

The article discusses creating a mathematical model of a double-acting hydraulic hammer with differential piston. The results of numerical simulation and comparison with experimental data are presented.

Key words: *offshore prospecting borehole drilling, hydraulic hammer tool, hydraulic hammer.*

Литература

1. Калиниченко, О.И. Развитие научных основ создания погружных гидроударных снарядов и установок для однорейсового бурения скважин на морском шельфе: Дисс. ... докт. техн. наук: 05.06.05 / Калиниченко Олег Иванович. – Донецк, ДонНТУ, 2002. – 371 с.
2. Эпштейн, Е.Ф., Ясов В.Г. Бурение скважин гидроударниками и пневмоударниками. – М.: Недра, 1967. – 168 с.
3. Ясов В. Г. Теория и расчет рабочих процессов гидроударных буровых машин. – М.: Недра, 1977. – 153 с.
4. Неудачин Г.И., Коломоец А.В., Абатуров В.Г. Теоретический анализ работы гидроударных механизмов // Труды МИНХиГП. – 1967. – № 63. – С. 19–25.
5. Кожевников А.А., Гошовский С.В., Мартыненко И.И. Импульсные технологии бурения геологоразведочных скважин. – К.: УкрГГРИ, 2003. – 208 с.

Поступила 15.07.14

УДК 622.24.051; 622.156

О. П. Виноградова; Р. К. Богданов, канд. техн. наук; **І. А. Свешніков**, д-р техн. наук;
С. Д. Заболотний, С. Ф. Беспалов

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ АЛМАЗОВМІСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ СЛАВУТИЧА ТА СХЕМИ ЇХ РОЗМІЩЕННЯ В БУРОВИХ КОРОНКАХ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД СЕРЕДНЬОЇ МІЦНОСТІ

Досліджено вплив конфігурації алмазовмісних породоруйнівних елементів із композиційного алмазовмісного матеріалу славутича та схеми їх розташування на торці корончного кільця на ефективність руйнування гірських порід середньої міцності. Виявлено переваги використання призматичних алмазовмісних елементів зі славутича порівняно з циліндричними елементами за рахунок забезпеченні рівномірного зносу торця коронки в радіальному напрямку.

Ключові слова: *руйнування гірської породи, коронка, породоруйнівний елемент, славутич, рівномірний знос.*

Вступ

Досвід конструювання породоруйнівного інструменту для порід середньої міцності показує, що визначальний вплив на механічну швидкість буріння надає сумарна площа контакту різців з породою. Так, експерименти, проведені в Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України (ІНМ) В.Н. Лівшицем [1; 2] показали, що при збільшенні площі контакту елементу зі славутича з гірською породою різко зростає енергоємність процесу буріння. Разом з тим, зменшення площі контакту різців з породою тягне за собою зниження зносостійкості та експлуатаційної міцності інструменту.

Крім того, згідно з експериментальними дослідженнями, проведеними Г.В. Арцимовичем [3], енергоємність руйнування зон утворення буровою коронкою

свердловини і керну більш чим у два рази вище, ніж у центральній зоні вибою, тому врахування цього фактору є необхідним при проектуванні бурового інструменту.

Експериментальні дослідження впливу зміни форми торця породоруйнівних елементів зі славутича на механічну швидкість буріння і зносостійкість елементів було проведено О.І. Семеновим [4]. Випробування коронок $\varnothing 59$ мм, оснащених елементами різних форм (рис. 1) дозволили зробити висновок, що оптимальною в плані збільшення швидкості є елемент з формою торця – III. Механічна швидкість коронки при цьому складала – 3,6 м/год.

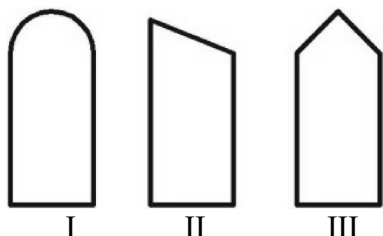


Рис.1. Форми породоруйнівних елементів із славутича зі сферичним робочим торцем (I), з торцем у вигляді скошеного циліндра (II), з клиновидним торцем (III)

Метою даної роботи є порівняльний аналіз впливу конфігурації робочої поверхні бурових коронок, оснащених породоруйнівними елементами з матеріалу славутич на ефективність буріння гірських порід VI–IX категорій буримості.

Завданнями дослідження були наступні параметри робочої поверхні інструменту:

- площа контакту породоруйнівних елементів із вибоєм свердловини;
- форма одиничного елемента;
- співвідношення довжини умовних ліній руйнування породи в центральній, прикерновій і присвердловинній зонах корончного торця;
- схема розташування породоруйнівних елементів.

Крім вищезгаданого було проведено дослідження механізму руйнування блоку гірської породи алмазовмісним циліндричним елементом із славутича з плоским торцем $\varnothing 10$ мм і призматичним елементом з розміром торця – 7×3 мм.

Методика проведення досліджень

Для буріння вибиралися такі породи середньої міцності: пісковики VI категорії буримості Монахівського і Теревовлянського родовищ і пісковики IX категорії буримості Торезького родовища, що відзначаються стабільними фізико-механічними властивостями.

Буріння проводили дослідними зразками коронок $\varnothing 59$ мм, 76 мм і 93 мм, оснащеними породоруйнівними елементами зі славутича : циліндричної ($\varnothing 10$ мм) та призматичної форми (з розміром торця: 2×3 ; 3×3 ; 4×3 ; 7×3 мм) при використанні експериментального стенду, створеного на базі радіально-свердлильного верстата моделі 2Н58. В процесі буріння фіксували навантаження, що діють на породоруйнівний інструмент, визначали швидкість буріння, заміряли знос елементів. Порівнювали залежність механічної швидкості буріння коронкою та її зносостійкість від довжини умовних ліній руйнування гірської породи в радіальному напрямку торця.

З метою порівняльного аналізу формування тріщини, що утворюється у блоці гірської породи у прикерновій зоні, в результаті однакового питомого навантаження на елементи зі славутича з плоским торцем $\varnothing 10$ мм і призматичний з розміром торця 7×3 мм, було проведено експериментальні дослідження. В якості гірської породи було вибрано блок відполірованого з усіх сторін ізотропного оптичного скла БК-8 з виступом, з границею міцності 160 – 170 МПа, що дозволяє його використовувати в якості моделі пружно-крихких порід типу граніту, кварциту, а саме, пісковіку Торезького родовища.

