



УКРАЇНА

(19) UA (11) 52866 (13) A

(51) 7 E21B43/25

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

(54) ГІДРОУДАРНИЙ ПРИСТРІЙ

1

2

(21) 2001021111

(22) 16 02 2001

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Собашко Володимир Якович, Яцина Роман
Володимирович(73) Товариство з обмеженою відповідальністю
"ІНТЕКС"

(57) 1 Гідроударний пристрій, оснащений трубчастим кожухом, корпусом і плунжером, встановленим з можливістю осьового переміщення під дією перепадів тиску, а також пружиною плунжера, встановленою між торцем плунжера і корпусом, і клапаном, виконаним у вигляді радіальних отворів у корпусі і в плунжері, який відрізняється тим, що плунжер встановлений між кожухом і корпусом, порожнина, в якій знаходиться торець плунжера, що стикається із пружиною, з'єднана отворами з осьовим отвором корпуса, а ГП додатково осна-

щений вузлами порога спрацьовування і задавання порога спрацьовування, в склад порогового вузла входять ролики, встановлені в наскрізних радіальних отворах трубчастого корпуса, поршень з гайкою, встановленою в осьовому отворі корпуса, і з пружиною поршня, встановленою між торцем поршня і корпусом, гайка і плунжер оснащені проточками під ролики, в склад вузла задавання порога входять поршень з гайкою і пружиною поршня, причому поршень встановлений також з можливістю прокручування по нарізці гайки, а гайка - тільки з можливістю осьового пересування, хід гайки і плунжера обмежений упором

2 Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що отвори корпуса під ролики співпадають з проточкою плунжера, коли отвори клапана закриті, і з проточкою в гайці, коли отвори клапана відкриті.

Винахід відноситься до нафтогазодобувної промисловості, а саме інтенсифікації припливу із пласта, або збільшення прийомистості нагнітальних свердловин

Відомі конструкції гідроударних пристроїв (ГП)

- 1) із розривними діафрагмами [1],
- 2) типу УСМД2-114 [2],
- 3) типу КВД з ударним клапаном [3],
- 4) по АС 1 615 341 [4]

В склад ГП по [1] входить корпус, в якому закріплено з допомогою розпірних втулок ряд діафрагм, ніпель і корзина. В центрі кожної діафрагми виконано отвори і кільцеві канавки, які знижують міцність діафрагм. Діаметри отворів у різних діафрагмах різні, в корпусі діафрагми розміщаються так, щоб діафрагма з найменшим отвором була знизу, а в останніх діафрагмах діаметри отворів зростають знизу наверх. Для проведення гідроудару ГП опускають у свердловину на колоні НКТ. Отвір у нижній діафрагмі перекривають, кидаючи з поверхні кульку, діаметр якої дещо більший отвору в нижній діафрагмі, але менший отвору діафрагми 2-ї знизу. Піднімають в НКТ тиск до розриву діаф-

рагми. Для проведення повторних ударів знімають тиск в НКТ, кидають в ГП купку такого діаметра, щоб вона перекрила отвір в діафрагмі 2-ї знизу, і знову повторюють цикл робіт. Для скидання кульок свердловину необхідно оснастити лубрикатором і двома корковими кранами

Недоліки ГП по [1]

- а) обмеження в кількості ударів,
- б) низька повторюваність результатів [1],
- в) недосконалість і висока вартість технології проведення ударів,
- г) забруднення вибою

Недолік (а) визваний чисто конструктивними причинами. Кількість мембран обмежена асортиментом серійних кульок і що для значного збільшення дебіту часто треба створити на ПЗП кількість ударів, більшу на порядки

Недолік (б) визваний тим, що діафрагми не завжди однаково руйнуються. До нестабільності може привести недосконалість структури металу, допуски в розмірах при виготовленні діафрагм і інше. Внаслідок цього форма і амплітуда імпульсів, які генеруються при розриві чергових діаф-

