

8. Popova, M.S. (2018) Rezultaty kompiuternoho modelirovaniia temperaturnoho rezhima almaznoho burovoho instrumenta [The results of computer simulation of the temperature regime of a diamond drilling tool]. *Inzhener-neftiannik –Petroleum Engineer, 1*, 23–26 [in Russian].
9. Popova, M.S., & Kharitonov, A.Y. (2019) Kompiuternoe modelirovanie processov, rotakaiushchikh pri burenii skvazhin [Computer simulation of processes at well drilling]. *Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta – News of Tomsk Polytechnic University, Vol. 330, 12*, 18–27 [in Russian].

УДК 622.24.051, 622 .156

DOI: 10.33839/2708-731X-23-1-72-78

**О.С. Васильчук**, аспірант; **А.Л. Майстренко**, чл.-кор. НАН України; **Г.А. Петасюк**, д-р техн. наук; **Н.О. Олійник**, **Г.Д. Ільницька**, **О.П. Виноградова**, **А.П. Загора**, кандидати технічних наук; **Г.А. Базалій**

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України,  
вул. Автозаводська, 2, м. Київ, 04074, Україна, e-mail: oleyunik\_nonna@ukr.net*

## **РОЗПОДІЛЕННЯ ЧАСТИНОК ЗА РОЗМІРАМИ ТА МАГНІТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛАМУ, ЯКИЙ ОТРИМУЮТЬ ПРИ ОБРОБЦІ ПІСКОВИКУ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ З КАМ НА МЕТАЛЕВИХ ЗВ'ЯЗКАХ**

*Наведено результати дослідження шламу обробки пісковика Торезького родовища експериментальними функціональними елементами з КАМ (композиційними алмазовмісними матеріалами) на основі матеріалу Ni(94%)-Sn(6%), оснащеного порошком синтетичного алмазу. КАМ виготовлені методом інтенсивного резистивного електроспікання під тиском 300 МПа. Встановлено, що розміри частинок та інтервал розподілення частинок шламу за розмірами, які встановлено з використанням приладу DialInspect.OSM фірми VOLLSTÄDT DIAMANT GmbH, зменшуються при збільшенні інтенсивності зношування з 75 до 170 мг/км. Більше за 90 % кількості частинок шламу розподіляється в інтервалі розмірів 12–90 мкм. Питома магнітна сприйнятливості складових шламу дорівнює: пісковика Торезького родовища –  $2,36 \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, алмазного порошку марки АС 200 зернистості 400/315 –  $8,4 \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, металовмісних складових функціональних елементів з КАМ –  $(9000-10000) \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг. Величина питомої магнітної сприйнятливості залежить від інтенсивності зношування функціональних елементів з КАМ. Зростання інтенсивності зношування функціональних елементів з 75 до 170 мг/км призводить до зростання питомої магнітної сприйнятливості шламу у 2 рази, магнітної фракції – в 1,5 рази, вмісту магнітної фракції – в 1,8 рази.*

**Ключові слова:** функціональні елементи з КАМ, інтенсивність зношування, шлам, питома магнітна сприйнятливості

Ефективність роботи породоруйнівного алмазовмісного інструменту з використанням композиційних алмазовмісних матеріалів (КАМ) в умовах екстремального термосилового навантаження забезпечується використанням високоміцних термостійких алмазних порошків і відповідних зв'язок КАМ [1]. Для створення нового інструменту або його вдосконалення необхідні встановлення механізмів зношування КАМ на металевих зв'язках при руйнуванні гірських порід та розрахунок енергетичних затрат при різних умовах роботи.

Дослідження шламу, який утворюється в процесі руйнування або обробки гірської породи, вивчення розподілення за розмірами його частинок та магнітно-фракційного складу може дати необхідну інформацію.

Мета роботи – визначити магнітні характеристики та розподілення за розмірами частинок шламу в процесі руйнування гірської породи функціональними елементами з КАМ.

### Методика досліджень

Досліджували характеристики шламу руйнування циліндричного блоку пісковика Торезького родовища IX категорії буримості в процесі обробки експериментальними функціональними елементами з КАМ (матеріал з'язки Ni (94%)–Sn (6%), абразивна складова – порошок алмазу марки АС200 зернистості 400/315 з відносною концентрацією  $K=100$ ). Зразки виготовляли методом інтенсивного резистивного електроспінання прямим пропусканням струму промислової частоти щільністю до  $25 \text{ А/мм}^2$  протягом 14–20 с під тиском 300 МПа.

