



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 55623

(13) A

(51) 7 E21B43/25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) ПРИСТРІЙ ГІДРОУДАРНИЙ ДВОКЛАПАННИЙ

1

2

(21) 2002010730

(22) 29 01 2002

(24) 15 04 2003

(46) 15 04 2003, Бюл. № 4, 2003 р.

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

(57) 1 Пристрій гідроударний двоклапанний, в склад якого входить трубчатий корпус, золотник і радіальний клапан, який відрізняється тим, що він додатково оснащений нормально відкритим осьовим клапаном і вузлами регульованого порога спрацювання клапанів, а також зацепом, закріпленим на корпусі, при чому осьовий клапан встановлено на перегородці золотника, оснащений осьовими отворами, а радіальний клапан утворений радіальними отворами корпусу і золотника

2 Пристрій за п. 1, в якому в склад порогового вузла радіального клапана входять кульки, встановлені в радіальних отворах корпусу і притиснуті

до зовнішньої циліндричної поверхні золотника, порогова регульовальна гайка, встановлена на різі зовнішньої поверхні корпусу, плоскі пружини, встановлені в пазах зовнішньої поверхні корпусу між пороговою регульовальною гайкою і корпусом і притиснуті до кульок, золотник, оснащений проточкою під ролики, регульовальною гайкою, встановленою на різі внутрішньої поверхні корпусу, і зворотною пружиною, встановленою між регульовальною гайкою і золотником

3 Пристрій за п. 1, в склад осьового клапана якого входить вал, встановлений на перегородці золотника, оснащений проточкою під ролики, трубка з тарілкою клапана, встановлені на валу, кульки, встановлені в радіальних отворах трубки і притиснуті до циліндричної поверхні вала, шайба, притиснута до роликів під кутом до осі, порогова регульовальна гайка, встановлена на різі трубки, порогова пружина, встановлена на поверхні трубки між шайбою і гайкою, і зворотна пружина, встановлена між перегородкою золотника і трубкою

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

Відомі конструкції пристроїв гідроударних (ПГ)

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 ПГ по [1] входить корпус, в якому закріплено з допомогою розпорних втулок ряд діафрагм, ніппель і корзину. 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 інших діафрагмах - щоб діаметри отворів зростали знизу наверх. Для проведення гідроудару ПГ опускають у свердловину на колоні насосно-компресорних труб (НКТ). Отвір у нижній діафрагмі перекидають, кидаючи з поверхні кульку, діаметр якої дещо більший отвору в нижній

діафрагмі, але менший отвору діафрагми 2-ї низу. Піднімають в НКТ тиск до розриву діафрагми. Для проведення повторних ударів знімають тиск в НКТ, кидають в ПГ кулю такого діаметра, щоб вона перекинула цикл в діафрагмі 2-ї низу, і знову повторюють цикл робіт. Для скидання кульок свердловину необхідно оснастити лубрикатором і двома корковими кранами

Суттєвою ознакою аналога, що збігається із ознакою заявлюваного пристрою, є пороговий пристрій, виконаний в даному аналозі у виді розривної діафрагми

Недоліки ПГ 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 ПГ. Так ПГ по [1] має 6 мембран, а з практики відомо, що для

(13) A

(11) 55623

(19) UA

значного збільшення дебіту часто треба створити на привибійній зоні пласта (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 імпульсу міняє частотний і енергетичний вміст імпульсу [5], що приводить до зміни частини енергії, яка поглинається в пласті. Таке явище пояснюється наступним чином. Згідно із теорією спектрів [4] 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 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, свою чергу, приводить до зміни доли енергії, засвоюваної в об'ємах, які підлягають обробці.

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

ПГ 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. ПГ обладнано також зворотними клапанами, які під 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, нижній осьовий клапан перекритий кулькою, верхній осьовий отвір відкритий (кульки нема). Для проведення ударів ПГ опускають у свердловину на колоні НКТ. Нижче ПГ розміщують пакер і фільтр. Рідину із міжтрубного простору віддаляють через зворотні клапани ПГ, закачуючи у НКТ газ. Відкривають радіальний клапан, для чого спочатку скидають з устя свердловини (із поверхні землі) кульку, а потім 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.

Суттєвими ознаками аналога, що збігаються із ознаками заявлюваного пристрою, є наявність радіального клапана і підпружиненої насадки. Недоліки ПГ по [2]

а) коефіцієнт корисної дії (ККД) гідроудару, створюваного ПГ, є низьким,

б) сила гідроудару не регулюється,

в) технологія створення гідроудару є складною і дорогою,

г) понижена надійність, визвана чутливістю до імпульсних складових тиску.

