

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Ткаченко Марія Олексіївна

УДК 504.622

**ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ РЕЖИМИ РОБОТИ БУРОВОГО ВЕРСТАТУ
НА КАР'ЄРІ**

Спеціальність 101 – Екологія

Автореферат
магістерської дисертації на здобуття
ступеня магістра

Київ 2018

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Науковий керівник:

Кандидат технічних наук, доцент

КРЮЧКОВ Анатолій Іванович

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Доцент кафедри екології.

Рецензенти:

Захист відбудеться «19» грудня 2018 р. о 14.00 на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою : м. Київ, вул. Борщагівська 115, ауд. 201.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розіслано «__» _____ 2018р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. При проведенні відкритих гірничих робіт буріння вибухових свердловин є однією з основних, дуже трудомістких, енергоємних і дорогих операцій. До основних проблем відкритого способу видобутку корисних копалин відноситься фізичне старіння бурового устаткування. Тому модернізація устаткування і створення нового покоління бурових верстатів є важливою науковотехнічною задачею, від вирішення якої залежить успішне функціонування гірничої галузі країни. Нині в кар'єрах України працює велика кількість гірничих машин з вичерпаним нормативним терміном служби, тому що в останнє десятиліття цілком припинилося відновлення устаткування. Бурові верстати зносилися в середньому на 80–100 %. Такий стан техніки вимагає заміни застарілих машин новими. Про масштабність такої заміни можна судити виходячи з того факту, що на кар'єрах гірничозбагачувального комбінату (ГЗК) Криворізького басейну наразі необхідно замінити 100 % бурових верстатів. Також, у зв'язку з старінням обладнання, верстати типу СБШ потребують багато електроенергії для нормальної роботи. Тому, головним чином, важливо оптимізувати роботу верстатів щоб витратити якомога менше енергоресурсу.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є становлення закономірностей та залежностей процесу шарошкового буріння, для розробки методики розрахунку оптимальних параметрів бурових робіт на кар'єрі по критерію мінімальної енергоємності.

Задачі дослідження :

- оцінити буримість гірських порід;
- Прорахувати особливості розрахунку параметрів бурових робіт;
- Визначити критерії, методи та засоби оцінки буримості гірських порід на кар'єрах;
- Визначити зв'язок параметрів режиму буріння з буримістю порід;
- Розрахувати оптимальні параметри процесу буріння;
- Прорахувати економічну ефективність верстату з встановленими новими параметрами;
- Дослідити процес руйнування породи шарошковим долотом;
- Запропонувати методику зменшення енергоємності процесу буріння.

Об'єкт дослідження – процес руйнування гірської породи верстатом.

Предмет дослідження – показники енергоефективності бурового верстату.

Наукова цінність та новизна. Вперше розроблена математична, ймовірнісна, динамічна, нестационарна, дисипативна модель процесу буріння, яка дозволила розрахувати оптимальні параметри процесу з достатньою для практики точністю і адекватністю модельованого об'єкту.

Практична значимість. Робота бурового верстату з установленими оптимальними параметрами буріння дозволяє знизити енергоємність буріння на 16-28% в залежності від типу гірських порід.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на: науково-технічній конференції ІЕЕ НТУУ «КПІ» (Київ, 2018).

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 1 наукова праця.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів та висновку, викладених на 120 сторінках машинописного тексту, переліку використаних джерел з 62 найменувань, містить ____ рисунків, ____ таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується актуальність теми дисертації, викладено мету роботи і сформульовано наукові задачі дослідження для досягнення поставленої мети, визначено об'єкт та предмет дослідження.

У **першому розділі** розглянуто буримість гірських порід та методи їх оцінки, зв'язок параметрів режиму роботи бурового верстату з буримістю гірських порід, проаналізовано енергоємність процесу буріння та її зв'язок з параметрами режимів роботи.

Найважливішим завданням теорії буріння є пояснення фізичної природи процесів і явищ і створення на цій основі математичної моделі і розрахункових формул для визначення величин швидкості буріння, енергоємності та інших параметрів процесу.

