



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 47612

(13) A

(51) 6 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) 2001031467

(22) 02 03 2001

(24) 15 07 2002

(46) 15 07 2002, Бюл. № 7, 2002 р.

(72) Собашко Володимир Якович, Яцина Роман
Володимирович(73) Собашко Володимир Якович, Яцина Роман
Володимирович

(57) 1 Гідроударний пристрій (ГП), що містить трубчатий корпус, упорну гайку і зачіп, закріплені на верхньому кінці корпусу, перехідник і кожух, закріплені на нижньому кінці корпусу, плунжер і пружину плунжера, а також поршень, пружину поршня і гайку поршня, встановлені з можливістю осьового переміщення під дією перепадів тиску, який відрізняється тим, що корпус виконано з осьовим отвором, розділеним перегородкою на верхню і нижню частини, плунжер встановлений між кожухом і корпусом, порожнина, в якій знаходиться нижній торець плунжера, з'єднана отворами з нижньою частиною корпусу, середня частина поршня і гайка поршня встановлені у верхній частині корпусу між перегородкою і упорною гайкою, нижній

кінець поршня встановлений в отворі перегородки, а верхній - за межами корпусу, пружина поршня встановлена між виступом верхнього кінця поршня і упорною гайкою, плунжер і гайка поршня оснащені проточками під ролики, ГП додатково оснащений вузлом порогу енергії і задавання порогу енергії, в склад вузла порогу енергії входять ролики, встановлені в наскрізних радіальних отворах корпусу, поршень з гайкою і пружиною поршня, а також плунжер, в склад вузла задавання порогу входять поршень з гайкою і пружиною поршня, причому поршень встановлений також з можливістю прокручування по різі гайки поршня, а гайка - тільки з можливістю осьового пересування, діаметр нижнього кінця поршня вибраний з врахування сили деформації пружини поршня, більшої від сили тертя роликів

2 Гідроударний пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що ролики зафіксовані в отворах корпусу і в проточці плунжера при закритих клапанах або в отворах корпусу і в проточці гайки плунжера при відкритих клапанах

Винахід відноситься до нафтогазодобувної промисловості, а саме інтенсифікації припливу із пласта, або збільшення приємності 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 розпорних втулок ряд діафрагм, ніппель і корзина. В центрі кожної діафрагми виконано отвори і кільцеві канавки, які знижують міцність діафрагм. Діаметри отворів у різних діафрагмах різні, в корпусі діафрагми розміщуються так, щоб діафрагма з найменшим отвором була знизу, а в останніх діафрагмах діаметри отворів зростали 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 діафрагми. Для проведення повторних ударів знімають тиск в НКТ, кидають в ГП кулю 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 габаритами ГП. Так ГП по [1] має 6 мембран, а з практики відомо, що для значного збільшення дебіту часто треба створити

(13) A

(11) 47612

(19) UA

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 діафрагм, є різними [1]. Зміна форми імпульса міняє частотний і енергетичний вміст імпульса, 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 імпульса. Відомо [6], що фізико-хімічний ефект впливу коливань на тип 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, засвоюваної 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 перекритими. ГП обладнано також зворотними клапанами, які під дією зовнішнього тиску можуть відкривати потік рідини з 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 колони 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 іде вниз, радіальні отвори з'єднують міжтрубний простір, де тиск є низьким, із підпакерним простором, де він є високим. В результаті рідину 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 енергетичної 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 відстанях, можна обмежити 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 мінімальному перевищенні сили гідравлічного тиску над силою пружини 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 1секунду, 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, засвоюваної оброблюваним об'ємом, до всієї енергії, створюваної ГП, то приходимо до висновку, що ККД відомого ГП є низьким.

Крім того, отвір клапана 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 5хвилин [3],

мала амплітуда коливань - до 5,5МПа

ГП по [4] складається з патрубку, стакан, закріпленого в патрубку, підпружинених пустотілих золотників і підпружинених кульових запорних елементів, розміщених в осьових каналах стакан. Золотники і стакан виконані з радіальними каналами. В початковому стані радіальні канали золотника і стакан співпадають, канали патрубка 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. Під час перетоку рідини на золотниках створюється надлишок тиску, під дією якого золотники приходять в рух і перекривають радіальні канали із НКТ в затруб. 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 кольматант, очищаючи ПЗП і, в якійсь мірі, колектор, і створює в ньому тріщини. Одночасно гідроудар впливає і на обсадну колонію 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 колонію 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 різною стінним 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 клапану, 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 їх ККД.

