

- with different CrB<sub>2</sub> concentrations, sintered by vacuum hot pressing, for drill bits. *J. Superhard Mater.* 43(5), 344–354.
20. Ratov, B.T., Mechnik, V.A., Bondarenko, N.A., Strelchuk, V.V., Prikhna, T.A., Kolodnitskyi, V.M., Nikolenko, A.S., Lytvyn, P.M., Danylenko, I.M., Moshchil, V.E., Gevorkyan, E.S., Chishkala, V.A. (2022). Phase formation and physicomaterial properties of WC–Co–CrB<sub>2</sub> composites sintered by vacuum hot pressing for drill tools. *J. Superhard Mater* 44(1), 1–11.
21. Bondarenko, N.A., Mechnik, V.A. (2011). The influence of transition area diamond-matrix on wear resistance and operation properties of drilling tool produced by ISM. *SOCAR Proc.* (2), 18–24.
22. Bondarenko, N.A., Novikov, N.V., Mechnik, V.A., Olejnik, G.S., Vereshchaka, V.M. (2004). Structural peculiarities of highly wear-resistant superhard composites of the diamond–WC–6Co carbide system. *Sverkhтвердые Материалы.* (6), 3–15.
23. Ratov, B.T., Bondarenko, N.A., Mechnik, V.A., Strelchuk, V.V., Prikhna, T.A., Kolodnitsky, V.M., Nikolenko, A.S., Lytvyn, P.M., Danylenko, L.M., Moshchisl, V.T., Borash, A.R., Muzaparova, A.B. (2022). A study of the structure and strength properties of the WC–Co drill insert with different CrB<sub>2</sub> content sintered by vacuum hot pressing. *SOCAR Proc.* (1), 37–46.
24. Kodash, V.Y., Gevorkian, E.S. (2003). *Pat. 6617271 B1 USA IC C04B 35/56*. Tungsten carbide cutting tool materials.

УДК 622.243.95

DOI: 10.33839/2708-731X-27-1-39-49

**А.О. Ігнатов**, канд. техн. наук

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького,  
19, 49027, м. Дніпро, Україна, e-mail: A\_3000@i.ua*

## **ОГЛЯД СКЛАДОВИХ ГІДРОМЕХАНІЧНОГО БУРІННЯ З ПОЗИЦІЙ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ**

*Надано опис перспективним шляхам розвитку техніки і технології буріння свердловин. Охарактеризовано основні принципи реалізації гідромеханічного способу буріння за допомогою модернізованих кулеструминних пристроїв. Розглянуто особливості конструктивного виконання та відпрацювання спеціалізованої бурової коронки для пристроїв гідромеханічного буріння свердловин. Показано ефективність застосування в пристроях гідромеханічного буріння додаткових механізмів створення динамічних ударних навантажень для породоруйнівного інструменту.*

*Доведено, що фактором інтенсифікації процесів руйнування породи на вибої споруджуваної свердловини може виступати чинник посилення ступеню динамічності впливу на гірський масив.*

*Наведені результати комплексних досліджень гідромеханічного буріння є базовими для подальшої розробки методичних основ гідромеханічного буріння; вони також будуть корисними при адаптації інших споріднених способів буріння до конкретних свердловинних умов.*

**Ключові слова:** *гідромеханічне буріння, свердловина, вибій, бурова коронка, гірська порода, пристрій, породоруйнівна куля, гідроударник.*

### **Постановка проблеми**

Серією спеціальних проведених досліджень різного характеру було переконливо доведено, що високорозвинені галузі промисловості, із метою ефективної своєї роботи,

потребують їх забезпечення надійними енергетичними та сировинними джерелами, в основному природного походження, які знаходяться на значних глибинах в товщі земних надр [1].

Необхідно позначити, що здійснення робіт метою яких виступає геологічні пошук та розвідка – із наступною промисловою розробкою – різних за генезисом родовищ корисних копалин, обов'язково пов'язано із застосуванням технології отримання в гірському масиві свердловин різного призначення. Причому особливої уваги тут заслуговує наступна важлива обставина: в залежності від міри зростання ступеню складності геологічної будови певного типу родовища змінюється і потреба у масштабності проведення свердловинних робіт, логічно, у бік збільшення кількості відповідних специфічних гірських виробок [2].

Відповідно до предмету досліджень відмітимо, що основні механічні властивості гірських порід геологічного розрізу свердловин значно відрізняються своєю поведінкою під впливом зовнішніх сил, причому останні мають різноманітні причини виникнення та ступінь інтенсивності. Важливо і наступне: особливості технологічного циклу буріння свердловин передбачають застосування певного кола прийомів руйнування гірської породи, які ґрунтуються переважно (але не виключно) на умові реалізації різного роду механічного впливу на породний масив. Проте детальне вивчення особливостей процесу буріння доводить існування потенціалу зростання швидкості (в різних інтерпретаціях руйнівного впливу), з якою свердловина проникає в гірську породу, а це буде підставою для досягнення високих техніко-економічних характеристик розглядуваного виробничого циклу. Поясненню зазначеного нами положення буде сприяти тезисне аналітичне дослідження деяких особливо важливих компонент процесу спорудження свердловин, який містить у своєму складі серію специфічних виробничих операцій до яких, зокрема, відносяться: активне руйнування породного масиву різної твердості на вибої споруджуваної свердловини (стовбур якої має умовно круглий переріз порівняно малої площі при значній протяжності самої свердловини), цикл очищення вибою – а також стовбуру – від зруйнованої породи (так званого бурового шламу), проведення робіт із забезпечення нормального ходу спорудження свердловин (спуск і підйом бурового інструменту, спуск обсадних труб, цементування затрубного простору та ін.). Якісні показники дослідження або експлуатації певної категорії свердловин багато в чому будуть залежати від ефективності здійснення перелічених нами основних виробничих операцій, особливо тих, що стосуються досконалості отримання каналу в гірському масиві, а саме: проведення стовбуру свердловини без прояву геологічних ускладнень і надійне кріплення стінок останнього спеціальними матеріалами. Виконання відміченого може бути здійснено на підставі, у тому числі, застосування достатньо результативних прийомів руйнування гірського масиву та кріплення нестійких породних стінок стовбура свердловини [3].

