



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 41639

(13) A

(51) 7 E21B43/25

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

(54) ГІДРОУДАРНИЙ ПРИСТРІЙ

1

2

(21) 2000127101

(22) 11.12.2000

(24) 17.09.2001

(46) 17.09.2001, Бюл. № 8, 2001 р.

(72) Собашко Володимир Якович, Яцина Роман
Володимирович(73) Собашко Володимир Якович, Яцина Роман
Володимирович(57) 1. Гідроударний пристрій, оснащений нерухо-
мою і рухомою частинами, пружиною зворотного
ходу і радіальним клапаном, який **відрізняється**
тим, що він оснащений вузлом регульованого по-
рогу, до складу якого входять плунжер, ролики, ро-
зміщені в радіальних отворах плунжера, плоскі
пружили, встановлені в осьових пазах і в проточці
плунжера з можливістю притискання роликів до

нерухомої частини, задавальна гайка, встановле-
на на нарізній частині плунжера з можливістю змі-
ни робочих довжин плоских пружин, нерухома час-
тина оснащена корпусом і валом, закріпленим в
отворі корпусу і оснащеним проточкою під ролики,
між торцями проточки вала і корпусу встановлена
твердосплавна знімна трубка, радіус кривизни бо-
кової поверхні роликів вибраний рівним радіусові
трубки, а маса плунжера і площа отворів клапана
вибрані з врахуванням мінімально допустимої міц-
ності конструкцій.

2. Гідроударний пристрій по п. 1, який **відрізняє-
ться** тим, що ролики притиснуті до циліндричної
поверхні проточки вала при закритих клапанах і до
циліндричної поверхні трубки при відкритих клапа-
нах.

Винахід відноситься до нафтогазодобувної
промисловості, а саме до інтенсифікації припливу
із пласта, або збільшення приємності нагніта-
льних свердловин. Відомі конструкції гідроудар-
них пристроїв (ГП):

- 1) із розривними діафрагмами [1];
- 2) типу УСМД2-114 [2];
- 3) типу КУВ-100 клапанно-пружинного типу
[3];
- 4) по АС 1 615 341 [4].

В склад ГП по [1] входить корпус, в якому зак-
ріплено з допомогою розпорних втулок ряд діаф-
рагм, ніпель і корзину. В центрі кожної діафрагми
виконано отвори і кільцеві канавки, які знижують
міцність. Діаметри отворів у різних діафрагмах рі-
зні; в корпусі діафрагми розміщуються так, щоб
діафрагма з найменшим отвором була знизу, а в
останніх діафрагмах діаметри отворів зростали
знизу вгору. Для проведення гідроудару ГП спус-
кають у свердловину на колоні насосно-компре-
сорних труб (НКТ).

Із поверхні кидають 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 по-
вторних ударів знімають тиск в НКТ, кидають в ГП
кульку такого діаметра, щоб вона перекрила отвір

в діафрагмі 2-ї знизу, і знову повторюють цикл
робіт. Для скидання кульок свердловину необід-
но 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 асор-
тиментом серійних кульок і габаритами ГП. Так
ГП по [1] має 6 мембран, а з практики відомо, 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 імпуль-
сів, які генеруються при розриві чергових діаф-
рагм, є різними [1]. Зміна форми імпульса міняє
частотний і енергетичний вміст імпульса, що при-
водить до зміни частини енергії, яка поглинається
в пласті. Таке явище пояснюється слідуючим чи-

(13) A

(11) 41639

(19) UA

ном. 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. Амплітуда коливання найнижчого по частоті приблизно дорівнює амплітуді імпульса, а амплітуди вищих гармонік обернено пропорційно номеру гармоніки. 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 приблизно пропорційно квадрат частоти коливання. Зміна форми імпульсу приводить до зміни вмісту високочастотних коливань, на зміни віддалей, на які поширюються ці коливання з врахуванням поглинання, а це, свою чергу, приводить до зміни долі енергії, засвоєної в об'ємах, які підлягають обробці. З врахуванням сказаного неоднорідність діафрагм приводить до нестабільності результатів робіт по очистці ПЗП.