Іспити виконувалися на стенді, створеному на базі токарно-карусельного верстату моделі моделі 1М553, обладнаним для виміру й реєстрації складових сили різання системою Werktoff Prufmaschinen Service (Німеччина), із застосуванням датчиків U3 (100 кН) і С9В (50 кН) виробництва фірми Hottinger Baldwin Messtechnik (Німеччина), пристрою збору й перетворення інформації Spider, програмного забезпечення для реєстрації й обробки результатів вимірів.

Результати

На першому етапі було проаналізовано механізм взаємодії з гірською породою алмазовмісного елемента зі славутича $\varnothing 10$ мм у коронках $\varnothing 59, 76, 93$ мм.

Утворення свердловини і керну елементами 1 $\varnothing 10$ мм (рис. 2), якими оснащуються корпуси коронок $\varnothing 59, 76$ і 93 мм 2, 3, 4, відповідно, в початковий момент часу здійснюється точками. По мірі зносу породоруйнівного елемента утворення свердловини і керну в коронках $\varnothing 59, 76$ здійснюється алмазами в умовних лініях руйнування гірської породи, що знаходяться на утворених на елементах сегментах, які виступають за межі корпусу бурової коронки з шириною торця, відповідно, 8,5 та 9 мм.

У коронці $\varnothing 93$ мм ширина торця корпусу 4, рис. 2 дорівнює розміру циліндричного елемента 1 $\varnothing 10$ мм. Тому створення поверхонь свердловини і керну здійснюється алмазами, що розкриваються у точках спряження кола вставки з внутрішнім і зовнішнім колами коронки на протязі всього процесу руйнування породи.

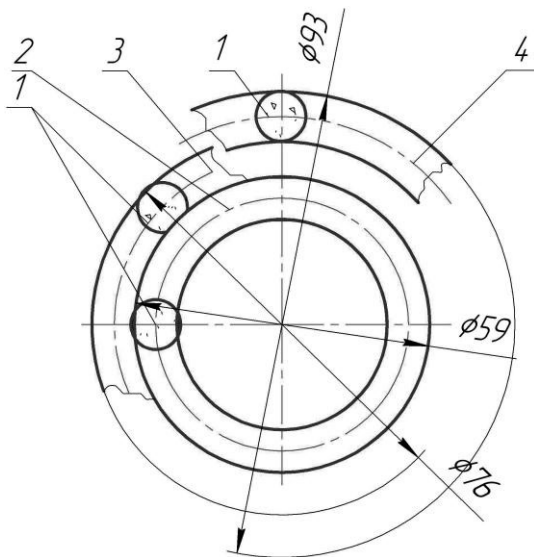


Рис. 2 Схема оснащення коронок типу БК породоруйнівними елементами зі славутича $\varnothing 10$ мм:

- 1 – породоруйнівний елемент;
- 2, 3, 4 – корпуси коронок $\varnothing 59, 76, 93$ мм, відповідно

В коронці БК-4, $\varnothing 59$ мм, оснащеною чотирма циліндричними елементами зі славутича, площа контакту з вибоєм складає $3,14 \text{ см}^2$, тобто, в 2,25 рази менше, чим у вищезгаданій коронки. При цьому K_{oc} становить 1,21, а найбільша умовна лінія руйнування породи, що знаходиться на середньому колі торця коронки, дорівнює 40 мм.

При бурінні пісковіку VI категорії буримості при частоті обертання 150 хв^{-1} і питомім навантаженні $141,6 \text{ кг/см}^2$ – механічна швидкість буріння складає $1,44 \text{ м/год}$. Отже, при постійнім питомім навантаженні, що діють на вищезгадані коронки, при незначному збільшенні частоти обертання інструменту в 1,08 рази і в 1,38 рази довжини шляху, пройденого елементами по вибою за певний проміжок часу, при відмінній в 2,25 разів довжині лінії руйнування породи на середньому діаметрі торця корпусу коронки (90 мм і 40 мм), але при наявності ділянок, що містять умовні лінії руйнування породи алмазами в прикерновій та присвердловинній зонах, спостерігається збільшення механічної швидкості буріння коронкою $\varnothing 59$ мм в 2 рази (табл.).

Вплив відсутності породоруйнівних елементів (алмазів) в прикерновій і при свердловинній зонах на значення механічної швидкості буріння спостерігається при випробуванні коронок, оснащених циліндричними елементами зі славутича зі сферичним

Найбільша ж довжина умовної лінії руйнування в досліджуваній дев'ятисекторній коронці БК-3 $\varnothing 93$ мм завжди знаходиться на середньому діаметрі коронки. Керноутворюючими і свердловино утворюючими є 9 точок на внутрішньому та 9 – на зовнішньому діаметрі, причому, ймовірність періодичного їх розкриття має випадковий характер, що призводить до випереджаючого зносу прикернової і присвердловинної зон коронки, і як наслідок, відбувається потоншення корпусу коронки, зменшення діаметру свердловини і збільшення діаметру керну.

Загальна площа контакту з вибоєм коронки БК-3, $\varnothing 93$ мм складає $7,06 \text{ см}^2$ при коефіцієнті оснащеності $K_{oc} = 0,27$, при цьому $K_{oc} = S_{вст}/S_k$, де $S_{вст}$ – площа породоруйнівного елемента; S_k – площа кільця вибою, утвореного коронкою. Механічна швидкість буріння пісковіку Монахівського родовища становила $0,72 \text{ м/год}$ при питомому навантаженні $141,6 \text{ кг/см}^2$ при частоті обертання 138 хв^{-1} , (табл.).

торцем. Контакт коронки БК-5, Ø 76 мм з вибоєм, оснащеної шістьма такими елементами відбувається по вершинах куль. Торцевий елемент у процесі роботи набуває поверхні круга, діаметр якого поступово збільшується до значення діаметру елементу, тому вищевказані коронки були теж використані у подальших дослідженнях.

Так, в початковий момент часу при створенні високих контактних навантажень на вибої вершинами елементів умовні лінії руйнування породи в присвердловинній і в прикєрновій зоні відсутні і при частоті обертання 400 хв^{-1} механічна швидкість коронки складає $1,18 \text{ м/год}$. В результаті зносу елементів до плоского торця і утворення у прикєрновій та присвердловинній зонах умовних ліній руйнування $29,46$ і $33,54$ мм, відповідно, відбувається значне (у $4,92$ рази) підвищення механічної швидкості до значення $5,81 \text{ м/год}$. Проте, на пісковнику IX категорії буримості, при тому ж питомім навантаженні, що на початку буріння пісковнику VI категорії буримості цією ж коронкою, механічна швидкість коронки склала всього $0,53 \text{ м/год}$ при викрошуванні елементів (табл.).