Визначення альтернативних нині застосовуваним прийомам руйнування гірських порід за спорудження свердловин (особливо виділимо тут механічні), за базу може мати результати вивчення окремо взятого одиничного процесу взаємодії в парі «орган впливу на об'єкт руйнування - гірський масив». Причому виробнича цінність нових методів дезінтеграції гірських порід вибою свердловини буде визначатись, окрім іншого, детальністю вивчення кожної з фаз акту руйнування із наступним заломленням комплексної технології спорудження свердловин до конкретних геолого-технічних умов [4].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Натепер існує велике число науково-практичних робіт, предметом яких виступає аналіз певних питань технології спорудження свердловин; ранжувати ці роботи можна за ознаками операцій циклу спорудження свердловини та метою, яку ставили перед собою дослідники. Стосовно конкретних результатів досліджень необхідно позначити, що вони полягають в обґрунтуванні необхідності застосування ефективних матеріалів для виготовлення породоруйнівного інструменту (на підставі детального вивчення фізико-механічних властивостей

гірських порід, до прикладу таких як міцність, твердість, абразивність, пружність, пластичність і т.д.), розробці прогресивних конструкцій переважно механічного, породоруйнівного інструменту, а також удосконаленні режимних параметрів експлуатації останнього; саме новітнім способам руйнування гірського масиву уваги приділяється достатньо мало [5].

Піддаючи детальному вивченню ключові аспекти вибійних процесів формування вибою свердловини в масиві гірської породи, а також основні його теоретичні закономірності, будемо мати за наслідок наступний висновок: швидкість поглиблення вибою багатofакторний показник і може цілеспрямовано регулюватися (звісно у напрямку збільшення) за рахунок, серед іншого, застосування активних фізичних, хімічних та інших полів впливу і їх комбінацій. Крім того, великі перспективи відкриває залучення до реалізації циркуляційних процесів в свердловині спеціальних очисних агентів із особливими технологічними властивостями, не варто забувати і про необхідність адаптації режимів буріння свердловин до конкретних гірничих, геологічних та технічних умов на промисловій ділянці [6].

Беручи до уваги принципи найбільш часто застосовуваних способів спорудження свердловин, останні можуть бути укрупнено класифіковані як чисто механічні (за них вплив на гірську породу в інтервалі вибою свердловини здійснюється завдяки певного конструктивного оформлення і озброєння породоруйнівним інструментом) та, в протилежність названим, ідентифікуються також немеханічні (здебільшого це фізичні у формі термічного, вибухового, гідравлічного, електричного або комбінованого впливу на гірський масив, не виключенням є також і певний хімічний вплив на останній). Деякі з названих фізичних способів вже знаходяться в категорії активного промислового впровадження, інші перебувають на стадії лабораторного вивчення або аналітичного обґрунтування [7].

Необхідно обов'язково підкреслити наступне: саме метод чисто роторного (або більш широко – обертального) буріння, в багатьох інтерпретаціях, є найпоширенішим. Хоча велике число свердловин споруджується саме за допомогою обертального способу буріння, вказана обставина не є переконливим свідченням його виробничої досконалості і відсутності для нього значних органічних недоліків [8].

Ґрунтуючись на результатах аналітичного, лабораторного та стендового вивчення прийомів і методів формування вибою свердловини в масиві гірських порід ми можемо стверджувати, що значна інтенсифікація вибійних процесів руйнування породного масиву має за свою основу реалізацію принципів комбінованої дії на об'єкт впливу із залученням до цього факторів механічного, фізичного та хімічного походження і характеру.

### **Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**

Приймаючи до уваги наявність широкої гами важливих виробничих процесів, які підлягають своєму обов'язковому удосконаленню, ми можемо стверджувати, що зазначене ефективно здійснене лише на підставі глибокого індивідуального вивчення усіх складових кожного з технологічних циклів та їх наступного інтегрального аналізу із формулюванням відповідних висновків. Вказане нами тут положення може бути трансформовано для умов формування стовбуру свердловини в гірському масиві наступним чином. Вибійний процес руйнування являє собою комплекс явищ, серед яких найбільш важливими для розгляду, з позицій формулювання адекватної картини поглиблення вибою свердловини, будуть: одиничний акт взаємодії ініціатора руйнівного процесу (різного технічного стану) із гірською породою і його основні закономірності, існування як такого та масштабність впливу циркуляційного середовища на розвиток, а також інтенсифікацію руйнівних процесів [5].