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 приблизно 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 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 ПГ по [2] відповідають згаданим даним. Насадка цього ПГ починає рухатись при мінімальному перевищенні сили підв'язного 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 пршому випадку, одиницями см/сек. При діаметрі, радіального отвору в 1см час повного відкривання отвору, або довжина фронту гідроудару можуть бути оціненими 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 ПГ 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 ПГ, то приходимо до висновку, що ККД відомого ПГ є низьким.

Збільшення ККД (скорочення фронту удару) дозволяє зменшити від'ємний вплив удару на свердловину. Пояснення цього твердження таке. Гідроудар руйнує кольматант, очищаючи ПЗП і, в якійсь мірі, колектор, і створює в ньому тріщини. Одночасно гідроудар впливає і на обсадну колонну і на цементне кріплення колонни, що не є бажаним. Чим більша доля енергії удару буде засвоєна великим об'ємом привибійної зони пласта, які необхідно обробити, і, відповідно, менша доля буде

розсіюватись за межами цього об'єму і вздовж колони, в її кріпленні, тим менший буде від'ємний вплив удару на колону і на її кріплення

Недолік (б) пояснюється наступним. Для очистки свердловин із різним ступенем забруднення і різними типами колекторів потрібні енергії ударів різних рівнів. У ПГ по [2] не передбачено пристрою для регулювання енергії удару. Цю енергію в даному ПГ задає сила, необхідна для деформації пружини на момент відкриття клапана, але в ПГ не передбачено спеціалізованого вузла регулювання сили пружини. Задавати мінімально необхідну енергію удару необхідно ще з міркувань зменшення від'ємного впливу гідроудару на обладнання свердловини

Недолік (в) визваний необхідністю застосовувати додаткове обладнання - азотну установку з компресором і насосний агрегат, технологічний цикл є складним, бо передбачає додаткову качку газу, стравлювання його в атмосферу, відкачу робочої рідини, додатковий підйом кульки на поверхню і повторне скидання її із поверхні в посадочне гніздо

Недолік (г) пояснюється наступним. Тиск в НКТ створюють поршневими агрегатами. В складі такого тиску є імпульсна і постійна складові. Під дією імпульсної складової насадка здійснює імпульсні коливання, які зменшують ресурс ГП [3]

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

Суттєвою ознакою аналога, що збігається із ознакою заявлюваного пристрою, є наявність підпружиненого клапана

Недоліки ГП по [3]

дуже малий ресурс ГП - порядку 5 хвилин [3], мала амплітуда коливань - до 5,5 МПа [3]

За прототип вибраний ГП за [4]. В його склад входить трубчатий корпус, стакан, закріплений в трубі, підпружинені пустотілі золотники і підпружинені кульові запорні елементи, розміщені в осьових каналах стакана. Золотники і стакан виконані з радіальними каналами. В початковому стані радіальні канали золотника і стакана співпадають, канали корпусу і золотника перекриті кульками. ГП опускають у свердловину на колоні НКТ, заглушений низу і сполучений з підпакерною зоною. В середині колони створюють надлишковий тиск, під дією якого кульки відкривають канали від корпусу в затруб. Під час перетoku 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. Для створення наступних ударів скидають і знову піднімають тиск в НКТ

Суттєвими ознаками прототипу, що збігаються із ознаками заявлюваного пристрою, є наявність

корпуса, золотника і радіальних клапанів

Недоліки ГП по [4]

а) ККД гідроудару є низьким,

б) сила гідроудару не регулюється,

в) необхідність в скиданні і повторному підйомі тиску для створення наступних гідроударів,

г) понижена надійність, визвана чутливістю до імпульсних складових тиску

Недоліки (а), (б) і (г) пояснюються тими ж причинами, що і в ГП по [2]

В основу винаходу поставлено задачу спрощення технології проведення гідроударів і регулювання їх енергії, збільшення ККД гідроударів і надійності роботи пристрою. Для досягнення поставленої задачі пристрій, в склад якого входить корпус, золотник і радіальні клапани, додатково оснащений вузлами регульованого порогу і закриваючим клапаном

На фіг 1 приведено осьовий розріз пристрою гідроударного двоклапанного (ПГДК), на фіг 2, 3, 4, 5 нормальні розрізи ПГДК. На фіг 6 показано компоновку обладнання для роботи ПГДК в свердловині

