

Винахід належить до сфери спорудження нафтових і газових свердловин, зокрема до пристроїв, які створюють пульсації тиску на вибої для підвищення ефективності буріння.

Відомий пристрій для створення кавітаційних пульсацій тиску з метою підвищення ефективності руйнування гірської породи [1], що складається з корпусу з приєднувальними різьбами, крильчатки, кавітаційної камери та сопла. Пристрій встановлюють у компоновці низу бурильної колони безпосередньо над долотом та створюють пульсації тисків промивальної рідини за рахунок зміни площі прохідного каналу під час швидкого обертання крильчатки а у кавітаційній камері відбувається підсилення пульсацій.

Використання цього пристрою для вирішення завдань підвищення ефективності буріння свердловин не можна вважати доцільним через те, що він призначений тільки для підсилення процесу руйнування гірської породи, у той час як утворений у більшій кількості шлам може накопичуватись у кільцевому просторі, осідати та створювати додаткові проблеми для очищення і промивання свердловини. Це відбувається унаслідок того, що прохідний канал для направлення потоку промивальної рідини на крильчатку має невелику площу поперечного січення через що потік рідини рухається з великою лінійною швидкістю і відповідно крильчатка обертається з великою кутовою швидкістю. Це забезпечує тільки високочастотні коливання тиску з низькою амплітудою і тому такі пульсації швидко згасають у зоні вибою не поширюючись по кільцевому простору свердловини, що особливо важливо для горизонтального буріння.

Також відомий інструмент для буріння свердловин [2] який включає в себе бурове долото і кавітаційну камеру, що встановлена у корпусі-перехіднику перед долотом, захисного екрану та конфузора. Промивальна рідина, проходячи з великою швидкістю через сопло камери, потрапляє в зону, де під дією тиску кавітаційні пухирці руйнуються і формуються імпульси тиску великої частоти, котрі передаються на вибій, що сприяє швидшому руйнуванню породи. Проте і цей пристрій не забезпечує достатньої ефективності буріння свердловин, що є наслідком низки вад характерних для нього, а саме:

- пристрій створює тільки високочастотні коливання які теж не поширюються по кільцевому простору свердловини, і не сприяють запобіганню утворення застійних зон з накопиченого шламу, особливо для горизонтальних чи похилих ділянок свердловин;

- для створення частотно-пульсуючих імпульсів у кавітаційній камері унаслідок розриву суцільності потоку промивальної рідини необхідні швидкості її руху у межах (70-100м/с), що може бути забезпечено тільки за великої витрати рідини, що в свою чергу збільшує гідродинамічну складову загального тиску;

- захисний екран у пристрої захищає від кавітаційного руйнування тільки центральний канал долота, тоді як його промивальні канали такого захисту не мають, що загалом призводить до передчасного виходу їх з ладу та зменшення терміну придатності долота.

Найбільш близьким за технічною суттю до пристрою що заявляється, є інструмент для підвищення швидкості проходки, який генерує імпульсний струмінь регульованої частоти [3], що складається з корпусу з приєднувальними різьбами, силового блока у вигляді турбіни та блока створення імпульсів тиску у вигляді суцільної динамічної пластин і статичної пластини з отворами. Імпульси тиску створюються завдяки обертанню турбіною динамічної пластини, котра повністю перекриває проточні канали статичної пластини (тиск зростає), або відкриває їх (тиск спадає).

Цей пристрій також має певні вади котрі у комплексі не вирішують завдання підвищення ефективності буріння свердловин. По-перше кутова швидкість обертання турбіни, як технічного пристрою, пропорційно зменшується прикладеному крутному моменту, тобто порушується стабільність процесу обертання. Крім того, на швидкість обертання впливає величина витрати промивальної рідини та її параметри, у першу чергу її густина. По-друге, за технічною характеристикою зазначеного пристрою частота імпульсів у два рази перевищує швидкість обертання турбіни, тобто будь яке відхилення у бік збільшення чи зменшення швидкості обертання турбіни, з причин зазначених вище, призводить до двократної зміни частоти імпульсів тиску, що загалом знижує ефективність його роботи. По-третє, за конструктивною суттю пристрою виникають ризики зупинки обертання турбіни у положенні повного перекриття прохідних отворів статичної пластини для потоку промивальної рідини. По-четверте, пристрій не призначений функціонально для поширення імпульсів тиску по кільцевому простору свердловини.