Недоліки (в) і (г) визвані необхідністю проведення багатократних повторних заряджання ГП діафрагмами і кульками, що можна зробити лише при виконанні дорогих повторних спуско-підйомних операцій, а також забрудненню 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 із міктрубного 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 колоні НКТ. Нижче ГП розміщують пакер і фільтр. Рідину із міктрубного простору видаляють через зворотні клапани у НКТ, закачуючи газ. Перекривають верхній клапан, кидаючи з устя свердловини (з поверхні землі) кульку, після чого збільшують тиск в НКТ. При цьому насадка іде вниз, радіальні отвори з'єднують міктрубний простір, де тиск є низьким, із підпакерним простором, де він є високим. В результаті рідина перетікає із підпакерного простору в міктрубний простір, а на пласт діє "миттєва" депресія, або гідроудар. Для повторення удару необхідно підняти на устя вежню кульку, а тоді повторити весь процес.

Недоліки ГП по [2]:

- а) ККД гідроудару 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 засвоюватися 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 меншим буде ККД гідроудару. Радіуси закольматованих зон складають: до 10см, коли закольматована ближня ПЗП, і до 500см, коли закольматована ближня і середня зони пласта. Діапазон частот коливань, які майже повністю затухають на таких віддальх, можна обмежити величинами 200кГц...500кГц. 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. Із практики відомо, що час наростання тиску до 20МПа у НКТ під дією насосно-компресорного агрегату лежить в діапазоні від одиниць, або десятків секунд до хвилини (залежно від стану свердловини і типу агрегату). 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 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 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 долі енергії, засвоєної 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, закачку робочої рідини, додатковий підйом кульки на поверхню і скидання її із поверхні в посадочне піздо.

В склад ГП по [3] входить корпус, кулька і пружина. Осьовим отвором клапана корпус з'єднано 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]:

- а) дуже малий ресурс ГП – приблизно 5 хвилин;

б) мала амплітуда коливань – до 2,75 МПа (розмах – 5,5 МПа [3]).

ГП по [4] складається з патрубку, стакана, закріпленого в патрубку, підпружинених пустотілих золотників і підпружинених кульових запорних елементів, розміщених в осьових каналах стакана. Золотники і стакан виконані з радіальними каналами. В початковому стані радіальні канали золотника і стакана співпадають, канали патрубка і золотника перекриті кульками. ГП опускають у свердловину на колоні НКТ, заглушеній знизу і сполученій з надпакерною 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. У зв'язку з низьким ККД силу гідроударів або час очистки треба збільшувати. Але гідроудар впливає і на обсадну колону і на цементне кріплення колони, що не є бажаним. І навпаки: при високому ККД більша доля енергії удару буде засвоєна об'ємом пласта, або привибійної зони пласта, які необхідно обробити, і, відповідно, менша доля буде розсіюватись вздовж колони і в її кріпленні, і тим менший буде від'ємний вплив удару на колону 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 стелінню 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 регулювання енергії, гідроудару, збільшення ККД і надійності пристрою.

Ця ціль досягається оснащенням ГП вузлом регульованого порогу, використанням у вузлі порогу змінних, найбільш нагнаних деталей, приданням їм спеціальної форми, використанням вузлів з малим гідравлічним опором.

На рис. 1 приведена конструкція пропонованого ГП, на рис. 2 – компоновка обладнання для роботи ГП в свердловині.

В склад нерухомої частини ГП входять: вал 1, корпус 2, хвостовик 3, упорна гайка 4, демпфери 5. В склад рухомої частини входять: плунжер 6, ролики 7, плоскі пружини 8, задавальна гайка 9,

зворотна пружина 10. Захисний кожух 11 служить для захисту деталей ГП при транспортуванні. Між торцями вала і корпусу закріплена твердосплавна трубка 12. На валу виконано проточку 13 під ролики 7. В плунжері 6 і в корпусі 2 виконано отвори 14 і 15 клапана. Плоскі пружини 8 зафіксовані в пазах 16 і в проточці 17 плунжера, до роликів їх притискає задавальна гайка 9. На хвостовику 3 виконано конічні посадочні місця 18. Різьбова частина 19 на валу 1 служить для приєднання ГП до зовнішніх механізмів і для кріплення кожуха.

При нульовому перепаді тисків плунжер під дією пружини 10 зворотного ходу знаходиться у верхньому положенні, ролики – у проточці 13 вала, а отвори 14 і 15 клапана перекриті.