(13) A

(11) 52866

(19) UA

рагм, с різними [1] Зміна форми імпульсу міняє частотний і енергетичний вміст імпульсу, що приводить до зміни частини енергії, яка поглинається в пласті. Таке явище пояснюється наступним чином. Згідно із теорією спектрів [5] імпульс (гідроудар є імпульсом тиску рідини) можна одержати із набору неперервних коливань, нижня границя яких умовно дорівнює частоті повторення імпульсів, а значна доля енергії вміщується в коливаннях, період яких приблизно в 4 рази більший фронту імпульсу. Відомо [6], що фізико-хімічний ефект впливу коливань на тіло і затухання коливань у тілі пропорціональні квадрату частоти коливання. Зміна форми імпульсу приводить до зміни частот, на яких є максимуми енергії, до зміни віддалей, на які поширюються ці коливання з врахуванням поглинання, а це, в свою чергу, приводить до зміни доли енергії, засвоєваної в об'ємах, які підлягають обробці.

Недоліки (в) і (г) визвані необхідністю проведення багатократних повторних заряджань ГП діафрагмами і кульками, що можна зробити при виконанні дорогих повторних спуско-підйомних операцій, а також забрудненням вибою кульками і частинами діафрагм.

ГП по [2] складається з корпусу, в середину якого запресована втулка, а на кінці, закріплено перехідники для з'єднання з НКТ. В середині втулки розміщено з можливістю осьового переміщення пустотілу насадку. На одному із кінців втулки виконано упор, на обох її кінцях – посадочні місця – верхнє і нижнє – під кульки, які можуть перекривати, внутрішній осьовий отвір втулки. Між кінцем насадки і упором втулки розміщена пружина. В корпусі, втулці і в насадці виконано радіальні отвори, які при осьових переміщеннях насадки відносно втулки можуть співпадати, або бути дією зовнішнього тиску можуть відкривати потік рідини із міжтрубного простору в середину НКТ.

В початковому стані насадка під дією пружини знаходиться у верхньому положенні, радіальні отвори перекриті насадкою, зворотні клапани перекриті підпружиненими кульками, нижній осьовий клапан перекритий кулькою, верхній осьовий отвір відкритий (кульки нема). Для проведення ударів ГП опускають у свердловину на копні НКТ. Нижче ГП розміщують пакер і фільтр. Рідину із міжтрубного простору видаляють через зворотні клапани у НКТ, закачуючи газ. Відкривають верхній клапан, скидаючи з устя свердловини (з поверхні землі) кульку, після чого збільшують тиск в НКТ. При цьому насадка їде вниз, радіальні отвори з'єднують міжтрубний простір, де тиск є низьким, із підпакерним простором, де він є високим. В результаті рідина перетікає із підпакерного простору в міжтрубний простір, а на пласт діє "миттєва" депресія, або гідроудар. Для повторення удару необхідно підняти на устя верхню кульку, а тоді повторити весь процес.

Недоліки ГП по [2]

а) ККД гідроудару, створюваного ГП, є низьким,

б) сила гідроудару не регулюється,

в) технологія створення гідроудару є складною і дорогою.