Таким чином, всі зазначені пристрої пришвидшують механічну швидкість буріння унаслідок чого утворюється більша кількість шламу за одиницю часу, який при вибраній витраті бурового розчину не зможе ефективно видалятися з кільцевого простору свердловини, особливо зі збільшенням кута нахилу її поздовжньої вісі аж до горизонтального положення, що може призвести до утворення застійних зон та ускладнень у процесі буріння.

В основу винаходу поставлено задачу розробити ефективний пристрій для створення імпульсів тиску у вибійній ділянці свердловини з можливістю їх поширення у кільцевому просторі свердловини шляхом виконання силового блока за принципом об'ємного гвинтового двигуна, включення у блок створення імпульсів нерухомого диска, розташування його у виточці внутрішньої порожнини корпусу

та фіксування стопорною втулкою, виконання у диску центрального отвору для валу та оснащення диска щонайменше трьома прохідними каналами більшого діаметра розташованими на вершинах уявного рівностороннього трикутника та трьома прохідними каналами меншого діаметра також розташованими на вершинах іншого уявного рівностороннього трикутника, зміщення прохідних каналів меншого діаметра відносно прохідних каналів більшого діаметра як по колу, так і по віддалі від центра диска, перекриття кожного прохідного каналу більшого діаметра круглою поворотною закривкою діаметром, більшим за його діаметр, облаштування кожної закривки вушком, у якому зафіксована вісь, що проходить через нерухомий диск з можливістю вільного обертання у ньому, оснащення кожної осі обертання пружиною нижній кінець котрої зафіксований з віссю обертання а верхній з нерухомим диском, розташування у центральному отворі диска валу, що верхнім кінцем з'єднаний з ротором силового блока, закріплення на валу нерухомо обойми з важелем, оснащення кожної закривки з верхнього боку ексцентричною опорою у формі півкруга, що взаємодіє з важелем обойми, для періодичного повороту закривок та створення імпульсів тиску.

Суттєвою відмінністю запропонованого пристрою є те, що вибійний пульсатор імпульсів тиску, який включає корпус з приєднувальними різьбами, силовий блок у вигляді турбіни та блок створення імпульсів тиску у вигляді суцільної динамічної пластини та статичної пластини з отворами, згідно запропонованого винаходу відрізняється тим, що силовий блок виконаний за принципом об'ємного гвинтового двигуна, а блок створення імпульсів включає нерухомий диск, що розташований у виточці внутрішньої порожнини корпусу та зафіксований стопорною втулкою, причому у диску виконаний центральний отвір для валу, диск оснащений щонайменше трьома прохідними каналами більшого діаметра розташованими на вершинах рівностороннього трикутника та трьома прохідними каналами меншого діаметра також розташованими на вершинах іншого рівностороннього трикутника, крім того прохідні канали меншого діаметра зміщені відносно прохідних каналів більшого діаметра як по колу, так і по віддалі від центра диска, кожен прохідний канал більшого діаметра перекритий круглою поворотною закривкою діаметром, більшим за його діаметр, кожна закривка облаштована вушко, у якому зафіксована вісь, що проходить через нерухомий диск з можливістю вільного обертання у ньому, кожна вісь обертання оснащена пружиною нижній кінець котрої зафіксований з віссю обертання, а верхній з нерухомим диском, у центральному отворі диска розташований вал, що верхнім кінцем з'єднаний з ротором силового блока, на валу нерухомо закріплена обойма з важелем, кожна закривка з верхнього боку оснащена ексцентричною опорою у формі півкруга, що взаємодіє з важелем обойми, для періодичного повороту закривок та створення імпульсів тиску.