Навіть найбільш поверхневий розгляд сутності комплексних процесів формування стовбуру свердловини в гірському масиві неодмінно вимагає досконалого вивчення всіх техніко-технологічних особливостей взаємодії в парі «гірська порода - інструмент впливу», досягнути чого не має можливості через недоступність застосування прямих методів досліджень вибійних процесів спорудження свердловин. Через вказане майже повністю

відсутні надійні канали отримання гранично вірної поточної інформації про стан гірського масиву і самого породоруйнівного органу та перебіг вибійних циркуляційних процесів. Названі причини надмірно ускладнюють і процеси дослідження ефективності впровадження інноваційних рішень щодо удосконалення перебігу вибійних процесів. Саме висвітлені обставини є обов'язковою передумовою необхідності цілеспрямованого використання (для отримання реалістичної уяви про цикл спорудження свердловин) вельми спеціальних методів досліджень вибійних свердловинних процесів та характеру впливу на них кожного з факторів їх раціоналізації та інтенсифікації [6].

Практикою виконання бурових робіт переконливо доведено існування критичної необхідності швидкого впровадження нововведень щодо розв'язання проблематики корінного зростання продуктивності циклу спорудження свердловин різних промислових груп. Вагомим наслідком зазначеного може виступати істотне збільшення величини поглиблення вибою свердловини за одиницю часу, зниження доволі високих витрат на різноманітні бурові інструменти та відповідне обладнання із паралельним унеможливленням виникнення ускладнень і аварій в стовбурі споруджуваної свердловини [3].

Не підлягає сумніву, що визначення ряду фундаментальних властивостей і сутності поведінки гірських порід – у ракурсі потреби проектування для них вельми ефективних прийомів руйнування – і є тим найважливішим елементом подальшого цільового вдосконалення алгоритму розробки та комплексного обґрунтування раціонального технологічного режиму спорудження свердловин, особливо в складних гірничо-технічних умовах буріння названих специфічних гірських виробок доволі різних промислових груп. Саме така трактовка підходів до удосконалення процесів спорудження свердловин дозволить отримати реальні проєктні показники щодо відповідності останніх основним критеріям скорочення витрат на бурові та інші суміжні роботи. За вказаних нами умов дуже важливо виробити послідовність реалізації всіх технологічних операцій бурового циклу із відповідним технічним супроводженням.

Мета статті окреслюється комплексним детальним аналізом основних закономірностей процесу руйнування гірських порід, зокрема гідромеханічним способом, на вибої споруджуваної свердловини під впливом різних за походженням факторів, обумовлених фізико-механічними властивостями самих гірських порід, конструктивним виконанням породоруйнівного органу та технологічним режимом буріння конкретних груп свердловин.

### **Обґрунтування вживання і опис вибраної автором методики**

Для визначення основних особливостей протікання вибійних руйнівних процесів, реалізованих при застосуванні пристроїв комбінованого гідромеханічного буріння, застосовано: методики аналітичних й комплексних експериментальних досліджень, окремі прийоми математичного й фізичного моделювання, методи обробки й інтерпретації результатів досліджень у середовищі SolidWorks, Statgraphics, Mathcad, а також відповідні специфіці досліджень контрольно-вимірвальні прилади, інструмент й матеріали.

Моделювання вибійних процесів руйнування гірських порід здійснювалося на спеціально сконструйованій стендовій установці, що обладнана відповідними колонковим верстатом, контрольно-вимірвальними приладами й пристроями (зокрема: витратомір, манометр, тахометр, координатник, підшипниковий вузол позиціонування, механізм подавання).

Власне оцінку результатів комплексного процесу руйнування гірського масиву ударами куль здійснювали шляхом визначення глибина лунки руйнування за допомогою електронного штангенциркулю з глибиноміром а об'єм останньої визначався шляхом заповнення її пластиліном або парафіном.

### Результати дослідження

Серед найважливіших операцій у складному циклі спорудження свердловини найбільшої уваги дослідників потребує етап формування заданого робочого отвору в гірській породі, тобто процес руйнування гірської породи шляхом застосування певних видів, наприклад, механічного впливу [10]. Вказаний нами механічний вплив на гірські породи вибою свердловини може бути реалізований, до прикладу, за допомогою інструменту у вигляді бурових доліт з озброєнням типу твердосплавних різців [11], також він здійснений шляхом нанесення ударів по гірській породі твердосплавними кулями з паралельним залученням останніх до специфічної механічної взаємодії із спеціальним інструментом, призначенням якого є утримання і рух куль в площині вибою. Такий принцип взаємодії є характерним для розроблюваного гідромеханічного способу буріння, за якого формування центральної частини вибою свердловини здійснюється бомбардуванням його розігнаними потоком очисного агенту до певної швидкості твердосплавними кулями, а периферійної – безпосереднім контактуванням куль із породою вибою (рис. 1) [6].