В склад пропонованого ПГДК входять зачіп 1, корпус 2, золотник 3, закриваючий осьовий клапан 4. В корпусі виконано отвори 5 для подачі тиску на осьовий клапан, отвори 6 радіального клапана, отвори 7 під кульки 8. В золотнику виконано сидло 9 осьового закриваючого клапана, отвори 10 радіального клапана, і проточку 11 під кульки 8. Золотник притиснутий знизу пружиною 12 і гайкою 13. Кульки 8 притиснуті до проточки 11 з допомогою пружин 14 і гайки 15. Пружини 14 розміщені в пазах 16. Проточка, кульки, пружини 12 і 14, гайки 13 і 15 входять в склад порогового пристрою золотника. Закриваючий клапан встановлено на перегородці 17 золотника. В його склад входять вал 18 з проточною 19, трубка 20 з тарілкою 21, кульки 22, встановлені в отворах 23 трубки, шайба 24, пружина порогова 25, гайка 26 і пружина зворотна 27. Елементи 18 - 27 входять в склад порогового пристрою осьового клапана. В нижній частині корпусу виконано посадочне гніздо 28

Під час роботи ПГДК його вузли знаходяться під дією високого або низького тисків, позначених P_B і P_H . Об'єми, в яких діють ці тиски при роботі в свердловині, умовно показані на фіг 1 точково-пунктирними лініями. Верх корпусу і осьового клапана з'єднані із об'ємом P_B , низ корпусу (нижче посадочного місця), низ і внутрішня поверхня золотника з'єднані із об'ємом P_H

В початковому стані $P_B = P_H$, тарілка 21 і золотник 3 під дією пружин знаходяться у верхньому положенні. Осьовий клапан відкритий, радіальний клапан закритий. Поріг спрацьовування осьового клапана встановлюється гайкою 26, з допомогою якої міняється величина початкової деформації пружини 25, а також прокручуванням вала в різьбі перегородки, при якому встановлюється величина початкової щільності між тарілкою і золотником. Поріг спрацьовування радіального клапана встановлюється гайкою 15. Поріг спрацьовування осьового клапана менший порогу радіального клапана

Після запуску насосного агрегату перепад тисків $P_B - P_H$ на осьовому клапані порівняно повільно зростає, і при різниці $P_B - P_H$, рівній порогу, тарілка

з високою швидкістю закриває осьову щілину золотника. Вище ПГДК тиск різко зростає, нижче - падає. Створюється перша половина гідроудару. Після закривання осьового клапана різниця тисків знову зростає, і при різниці більшій порогу радіального клапана золотник зривається із фіксатора. Під дією великої сили він рухається вниз і відкриває радіальний клапан (отвори 6 і 10). Об'єми P_B і P_H з'єднуються, створюється друга половина гідроудару, при якому тиск на ПЗП різко підскакує, тиск в НКТ - різко падає, а потім ці тиски вирівнюються. При $P_B \approx P_H$ клапани повертаються в початкове положення.

Для проведення робіт по очистці привибійної зони пласта (фиг 4) ПГДК опускають у свердловину 29 в колоні НКТ 30. При цьому посадочне місце 28 корпусу ПГДК сидить у посадочне гніздо 31 струминного насоса (СН) 32 і перекриває порожнину НКТ. Нижче посадочного гнізда міжтрубний простір перекривають пакером 33. З допомогою насосно-компресорного агрегату 34 піднімають тиск в НКТ, в результаті чого починає працювати СН. При роботі СН знижується тиск в підпакерній зоні, в нижній частині отвору корпусу ПГДК і в сполучених з отвором порожнинах золотника і поршня. Коли різниця тисків досягне порогу осьового клапана, ПГДК створить від'ємний гідроудар, а при подальшому підтримуванні тиску, більшого порогу радіального клапана, буде періодично генерувати парні удари.

При роботі ПГДК створює імпульси з високою крутизою фронтів, що пояснюється наступним. При наявності порогу спрацювання закриваючий клапан і золотник спрацьовують не від мінімального перепаду тисків, як у прототипі, а під дією заданих порогових сил, величини яких встановлюють, виходячи із наступних міркувань. Сила F , під дією якої рідина рухає золотник вниз, $F = P \cdot S$, де S - площа золотника. Протидією пружини 12 і силою тертя кульок нехтуємо. Ця протидія значно менша, що досягається вибором параметрів пружини 12 і глибини проточки 11. Задаємося пороговою величиною тиску радіального клапана $P = 100 \text{ кгс/см}^2$, діаметр золотника 4 см. Тоді $F = 100 \cdot 3,14 \cdot 4^2 / 4 = 1256 \text{ кгс} = 12560 \text{ Н}$. Швидкість руху золотника оцінимо із формули рівномірно-прискореного руху