Застосування вибійного пульсатора тиску запропонованої конструкції дає можливість зменшити залежність кутової швидкості обертання ротора силового блока від витрати промивальної рідини та її параметрів, а також створювати низькочастотні коливання тиску з більшою амплітудою завдяки можливості регулювання частоти коливань у потрібних межах. Зазначене забезпечується тим, що силовий блок пристрою виконаний за принципом об'ємного гвинтового двигуна, швидкість обертання ротора якого визначається кількістю заходів на статорі і роторі. Найбільшу кутову швидкість обертання ротора забезпечують однозахідні двигуни (співвідношення заходів статора і заходів ротора 2:1), найменшу - за співвідношення 10:9, тобто проста заміна силового блока дозволяє вибрати потрібну швидкість обертання для забезпечення частотних параметрів. Крім того, у запропонованому пристрої усувається небезпека зупинки обертання ротора завдяки наявності постійно відкритих прохідних каналів меншого діаметра, що забезпечують миттєву мінімальну циркуляцію промивальної рідини.

Промислову придатність за принципом роботи запропонованого пристрою забезпечує те, що він не тільки сприяє підвищенню ефективності руйнування гірської породи на вибої свердловини, але й надає можливість поширювати пульсації тиску низької частоти по кільцевому простору свердловини, унаслідок чого виникають локальні збурення у потоці промивальної рідини. Такі збурення запобігають формуванню застійних зон у кільцевому просторі та накопиченню у них вибуреної породи, що особливо актуально для похило-скерованих та горизонтальних свердловин, унаслідок чого покращується процес їх очищення і зменшується імовірність виникнення різного роду ускладнень пов'язаних з цим негативним явищем та у цілому підвищується ефективність спорудження свердловин.

Таким чином, за сукупністю відомих і внесених суттєвих ознак, що відповідають критеріям новизни і винахідницького рівня, і їх причинно-наслідковим зв'язком, маємо комплексне технічне рішення, яке забезпечує досягнення якісно нового технічного результату, достатнього для вирішення поставленого завдання винаходу.

Суть винаходу пояснюється кресленням.

На Фіг.1 наведено схему загального виду пристрою; на Фіг.2 – схему розташування прохідних каналів у диску; на Фіг.3 – схему закритих прохідних каналів більшого діаметра та відкритих прохідних каналів меншого діаметра; на Фіг.4 – схему траєкторії руху ексцентричної опори з закривкою при обертанні важеля; на Фіг.5 – схему взаємодії важеля та ексцентричної опори у процесі їх переміщення; на Фіг.6 – схему відкриття прохідного каналу більшого діаметра; на Фіг.7 - схему розташування елементів у блоці створення імпульсів тиску; на Фіг.8 – схему кріплення вісі обертання

закривки; на Фіг.9 – вид вісі обертання у перерізі А-А; на Фіг.10 – схему кріплення ексцентрично опори у закривці; на Фіг.11 – схему кріплення диска стопорною втулкою у виточці корпусу.

Пристрій (Фіг.1, 2, 3) складається з корпусу 1 з приєднувальними різьбами 2 і 3, всередині верхньої частини корпусу розташований силовий блок, що включає статор 4, розміщений у корпусі 1 та ротор 5 на опорах 6. Блок створення імпульсів тиску розташований всередині нижньої частини корпусу 1 і включає диск 7, що розташований у циліндричній виточці 8 корпусу 1 та зафіксований стопорною втулкою 9 різьбовим з'єднанням з корпусом 1. У диску 7 виконаний центральний отвір 10 та прохідні канали 11 більшого діаметра, центри яких розміщені на вершинах вписаного в коло радіусом R уявного рівностороннього трикутника ABC. Прохідні канали 12 меншого діаметра, зміщені відносно прохідних каналів більшого діаметра як по колу, так і по віддалі від центра диска, а їх центри розміщені на вершинах вписаного в коло радіусом R_1 уявного рівностороннього трикутника EDK. Кожен прохідний канал більшого діаметра 11 перекритий круглою поворотною закривкою 13 діаметром, більшим за його діаметр, а кожна закривка 13 облаштована вушко 14, у якому зафіксована вісь 15, що проходить через нерухомий диск 7 з можливістю вільного обертання у ньому. Кожна вісь обертання 15 оснащена пружиною 16 нижній кінець котрої зафіксований з віссю обертання 15 а верхній з нерухомим диском 7. У центральному отворі 10 диска 7 розташований вал 17, що верхнім кінцем з'єднаний з ротором 5 силового блока. На валу 17, шпонкою 18, нерухомо закріплена обойма 19 з важелем 20, кожна закривка 13 з верхнього боку оснащена ексцентричною опорою 21 у формі півкруга, що взаємодіє з важелем 20.