Зменшення у 2 рази площі контакту з вибоєм до $1,27 \text{ см}^2$ при скороченні кількості елементів зі сферичним торцем до 3 штук в коронці БК-6 призводить до збільшення механічної швидкості буріння у початковий момент часу в $1,65$ раз порівняно зі швидкістю коронки БК-5 і становить $1,95 \text{ м/год}$ при бурінні пісковнику VI категорії бури мості, що пояснюється, ймовірно, швидким утворенням за рахунок зносу довжини умовної лінії руйнування породи до 30 мм на середньому діаметрі короночного торця і утворенням ділянок інтенсивного руйнування породи в присвердловинній і в прикєрновій зонах довжиною $16,77$ і $14,73$ мм, відповідно (табл.).

При бурінні пісковнику IX категорії буримості вищевказаною коронкою БК-6 при тому ж питомім навантаженні, що на початку буріння пісковнику VI категорії буримості цією ж коронкою, спостерігається незначне збільшення механічної швидкості буріння – в $1,24$ рази, яке досягає значення $0,66 \text{ м/год}$ при розшаруванні і викрошуванні всіх породоруйнівних елементів (табл.).

Отже, у процесі зношування вставок зі славутича зі сферичним торцем, довжина найбільшої лінії руйнування породи знаходиться постійно на середньому діаметрі торця корпусу коронки і зростає до 10 мм (діаметра вставки), що однаково негативно позначається як на продуктивності буріння, так і на зносостійкості породоруйнівних елементів в прикєрновій та присвердловинній зонах.

З метою збільшення механічної швидкості буріння при зрівноваженні умовних довжин руйнування породи в кутових зонах торця коронки, було розроблено і випробувано шестисекторну коронку БК-7, Ø 76 мм, загальною площею контакту з вибоєм $1,7 \text{ см}^2$. Коронку оснащено циліндричними елементами із славутича таким чином, що в центральній частині трьох секторів 1 (рис. 3 а), через один встановлено елементи 2 діаметром 6 мм . При цьому в трьох секторах напівциліндричні елементи 3 звернені хордами до внутрішнього діаметру коронки, в трьох інших – до зовнішнього.

Згідно з епюрою 4 (рис. 3 в), що зображує зміну довжини умовних ліній руйнування породи в радіальному напрямку в елементах, послідовно розташованих у двох секторах, максимумами знаходяться в зонах перекриття циліндричного елемента з напівциліндричним, відстаючи від твірних зовнішнього та внутрішнього діаметрів коронки на 2 мм і відповідають значенням – $8,82$ і $8,80 \text{ мм}$, відповідно (загальна довжина $26,40$ і $26,46 \text{ мм}$). На вісі торця короночного кільця, в присвердловинній та в прикєрновій зонах довжина умовних ліній руйнування є постійною і становить на епюрі – 6 мм (загальна довжина – 18 мм). Тобто, максимальна довжина умовної лінії руйнування ($26,40$ і $26,46 \text{ мм}$) більше довжин умовних ліній руйнування в присвердловинній і прикєрновій зонах (18 мм), в середньому, в $1,47$ рази.

При питомім навантаженні $591,7 \text{ кг/см}^2$ і частоті обертання 288 хв^{-1} механічна швидкість буріння блоку пісковнику Монаховського родовища становила $1,9 \text{ м/год}$, а знос становив $0,24 \text{ мм/м}$ без поламак секторів.

Подальше зменшення площі контакту породоруйнівних елементів у коронці БК-8, Ø 76 мм з вибоєм у 1,5 рази відносно коронки БК-7 Ø 76 мм до $1,13 \text{ см}^2$ і, як наслідок, зменшення загальної довжини умовних ліній руйнування у коронці БК-8 (рис. 3 б) призводить до зменшення механічної швидкості буріння коронкою до 0,7 м/год при питомім навантаженні $1061,9 \text{ кг/см}^2$. Як бачимо, зі збільшенням питомого навантаження в 1,79 раз механічна швидкість буріння зменшилась в 2,71 раза, а інтенсивність зносу збільшилась до 1,04 мм/м, (табл.).

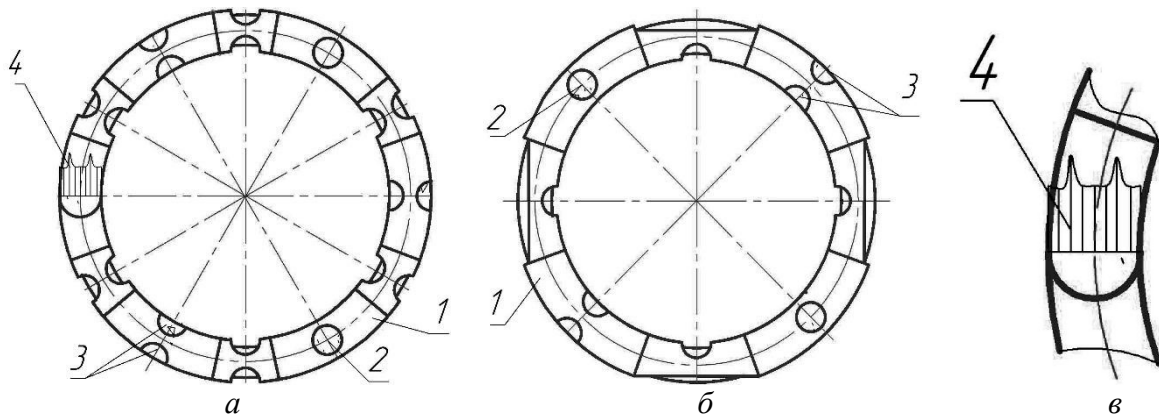


Рис. 3. Загальний вид : бурових коронок БС-7 (а), та БС-8 Ø76мм (б), оснащених циліндричними і напівциліндричними елементами зі славутича з плоским торцем : 1 – корпус, 2 – циліндричний елемент, 3 – напівциліндричний елемент, 4 – епюра довжин умовних ліній руйнування гірської породи алмазами в елементах в двох послідовно розташованих секторах в радіальному напрямку короночного торця ; епюра довжин умовних ліній руйнування гірської породи (збільшено) (в)