$$L = a \cdot t^2 / 2 \quad (1)$$

де

L - шлях, пройдений золотником до моменту відкривання клапана,

a - прискорення,

t - час проходження шляху,

але $a = F/m$,

m - маса золотника

Тому

$$t = (2 \cdot L \cdot m / F)^{1/2} \quad (2)$$

Задавшись $L = 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$, $m = 0,1 \text{ кг}$, одержимо $t = 0,0003 \text{ с}$. Приймаючи, що в першу мить після відкривання клапана швидкість золотника зміниться незначно, що тиск при відкриванні клапана міняється експоненціальне, дуже різко і найбільш інтенсивно на початку відкривання клапана [7] і задавшись довжиною фронту $t_f = 0,1t$, одержимо $t_f = 0,00003 \text{ с}$. Частота гармоніки в спектрі імпульсу, яка відповідає цьому фронту, $f = 1/4t_f = 1/4 \cdot 0,00003 = 8300 \text{ Гц}$. Імпульс дуже короткий, тому

в його спектрі є багато ще вищих гармонік.

Перевіримо можливість повернення золотника в початкове положення. Зворотний рух золотника відбувається під дією рівнодійної сили $\Sigma F = F_{пр} - F_T - F_p$,

де

$F_{пр}$ - сила зворотної пружини 12,

F_T - сила тертя роликів по поверхні золотника і корпусу,

F_p - сила тиску рідини

Золотник повернеться в початкове положення, якщо $\Sigma F > 0$, або $F_p < F_{пр} + F_T$, де $F_{пр}$ - сила пружини в момент повернення золотника в початкове положення.

Згідно із вибраними конструктивними рішеннями $F_{пр} = 500$, $F_T = 400 \text{ Н}$, $F_{пр} + F_T = 900 \text{ Н}$. Згідно із [7]

$$F_p = \rho Q v \quad (3)$$

$$Q < (F_{пр} + F_T) / \rho v \quad (4)$$

Швидкість зворотного руху золотника оцінимо, виходячи із таких міркувань: сила пружини 12 при повністю відкритому і закритому клапані 1000 Н і 750 Н відповідно (задано конструктивно), середнє значення сили пружини за час закривання клапана $(1000 + 750) / 2 = 875 \text{ Н}$. Швидкість, яку розвиває золотник на момент закривання клапана під дією сили $875 - 400 = 475 \text{ Н}$ знайдемо із формул $L = at^2 / 2$, $a = F/m = 475 / 0,1 = 4750 \text{ м/с}^2$. При довжині отвору радіального клапана $L = 1 \text{ см}$ $t = (2 \cdot L / a)^{1/2} = 0,006 \text{ с}$, $v = 2L/t = 33,3 \text{ м/с}$, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$. Тому $Q < (F_{пр} + F_T) / \rho v = 0,0027 \text{ м}^3/\text{с} = 27 \text{ л/с}$.

Враховуючи, що найбільша продуктивність потужного насосного агрегату НА-700 не перевищує 20 л/с, а під час роботи з гідроударником агрегат працює на малій потужності, робимо висновок, що золотник ПГДК встигає повернутись в початкове положення навіть при наявності імпульсної складової тиску.

Переваги пропонованого ПГДК

1. ПГДК створює імпульси з довжиною фронту на 2 порядки $(0,1/0,001 = 100)$ меншою, ніж в імпульсах, створюваних прототипом. Відомо [5], що чим коротший фронт імпульсу, тим ширший спектр і тим більший вміст енергії високочастотних складових.

2. ПГДК мало чутливий до імпульсного тиску, створюваного поршневыми насосно-компресорними агрегатами, які застосовуються на свердловинах.

3. ПГДК порівняно простий конструктивно і малий по габаритах.

4. ПГДК може створювати імпульси в дуже широкому діапазоні енергій, що потрібно при очистці різних свердловин.

5. Згідно із приведеними вище аргументами ККД і ефективність ПГДК при очистці кольтманта значно вище і ближче до оптимальних порівняно із прототипом.

ПГДК 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. Методи підвищення продуктивності скважин. Самара, 1996.