Технологія робіт та методика використання запропонованого пристрою полягає у наступному. Спочатку вибирають технологічні параметри силового блока, для чого необхідно знати діаметр долота, що буде використовуватись для буріння свердловини, зенітний кут її вісі та відповідно оптимальну частоту зміни тиску. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням зенітного кута доцільно зменшувати частоту зміни тиску та збільшувати амплітуду, щоб досягти найкращої якості очищення кільцевого простору свердловини. Наприклад, для горизонтальних стволів свердловин оптимальна частота зміни тиску має межі $(10 \div 20)$ Гц, що характерно для низькочастотних коливань. За такої частоти збурення тиску у кільцевому просторі свердловини можуть поширюватись на віддаль до 2000 м без значних затухань. Наприклад, для бурових доліт діаметром інтервалу $(214,3 \div 244,5)$ мм, у силовому блоці можна використати однокрокову секцію гвинтового двигуна ДП-176,6-29 (загальна кількість кроків двигуна 4,6) зі співвідношенням числа заходів статора до заходів ротора 7:6. За таких умов потужності силового блока з великим запасом вистачає для обертання валу пристрою, а число обертів ротора двигуна становить $210 \div 300$ обертів за хвилину. Запропонована конструкція блока створення імпульсів тиску, мати забезпечувати частоту імпульсів у межах $(11 \div 15)$ Гц. За потрібних інших частот змінюють параметри силового блока шляхом вибору типу гвинтового двигуна та числа заходів. Перед спуском у свердловину запропонований пристрій тарують на поверхні, визначаючи частоту коливань та амплітуду зміни тиску за вибраної витрати промивальної рідини та можливі відхилення цих параметрів при зміні витрати. Після тарування його встановлюють у компоновці низу бурильної колони, безпосередньо між долотом та наступним елементом колони (наприклад ОБТ), шляхом з'єднання різьбами 3 і 2, відповідно, та спускають у свердловину. Під час буріння свердловини через бурильну колону закачують промивальну рідину, яка надходить у вибійний пульсатор імпульсів тиску (на фіг.1 зображено стрілками) та приводить у дію силовий блок, ротор 5 якого обертає вал 17 блока імпульсів тиску. Оскільки на валу 17 нерухомо закріплена обойма 19 з важелем 20, то останній теж обертається, вершина якого рухається по колу радіусом R_4 (фіг. 4). У процесі обертання важіль 20 взаємодіє з ексцентричною опорою 21 у формі півкруга, якою оснащена кожна закривка 13. Центри осей обертання 15 всіх закривок 13 рівнозначно віддалені від центру диска 7 та знаходяться на колі радіусом R_2 (фіг. 3), що забезпечує однаковий механізм взаємодії ексцентричних опор 21 закривок 13 з важелем 20. При обертанні важеля 20 він вступає у взаємодію з ексцентричною опорою 21 (фіг. 4, фіг. 5) у точці (а) та переміщується разом з нею до точки (b) вершиною по колу радіусом R_4 (фіг. 4). У той же час ексцентрична опора 21 переміщається по колу радіусом R_3 (фіг. 4, фіг. 5). Оскільки центри кіл радіусом R_4 та радіусом R_3 не збігаються то у точці (а) важіль 20 максимально виступає за ексцентричну опору 21 а під час подальшого переміщення до точки (b) цей виступ поступово зменшується і у цій точці взаємодія між важелем 20 та ексцентричною опорою 21 зникає (фіг. 5). Такий вихід з контакту важеля 20 та ексцентричної опори 21 забезпечується тим, що ця опора закріплена з закривкою 13 нерухомо, тому вона у процесі переміщення по траєкторії (a-b), повертається від максимального контакту з важелем 20 у точці (а) до виходу з контакту у точці (b), коли опора 21 повернута до вершини важеля 20 зрізаним півколом. У процесі такого зміщення зазначених елементів відбувається відкриття прохідного каналу 11 більшого діаметра (фіг.6), та закручування витків пружини 16 нижній кінець котрої зафіксований з віссю обертання 15 а верхній з нерухомим диском 7. Після виходу з контакту важеля 20 та ексцентричної опори 21 під зворотною дією пружини 16 закривка 13 повертається у вихідне положення та закриває прохідний канал 11. Отже за один оберт валу 17 по чергово відкриваються та закриваються усі три прохідні канали більшого діаметра 11 відповідно, зменшуючи та збільшуючи загальну площу для перетікання промивальної рідини. У момент

зменшення площі тиск зростає, у момент збільшення - спадає, що призводить до виникнення його пульсацій з відповідною частотою та їх поширення по кільцевому простору свердловини.