Правильність теоретичних передумов і формул перевіряють на основі досліджень в лабораторних умовах і на кар'єрах. Для отримання об'єктивної оцінки буримості гірських порід слід виходити з таких передумов: критерій буримості повинен служити дійсною характеристикою опору порід конкретного виду руйнування і дозволяти оцінювати її кількісно.

Великий обсяг досліджень з оцінки буримості порід за швидкістю і енергоємності буріння був виконаний за методом одночасної реєстрації двох найважливіших вихідних параметрів режиму буріння - швидкості і питомої енергоємності, зв'язок між якими підпорядковується залежності [44]

$$V = \frac{N}{e} \quad (1.1)$$

Де N - потужність, споживана двигуном, кВт; e - питома енергоємність буріння, кВт год / м.

У **другому розділі** розглядаються математичні моделі та методи аналітичного опису процесу буріння гірських порід, визначається зв'язок технічних та енергетичних параметрів процесу буріння в діючих математичних моделях, було проаналізовано та оцінено діючі методи математичного моделювання.

В даний час при проектуванні і веденні бурових робіт на кар'єрах використовуються традиційні інженерні логіко-інтуїтивні методи, що не дає універсальних рішень і не гарантує захист від значних помилок. Для усунення цих недоліків необхідно використовувати в проектуванні науково обґрунтовані аналітичні методи, що дозволяють отримати рішення близькі до оптимальних і уникнути принципових помилок як в проекті, так і в виробничих умовах (рис. 1).