Зразки випробовували на стенді, створеному на базі токарно-гвинторізного верстата моделі ДИП-200 при обробці циліндричного блоку пісковика. Швидкість обертання керна породи становила  $355 \text{ хв}^{-1}$ , глибина впровадження – 0,5 мм.

Експерименти проводили при швидкостях подачі різця 0,148, 0,18, 0,26 мм/об, при забезпеченні дискретної інтенсивності зношування функціональних елементів 75, 105, 170 мг/км відповідно. Інтенсивність зношування встановлювали за методикою [2], як відношення втрати маси елемента до величини його довжини проходки по гірській породі. Пісковик містить складові: кварц ( $\text{SiO}_2$  в кількості 75–85 об. %); доломіт ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ); пірит ( $\text{FeS}_2$ ). Складові з'єднані глинистим цементом. Їх твердість за шкалою Мооса складає 7; 3,5–4,0; 6–6,5 відповідно.

Зразки шламу досліджували комплексом відомих методів. Магнітно-фракційний склад шламу встановлювали за результатами розподілення шламу на фракції у магнітному полі при використанні спеціального стенду, який забезпечує індукцію магнітного поля 0,3–1,3 Тл. Масу кожної фракції встановлювали гравіметричним методом. Питому магнітну сприйнятливість ( $\chi$ ,  $\text{м}^3/\text{кг}$ ) встановлювали за методикою [3].

Визначення розподілення за розмірами частинок проводили з використанням приладу *DiaInspect.OSM* фірми *VOLLSTÄDT DIAMANT GmbH* та системно-аналогового методу за методиками [4].

### Результати дослідження та їх обговорення

Результати дослідження розмірів частинок шламу та розподілення частинок за розмірами наведено на рис. 1.

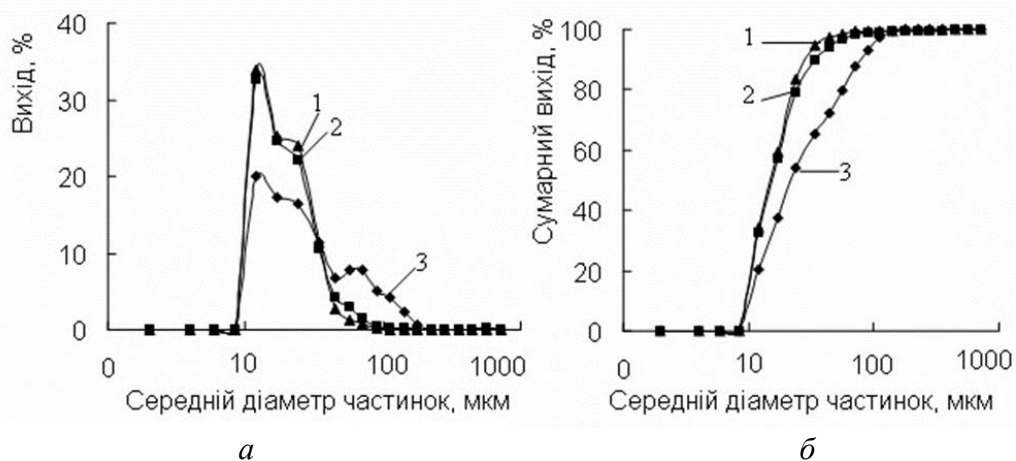


Рис. 1. Розподілення частинок шламу за розмірами (диференційне (а), інтегральне (б)) при інтенсивності зношування елементів з КАМ: 1 – 75 мг/км; 2 – 105 мг/км; 3 – 170 мг/км

Диференційне розподілення частинок шламу за розмірами являє криву, кожна точка якої вказує на кількість частинок (вихід, %) в залежності від експериментально встановленого

середнього діаметру частинок. Як видно з рис. 1, а, криві розподілення частинок шламу за розмірами відрізняються та залежать від інтенсивності зношування елементу. При інтенсивності зношування елементів 75 та 105 мг/км частинки розподіляються в інтервалі 12–450 мкм, при збільшенні інтенсивності зношування до 170 мг/км інтервал розподілення звужується до 12–225 мкм.