Недолік (а) пояснюється наступним. З енерге-

тичної точки зору гідроудар буде тоді давати найбільший ККД, коли його енергія буде засвоюватись тим об'ємом пласта, або привибійної зони пласта (ПЗП), які необхідно обробити гідроударом. Чим більше енергії буде проходити в інші об'єми, які не підлягають обробці, тим менший буде ККД гідроудару. Радіуси закольматованих зон складають до 5см, коли закольматована ближня ПЗП, і до 500см, коли закольматована ближня і середня зони пласта. Діапазон частот коливань, які майже повністю затухають на таких віддальях, можна об'єктивно величинами 200кГц - 500Гц. Періоди цих коливань складають відповідно 5 - 2000мкс. Виходячи з цих міркувань і застосовуючи теорію спектрів, оцінимо орієнтовно, наскільки параметри коливань, створюваних ГП по [2] відповідають згаданим даним. Насадка цього ГП починає рухатись при пружині і над силою тертя. Час наростання тиску до 20МПа у НКТ під дією насосно-компресорного агрегату лежить в діапазоні від одиниць, або десятків секунд до хвилини [1]. Тому швидкість руху насадки може бути оцінена десятками, або, в гіршому випадку, одиницями см/сек. При діаметрі, радіального отвору в 1см час повного відкривання отвору, або довжина фронту гідроудару можуть бути оцінені в 1 секунду, що приблизно відповідає частоті 0,25Гц неперервного синусоїдального коливання. Співставляючи цей результат із сказаним вище, можна сказати, що крутизна фронту гідроудару, створюваного ГП по [2], в 2000 - 800000 раз гірше (більше) оптимальної. При таких параметрах гідроудару основна доля його енергії буде засвоюватись (затухати) не в межах зони, яку необхідно обробити, а за її межами. Таким чином, якщо ККД оцінити відношенням доли енергії, засвоєваної оброблюваним об'ємом, до всієї енергії, створюваної ГП, то приходимо до висновку, що ККД відомого ГП є низьким.

Крім того, отвір клана є малим, що також зменшує енергію гідроудару. Недолік (в) визваний необхідністю застосовувати додаткове обладнання – азотну установку з компресором і насосний агрегат, технологічний цикл є складним бо передбачає додаткову закачку газу, стравлювання його в атмосферу, відкачку робочої рідини, додатковий підйом кульки на поверхню і скидання її із поверхні в посадочне гніздо.

В склад ГП по [3] входить корпус, кулька і пружина. Корпус з'єднано осьовим отвором клапана з джерелом тиску, а радіальними отворами – з оброблюваним об'ємом. Кулька притиснута до осьового отвору корпусу пружиною і перекриває його. Коли тиск на вході ГП стає більшим сили пружини, кулька відкриває отвір. При певній величині витрати рідини тиск падає, кулька знову перекриває клапан, цикл повторюється, а ГП працює в режимі неперервних коливань.

Недоліки ГП по [3]

дуже малий ресурс ГП – порядку 5 хвилин [3],

мала амплітуда коливань – до 5,5МПа.

ГП по [4] складається з патрубку, стакану, закріпленого в патрубку, підпружинених пустотілих золотників і підпружинених стакану. Золотники і стакан виконані з радіальними каналами. В початковому стані радіальні канали золотника і стакану

співпадають, канали патрубків і золотника перекриті кульками. ГП опускають у свердловину на колоні НКТ, заглушений знизу і сполучений з підпакерною зоною. В середині колони створюють надлишковий тиск, під дією якого кульки відкривають канали від патрубка в затруб'я. Під час перетоків рідини на золотниках створюється надлишок тиску, під дією якого золотники приходять в рух і перекривають радіальні канали із НКТ в затруб'я. При цьому "миттєво" зростає тиск в підпакерній зоні і створюється гідроударна хвиля, яка поширюється вздовж свердловини і, частково, у пласт.

Недоліки ГП по [4]

- а) ККД гідроудару є низьким,
- б) сила гідроудару не регулюється

Недолік (а) пояснюється тими ж причинами, що і в ГП по [2]. Низький ККД ГП по [4] має ще одну від'ємну сторону. Гідроудар руйнує кольмантант, очищаючи ПЗП і, в якійсь мірі, колектор, і створює в ньому тріщини. Одночасно гідроудар впливає і на обсадну колонну і на цементне кріплення колони, що не є бажаним. Чим більша доля енергії удару буде засвоєна об'ємом пласта, або привибійної зони пласта (ПЗП), які необхідно обробити, і, відповідно, менша доля буде розсіюватись вздовж колони і в її кріпленні, тим менший буде від'ємний вплив удару на колонну і на її кріплення. Тому збільшення ККД (скорочення фронту удару) дозволяє зменшити від'ємний вплив удару на свердловину.