Зрівноваження довжин умовних ліній руйнування породи в радіальному напрямку торця коронки, а також, збільшення його зносостійкості в прикерновій і присвердловинній зонах, відбувається в трисекторній коронці БК-9, Ø 76 мм (площа контакту з вибоєм $0,77 \text{ см}^2$), кожен сектор 1 якої (рис. 4 а) оснащений породоруйнівними елементами 2 з розміром торця $8,5 \times 3 \text{ мм}$. Згідно з епюрою 3 довжини умовних ліній руйнування гірської породи у секторі, (рис. 4 б) загальна довжина умовних ліній руйнування в радіальному напрямку корпуса коронки постійна і відповідає значенню 9мм. Середня механічна швидкість при бурінні Монаховського пісковику досягає 2,5 м/год при зносостійкості 0,23 мм/м, що відповідає зносостійкості коронки БК-7 (0,24 мм/м).

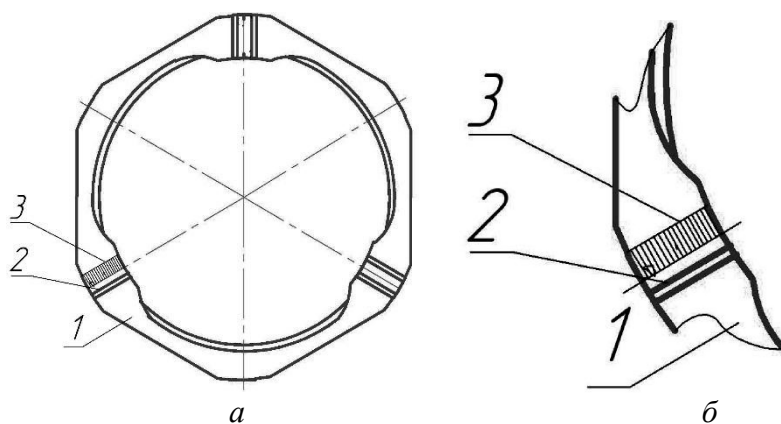


Рис. 4 Загальний вигляд: бурової коронки БК-9, Ø 76 мм: 1 – корпус коронки, 2 – породоруйнівний елемент, 3 – епюра довжин умовних ліній руйнування гірської породи у радіальному напрямку сектора (а); епюра довжин умовних ліній руйнування гірської породи у радіальному напрямку сектора (збільшено) (б)

Проте при бурінні пісковіку ІХ категорії буримості середня механічна швидкість буріння вищевказаних коронок не перевищують 1,44 м/год, при цьому на елементах спостерігається тріщина, що проходить в радіальному напрямку. Більш інтенсивний, ніж у центральній зоні, відмічається, згідно з вимірюваннями, випереджаючий знос елементів в прикерновій і присвердловинній зонах.

Показники роботи дослідних бурових коронок в залежності від особливостей оснащення їх елементами зі слаутича

Умовне позначення дослідного зразка коронки	Площа торця коронки, см ²	Категорія буримості породи	Питоме навантаження, кг/см ²	Частота обертання коронки, хв. ⁻¹	Довжина умовної лінії руйнування породи в прикern./присверд. зонах	Механічна швидкість буріння, м/год	Інтенсивність зносу, мм/м
БК-3, Ø 93	7,06	VI	141,60	138	0/0	0,72	Поламки секторів 0,15
БК-4, Ø 59	3,14	VI	141,60	150	19,56/22,28	1,44	0,11
БК-5, Ø 76	4,71	VI	141,60	400	0/0	1,18	0,07
		IX	280,00	«-»	29,46/33,54	5,81	0,19
БК-6, Ø 76	2,36	VI	152,86	400	0/0	1,95	0,04
		IX	306,38	«-»	14,73/16,77	4,55	0,05
БК-7, Ø 76	1,70	VI	592,00	288	18/18	1,90	0,24
		IX	152,86	«-»	«-»	0,66	0,143
БК-8, Ø 76	1,13	VI	1062,00	288	12/12	0,70	1,04
		IX	267,00	«-»	«-»	1,44	2,00
БК-9, Ø 76	0,77	VI	1600,00	400	9/9	2,50	0,23
		IX	267,00	«-»	«-»	1,44	2,00
БК-1, Ø 76	1,44	VI	694,4	288	12/12	1,30	0,04 при випередж. зносі присвердл. елем.
БК-11, Ø 93	2,16	VI	141,60	400	24/24	3,10	0,04
		IX	«-»	«-»	«-»	1,49	0,3
БК-12, Ø 93	5,04	VI	99,00	400	56/70	3,64	0,01
		IX	138,00	«-»	«-»	1,18	0,21

Результати виконаного аналізу сприяли розробці конструкції коронки, в якій торець коронки оснащується кількома відокремленими один від одного призматичними елементами, що не дозволяє будь-якому мікрodefекту в одному елементі поширюватися на сусідній елемент.

Більш інтенсивне оснащення алмазами присвердловинної та прикерновій зон було досягнуто в конструкції шестисекторної коронки БК-10, Ø 93 мм корпус 1 якої, (рис. 5 а), оснащено призматичними елементами 2 зі слаутича з розміром торця 3×4 мм, попарно розташованих шляхом чергування в прикерновій і при свердловинній зонах. Загальна площа контакту з вибоєм – становить 1,44 см².

Приймаючи до уваги те, що довжина елемента рівна 4мм в трьох секторах вона відповідає значенню 12мм; руйнування породи в кутових зонах вибою забезпечується алмазами в умовних лініях руйнування породи загальною довжиною 12мм, але в центральній частині торця її довжина більше в 2 рази. На епюрі 3, (рис. 5 б) визначені стрибки збільшення довжин умовних ліній руйнування у двох послідовно розташованих секторах в центральній

частині торця корпусу коронки, При цьому, як показують виміри, спостерігається випереджаючий знос при свердловинного елементу у секторі коронки на 14% вище за знос керноутворюючого елементу.

Механічна швидкість буріння становила – 1,30 м/год, а інтенсивність зносу – 0,04 мм/м, (табл.). При бурінні пісковика IX категорії буримості відбувається швидке руйнування породоруйнівних елементів.