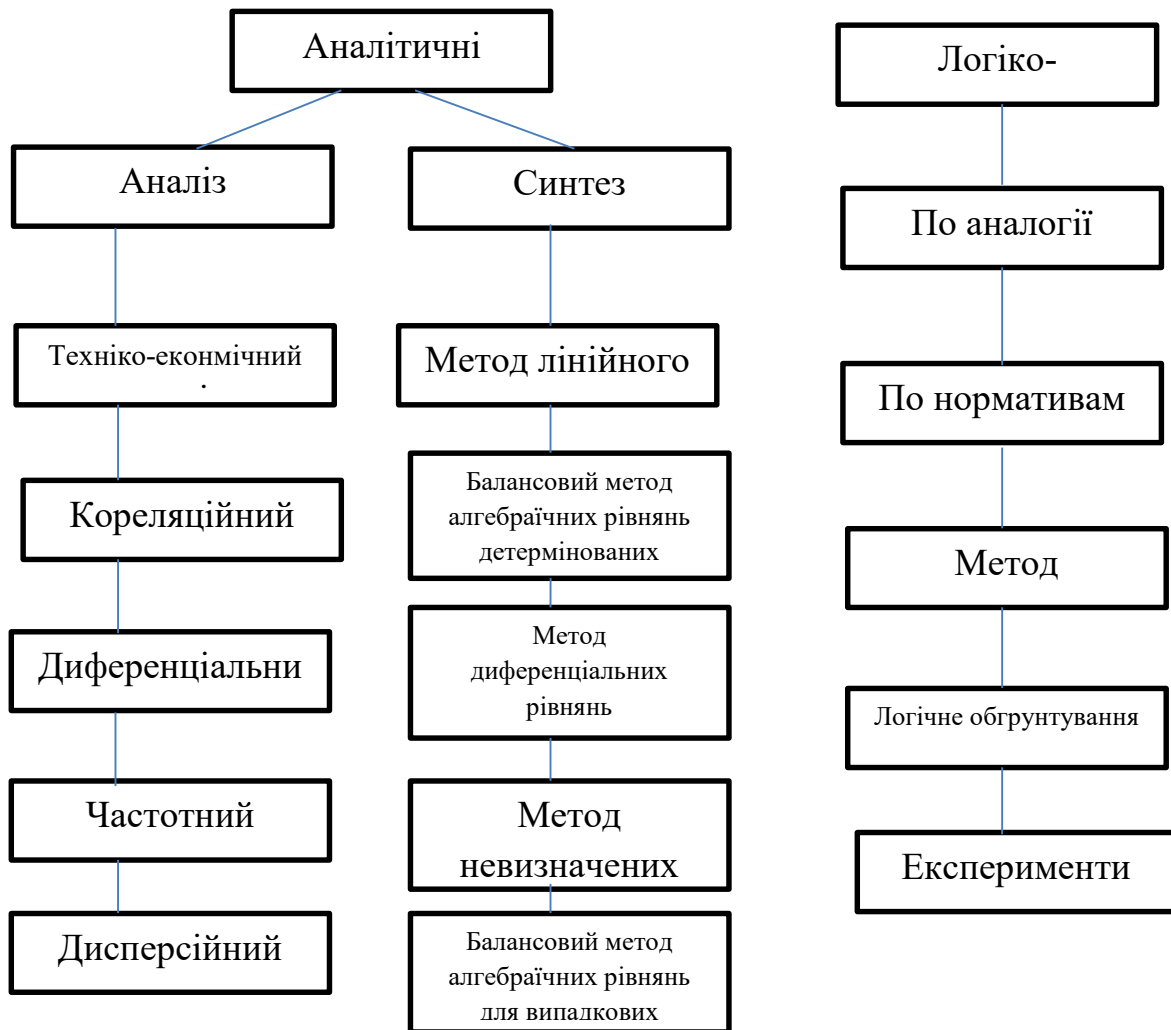


Рис.1. Методи

дослідження бурових робіт

Сформульований принцип дуальності маси в просторі дозволяє аналітично описати випадкові нестационарні процеси, в тому числі випадкові стаціонарні і детерміновані, як окремі випадки.

Процеси бурових робіт є випадковими нестационарними дисипативними процесами, а отже, спираючись на принцип дуальності, вимагають розробки відповідного аналітичного апарату, що дозволяє отримати адекватний опис даних процесів.

Запропонована методика моделювання базується на положеннях принципу дуальності руху маси в просторі.

Будь-який з процесів бурових робіт описується комплексом рівнянь Лагранжа, ФПК, Маркова-Колмогорова, що дозволяє розробити адекватну математичну модель.

Результатом розв'язку рівняння ФПК є нестационарна щільність ймовірності координат траєкторії руху маси в просторі.

На основі цих результатів визначаються:

- Координати найбільш ймовірної траєкторії:

$$\bar{q}_i = \int_{-\infty}^{\infty} \omega(q_i, t) \times q_j dq_i \quad (2.55)$$

- Дисперсія координат інших траєкторій відносно найбільш ймовірної:

$$\sigma^2(q_i) = \int (q_j - q_i)^2 \omega(q_i, t) \times dq_i \quad (2.56)$$

- Вірогідність стійких станів системи.

У **третьому розділі** було досліджено процес руйнування гірської породи при буріння шарошковым долотом; проаналізовано динамічну нестационарну модель процесу шарошкового буріння; визначено енергетичний баланс процесу буріння.

Процес буріння розглядається як сукупність двох основних процесів: руйнування гірської породи робочим інструментом, транспортування повітряним струменем бурової дрібниці по свердловині із забою на поверхню для кожного з процесів розглянута імовірнісна, нестационарна модель. Модель процесу руйнування гірської породи шарошечним долотом являє собою сукупність рівнянь Лагранжа другого роду які описують набір можливих траєкторій руху інструменту, рівняння ФПК, які дозволяють оцінити ймовірність кожної з можливих траєкторій.

Розв'язок отриманих рівнянь дозволили встановити що потужність споживана обертач бурового верстата екстремально залежить від потужності буріння;

Питома енергоємність буріння для конкретної гірської породи екстремально залежить від продуктивності буріння; оптимальне значення продуктивності буріння відповідає мінімальному значенню питомої енергоємності буріння.