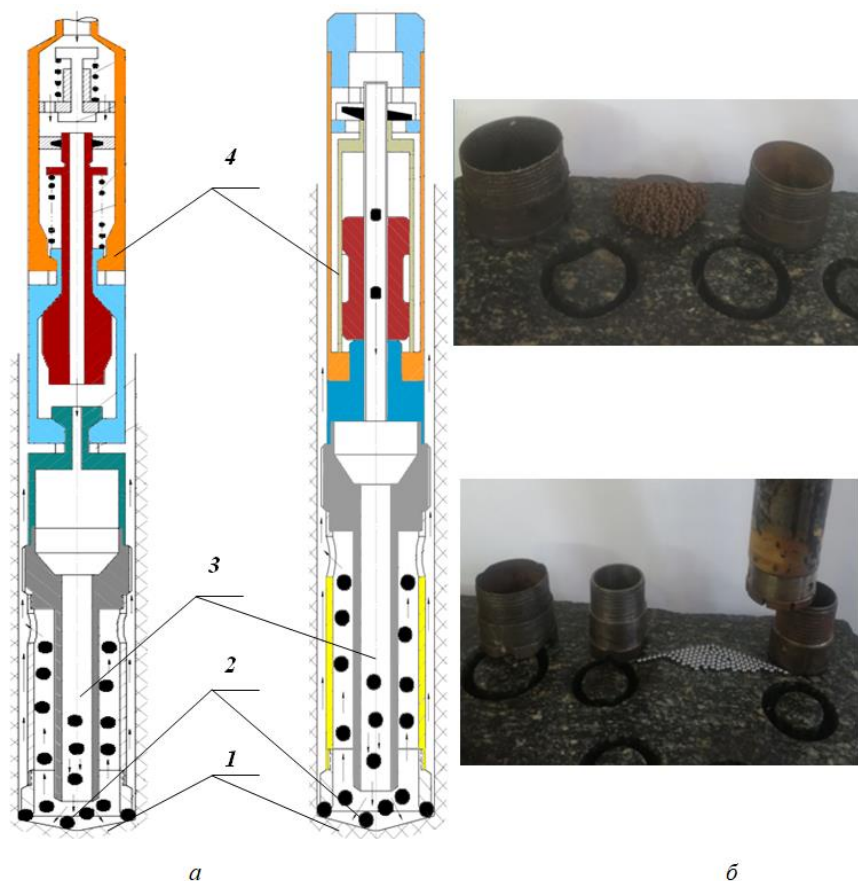


Рис. 1. Схема для пояснення принципів гідромеханічного буріння свердловин: а – схеми пристроїв гідроаеромеханічного способу буріння, де 1 – вибій свердловини, 2 – породоруйнівні кулі, що оброблюють центральну частину вибою свердловини, 3 – розгінна камера, 4 – ударні пристрої; б – схема вибою свердловин, отриманих при стендовому бурінні

Рядом досліджень доведено, що обертальний спосіб буріння свердловин не є універсальним [12], і з успіхом може замінюватися набагато ефективнішими способами, зокрема фізичними, або їх комбінаціями із класичними механічними, до таких, власне, і належить розглядуваний гідроаеромеханічний спосіб (рис. 1). Розглядаючи вказану схему, можна побачити, що в пропонованих пристроях шляхом ударів твердосплавних куль,

розігнаних до необхідної рівня швидкостей активними струменями циркулюючого агента, утворюється виключно центральна частина вибою споруджуваної свердловини, кільцева периферійна ж зона останньої – поява якої криволінійної форми є негативною особливістю звичайного кулеструминного способу буріння, що, власне кажучи і сприяла його витисненню з промислового застосування – утворюється за допомогою розроблених механічних породоруйнівних органів (рис. 2), виконавчими органами яких виступають також кулі.

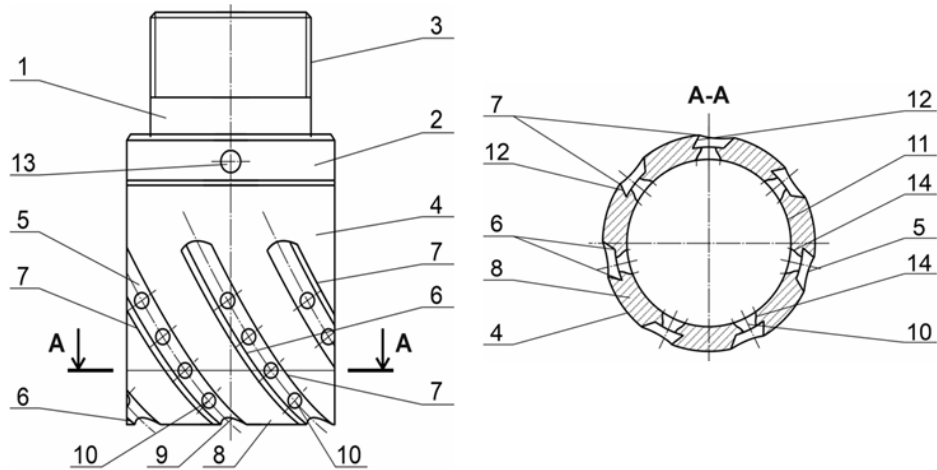


Рис. 2. Бурова коронка для пристрою гідромеханічного буріння свердловин

При розробці конструкції бурової коронки приймалося до уваги те, що вона повинна виключати існуючі недоліки подібного інструменту [13], застосовуваного при реалізації дещо близького за суттю дробового способу буріння. До вказаних недоліків можна віднести: достатньо високий ступінь зношеності вибійної торцевої частини бурової коронки через вади механізму потрапляння під неї дробу, наступного його розміщення й утримання, а також недосконалість системи циркуляції промивальної рідини крізь отвори коронкового кільця (негативним результатом вказаної обставини буде істотне зменшення механічної швидкості поглиблення свердловини та відносно швидкий вихід коронки з ладу); низький рівень якості технологічної взаємодії окремих конструктивних елементів бурової коронки між собою; все перелічене не допускає можливість застосування розглядуваного бурового інструменту в інших вибійних компоновках, окрім деяких різновидів дробового, наприклад, у пристроях гідромеханічного кулеструминного способу буріння.