Поставлена задача вирішується тим, що ГП оснащений вузлом регульованого порогу, застосований у найбільш напружених вузлах змінними високостійкими деталями.

На фіг. 1 - 4 приведена конструкція пропонованого ГП, на фіг. 5 - компоновка обладнання для роботи ГП в свердловині.

В склад ГП входять корпус 1 з осьовим отвором 2, розділеним радіальною перегородкою 3 з осьовим отвором 4 на верхню і нижню частини, упорна гайка 5 і зачіп 6, закріплені на верхньому

кінці корпуса, перехідник 7 і труба 8, закріплені на нижньому кінці корпуса, пружина зворотного ходу 9, розміщена в порожнині між корпусом і трубою, трубчатий плунжер 10, встановлений на корпусі між упорною гайкою 5 і пружиною 9, поршень 11 і гайка 12 поршня, встановлені у верхній частині осьового отвору корпуса, причому нижня частина поршня встановлена в отворі перегородки 3, а гайка поршня - між перегородкою і упорною гайкою, пружина 13 поршня, встановлена між упорною гайкою 5 і виступом верхнього кінця поршня, амортизатор 14 і ролики 15. В плунжері 10 і в гайці 12 поршня зроблено проточки 16, а в корпусі 1 - радіальні отвори 17 під ролики 15. В радіальний отвір 19 корпуса і в паз 20 гайки 12 вставлено шпильку 21. Функцію клапана для руху рідини при гідроударі виконують радіальні отвори 22 в плунжері і 23 в корпусі. На перехіднику 7 виконано конічне посадочне місце 24. В ГП застосовано змінні твердосплавні трубки в плунжері трубку 25, а в гайці поршня - 26.

При нульовому перепаді тисків плунжер під дією пружини 9 зворотного ходу (пружини плунжера) притиснутий до верхнього амортизатора 14 і фіксується в такому вихідному положенні роликами, які при цьому розміщаються у проточці плунжера і в отворах корпуса. Отвори 22 і 23 клапана перекриті.

Для створення гідроударів ГП 27 опускають у свердловину 28 (рис. 2), у посадочне гніздо 29 СН 30, закріпленого на колоні НКТ 31. При цьому посадочне місце 24 корпуса ГП перекриває порожнину СН. Нижче посадочного гнізда міжтрубний простір перекривають пакером 32. З допомогою насосно-компресорного агрегату 33 піднімають тиск в НКТ, в результаті чого починає працювати СН 30. При роботі СН знижується тиск в підпакерній зоні, в нижній частині отвору корпуса і в сполучених з отвором порожнинах плунжера і поршня. В міру зростання перепаду тисків зростає сила F тиску кромки проточки 16 плунжера на ролики і радіальна сила, яка направлена на виштовхування роликів із проточки. Одночасно перепад тисків, діє на поршень 11 і пересуває гайку 12 вниз (відлік напрямку руху - по розміщенню ГП у свердловині). Коли проточка 16 гайки стане навпроти отворів 17 корпуса, плунжер 10 виштовхне ролики в проточку гайки, і під дією перепадів тиску буде рухатись з прискоренням вниз до нижнього амортизатора 14. Сила F' , яка діє в цей час на плунжер, дорівнює

$$F' = F_{\text{пр}} - F_T \quad (1)$$

де $F_{\text{пр}}$ - сила пружини 7 плунжера,

F_T - сила тертя роликів

Конструктивно вибрано $F' \gg F_{\text{пр}} + F_T$, тому

$$F' \approx F \quad (2)$$

При русі плунжера вниз його кромка стискає пружину 9. В крайньому нижньому положенні плунжера отвори 22 і 23 співпадіть. Об'єми рідини з різними тисками з'єднаються на протязі короткого часу, в підпакерній зоні тиск різко підскочить, в надпакерній - різко понизиться. Створиться гідроудар. Сферична ударна хвиля (передній фронт, а за ним і коливальний процес) буде поширюватись вздовж стовбура свердловини і в радіальних напрямках, в тому числі і у пласт. Формування сфе-