Прохідні канали меншого діаметра 12 розташовані так, що під час обертання важеля 20 та переміщення закривок 13 вони не перекриваються цими елементами та постійно перебувають у відкритому положенні. Це необхідно для того, щоб у той момент, коли всі прохідні канали більшого діаметра 11 закриті підтримувався мінімальний рух потоку промивальної рідини та не виникало ризику зупинки роботи пристрою. Мінімальний діаметр таких каналів розраховують теоретично а перед використанням пристрою, за потреби, можна змінювати їх робочу кількість, шляхом використання пристроїв для закриття, наприклад заглушок.

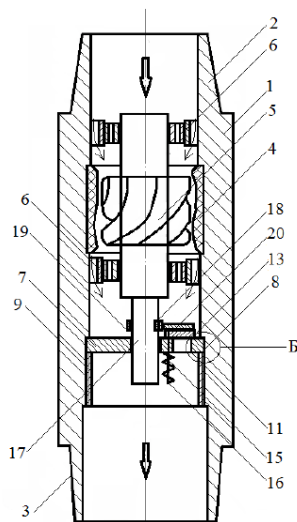
Отже запропонований пристрій, дозволяє регулювати швидкість обертання ротора силового блока у технологічно обґрунтованих межах для забезпечення потрібних частотних параметрів імпульсів тиску. Його включають у компоновку інструменту для буріння свердловини і він сприяє як підвищенню ефективності руйнування гірської породи на вибої свердловини так і забезпечує поширення пульсації тиску низької частоти по кільцевому простору свердловини. Унаслідок цього покращується процес очищення свердловин і зменшується імовірність виникнення різного роду ускладнень та у цілому підвищується ефективність їх спорудження.

Джерела інформації:

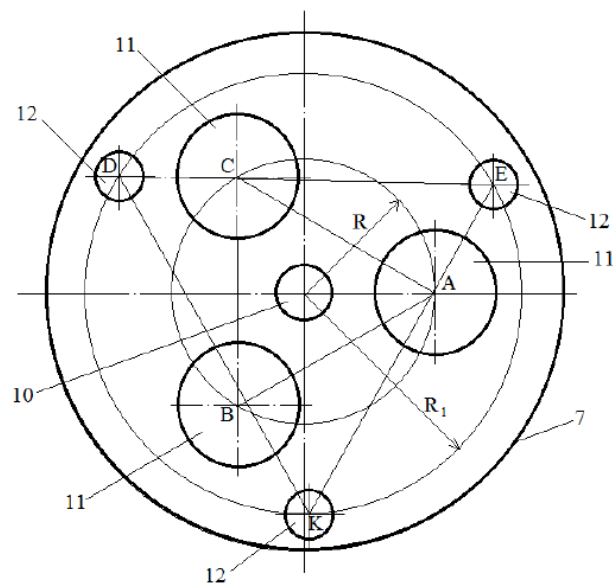
1. A Novel Tool To Improve the Rate of Penetration–Hydraulic-Pulsed Cavitating-Jet Generator / J. Fu et al. SPE Drilling & Completion. 2012. Vol. 27, no. 03. P. 355–362. URL: <https://doi.org/10.2118/162726-ra>.

2. Патент України на винахід № 85247, МПК E21B 10/42 (2006.01). Інструмент для буріння свердловин. Яремійчук Р.С., Фем'як Я.М., Возний В.І., Лотовський І.В., Іткін О.Ф., Гольденберг А.М, Дьомін Ю.М. Опубл. 12.01.2009. Бюл.№1.