Схема конструктивного виконання розглядуваної бурової коронки представлена на рис. 2. Бурова коронка включає коронкове кільце 4 із монтажною втулкою 2, що містить штифтовий отвір 13. У верхній частині коронкове кільце жорстко з'єднане з коронковим ніпелем 1. З'єднання бурової коронки із пристроєм гідромеханічного кулеструминного буріння або колонковою трубою (у випадку дробового буріння, схематичне зображення пристрою якого представлено на рис. 3) відбувається за допомогою ніпельної різьби 3. Металеve коронкове кільце 4 інструменту оснащено певною кількістю гвинтової форми колекторних пазів 5, які рівномірно розділені спеціальними технічними секторами 8, що у нижній частині прорізані профільованими виїмками 9. Зовнішні 7 й внутрішні 6 лінії бічних контурів 12 колекторних пазів 5 мають протилежно спрямований нахил свого взаємного розташування. Кожний з означених колекторних пазів 5 містить декілька крізних циркуляційних отворів 10 з соплової форми профілем 14 із зменшенням площі прохідного перерізу від внутрішньої стінки 11 коронкового кільця 4.

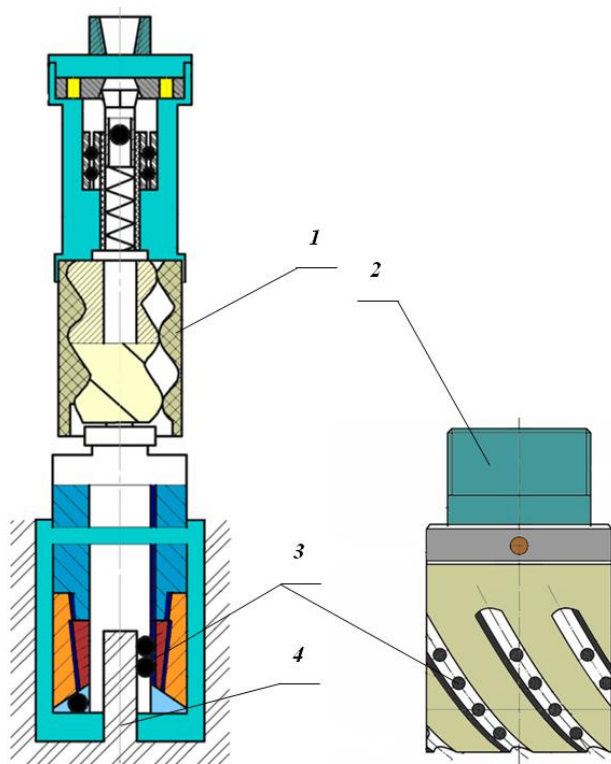


Рис. 3. Схема для пояснення принципів дробового буріння свердловин: 1 – обертальний привод дробового бурового снаряду, 2 – бурова коронка, 3 – породоруйнівні кулі, 4 – kern

саме периферійної частини вибою споруджуваної свердловини, а також скеровано до означених колекторних пазів та простір між стінками свердловини і коронковим кільцем 4. Наявність певної кривизни бічних контурів 12 колекторних пазів 5, що обумовлена різною просторовою направленістю утворюючих їх зовнішніх 7 та внутрішніх 6 ліній, буде ефективно сприяти доволі надійному захопленню й подальшому утриманню куль в колекторних пазах, причому порівняно значна місткість останніх додатково підвищена за рахунок надання ним просторової гвинтоподібної форми. Оснащення зазначених колекторних пазів 5 циркуляційними отворами 10 – з наданням останнім соплового профілю 14 – сприяє формуванню в них швидкісних струменів рідини із наперед заданими гідравлічними характеристиками, а саме необхідною швидкістю робочого потоку, що є достатньо вагомим чинником підвищення якості видалення продуктів руйнування (бурового шламу) зі стовбура свердловини (за рахунок виникнення явища додаткового підсмоктування висхідного, збагаченого шламом, потоку промивальної рідини), та зниження рівня тиску, яке закономірно викликає посилення ефекту утримання породоруйнівних куль в колекторних пазах 5 через певний рівень розбалансованості співвідношення тисків у внутрішній камері бурової коронки, обмеженої її стінкою 11, та закоронковим простором.