ричної хвилі пояснюється тим, що розміри випромінювача $\approx 0,02\text{м}$ (розміри отворів клапана) незрівняно менші довжин ($\approx 300 \dots 1500\text{м}$) збуджуваних хвиль. Після відкриття отворів клапана тиски в над- і підпакерній зонах короткочасно вирівнюються, тому пружина 9 пересуне плунжер назад в початкове положення. Одночасно гайка 12 поршня почне пересуватись наверх, натискаючи кромкою проточки на ролики і створюючи силу, яка направлена на виштовхування роликів із проточки. Коли проточка гайки порівняється із отворами 17 корпусу, гайка 12 виштовхне ролики 18 назад в проточку плунжера. При дальнішому русі наверх гайка зафіксує ролики в проточці плунжера і в отворах корпусу. При такому розміщенні роликів плунжер буде зафіксований у верхньому (початковому) положенні, а отвори клапана будуть закриті до повторного наростання тиску до рівня порогу спрацювання.

Таким чином ГП буде періодично створювати гідроударні імпульси до тих пір, поки різниця підравлічних 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

$$g = F/m, \quad (3)$$

$$\text{де } F = PS, \quad (4)$$

P - перепад тисків на плунжері,

$$S \approx 0,8(D^2 - d^2) - \text{площа нижнього торця}$$

плунжера,

D і d - зовнішній і внутрішній діаметри торця плунжера

Для реальних даних, наприклад $P = 400\text{атм}$, $D = 5\text{см}$ і $d = 4\text{см}$ одержимо $F = 2880\text{кгс}$

Час t проходження плунжером шляху до повного відкриття визначимо за формулою для рівномірно-прискореного руху

$$L = gt^2/2 \quad (5)$$

звідки

$$t = \sqrt{2 \cdot L/g} = \sqrt{2 \cdot L \cdot m/F} \quad (6)$$

Час Δt відкриття отвору клапана визначимо за формулою

$$\Delta t = t_H - t_B = \sqrt{2 \cdot m/F} \cdot (\sqrt{L_H} - \sqrt{L_B}) \quad (7)$$

де індекси (в) і (н) відносяться до верхньої і нижньої кромки отворів відповідно

Верхня кромка отвору в плунжері розміщена на віддалі 5см від аналогічної кромки отвору в корпусі. Розміри ΔL отворів клапана вздовж осі труби, дорівнюють 1см . Маса плунжера $= 0,5\text{кг}$. Підставивши ці дані в (7), одержимо $\Delta t = 0,01\text{с}$

Період гармоніки, яка відповідає цьому фронту, $T \sim 4\Delta t = 0,04\text{с}$, що відповідає частоті $1/0,04 = 25\text{Гц}$

Згідно із теорією спектрів в такому імпульсі є і

вищі гармоніки, кратні частоті спрацювання ГП. Амплітуда цих гармонік обернено пропорційна частоті гармоніки, але ефективність очистки ПЗП пропорційна квадрату частоти гармоніки [6]

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

розширюється спектр генерованих коливань, тому росте ККД (більша доля енергії поглинається в ближній найбільш забрудненій зоні, а ефективність очистки зростає за рахунок вищих гармонік),

зменшується негативний вплив гідроударів на обладнання свердловини (за рахунок високого ККД можна досягти доброї очистки при меншій амплітуді удару)

Завдяки використанню змінних твердосплавних трубок 25 в плунжері і 26 в гайці поршня, а також роликів бочкоподібної форми росте ресурс ГП

Остання перевага пояснюється наступним чином

А) Відношення порогової сили F до сили F_T тиску роликів по поверхні плунжера тим більше, чим ostrіший край торця проточки (чим менший радіус переходу від циліндричної поверхні до торцевої поверхні), тому торець проточки повинен бути ostrім. Під дією сили F ролики перекочуються через кромку проточки. Ostrі краї кромки мають малу площу. При цьому навантаження на кромку можуть перевищувати поріг текучості металу, і кромка буде притуплюватись. Застосування змінних твердих (гартованих або твердосплавних) трубок зменшує притуплювання кромки. Крім того, зменшення притуплювання сприяє застосування бочкоподібних роликів із діаметром кривизни, близьким до внутрішнього діаметра проточки в плунжері. Така кривизна збільшує площу контактування, зменшує локальні контактні тиски і притуплювання кромки

Досвід багатократного використання пропонованого ГП на свердловинах навіть із сферичними кільцями і при відсутності замісних трубок показує, що його ресурс достатній для очистки 10-15 свердловин. Така довговічність значно вища ніж у відомих конструкцій

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 5см від проточки для приведених вище даних $V = 151\text{м/с}$