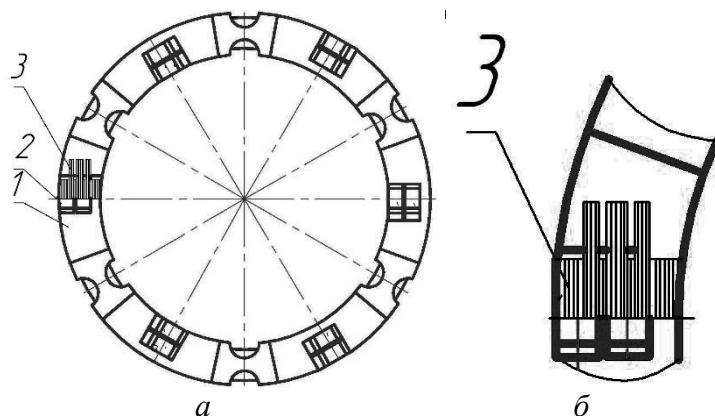


Рис. 5 Загальний вид: бурової коронки БК-10, \varnothing 76 мм, оснащеної призматичними елементами, попарно розташованих у секторах: 1 – корпус коронки; 2 – породоруйнівний елемент; 3 – епюра довжин умовних ліній руйнування породи у двох послідовно розташованих секторах (а); епюри, (збільшено) (б)

З метою збільшення довжини умовних ліній руйнування в прикерновій і присвердловинній зонах при збереженні площі контакту коронки з вибоєм $1,44 \text{ см}^2$ було розроблено восьмисекторну коронку БК-11, \varnothing 93 мм оснащуну призматичними елементами, з розмірами торця: 2×3 ; 3×3 ; 4×3 мм (рис. 6). Для виробництва елементів такого типорозміру було розроблено і виконано обладнання [5], здатне утворювати отвори необхідного розміру у графітовій прес-формі, що забезпечує високу якість породоруйнівних елементів при їх спіканні, точне збереження заданої конфігурації.

Довжина умовних ліній руйнування алмазами такої коронки в радіальному напрямку однакова [6] і досягає 24 мм (довжина одного елемента 3 мм). Коронка складається з корпусу 1, рис. 6, сектори 2 якого оснащені породоруйнівними елементами 3, 4, 5 вищезазначеного розміру, захищених від динамічних навантажень захисними зуб'ями гребінки 6 і передньою захисною стінкою 7, та промивних каналів 8. Зуб'я гребінки мають різний крок. В центральній зоні торця коронки він менший ніж в прикерновій і присвердловинній зонах, тому забезпечується збільшення площі контакту з вибоєм ріжучих елементів 5, установлений у присвердловинній зоні порівняно з площею контакту з вибоєм елементів 3, установлених у прикерновій зоні. Це сприяє рівномірному зносу елементів 3, 4, 5 в радіальному напрямку торця коронки. Крім того, розміщення в одному секторі корпусу коронки елемента 5 в прикерновій зоні, сприяє повному перекриттю вибою свердловини. Слід зазначити, що відношення суми площ контакту з вибоєм елементів 3 і 5 в присвердловинній зоні до суми площ контакту з вибоєм тих же елементів у прикерновій зоні становить 1, 2, що відповідає відношенню довжин траєкторій присвердловинних і прикернових елементів. При рівності довжин умовних ліній руйнування у радіальному напрямку торця коронки, як показано на епюрі 9, було досягнуто механічної швидкості буріння пісковика Теревовлянського родовища – 3,10 м/год й 1,49 м/год при бурінні пісковика IX категорії буримості при високій зносостійкості.

Виступання на величину a породоруйнівних елементів за межі корпусу сприяє калібруванню свердловини і підвищує ресурс коронки, в цілому.

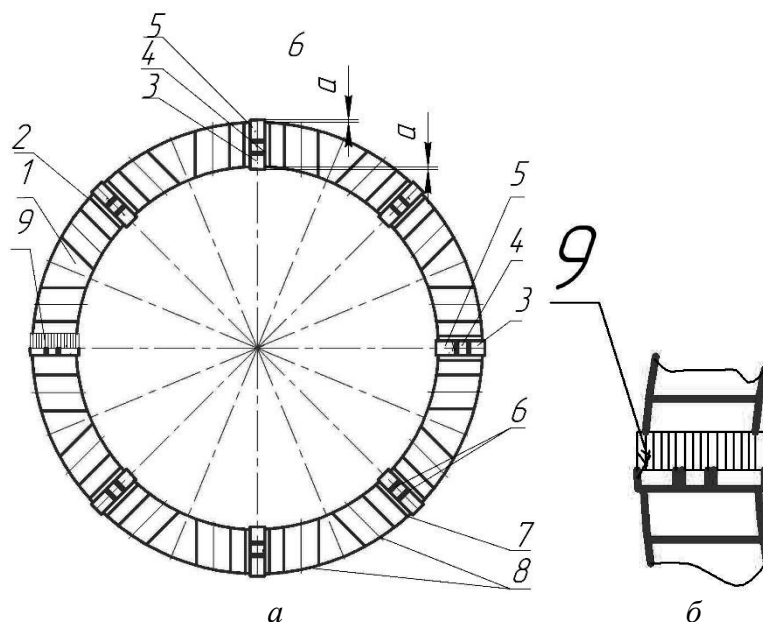


Рис. 6 Загальний вид : бурової коронки БК-11, \varnothing 93 мм : 1 – корпус коронки; 2 – сектор; 3, 4, 5 – породоруйнівні елементи з розміром торця 3×3, 2×3, 4×3 мм, відповідно; 6 – сталеві захисні зуб'я гребінки; 7 – передня захисна стінка; 8 – промивний канал; 9 – етюри довжин умовних ліній руйнування породи у двох послідовно розташованих секторах (а); етюри, (збільшено) (б)

З метою визначення частки впливу осьового навантаження на процес руйнування гірської породи призматичним породоруйнівним елементом у прикерновій зоні було проведено порівняльний аналіз формування тріщин, що утворюються у блоці гірської породи, в результаті однакового питомого навантаження на алмазовмісні циліндричні елементи з плоским торцем \varnothing 10 мм і призматичним елементом з розміром торця 7×3 мм.

Було розроблено і виготовлено спеціальні різці, оснащені породоруйнівними елементами: циліндричним з плоским торцем \varnothing 10 мм (рис. 7 а) і призматичним з розміром торця 7×3 мм (рис. 7 б).