Через постійний контакт породоруйнівних куль із вибоєм споруджуваної свердловини, який обумовлений достатньою динамічністю руху останніх під технічними секторами 8, відбувається їх активний перерозподіл відповідно до розмірів і міри зношеності, що позитивно впливає на механіку протікання руйнівних процесів. Достатні розміри колекторних пазів 5, із технічно й технологічно прогнозованою кількістю розташовуваних там куль, обумовлені конструктивними особливостями їх виконання та наявністю в них циркуляційних отворів 10, виконаних за сопловим типом, забезпечують цілком задовільні умови обробки привибійних стінок свердловини та майже повністю виключають появу можливості технологічно

Принцип роботи бурової коронки (в складі гідромеханічного кулеструминного снаряду або колонкової труби при дробовому бурінні) полягає в наступному. Після постановки означеного типу компоновки на вибій споруджуваної свердловини, для неї створюється крутний момент й циркуляція промивальної рідини з одночасним формуванням осьового зусилля (статичного або динамічного характеру) на самому породоруйнівному інструменті. Внаслідок закономірної нерівномірності руйнування привибійної зони свердловини, деяка кількість породоруйнівних куль із внутрішнього циркуляційного контуру, обмеженого, зокрема, стінкою 11 коронкового кільця 4, поступово потрапляє крізь профільовані виїмки 9 гвинтових колекторних пазів 5 безпосередньо під технічні сектори 8, включаючись таким чином до процесу утворення

непередбачуваного і невинного скупчення породоруйнівних куль й продуктів руйнування в затрубному просторі тим самим унеможливаючи негативне явище розроблення стовбура свердловини із наступним неконтрольованим довільним просторовим викривленням. Надійне приєднання бурової коронки до відповідного бурового (кулеструмінного) снаряда (або інструменту) здійснюється шляхом введенням в її конструкцію коронкового ніпеля 1 із зовнішньою різьбою 3. Недопущення виникнення можливості пошкодження коронкового кільця 4, під час виконання спуско-підіймальних технологічних операцій, забезпечується завдяки наявності спеціальної монтажної втулки 2 із розміщенням в ній штифтового отвору 13 під відповідний ключ.

Саме означене конструктивне виконання бурової коронки та технологія її роботи забезпечуватимете: досконалість процесу потрапляння породоруйнівних куль під торець бурової коронки; надійне виключення негативного звуження стовбура свердловини через відсутність стабільної та керованої обробки його стінок; унеможливлення невинного розроблення стовбура свердловини, пов'язаного із надмірним скупченням породоруйнівних куль в затрубному просторі; надійне утримання породоруйнівних куль в колекторних пазах підвищеної ємності; удосконалення вибійних гідравлічних (аеродинамічних) циркуляційних процесів; розширення раціонального діапазону застосування бурових коронок в різних технологічних схемах не лише гідроаеромеханічного, а також і класичного дробового буріння; за рахунок перелічених факторів підвищується інтенсивність ведення бурових робіт, збільшуються механічна й рейсова швидкості проходки свердловин, значно знижується вірогідність виникнення різноманітних свердловинних ускладнень й аварій.

Ефективність протікання розглянутих вибійних породоруйнівних процесів може бути додатково підсилена за рахунок генерування для бурового снаряду ударних імпульсів певних енергетичних характеристик, що здійснене за використання гідравлічних ударних машин (рис. 4).

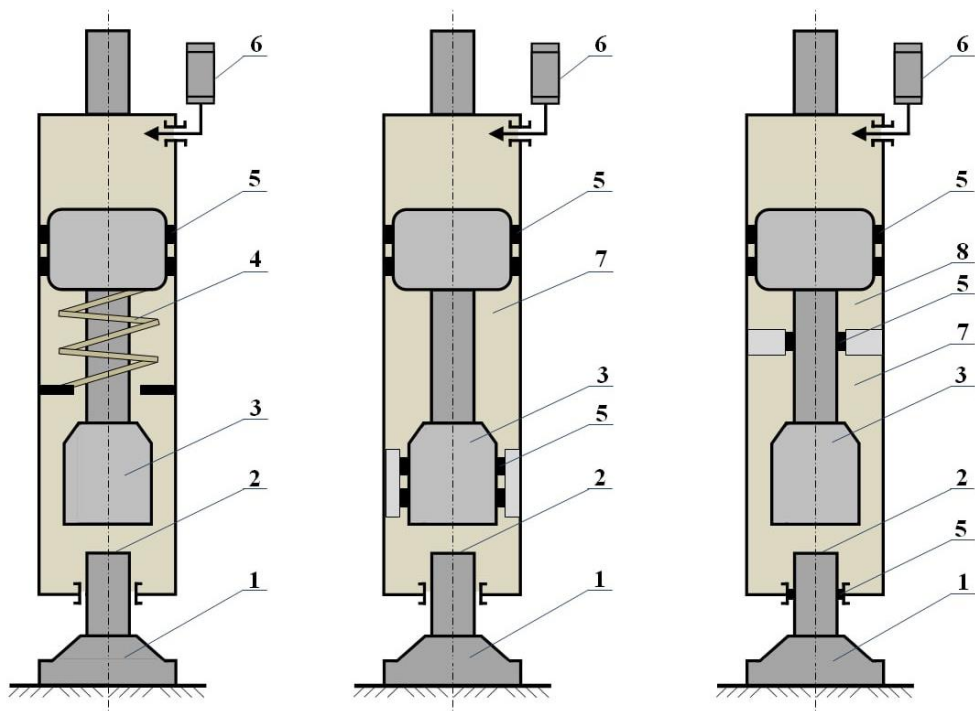


Рис. 4. Схема пристроїв для генерування ударних імпульсів, де: 1 – буровий породоруйнівний інструмент; 2 – ковалдо; 3 – бойок-ударник; 4 – пружина; 5 – герметизатор-ущільнювач; 6 – вузол розподілу робочого агенту; 7 – камера високого тиску; 8 – камера вакуумування

Пояснити позитивність застосування ударних машин у вибійних компоновках, які органічно включають в себе технічні засоби гідромеханічного буріння можна наступним. В означених умовах створюється джерело безпосереднього передавання, виключаючи дисипацію, динамічних навантажень на породоруйнівний інструмент, що дозволяє отримувати ефективний об'ємний механізм руйнування із неминучим зростанням швидкості поглиблення вибою свердловини. Представлені на рис. 4 гідрударні машини виконані за принципом створення в них функціональної взаємодії між так званим молотом та ковадлом, але схема реалізації такої взаємодії визначається особливостями конструктивного виконання розглядуваних технічних засобів та технологічним регламентом їх роботи.