Із (6) видно, що для зменшення часу Δt відкриття отвору необхідно зменшувати масу m рухомої частини, розмір отвору ΔL 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 трубчаста форма плунжера дозволяє при мінімальній масі досягати високої стійкості форми (при дії перепадів тиску). Мінімізація довжини плунжера досягається конструктивними мірами - взаємним розміщенням порогового

вузла і клапана

Для збільшення сили F необхідно збільшувати площу S перерізу плунжера, на яку діє перепад тисків - збільшувати D і зменшувати d . З ростом діаметра D росте сила F , але росте і маса m 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. Ріст опору приведе до затягування фронту. З врахуванням складності форм конструкцій розрахунок гідродинамічного опору є недоцільним, а величини D і d в запропонованому 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 корпусу, а кромки отворів згладжені.

Пропонований ГП може працювати також і без СН в колоні НКТ, оснащений на рівні пласта поса-

дочним гніздом, якщо створювати між НКТ і затрубним простором тиск з допомогою насосно-компресорного агрегату.

Література

1 Кудинов В. Й., Сучков Б. М. Методи підвищення продуктивності скважин. Самара, 1996.

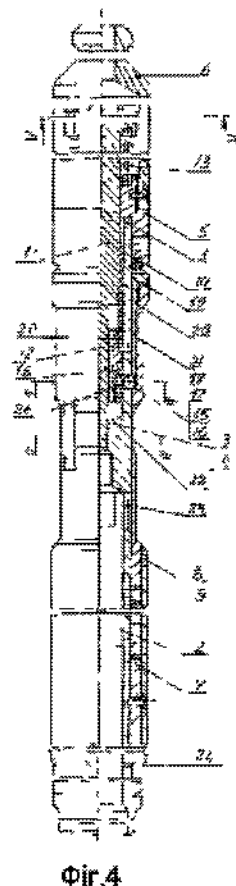
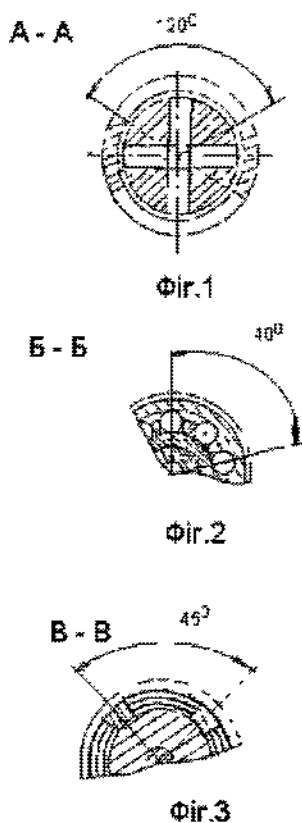
2 Устройство УСМД2-114 для создания многократных высоких давлений на пласт. Техническое описание и инструкция к эксплуатации. СКТБ "НЕДРА". Ивано-Франковск, 1988.

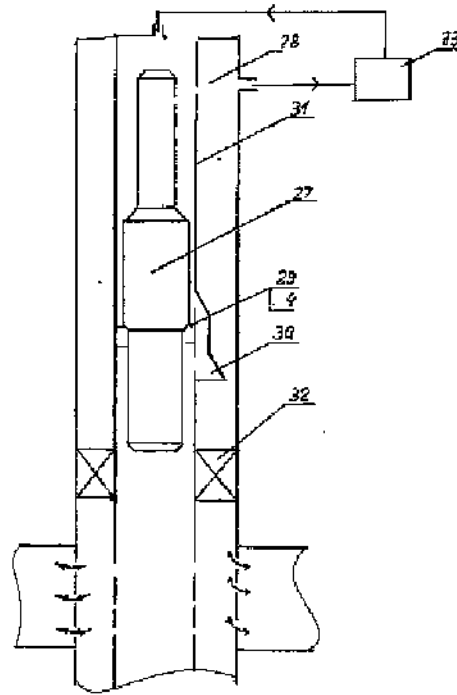
3 Дыбленко В. П. и др. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия. - М. "Недра", 2000.

4 Бурнашов Л. Д., Шмырин В. Устройство для воздействия на призабойную зону скважин. АС 1 615 341 МКИ Е 21 В 43/25 БИ 1990.

5 Андре Арго. Математика для радиоинженеров. - М. Наука, 1985.

6 Кузнецов О. Л., Ефимова С. А. Применение ультразвука в нефтяной промышленности. - М. "Недра" 1983.





Фиг. 5

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