Інтегральне розподілення частинок шламу за розмірами являє криву, яку розраховують на підставі встановленого диференційного розподілення. Наведене на рис. 1, б інтегральне розподілення відображає сумарну кількість частинок (сумарний вихід, %) із розміром, меншим за заданий середній діаметр, та дозволяє розрахувати кількість частинок шламу в заданому інтервалі його розмірів. Як видно з рис. 1, б, основна кількість частинок шламу (99,60; 98,85; 92,82 % при інтенсивності зношування 75; 105; 170 мг/км відповідно) розподіляється в інтервалі 12–90 мкм.

Рівняння апроксимації інтегрального розподілення дозволяють встановити кількість шламу у заданому інтервалі розмірів частинок (табл. 1) із забезпеченням достовірності більше 0,85.

**Таблиця 1. Апроксимація кривих інтегрального розподілення частинок шламу за розмірами**

Інтенсивність зношування КАМ, мг/км	Апроксимація кривих сумарного виходу (%), кількості частинок) шламу	Інтервал середнього діаметра частинок, мкм	Достовірність апроксимації, R <sup>2</sup>
170	$y = 73,477x - 51,742$	12–143	0,9729
105	$y = 82,441x - 45,029$	12–71,5	0,8862
75	$y = 82,164x - 45,05$	12–71,5	0,8505

В результаті дослідження магнітних властивостей складових шламу, що складається з частинок пісковика з магнітними включеннями, зерен алмазів з включеннями металу-розчиннику та частинками зношування металевої зв'язки КАМ встановлено, що питома магнітна сприйнятливості пісковика Торезського родовища складає  $2,36 \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг [5], алмазного порошку марки АС 200 зернистості 400/315 –  $8,4 \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг [5], металовмісних складових функціональних елементів з КАМ –  $(9000–10000) \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг.

В роботі досліджували магнітні характеристики шламу, який отримано при найбільшій (170 мг/км) та найменшій (75 мг/км) інтенсивності зношування експериментальних елементів з КАМ. Встановлено, що величина питомої магнітної сприйнятливості шламу, який отримано при інтенсивності зношування 75 та 170 мг/км, розрізняється та складає  $(42,94$  та  $85,80) \cdot 10^{-8}$  кг/м<sup>3</sup> відповідно.

На рис. 2 наведено диференційний та інтегральний магнітнофракційний склад шламу, який отримано за результатами розділення у магнітному полі.

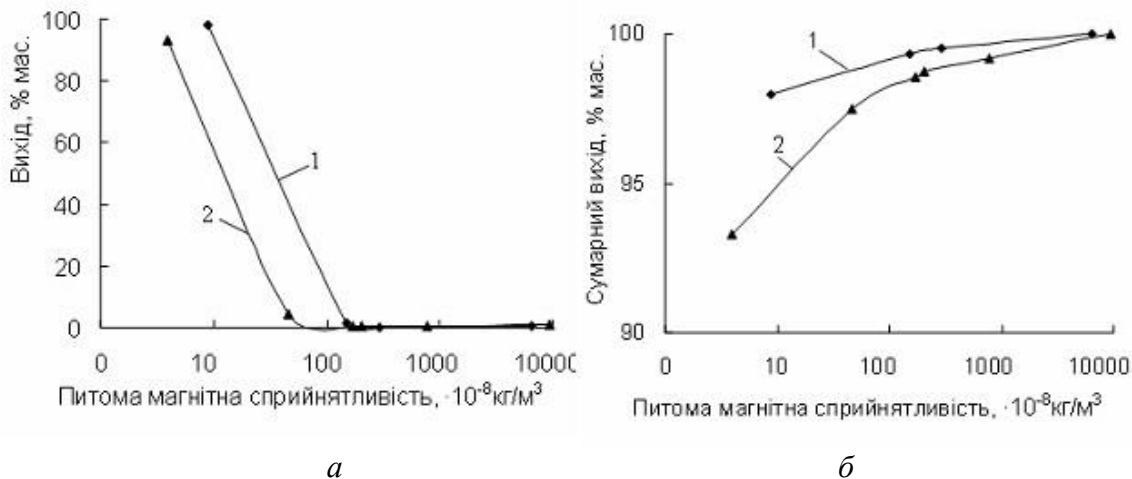


Рис. 2. Магнітнофракційний склад шламу (диференційний (а), інтегральний (б)) при інтенсивності зношування елементів з КАМ: 1 – 75 мг/км; 2 – 170 мг/км

Диференційний магнітнофракційний склад шламу характеризує експериментально встановлене розподілення маси частинок шламу по фракціях з різною магнітною сприйнятливістю (рис. 2, а). Інтегральне розподілення магнітнофракційного складу (рис. 2, б) відображає розподілення маси частинок шламу, які мають питому магнітну сприйнятливість менше за її задану величину та дозволяють встановити кількість (вихід, % мас.) шламу в будь-якій його фракції.