Представлені гідрударні машини були досліджені на спеціальному стенді при умові їх використання в якості джерела ударних імпульсів для бурових коронок, виконаних за схемою, наведеною на рис. 2. Результати означених досліджень дають підстави вважати запропонований механізм поглиблення свердловин за комбінованою схемою достатньо ефективним.

### **Висновки**

1. Надано аналіз сучасному етапу розвитку техніки і технології спорудження свердловин, як невід'ємної складової видобувної промисловості, з якого випливає існування необхідності розробки основ комбінованих способів руйнування гірського масиву за буріння свердловин.

2. Представлено огляд основних особливостей компоновання пристроїв гідромеханічного буріння та відповідного ним породоруйнівного інструменту, для якого наведено вичерпні відомості про конструкцію та принцип роботи.

3. Розглянуто можливі шляхи інтенсифікації процесів гідромеханічного буріння, що може бути досягнуто на підставі додаткового уведення у вибійні компоновки ініціаторів динамічних навантажень.

4. Наступні теоретичні і лабораторно-стендові дослідження техніко-технологічних принципів реалізації гідромеханічного буріння повинні здійснюватися в напрямку розробки ефективних конструкцій пристроїв гідромеханічного буріння та їх режимного супроводження, максимально адаптованого до конкретних геолого-технічних свердловинних умов.

**A.O. Ihnatov**

*Dnipro University of Technology*

### **REVIEW OF THE COMPONENTS OF HYDROMECHANICAL DRILLING FROM THE STANDPOINT OF INTENSIFYING ROCK DESTRUCTION PROCESSES**

*A description of promising ways of developing well drilling technology and technology is given. The basic principles of implementing the hydromechanical drilling method using modernized impact drill devices are characterized. The features of the design and development of a specialized drill bit for hydromechanical well drilling devices are considered. The effectiveness of using additional mechanisms for creating dynamic shock loads for rock-cutting tools in hydromechanical drilling devices has been shown.*

*It has been proven that the intensification of rock destruction processes at the bottom of a well being constructed can be a factor that increases the degree of dynamism of the impact on the rock massif.*

*The presented results of comprehensive studies of hydromechanical drilling are basic for the further development of methodological foundations of hydromechanical drilling; they will also be useful in adapting other related drilling techniques to specific well conditions.*

**Key words:** *hydromechanical drilling, well, face, drill bit, rock, device, rock-breaking ball, hydraulic hammer.*

## Література

1. Lopez, J. C., Lopez, J. E., & Javier, F. *Drilling and blasting of rocks*. CRC Press Taylor & Francis, 2017. – 408 p.
2. Vaddadi, N. *Introduction to oil well drilling*. – Bathos (U Vee Infosystems), 2015. – 204 p.
3. Aziukovskyi O.O., Koroviaka Ye.A., Ihnatov A.O. *Drilling and operation of oil and gas wells in difficult conditions*. – Dnipro: Zhurfond, 2023. – 159 p.
4. Коровяка Є.А., Ігнатів А.О. *Прогресивні технології спорудження свердловин*. – Дніпро: НТУ "ДП", 2020. – 166 с.
5. Ihnatov A.O., Koroviaka Ye.A., Haddad J., Tershak B., Kaliuzhna T., Yavorska V. *Experimental and theoretical studies on the operating parameters of hydromechanical drilling* // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2022. – N 1, P. 20–27.
6. Ihnatov A. *Analyzing mechanics of rock breaking under conditions of hydromechanical drilling*. *Mining of Mineral Deposits*. – 2021. – Vol. 15, N 3. – P. 122–129.
7. Ihnatov A., Koroviaka Ye., Rastsvietaiev V., Tokar L. *Development of the rational bottomhole assemblies of the directed well drilling / Gas Hydrate Technologies: Global Trends, Challenges and Horizons (GHT 2020): materials of IV International Scientific and Technical Conference // E3S Web of Conferences*. 2021. – Vol. 230. – P. 01016.
8. Hossain, M.E., & Islam, M.R. *Drilling engineering: problems and solutions*. – Wiley – Scrivener publishing, 2018. – 627 p.
9. Lyes, B. *Reconfigurable Manufacturing Systems: From Design to Implementation (Springer Series in Advanced Manufacturing)* – 2020. – P. 250.
10. Ihnatov, A., Haddad, J.S., Koroviaka, Ye.A., Aziukovskyi, O., Rastsvietaiev, V., Dmytruk, O. *Study of rational regime and technological parameters of the hydromechanical drilling method* // *Archives of Mining Sciences*. – 2023. – N 2. – P. 285 – 299.
11. Войтенко В., Вітрик В. *Технологія і техніка буріння*. – Київ: Центр Європи, 2012. – 708 с.
12. Azar J.J., Robello S.G. *Drilling Engineering*. – PennWell Corporation, 2007 – 486 p.
13. Hossain, M.E. *Fundamentals of Drilling Engineering: Multiple Choice Questions and Workout Examples for Beginners and Engineers*. – Scrivener publishing, 2016. – 706 p.
14. Пат. 152416 Україна МПК E21B10/16. *Бурова коронка* / О.О. Азюковський, А.О. Ігнатів, Є. А. Коровяка, В.О. Расцветаев, М.Р. Мекшун, І.К. Аскеров. – Опубл. 01.02.2023, бюл. № 5.