2 Устройство УСМД2-114 для создания многократных высоких давлений на пласт Техническое описание и инструкция к эксплуатации СКТЕ "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 АС

1 615 341 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

7 Вакина В В, Денисенко И Д, Столяров А Л Машиностроительная гидравлика К, 1987

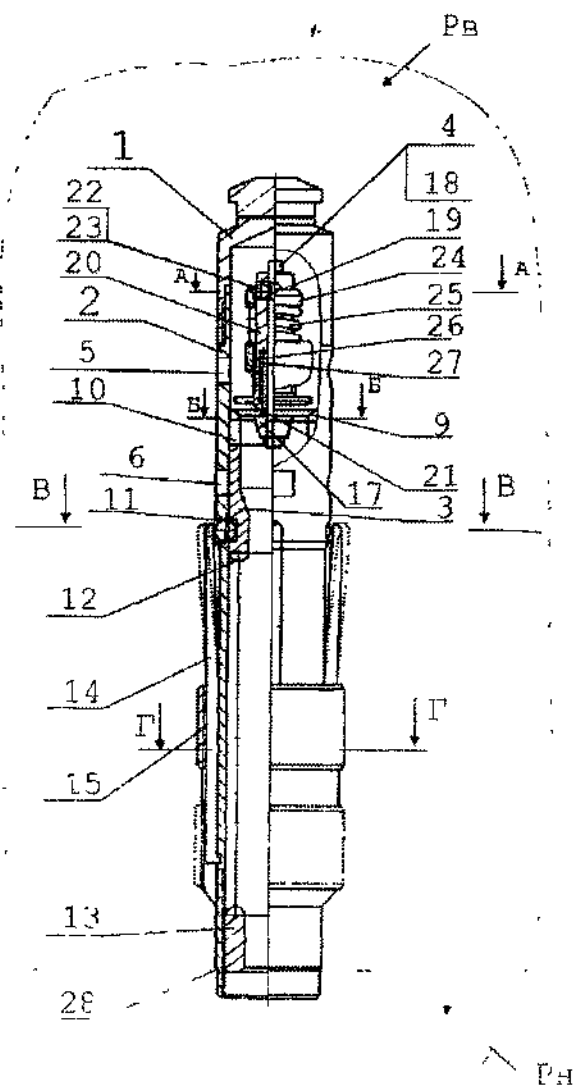


Fig.1

A - A (M 2:1)

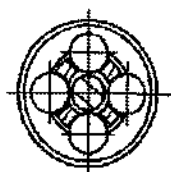


Fig.2

B - B



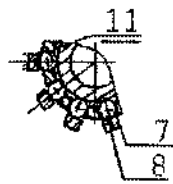
Fig.3

11

55623

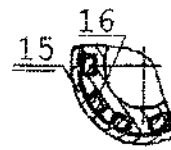
12

В - В

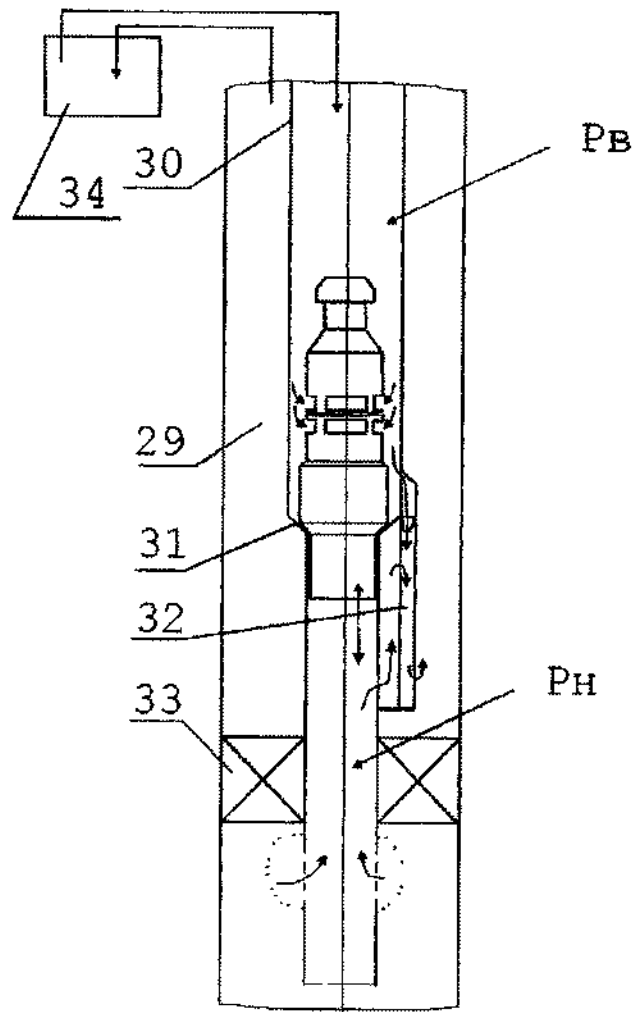


Фиг.4

Г - Г



Фиг.5



Фиг.6