зміни оцінюють початкову, поточну і кінцеву проникність заданого відрізка фільтра, тобто отримують оперативну інформацію про ефективність проведеної обробки.

Джерела інформації

1 О.Л. Кузнецов, С.А. Ефимова. Применение ультразвука в нефтяной промышленности - М, Недра, 1983, 192с.

2 Патент України UA №9890, E21B, 43/25, 1996.

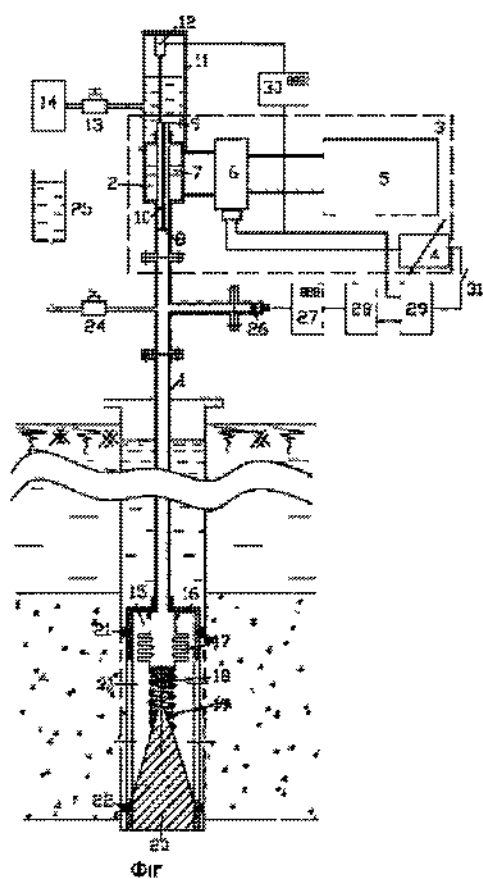
3 Авторское свидетельство "Способ импульсной обработки скважин", SU №1623292, E21B, 43/25, БИ №21, 1995.

4 Патент России "Способ акустического воздействия на призабойную зону пласта", RU №2026969, E21B, 43/25, БИ №2, 1995.

5 Авторское свидетельство "Устройство для очистки фильтров скважин", SU №1765370, E21B, 43/25, БИ №36, 1995.

6 Авторское свидетельство "Способ повышения проницаемости горных пород на месте залегания и устройство для его реализации", SU №1701896, E21B, 43/28, 43/25, БИ №48, 1991 [прототип].

7 М.А. Исакович. Общая акустика, - М, Наука, 1973, 495с.



ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
 вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
 (044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»
 вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
 (044) 216 – 32 – 71