Надійшла 05.11.24

## References

1. Lopez, J.C., Lopez, J. E., & Javier, F. (2017). *Drilling and blasting of rocks*. CRC Press Taylor & Francis.
2. Vaddadi, N. (2015). *Introduction to oil well drilling*. Bathos (U Vee Infosystems).
3. Aziukovskyi O.O., Koroviaka Ye.A., Ihnatov A.O. (2023). *Drilling and operation of oil and gas wells in difficult conditions*. Dnipro: Zhurfond.
4. Koroviaka, Ye.A. & Ihnatov, A.O. (2020). *Prohresyvni tekhnolohii sporudzhennia sverdlovyn: monograph [Advanced well construction technologies]*. – Dnipro: Dnipro University of Technology [in Ukrainian].
5. Ihnatov, A.O., Koroviaka, Ye.A., Haddad, J., et al. (2022). *Experimental and theoretical studies on the operating parameters of hydromechanical drilling*. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 20-27.

6. Ihnatov, A. (2021). Analyzing mechanics of rock breaking under conditions of hydromechanical drilling. *Mining of Mineral Deposits*, 15(3), 122–129.
7. Ihnatov A., Koroviaka Ye., Rastsvietaiev V., Tokar L. Development of the rational bottomhole assemblies of the directed well drilling / Gas Hydrate Technologies: Global Trends, Challenges and Horizons (GHT 2020): materials of IV International Scientific and Technical Conference // E3S Web of Conferences. 2021. – Vol. 230. – P. 01016.
8. Hossain, M.E., & Islam, M.R. (2018). *Drilling engineering: problems and solutions*. Wiley – Scrivener publishing.
9. Lyes, B. (2020). *Reconfigurable Manufacturing Systems: From Design to Implementation*. Springer Series in Advanced Manufacturing.
10. Ihnatov, A.O., Haddad, J.S., Koroviaka, Ye.A., et al. (2023) Study of rational regime and technological parameters of the hydromechanical drilling method. *Archives of Mining Sciences*. 2, 285-299.
11. Voitenko, V., & Vitryk, V. (2012). *Tekhnolohiya i tekhnika burinnya [Technology and technique of drilling]*. Kyiv: Center of Europe [in Ukrainian].
12. Azar, J.J., & Robello, S.G. (2007). *Drilling Engineering*. PennWell Corporation.
13. Hossain, M.E. (2016). *Fundamentals of drilling engineering*. Scrivener publishing.
14. Aziukovskyi, O.O., Ihnatov, A.O., Koroviaka, Y.A., Rastsvietaiev, V.O., Mekshun, M.R., Askerov, I.K. (2023). Patent of Ukraine 152416 [in Ukrainian].

УДК 622.243.3

DOI: 10.33839/2708-731X-27-1-49-55

**М.Є. Чернова**, д-р техн. наук<sup>1</sup>, **Я.Р. Кунцяк**, н.с.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Івано-Франківський Національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, 76019, м. Івано-Франківськ, e-mail: miracherri1@gmail.com

<sup>2</sup>ПрАТ НДІКБ бурового інструменту, пр. Палладіна, 44, 03680, м. Київ, Україна, e-mail: 5361013@ukr.net

## ОГЛЯД ШЛЯХІВ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗБІЛЬШЕННЯ ОБСЯГІВ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ У СУЧАСНИХ ТА ПОВОСННИХ УМОВАХ

За аналізом сучасних публікацій та наукового досвіду стосовно закономірностей утворення, залягання та об'ємних запасів вуглеводнів на найбільших світових родовищах та вітчизняних родовищах пропонуються рекомендації стосовно найкоротших шляхів відновлення та збільшення обсягів їх видобутку в Україні. Враховуються сучасні технічні та технологічні можливості глибокого та надглибокого буріння й відновлення існуючих свердловин, що стали доступні впродовж останніх років.

Наводиться порівняльна характеристика аналогічних світових запасів вуглеводневого ресурсу. Кожна компанія володіє власними технологіями та обладнанням, тому шляхи глибокого буріння на сучасному етапі є різноманітними. Основна ідея статті полягає у тому, щоб спрямувати наукові дослідження у єдино-правильному руслі, а саме – досягнення глибоких та надглибоких покладів запасів вуглеводнів.

**Ключові слова:** свердловина, вуглеводні, паливно-енергетичний комплекс.

На сьогодні дуже гострою в нашій державі є необхідність збільшення видобутку власних вуглеводнів, і цілком зрозумілою є необхідність відродження колись потужного паливно-енергетичного комплексу, колапс якого внаслідок обвального падіння обсягів буріння та сейсмозвідки зіграв згубну роль в історії незалежної України [1]. Нагальним є завдання