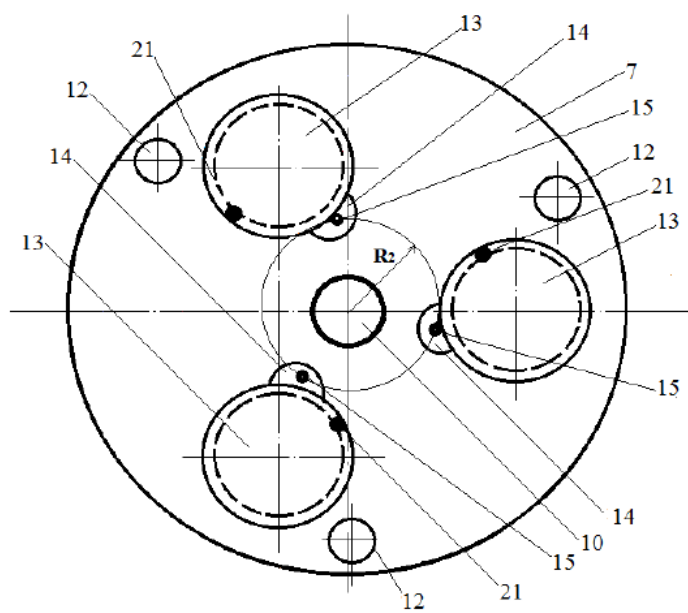
3. Development and Application of Adjustable Frequency Pulse Jet Generating Tool to Improve Rate of Penetration in Deep Wells / L. Cui et al. IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition, Tianjin, China. 2012. URL: <https://doi.org/10.2118/155799-ms>. (аналог)