Як видно з рис. 2 питома магнітна сприйнятливість фракцій шламу при інтенсивності зношування елементу 75 мг/км знаходиться в діапазоні  $(8,8\text{--}6480) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , при інтенсивності зношування елементу 170 мг/км – в діапазоні  $(3,9\text{--}9500) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Вихід магнітної фракції тим більше, чим більше інтенсивність зношування, і складає 0,44–0,80 мас. % шламу. Слід відзначити, що чим більше інтенсивність зношування елементу, тим вища величина питомої магнітної сприйнятливості всього шламу та магнітної фракції зокрема. Ймовірно, це пов'язано з тим, що при збільшенні інтенсивності зношування елементу у шлам потрапляє більша кількість металовмісних частинок зносу з високим значенням питомої магнітної сприйнятливості.

### Висновки

Дослідженнями характеристик шламу обробки пісковика Торезького родовища експериментальними функціональними елементами з КАМ, виготовленими методом інтенсивного резистивного електроспікання під тиском 300 МПа на основі матеріалу Ni (94%)–Sn (6%), оснащеного шліфпорошком алмазу марки AC200 зернистості 400/315 з відносною концентрацією  $K=100$ , встановлено:

– розміри частинок та інтервал розподілення частинок шламу за розмірами, які було отримано з використанням приладу *DialInspect*, *OSM* фірми *VOLLSTADT DIAMANT GmbH*, залежать від інтенсивності зношування функціональних елементів з КАМ. При збільшенні інтенсивності зношування з 75 до 170 мг/км інтервал розподілення звужується з 12–450 мкм до 12–225 мкм. Незалежно від інтенсивності зношування елементу 99,60; 98,85; 92,82 % кількості частинок шламу розподіляється в інтервалі розмірів 12–90 мкм;

– інтегральне розподілення частинок шламу за розмірами може бути описано функцією  $y = a \cdot \lg(x) + b$ . При інтенсивності зношування функціональних елементів з КАМ 75; 105; 170 мг/км визначено коефіцієнти зазначеної апроксимації. Отримані результати дозволяють розраховувати вихід фракцій шламу заданого розміру з достовірністю, більшою за 0,85;

– питома магнітна сприйнятливість складових шламу складає: пісковика Торезького родовища –  $2,36 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$  [5], алмазного порошку марки АС 200 зернистості 400/315 –  $8,4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$  [5], металовмісних складових функціональних елементів з КАМ –  $(9000-10000) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$  ;  
– величина питомої магнітної сприйнятливості залежить від інтенсивності зношування функціональних елементів з КАМ. Зростання інтенсивності зношування функціональних елементів з 75 до 170 мг/км призводить до зростання питомої магнітної сприйнятливості шламу в 2 рази, магнітної фракції – в 1,5 рази, вмісту магнітної фракції – в 1,8 рази.

**O.S.Vasylchuk, A.L. Maystrenko, G.A. Petasyuk, N.O. Oliinyk, G.D. Ilmitska, O.P. Vynogradova, A.P. Zakora, G.A. Bazaliy**

*V. Bakul Institute for Superhard Materials National Academy of Sciences of Ukraine*

### **DISTRIBUTION OF PARTICLES BY SIZE AND MAGNETIC CHARACTERISTICS OF SLUDGE, WHICH ARE OBTAINED DURING TREATING OF SANDBAND BY FUNCTIONAL ELEMENTS FROM CDM WITH METAL LINKS**

*The results of a study of the sludge of sandstone treatment of the Torez field with experimental CDM (composite diamond materials) functional elements based on the bunch material Ni(94%)–Sn(6%), equipped with diamond inclusions, are presented. CDM are made using the method of intense sintering under a pressure 300 MPa. It was found that the particle size and the size distribution interval of the sludge particles that were installed using the DialInspect.OSM device from VOLLSTÄDT DIAMANT GmbH decrease with increasing intensity wear from 75 to 170 mg/km. More than 90% of the amount of sludge particles is distributed in the size range of 12–90 microns. The specific magnetic susceptibility of the components of the sludge equals: sandstone of the Torez field –  $2,36 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , diamond powder grade AC 200 with a grain size of 400/315 –  $8,4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , metal-containing components of CDM functional elements –  $(9000-10000) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . The specific magnetic susceptibility depends on the intensity wear of the functional elements with CDM. An increase of the intensity wear of functional elements from 75 to 170 mg/km leads to an increase in the specific magnetic susceptibility of the sludge by 2 times, a magnetic fraction by 1.5 times, and a content of the magnetic fraction by 1,8 times.*