Для створення гідроударів ГП 20 опускають у свердловину 21 (рис. 2), у посадочне гніздо 22 СН 23, закріпленого на колоні НКТ 24. При цьому одне із посадочних місць 18 хвостовика сідає на посадочне місце СН, а ГП перекриває порожнину НКТ. Нижче СН міжтрубний простір перекривають пакером 25. Осьовий внутрішній отвір хвостовика, корпусу і нижній торець плунжера з'єднані із підпакерною зоною, верхня частина плунжера – із надпакерною зоною. З допомогою насосно-компресорного агрегату 26 піднімають тиск в НКТ, в результаті чого починає працювати СН 23. При роботі СН зростає перепад тисків між надпакерною і підпакерною зонами і на поверхнях плунжера. Сила, яка діє на плунжер, дорівнює добуткові різниці тисків на площу нижньої, торцевої поверхні плунжера. Через стінки отворів 16 ця наростаюча сила діє на ролики 6. Діаметри роликів більші глибини проточки 13, тому створюється сила, яка виштовхує ролики із проточки. Виштовхуванню роликів протидіють плоскі пружини. Коли виштовхуюча сила стає більшою сили пружин, ролики вискакують на поверхню трубки, а плунжер під дією перепаду тисків рухається в напрямку хвостовика до зіткнення з демпфером 5, переборюючи при цьому значно меншу силу стиснення пружини зворотного ходу, силу тертя роликів і гідродинамічний опір. В крайньому нижньому положенні плунжера отвори клапана співпадають, і клапан буде відкритий. При цьому об'єми рідин із над- і підпакерного просторів з'єднуються. На протязі короткого часу в підпакерній зоні тиск різко підскакує, в надпакерній – різко понизиться. Різкі зміни тисків – фронти – створюють сферичну гідроударну хвилю, яка буде поширюватись вздовж стовбура свердловини і в радіальних напрямках, впливаючи в тому числі і на пласт. Після відкриття отворів клапана тиски в над- і підпакерній зонах короткочасно вирівнюються, тому пружина зворотного ходу пересуне плунжер назад в початкове положення, а ролики під тиском плоских пружин знову заскочать в проточку. Отвори клапана знову будуть закриті, а тиск в НКТ знову буде зростати. Якщо на вході і виході плунжера перепад тисків повторно стане більшим порогу, ГП спрацює повторно. Таким чином ГП буде працювати неперервно в автоматичному режимі, періодично створюючи гідроударні імпульси до тих пір, поки різниця тисків на кінцях плунжера буде періодично наростати до величини, більшої порогу

(доки буде працювати насосно-компресорний агрегат). Поріг задають, покручуючи гайку 9. При цьому міняється довжина робочої частини пружин між роликками і гайкою і сила притискання роликків. Залежно від робочої довжини пружин ГП спрацює при більшому, або меншому перепаді (порогу) гідравлічних тисків. Вузол порогу дозволяє утримувати клапан ГП повністю закритим при зростанні перепаду тиску на торцях плунжера від нуля і до заданого порогу і відкривати клапан з великою швидкістю при величині перепаду, більшій заданого порогу. При цьому фронт імпульсів, створюваних пропонованим ГП є значно коротшим ніж в імпульсах, створюваних прототипом [4]. Відомо [5], що чим коротший імпульс, тим більший вміст у ньому вищих гармонік, а ефективність очистки ПЗП пропорційна квадрату частоти гармоніки [6]. Тому імпульси, створювані пропонованим ГП значно краще очищають ПЗП. Вузол регулювання дозволяє задавати перепад тиску, при якому створюється гідроудар. Амплітуди складових коливань в спектрі імпульса пропорційні порогу спрацювання, їх енергія пропорційна квадрату амплітуди, а вміст вищих гармонік залежить від порогу.

Тому вузол задавання порогу дозволяє задавати енергію удару і вміст вищих гармонік. Можливість міняти величину енергії і спектр імпульса при високій крутизні фронту гідроудару (порівняно з прототипом) є ще одною перевагою пропонованого ГП, бо дозволяє задавати радіус об'єму, на який в основному будуть впливати удари.

Висока крутизна фронту, створюваного пропонованим ГП, підтверджується наступним. Прискорення g , з яким рухається плунжер під дією порогової сили F , визначимо за формулою Ньютона:

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

$$\text{де } F = P \cdot S, \quad (2)$$

P - перепад тисків на плунжері;

$S \sim 0,8 (D^2 - d^2)$ - площа нижнього торця плунжера;

D і d - зовнішній і внутрішній діаметри торця плунжера.

Для реальних даних, наприклад: $P = 400 \text{ атм}$; $D = 5,5 \text{ см}$ і $d = 4 \text{ см}$, $F = 4560 \text{ кгс}$. Якщо при цьому $m = 0,5 \text{ кг}$, то $g = 2280 \text{ см/с}^2$.