Недолік (б) пояснюється наступним. Для очистки свердловин із різним ступенем забруднення і різними типами колекторів потрібні енергії ударів різних рівнів. У ГП по [4] не передбачено пристрою для регулювання енергії удару. Цю енергію в даному ГП задає сила, необхідна для деформації пружини в момент відкриття клапана, але в ГП не передбачено спеціалізованого вузла регулювання сили пружини.

Задавати мінімально необхідну енергію удару необхідно ще з міркувань, зменшення від'ємного впливу гідроудару на обладнання свердловини.

В основу винаходу поставлено задачу спрощення технології проведення гідроударів і регулювання їх енергії, збільшення енергії ударів і його ККД.

Ця мета досягається оснащенням ГП вузлом регульованого порогу. На фіг. 1,2,3 приведена конструкція пропонованого ГП, на – компоновка обладнання для роботи ГП в свердловині.

В склад ГП входять кожух 1, корпус 2, хвостовик 3, плунжер 4, пружина плунжера 5, ролики 6, поршень 7 з гайкою 8, пружина 9 поршня, упор 10, амортизатори 11. В плунжері 4 і в гайці 8 зроблено проточки 12, а в корпусі 2 – радіальні отвори 13 під ролики 6. В радіальний отвір 14 корпусу 2 і в паз 15 гайки вставлено шпильку 16. Функцію клапана для руху рідини при гідроударі виконують радіальні отвори 17 в плунжері і 18 в корпусі. Кожух 1 і хвостовик 3 з'єднані з корпусом різьбовими з'єднаннями 19. На хвостовику 3 виконано конічне посадочне місце 20. Для приєднання ГП до геофізичного роз'єму, або до інших пристроїв служить різьбова частина 21 і отвір 22. Якщо ГП працює самостійно, то отвір 22 заглушують

При нульовому перепаді тисків плунжер під дією пружини плунжера 5 (пружини зворотного ходу) знаходиться у верхньому положенні, ролики – у проточці плунжера і корпусу, а отвори 17 і 18 клапана перекриті.

Для створення гідроударів ГП 23 опускають у свердловину 24 (фіг. 5). У посадочне гніздо 25 СН 26, закріпленого на колоні НКТ 27. При цьому посадочне місце 20 корпусу ГП перекриває порожнину СН. Нижче міжтрубний простір перекривають пакером 28. З допомогою насосно-компресорного агрегату 29 піднімають тиск в НКТ, в результаті чого починає працювати СН 26. При роботі СН знижується тиск в підпакерній зоні і в зв'язаних з нею отворами об'ємах, які займають пружини плунжера і поршня. В міру зростання перепаду тисків зростає сила тиску кромки проточки 12 плунжера на ролики 6 і радіальна сила, яка направлена на виштовхування роликів із проточки 12. Одночасно перепад тисків діє на поршень 7 і пересуває гайку 8 вниз (відлік напрямків руху – по розміщенню ГП в свердловині). Коли проточка 12 гайки стане навпроти отворів 13, плунжер 4 виштовхне ролики в проточку гайки і буде рухатись з прискоренням.

Кромка плунжера стискає пружину 5. В крайньому нижньому положенні плунжера отвори 17 плунжера і 18 корпусу співпадуть. При цьому об'єми рідини з різними тисками з'єднуються на протязі короткого часу, в підпакерній зоні тиск різко підскочить, в надпакерній різко понизиться. Створиться гідроудар. Ударна хвиля (передній фронт, а за ним і коливальний процес) буде поширюватись вздовж стовбура свердловини, діючи частково і в радіальних напрямках, в тому числі і на пласт. Після відкриття отворів 17 і 18 тиски в над- і підпакерній зонах короточасно вирівнюються, тому пружина 5 пересуне плунжер назад в початкове положення. При цьому гайка 8 буде пересуватись наверх, і коли кромка її проточки порівняється із отворами корпусу, гайка 8 виштовхне ролики 6 назад в проточку плунжера. При подальшому русі наверх гайка зафіксує ролики в проточці плунжера і в отворах корпусу. Плунжер буде також зафіксований у верхньому положенні, а отвори 17 і 18 клапана будуть закриті до повторного наростання тиску до рівня порогу спрацювання.