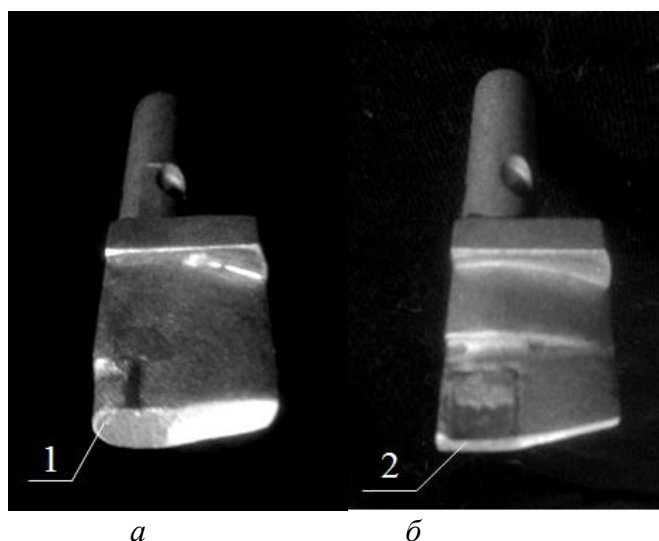


Рис. 7 Різець, оснащений : циліндричним породоруйнівним елементом 1 з плоским торцем \varnothing 10 мм (а); призматичним 2 з розміром торця 7×3 мм (б)

Експериментальний різець, закріплений у різцетримачі динамометра притискався з заданим питомим навантаженням до виступу блоку оптичного скла, встановленого на планшайбі токарно-карусельного верстату, що імітує керн. При незначному впливі, (0,8 кН) тангенціальній складовій $1 - P_z$ (рис. 8 а) осьова складова навантаження $2 - P_y$ на різець, оснащений циліндричним елементом, поступово підвищувалась. Блок з виступом зазнає руйнівної дії при питомім навантаженні $14,65 \text{ кН/см}^2$, а тріщина, утворена циліндричним елементом, дотичним до площини виступу, починає формуватися у блоці оптичного скла на відстані радіуса елемента від виступу, тобто, під умовною лінією руйнування породи алмазами найбільшої довжини. Але її кінцева частина (при даному значенні навантаження) не доходить до площини потенційно утворюваного керну $2,4 \text{ мм}$, тобто, змодельована прикерна зона внаслідок осьового навантаження не зазнає руйнування, взагалі (рис. 9 а).

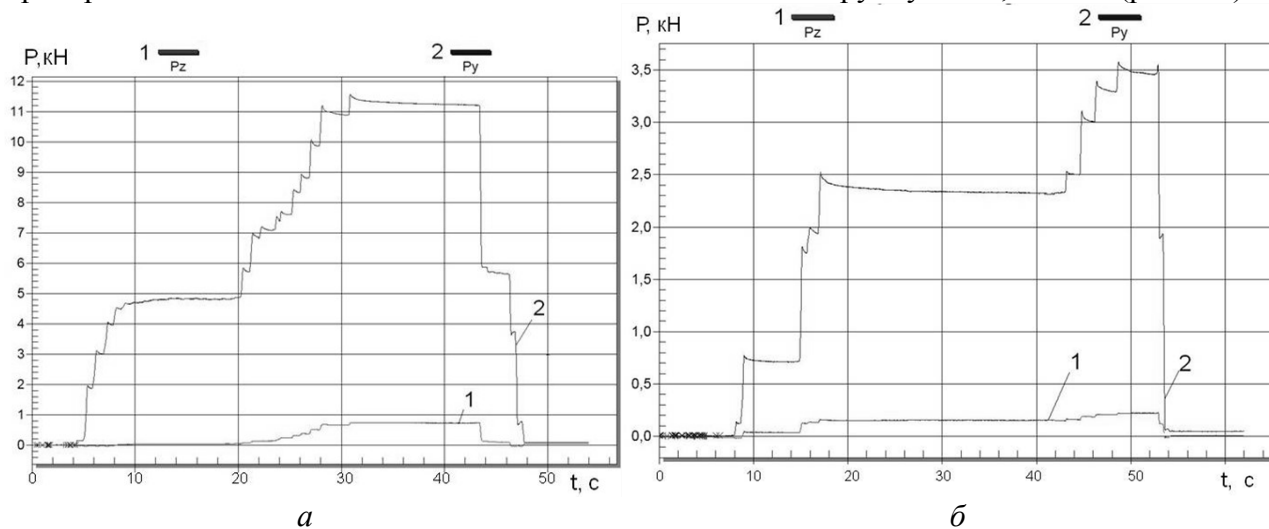


Рис. 8. Діаграма складових сили руйнування P_z і P_y блоку оптичного скла БК-8, різцем, оснащеним циліндричним елементом з плоским торцем $\varnothing 10 \text{ мм}$ (а); призматичним, з розміром торця $7 \times 3 \text{ мм}$ (б), P_z (1), P_y (2)

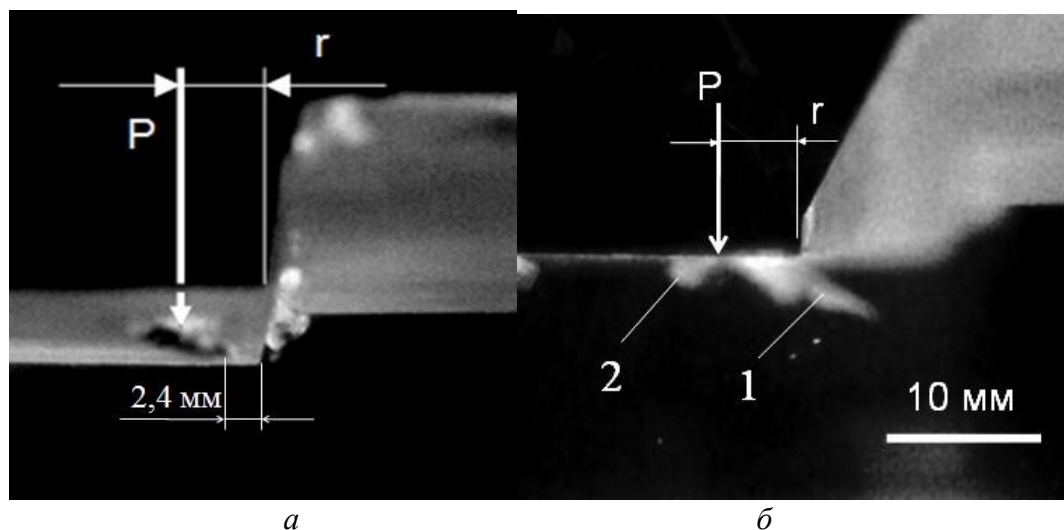


Рис.9. Формування тріщини, утвореної в результаті дії осьового навантаження на циліндричний елемент з плоским торцем $\varnothing 10 \text{ мм}$, дотичний до площини виступу: вид під кутом до площини прикладення осьового навантаження: r – радіус циліндричного елемента, P – вектор осьового навантаження, (а); вид спереду: 1 – основна гілка тріщини, спрямована у прикєрнову зону вибою, 2 – спрямована у вільний напівпростір гілка тріщини (б)