**Key words:** CDM functional elements, intensity wear, sludge, specific magnetic susceptibility.

**О. С. Васильчук, А. Л. Майстренко, Г. А. Петасюк, Н. О. Олейник, Г. Д. Ильницкая, О. П. Виноградова, А. П. Закора, Г. А. Базалий**

*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины*

### **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ И МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛАМА, ПОЛУЧАЕМОГО ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЕСЧАНИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ИЗ КАМ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ**

*Приведены результаты исследования шлама обработки песчаника Торезского месторождения экспериментальными функциональными элементами из КАМ (композиционных алмазосодержащих материалов) со связкой на основе материала Ni(94%)-Sn(6%), оснащенного порошком синтетического алмаза. КАМ изготовлены методом интенсивного резистивного электроспекания под давлением 300 МПа. Размеры частиц шлама установлены с использованием прибора DialInspect.OSM фирмы VOLLSTÄDT DIAMANT GmbH. Установлено, что интервал распределения частиц шлама по размерам уменьшается при увеличении интенсивности изнашивания элементов с 75 до 170 мг/км. Более 90 % количества частиц шлама распределяется в интервале размеров 12–90 мкм. Удельная магнитная восприимчивость составляющих шлама равна: песчаника Торезского месторождения –  $2,36 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , алмазного порошка марки АС 200 зернистости 400/315 –  $8,4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , металлосодержащих составляющих функциональных элементов КАМ –  $(9000-10000) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Величина удельной магнитной восприимчивости зависит от интенсивности*

изнашивания функциональных элементов из КАМ. Увеличение интенсивности изнашивания функциональных элементов от 75 до 170 мг/км приводит к увеличению удельной магнитной восприимчивости шлама в 2 раза, магнитной фракции – в 1,5 раза, содержания магнитной фракции – в 1,8 раза.

**Ключевые слова:** функциональные элементы из КАМ, интенсивность изнашивания, шлам, удельная магнитная восприимчивость

### Література

1. Майстренко А. Л. Формирование структуры композиционных алмазосодержащих материалов в технологических процессах. – К: Наукова думка, 2014. – 342 с.
2. Шульженко А.А., Ашкинази Е.Е., Богданов Р.К., Соколов А.Н., Гаргин В.Г., Загора А.П., Ральченко В.Г., Конов В.И., Ильницкая Г.Д., Супрун М.В., Хомич А.А., Кандзюба М.В. Гибридный алмазный композиционный поликристаллический материал и его свойства // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – Вып. 13. – С. 214–223.
3. М88 Украины 90.256–2004. Методика определения удельной магнитной восприимчивости порошков сверхтвердых материалов (СТМ). – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – 9 с.
4. Petasyuk G. A. System and criterial method of the identification and quantitative estimation of the geometrical shape of the abrasive powder grains projection // Powder Technology. – 2014. – Vol. 264. – P. 78–85.
5. Майстренко А.Л., Олійник Н. О., Ільницька Г. Д., Базалій Г. А., Загора А. П., Виноградова О. П., Петасюк Г. А., Васильчук О. С. Характеристики порошку алмазу, який застосовують в КАМ для руйнування гірської породи та шламу руйнування / А. Л. Майстренко // Зб. наук. праць Міжнародної наукової конференції «Матеріали для роботи в екстремальних умовах – 9» (18–19 грудня 2019 р.). – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – С. 25–28 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://iff.kpi.ua/nauka/konferentsii>.