Таким чином ГП буде періодично створювати гідроударні імпульси до тих пір, поки різниця гідростатичних тисків на його вході і виході буде періодично наростати до величини, більшої порогу спрацювання (доки буде працювати насосно-компресорний агрегат).

Висока крутизна фронту, створюваного пропонованим ГП, пояснюється наступним. При наявності порогу спрацювання плунжер починає рух не від мінімального перепаду тисків, як у прототипі, а під дією заданої порогової сили F . Прискорення g , з яким рухається плунжер під дією порогової сили F , визначимо за формулою Ньютона

$$g = F/m \quad (1),$$

де

$$F = P \cdot S \quad (2)$$

P – перепад тисків на плунжері,

$S = 0,8 \cdot (D^2 - d^2)$ – площа нижнього торця плунжера,

D і d – зовнішній і внутрішній діаметри торця плунжера

Для реальних даних, наприклад $P = 400 \text{ атм}$, $D = 5 \text{ см}$ і $d = 4 \text{ см}$ $F = 2880 \text{ кгс}$. Якщо при цьому $m = 0,5 \text{ кг}$, то $g = 2280/0,5 = 5760 \text{ см/с}^2$

Час T проходження плунжером шляху довжиною $L = 5 \text{ см}$ визначимо за формулою для рівномірно прискореного руху

$$s = gt^2/2 \quad (3),$$

звідки

$$t = \sqrt{2L/g} = \sqrt{2L/F} \quad (4)$$

Розмір δL отвору клапана вздовж осі труби, виконаного в корпусі і розміщеного на віддалі 4 см , від початкового розміщення отвору в плунжері, дорівнює 1 см . Час δt відкривання цього отвору визначимо за формулою

$$\Delta t = t_5 - t_4 = \sqrt{2m/F} * (\sqrt{L_5} - \sqrt{L_4}) = 0,0043 \text{ с} \quad (5)$$

Період гармоніки, яка відповідає цьому фронту, $T \sim 4\delta t = 0,017 \text{ с}$, що відповідає частоті $1/0,017 = 60 \text{ Гц}$

Як видно з допомогою пропонованого ГП можна досягти значно коротшого фронту імпульсу (на 2-3 порядки коротшого ніж у прототипі) і розширити спектр коливань. Це дає такі переваги

збільшується ККД (більша доля енергії поглинається ближньою найбільш забрудненою зоною)/ зменшується негативний вплив гідроударів на обладнання свердловини (за рахунок високого ККД можна досягти доброї очистки при меншій амплітуді удару)

Пропонований ГП має ще одну перевагу в ньому помилка відпрацювання порогу (затримка на спрацювання) є незначною і на порядки меншою ніж у прототипі, що пояснюється короткочасністю процесу розблокування плунжера і високою швидкістю V його руху. Так на віддалі 5 см від проточки для приведених вище даних $V = 151 \text{ м/с}$

Із (5) видно, що для зменшення часу δt відкривання отвору необхідно зменшувати масу m рухомої частини, розмір отвору $5L$ і збільшувати силу F

Для зменшення маси m необхідно зменшувати об'єм плунжера, а саме площу його перерізу S і довжину. Зменшення діаметра D і збільшення d обмежується міркуваннями міцності і зменшенням сили F , вибрана трубчата форма плунжера дозволяє при мінімальній масі досягати високої стійкості форми (при дії перепадів тиску)

Мінімізації довжини плунжера досягається конструктивними мірами – взаємним розміщенням порогового вузла і клапана

Для збільшення сили F необхідно збільшувати площу перерізу плунжера, на яку діє перепад тисків – збільшувати D і зменшувати d . З ростом діаметра D росте сила F , але росте і маса плунжера і гідродинамічний опір рухові рідини в просторі між