Крім основної гілки тріщини 1, спрямованої у прикернову зону виступу, у вільний напівпростір у протилежну сторону від площини змодельованого керну спрямована менша гілка тріщини 2, довжина якої в 3,5 рази менша від основної гілки, а її потенційна енергія руйнування не використовуватиметься для руйнування прикернової (кутової) зони вибою (рис. 10).

Під дією максимального осьового навантаження 3,5 кН (питоме навантаження $16,67 \text{ кН/см}^2$), рис. 8 б, на призматичний елемент протягом 6 секунд основна гілка тріщини 1 формується на лінії перетну площин вибою і виступу і «підсікає» kern (рис. 10), сприяючи руйнуванню кутової зони вибою. Менша гілка тріщини 2 не виходить за межі зони контакту робочої поверхні елементу з вибоєм (3 мм), а тому сприяє його інтенсивному руйнуванню.

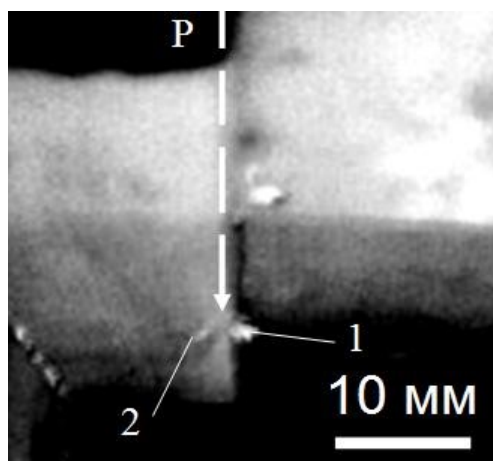


Рис.10. Формування тріщини, утвореної в результаті дії осьового навантаження на призматичний елемент з розміром торця 7×3 мм: P – вектор осьового навантаження; 1 – основна гілка тріщини, спрямована у зону керну, 2 – спрямована у вільний напівпростір гілка тріщини

За результатами досліджень було розроблено бурову коронку БК-12, $\varnothing 93$ мм, [7] в якій вирішене питання про збільшення довжини умовної лінії руйнування гірської породи алмазовмісними елементами в прикерновій зоні до 56 мм (рис. 11 а). Коронка містить корпус 1 і алмазовмісні породоруйнівні елементи 2, з розміром торця 7×3 мм, розділених захисними пластинками 3. Породоруйнівні елементи, розташовані, в прикерновій 4, центральній 5 і присвердловинній 6 зонах у секторах, розділених промивними каналами 7, мають різну концентрацію алмазів: в присвердловинній зоні - в 1,25 рази більшу ніж у прикерновій і в 1,33 рази більшу ніж по вісі короночного торця, як видно на епюрі 8 (рис. 11 б).

Породоруйнівні елементи виготовлені у вигляді окремих пластин, тому є можливість варіювати концентрацію алмазів в породоруйнівних елементах при застосуванні в різних геологічних умовах. Як і у попередньому випадку, виступання на величину a породоруйнівних елементів за межі корпусу сприяє

калібруванню свердловини й збереженню діаметру корпусу коронки.

Породоруйнівні елементи мають однакову ширину у радіальному напрямку, тому при встановленні в корпусі уніфікованих (одного типорозміру) породоруйнівних елементів значно спрощується виготовлення коронки, що робить її високотехнологічною.

Виміри інтенсивності зношування елементів за допомогою довжиноміра оптичного моделі Н-313, свідчать про рівномірне зношування присвердловинних і прикернових елементів, тому що середня інтенсивність зношування при бурінні пісковика IX категорії буримості наступна: $0,18 \text{ мм/м}$ – у прикерновій зоні, $0,29 \text{ мм/м}$ – у центральній зоні торця, $0,15 \text{ мм/м}$ – у присвердловинній зоні. Незначний випереджаючий знос центральних елементів відносно кутових дозволяє утримувати площинність вибою.

При дослідженні робочої поверхні торця коронки БК-12, $\varnothing 93$ мм при використанні установки для дослідження властивостей робочої поверхні інструменту, [8], встановлено, що відношення кількостей розкритих алмазів у присвердловинній і прикерновій зонах становить 1,25, що відповідає відношенню концентрацій алмазів в елементах у вищезгаданих зонах, тоді як відношення довжини шляхів руйнування породи, вимірюваних по осьових лініях елементів у присвердловинній і прикерновій зонах відповідає значенню – 1, 2, що, можливо і зумовлює незначний випереджаючий знос прикернового елемента відносно присвердловинного.