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

$$L = gt^2/2. \quad (3)$$

Звідки

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

Розмір отвору клапана вздовж осі труби $L = L_5 - L_4 = 5 - 4 = 1 \text{ см}$.

Час δt відкривання отвору розміром L визначимо за формулою

$$t = t_5 - t_4 = \sqrt{2m/F} * (\sqrt{L_5} - \sqrt{L_4}) = 0,0034 \text{ с} \quad (5)$$

Період гармоніки, яка відповідає цьому фронту, $T \sim 4t = 0,0136 \text{ с}$, що дорівнює частоті $1/0,0136 = 73 \text{ Гц}$.

Якщо $m = 1 \text{ кг}$, то $t = 0,0049 \text{ с}$.

Як видно з допомогою пропонованого ГП м-

ожна досягти значно коротшого фронту імпульса (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 свердловин (за рахунок високого ККД можна досягти доброї очистки при меншій енергії).

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 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 t відкривання отвору необхідно зменшувати масу m рухомої частини, розмір отвору δL і збільшувати силу F . Для зменшення маси необхідно зменшувати об'єм плунжера, а саме площу перерізу і його довжину. Зменшення діаметра D обмежується міркуваннями міцності і зменшенням сили F ; вибрана трубчата форма плунжера дозволяє при мінімальній масі досягати високої стійкості форми (при дії перепадів тиску). Взаємне розміщення порогового вузла і клапана вибрано із міркувань - мінімальної довжини плунжера. Для збільшення сили F необхідно збільшувати площу перерізу - плунжера, на яку діє перепад тисків. З ростом зовнішнього діаметра D росте сила F , але росте маса плунжера і гідродинамічний опір рухові рідини в просторі між ГП і внутрішнім діаметром - НКД (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 пропонованому ГП вибрані конструктивно, виходячи з мінімально допустимої міцності конструкції ГП і очікуваної довжини фронту t . Для зменшення гідродинамічного опору площа отворів клапана вибрана максимально великою з врахуванням мінімально допустимої міцності плунжера і корпусу, а кромки отворів зглажені.

Відношення сили F до сили тертя роликів по поверхні трубки тим більше, чим ostrіший край торця трубки (чим менший радіус переходу від циліндричної поверхні до торцевої поверхні), тому торць трубки повинен бути гострим. Під дією сили F ролик перекочуються через кромку трубки. Острі краї кромки мають малу площу. При цьому на кромку можуть перевищувати поріг текучості металу, і кромка буде притуплюватись. В таких умовах найкраща форма поверхні роликів - ввігнутий циліндр із діаметром кривизни близьким до зовнішнього діаметра трубки. Така кривизна перетворює теоретичну точку контактування в лінію, а реально збільшує площу контактування, зменшує локальні контактні тиски і притуплювання кромки. Застосування змінної трубки із твердого матеріалу збільшує її ресурс за р-

ахунок твердості і заміни затупленої частини на незатуплену шляхом повороту трубки вздовж її дуги і осі. Для реставрації трубки достатньо заточити кромки її проточки. Досвід багатократного використання на свердловинах пропонованого ГП навіть з роликками лінійної циліндричної форми показує, що ресурс нереставрованої трубки достатній для очистки 10...15 свердловин. Ці дані підтверджують довговічність роботи пропонованого ГП. Замість роликків можна застосувати і інші елементи, наприклад, кульки. Пропонований ГП може працювати також і без СН в колоні НКТ, оснащений на рівні пласта посадочним гніздом, якщо створювати простором тиск з допомогою насосно-компресорного агрегату.

Джерела інформації:

1. Кудынов В.И., Сучков Б.М. Методы повы-

шения производительности 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.Г. 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. – 1065.