Фіг. 1



Φir. 2



Φir. 3

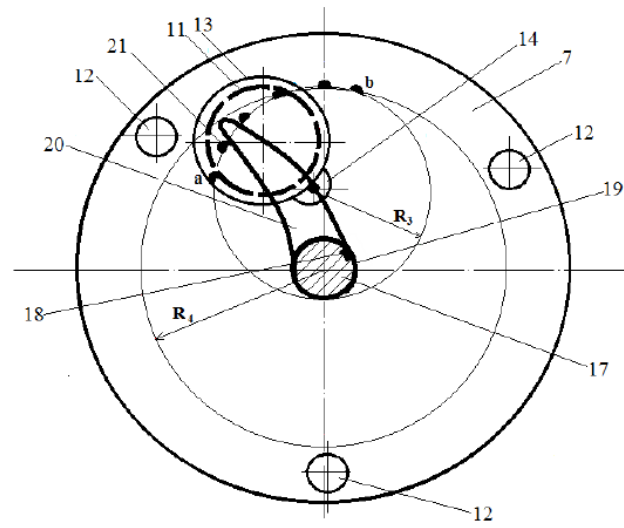


Fig. 4

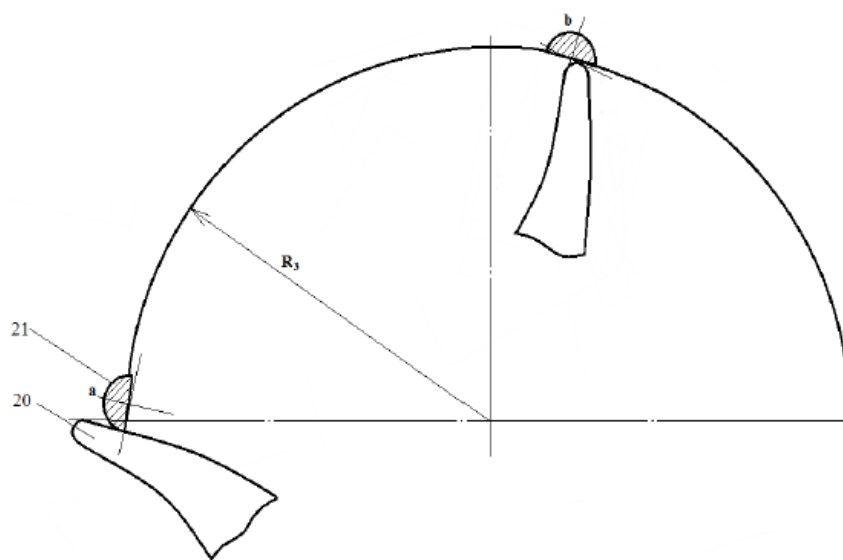
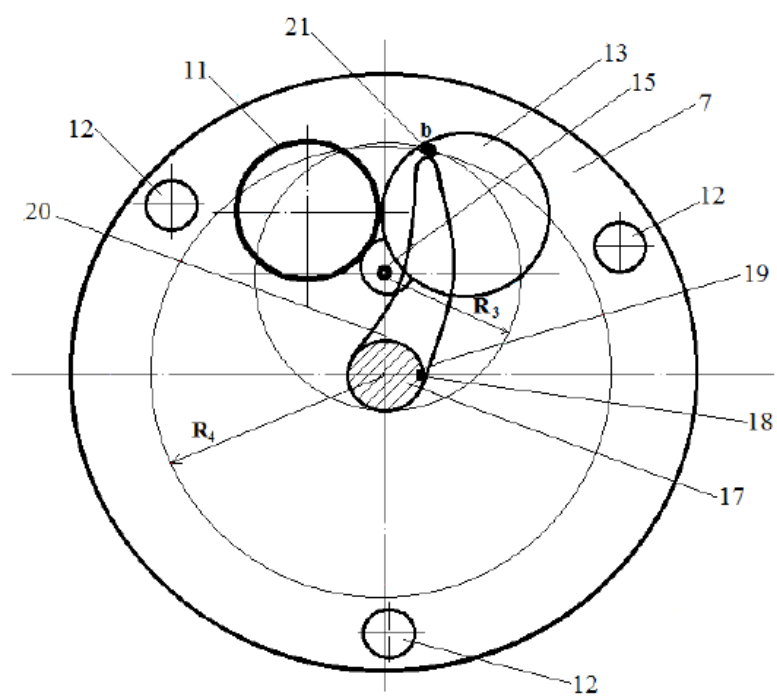
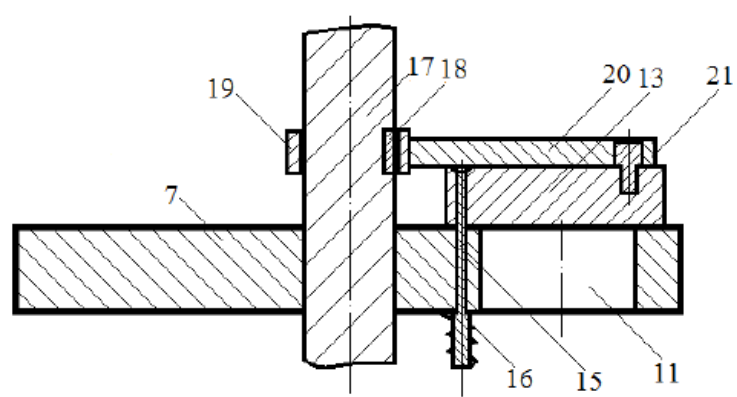


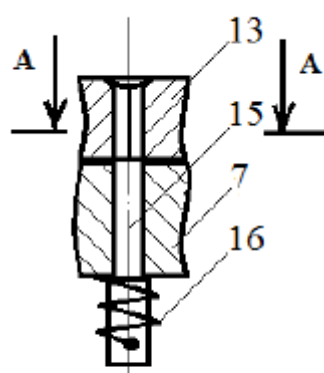
Fig. 5



Φir. 6



Φir. 7



Φir. 8

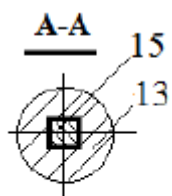


Fig. 9

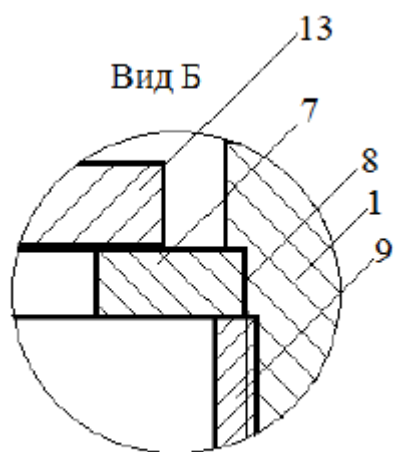


Fig. 10

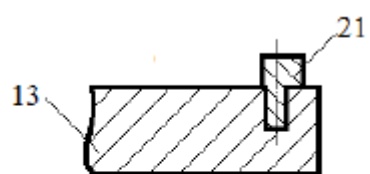


Fig. 11