ГП і внутрішнім діаметром НКТ (на вході клапана). Для зменшення діаметра d необхідно зменшити діаметр осевого отвору в корпусі. При цьому також буде зростати гідродинамічний опір на виході клапана. Зростання опору призведе до затягування фронту. З врахуванням складності форм конструкцій розрахунок гідродинамічного опору є недоцільним, а величини D і d в пропонованому ГП вибрані конструктивно, виходячи з мінімально допустимої міцності конструкції ГП і очікуваної довжини фронту δt

Для зменшення гідродинамічного опору площа отворів клапана вибрана максимально великою з врахуванням мінімально допустимої міцності плунжера і корпуса, а кромки отворів згладжені

Відношення сили F до сили тертя роликів по поверхні трубки тим більше, чим гостріший край торця проточки (чим менший радіус переходу від циліндричної поверхні до торцевої поверхні), тому торець проточки повинен бути гострим

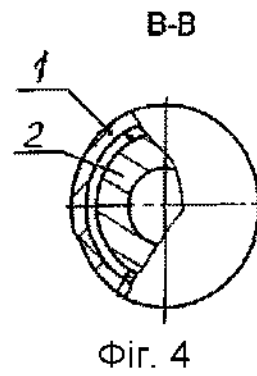
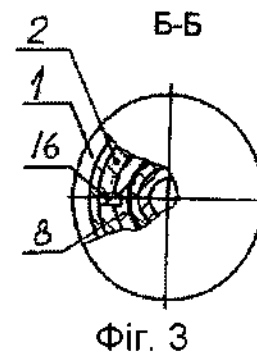
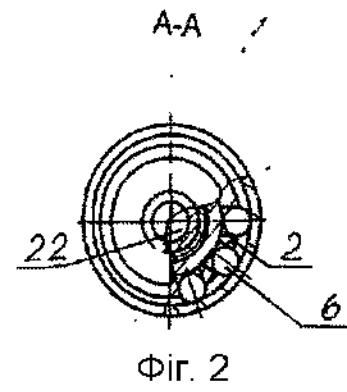
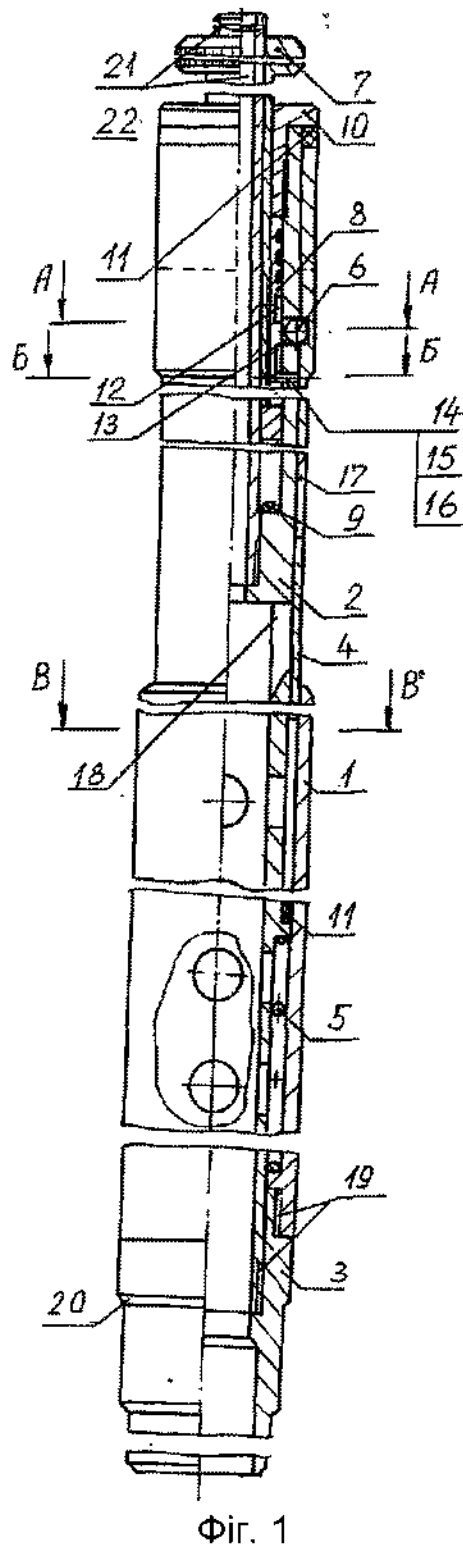
Під дією сили P ролики перекочуються через кромку проточки. Гострі краї кромки мають малу площу. При цьому навантаження на кромку можуть перевищувати поріг текучості металу, і кромка буде притуплюватись. В таких умовах найкраща форма поверхні роликів – бочкоподібний циліндр із діаметром кривизни близьким до внутрішнього діаметра проточки в плунжері. Така кривизна збільшує площу контактування, зменшує локальні контактні тиски і притуплювання кромки