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

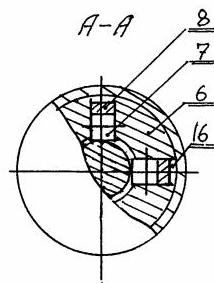
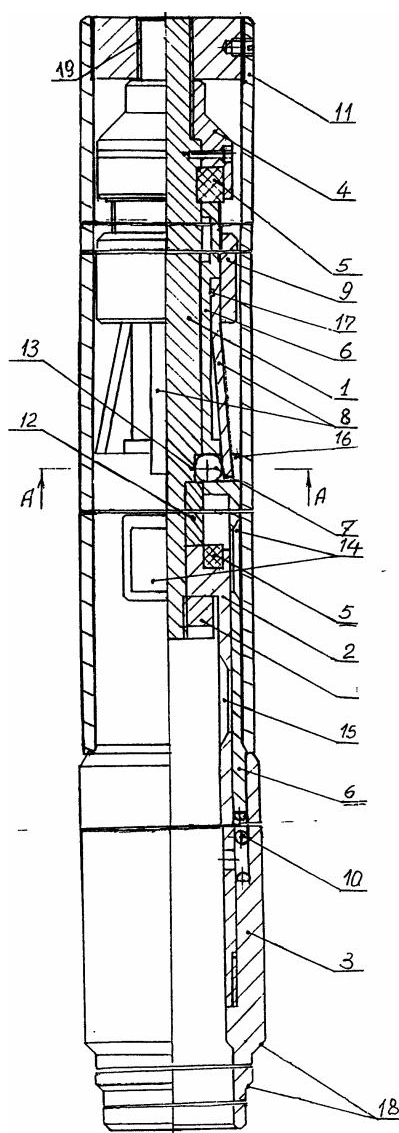


Рис. 1

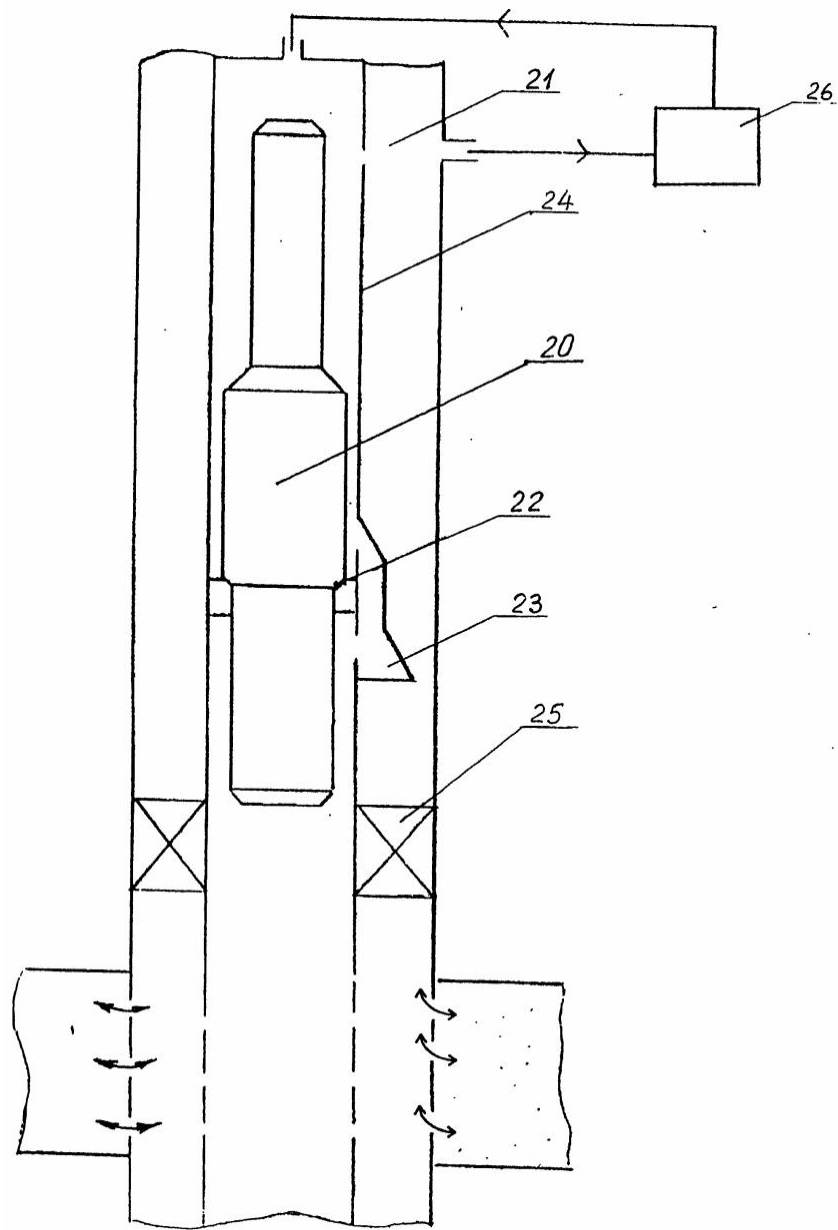


РИС. 2