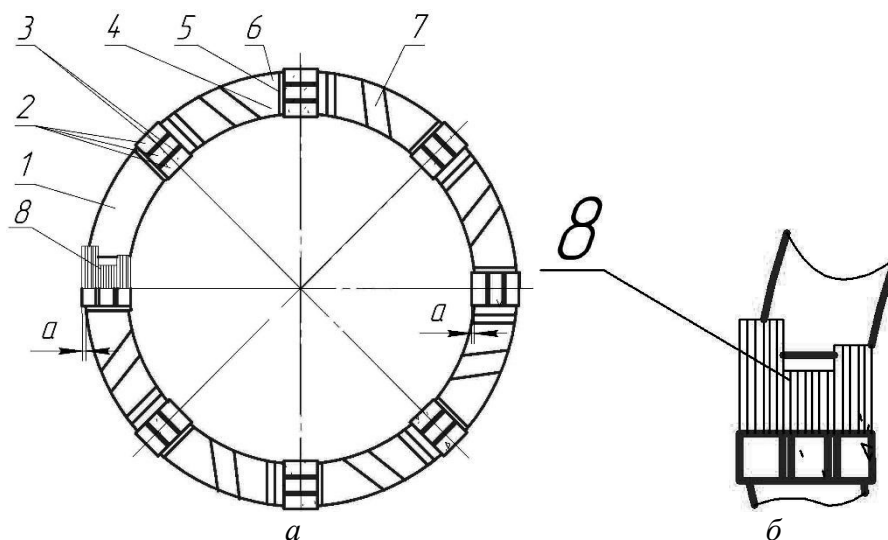


Рис.11. Загальний вид: бурової коронки БК-12, \varnothing 93 мм: 1 – корпус, 2 – призматичні елементи, 3 – прикернова зона; 4 – центральна зона, 5 – присвердловинна зона, 6 – захисні пластинки; 7 – промивні канали; а-довжина виступання породоруйнівного елемента за межі корпусу (а); епюри довжин умовних ліній руйнування породи у двох послідовно розташованих секторах коронки (збільшено); (б)

Висновки

1. Довжина умовної лінії руйнування породи алмазами в породоруйнівних елементах із славутича з різною формою і площею контакту з вибоєм гірської породи, якими оснащені геологорозвідувальні коронки \varnothing 59, 76, 93 мм має значний вплив, як на механічну швидкість буріння, так і на зносостійкість бурового інструменту.

2. Рівномірне зношування торця коронки, оснащеної призматичними породоруйнівними елементами зі славутича, в радіальному напрямку спостерігається у випадку, коли відношення кількості алмазів у присвердловинній і прикерновій зонах відповідає відношенню довжини шляхів тертя алмазів у вищевказаних зонах і досягається:

а) зміною площі контакту породоруйнівних елементів з вибоєм, при цьому механічна швидкість буріння досягала 3,1 м/год при бурінні пісковиків VI категорії буримості і 1,49 м/год при бурінні пісковиків IX категорії буримості;

б) зміною концентрації алмазів у породоруйнівних елементах у радіальному напрямку торця коронки, при цьому механічна швидкість буріння досягала 3,64 м/год при бурінні пісковиків VI категорії буримості й 1,2 м/год при бурінні пісковиків IX категорії буримості.

3. Висока ефективність руйнування вибоєм гірської породи в результаті дії осевого навантаження на призматичний алмазовмісний елемент із славутича з торцем розміром 7x3мм визначається «підсікаючою» дією тріщини передруйнування, за рахунок чого, можливо, зменшуються енерговитрати на руйнування породи у зонах перетину площин вибоєм і керну, а також, вибоєм і свердловини.

Автори висловлюють щирю подяку старшому науковому співробітнику ІНМ кандидату технічних наук О. М. Ісонкіну за допомогу у проведенні експериментальних досліджень.

Исследовано влияние конфигурации алмазосодержащих породоразрушающих элементов из славутича и схемы их расположения на торце короночного кольца на эффективность разрушения горных пород средней прочности. Выявлены преимущества использования призматических алмазосодержащих элементов из славутича по-сравнению с цилиндрическими элементами, при обеспечении равномерного износа торца коронки в радиальном направлении.

Ключевые слова: разрушение горной породы, алмазная буровая коронка, породоразрушающий элемент, славутич, равномерный износ.

Influence of configuration of the insertions for destruction of rock from a composite diamond-containing material-slavutich and the scheme of their layout on the butt end of crown ring is investigated on efficiency of destruction of mountain breeds of middle strength. Advantages of the use of prismatic elements from a composite diamond-containing materia-slavutich are revealed versus with cylindrical elements with ensuring of even wear of it butt end in radial direction.

Key words: destruction of mountain breed, diamond boring crown, insertion, slavutich, even wear.

Література

1. Лившиц В.Н. Метод оценки эффективности применения сверхтвердых материалов в бурении // Разрушение горных пород инструментом из сверхтвердых материалов. – К.: Институт сверхтвердых материалов АН УССР, 1980. – С. 71–79.
2. Исследование работоспособности славутича при бурении пород средней крепости / В.Н. Лившиц, Т.П. Титова, А.Н. Ивженко, А.В. Радько // Разрушение горных пород инструментом из сверхтвердых материалов. – К.: Институт сверхтвердых материалов АН УССР, 1980. – С. 99–105.
3. Арцимович Г.В. Исследование закономерностей взаимодействия породоразрушающих элементов долота с забоем скважины при бурении // «Разрушение горных пород при разрушении скважин»: Сб. науч. тр. – Уфа: БашНИПИнефть, Всесоюзная научно-техническая конференция, 4–7 сентября 1973. – С. 103–108.
4. Семенов А.И. Износостойкость породоразрушающих элементов различных геометрических форм и эффективность их применения в буровом инструменте // Разрушение горных пород инструментом из сверхтвердых материалов. – К.: Институт сверхтвердых материалов АН УССР, 1980. – С. 116–119.
5. Пат. 16737 Україна. МПК В26В 19/00 Прошивка / А.Л. Майстренко, І.А. Свешніков, Р.К. Богданов, О.М. Ісонкін, О.П. Виноградова, П.Г. Людвиченко: Заявл. 10.03.2006: Опубл. 15.08.2006, Бюл. №8.
6. Пат. 47671 Україна. МПК Е21В 7/00, Е21В10/00 Алмазна бурова коронка / А.Л. Майстренко, І.А. Свешніков, Р.К. Богданов, О.М. Ісонкін, О.П. Виноградова, П.Г. Людвиченко: Заявл. 05.02.2009: Опубл. 25.02.2010, Бюл. №4.
7. Пат. 47724 Україна. МПК Е21В 10/48 Алмазна бурова коронка / А.Л. Майстренко, І.А. Свешніков, Р.К. Богданов, О.М. Ісонкін, О.П. Виноградова, П.Г. Людвиченко. – Заявл. 17.07.2009: Опубл. 25.02.2010, Бюл. №4.
8. Пат. 15217 Україна. МПК G01В 11/30 Пристрій для дослідження робочої поверхні інструменту / О.П. Виноградова, А.Л. Майстренко, І.А. Свешніков, В.Д. Медведєв, П.Г. Людвиченко. – Заявл. 28.12.2005: Опубл. 15.06.2006, Бюл. №6.

Надійшла 15.07.14