Надійшла 03.06.20

### References

1. Maistrenko, A. L. (2014). *Formirovanie struktury kompozitsionnykhalmazosoderzhashchikh materialov v tekhnologicheskikh protsessakh*. [The formation of the structure of composite diamond-containing materials in technological processes]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
2. Shul'zhenko, A. A., Ashkinazi, E. E., Bogdanov, R. K., et al. (2010). Gibridnyialmaznyi kompozitsionnyi polikristallicheskiy material i ego svoistva. [Hybrid diamond composite polycrystalline material and its properties]. *Porodorazrushayushchii i metalloobrabatyvayushchii instrument – tekhnika i tekhnolohiia eho izhotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Manufacture and applications*, 13, 214–223 [in Russian].
3. Metodika opredeleniia udel'noi magnitnoi vospriimchivosti poroshkov sverhtverdyh materialov (STM) [Method for determining the specific magnetic susceptibility of powders of superhard materials (SHM)]. (2004). M88 Ukrainy 90.256-2004. Kiev: ISM im. V. N. Bakulia NAN Ukrainy [in Russian].
4. Petasyuk, G. A. (2014). System and criterial method of the identification and quantitative estimation of the geometrical shape of the abrasive powder grains projection. *Powder Technology*, Vol. 264, 78–85.

5. Maistrenko, A. L., Oliinyk, N. O., Pnitska, G. D., et al. (2019). Kharakterystyky poroshku almazu, yakyi zastosovuyut v KAM dlya ruinuvannya girskoi porody ta shlamu ruinuvannya. [Characteristics of diamond powder used in KAM for rock destruction and sludge destruction Electronic resource ]. Zb. nauk. prats: *Mezhdunarodnaia nauchnaya konferentsiya (18–19 grudnya 2019)* – (pp. 25–28). Kyiv: NTUU «KPI im. Ighorya Sikorskogo». Retrived from <http://iff.kpi.ua/nauka/konferentsii>. [in Ukrainian].

УДК 622.24

DOI: 10.33839/2708-731X-23-1-78-88

**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*

## **ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВИБІЙНИХ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБОРІВ ГІДРОМЕХАНІЧНОГО БУРІННЯ**

*Вивчено й обґрунтовано конструктивні рішення в окремих вузлах модернізованих гідромеханічних пристроїв та визначення раціональних технологічних програм роботи останніх у конкретних геолого-технічних умовах споруджування свердловин шляхом розроблення та впровадження прогресивних рішень.*

*Дослідження особливостей роботи модернізованих пристроїв гідромеханічного буріння на прикладі руйнування гірських порід значної твердості виконано із застосуванням сучасних методів аналітичного аналізу та експериментальних досліджень, зокрема, шляхом використання методів математичного і фізичного моделювання, методик моделювання та обробки результатів досліджень у середовищі SolidWorks, STATGRAPHICS, MATHCAD, контрольно-вимірювальних приладів і матеріалів.*

*Протікання свердловинних породоруйнівних процесів моделювали на спеціальному лабораторному стенді, обладнаному контрольно-вимірювальним блоком (витратомір, манометр, тахометр, координатник).*

*Визначено основні шляхи вдосконалення свердловинних гідромеханічних технологій. Сформульовано засадничі положення процесу проектування конструктивних схем пристроїв, що реалізують такі способи руйнування, які комбінують у собі найбільш продуктивні й ефективні методи дії на порідний масив. Встановлено низку впливових факторів, характерних для реалізації свердловинних гідромеханічних технологій, зокрема: геометричні розміри і форма руйнівних куль та фізичний стан їхньої поверхні; конструктивне виконання механічних породоруйнівних органів пристроїв; кількість куль, що одночасно приймає участь у формуванні різних частин вибою свердловини. Доведено, що розроблені конструктивні схеми пристроїв гідромеханічного буріння, за оптимального технічного виконання та технологічного відпрацювання, можуть бути рекомендовані до застосування у відповідних геолого-технічних умовах, де реалізація інших методів нераціональна або обмежена.*

*Формування периферійної частини вибою є підлеглим чинником, визначуваним самим виконанням пристроїв; ефективне профілеутворення свердловини можливе тільки за рахунок введення до складу пристроїв гідромеханічного буріння додаткових вузлів, що дозволяють застосування певних технологічних методів і прийомів.*

*Отримані результати лабораторних і аналітичних досліджень є базовими для проектування режимних параметрів процесу поглиблення свердловини за рахунок використання гідромеханічних пристроїв. Дані з вивчення вибійних робочих процесів гідромеханічних технологій є вихідними положеннями для обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів модернізованих кулеструминних пристроїв.*

**Ключові слова:** *гідромеханічне буріння, свердловина, промивальна рідина, гірська порода, куля, механічна швидкість поглиблення, породоруйнівне кільце, вибій.*