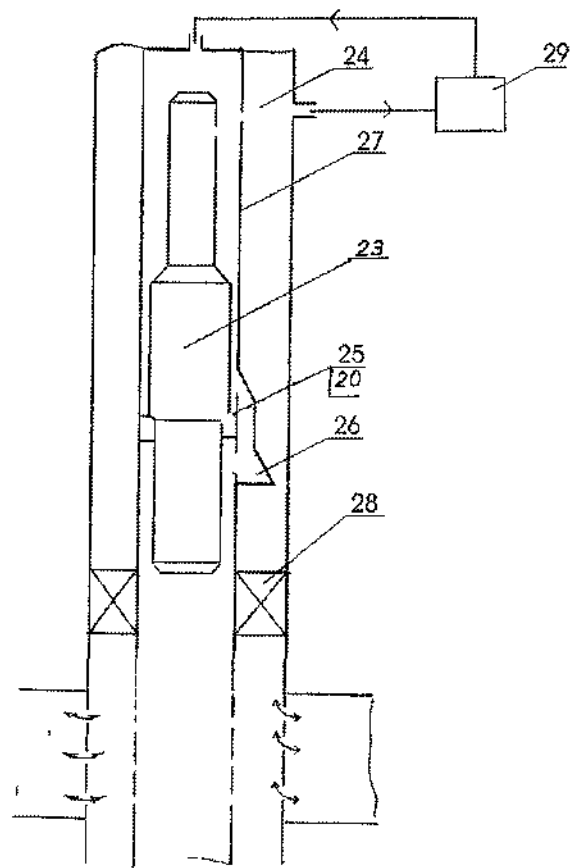
Досвід багаторазового використання на свердловинах пропонованого ГП навіть із сферичними кільцями показує, що його ресурс достатній для очистки 10-15 свердловин. Така довговічність ГП робить його доцільним для очистки ПЗП

Пропонований ГП може працювати також і без СН в колоні НКТ, оснащений на рівні пласта посадочним гніздом, якщо створювати між НКТ і затрубним простором тиск з допомогою насосно-компресорного агрегату

Література

- 1 Кудинов В.Й., Сучков Б.М. Методы повышения производительности скважин. Самара, 1996
- 2 Устройство УСМД-2-114 для создания многократных высоких давлений на пласт. Техническое описание и инструкция к эксплуатации. СКТБ "НЕДРА", г.Ивано-Франковск, 1988
- 3 Дыбленко В.П. и др. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия. М., «Недра», 2000 г.
- 4 Устройство для воздействия на призабойную зону скважин. Бурнашов Л.Д., Шмырин В.Г. А.С. 1615341, МКИ Е 21 В 43/25. БИ 1990
- 5 Андре Арго. Математика для радиоинженеров. М. Наука. 1965
- 6 Кузнецов О.Л., Ефимова С.А. Применение ультразвука в нефтяной промышленности. М. Недра. 1983





Фиг. 5