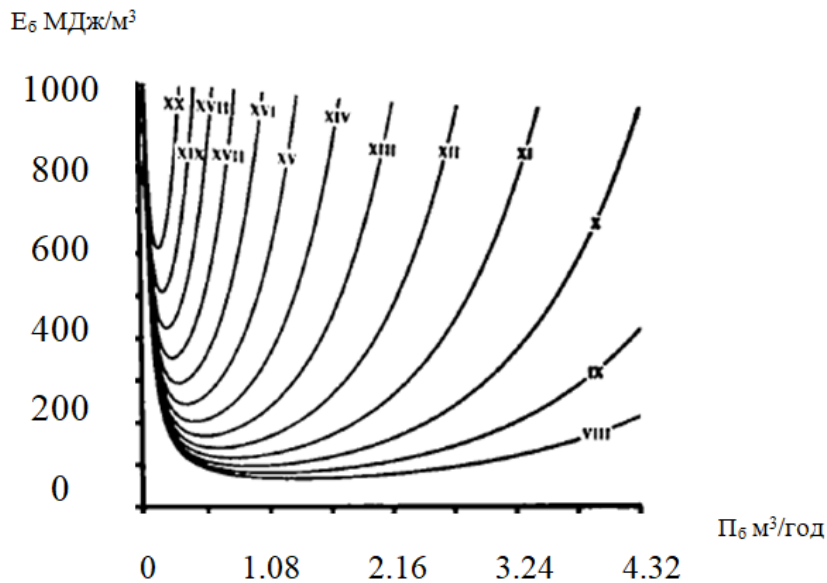


Рис. 2 Залежність енергоємності буріння від виробничої потужності верстату для різних категорій порід

Енергія, яка підводиться до поверхні гірського масиву, характеризує конструктивні особливості бурового верстата, інструменту та режим буріння. Найзручніше оцінювати її ККД, який змінюється при зміні продуктивності буріння. Ця залежність також носить екстремальний характер, причому максимуму ККД відповідає мінімум енергоємності (рис.3.21). Ця закономірність характерна для гірських порід всіх категорій.

У **четвертому розділі** досліджується процес використання у часі бурових верстатів типу СБШ, а саме , основні операції і баланс часу роботи бурових верстатів, аналізуються та класифікуються причини простоїв верстатів, було змодельовано технологічні перерви і відмови на машинному часі для верстатів типу СБШ, проаналізовано та оцінено коефіцієнт використання бурового верстату в часі.

Управління верстатом в процесі буріння включає: підготовчі роботи, складання бурового става, буріння, розбирання бурового става, заміну бурового інструменту та інші операції.

Коефіцієнт використання в часі бурового верстата визначає тривалість частини робочої зміни, в перебігу якої проводиться буріння породи. Розраховується він як відношення сумарної тривалості часу буріння за зміну до тривалості зміни.

Коефіцієнт використання в часі, поряд зі швидкістю буріння верстата, є основним комплексним параметром, що оцінює надійність бурового обладнання, ефективність технологічної схеми і організації бурових, робіт. Знання основних закономірностей формування і вміння його розрахувати є необхідними умовами

при нормуванні та плануванні бурових робіт, при визначенні раціональних режимів роботи бурового обладнання.

Вихідним матеріалом для аналізу роботи бурових верстатів у часі послужили дані хронометражних спостережень і звітності. Їх аналіз показав, що в довільний момент часу верстат може знаходитись в стані роботи або простою. Ці стани є випадковими, так як залежать від сукупного впливу великого числа чинників, що діють незалежно один від одного несумісні і складають повну групу подій. Моменти переходу з одного стану в інший утворюють випадковий альтернувальний процес відновлення Пуассона [13, 26, 35, 52].

В ідеальному випадку робота верстата представляється як безперервне відділення гірської породи в забої свердловини з максимальною інтенсивністю і тільки в кінці циклу допускаються регламентовані перерви. Їх наявність пов'язана з виконанням допоміжних операцій - заміни та нарощування бурового става, змащування окремих елементів та вузлів, ремонтно-профілактичних робіт. Однак на практиці можливі зупинки верстата протягом циклу і з інших причин. Будь-яка класифікація простоїв бурового верстата в якійсь мірі умовна і потрібна лише для спрощення реальної ситуації при моделюванні. З іншої точки зору класифікація повинна бути досить детальною, та не громіздкою і логічно несуперечливою. З огляду на це, всі простої верстата можна розділити на дві підсистеми (рис. 4.6.). Ці обидві підсистеми повинні врахувати простої по внутрішньо-участковим причинам. Дільничні простої, в свою чергу, необхідно розділити на перерви і відмови. Дільничні відмови різні за характером. Розподіл дільничних простоїв на дві підсистеми викликано тим, що для деяких процесів і обладнання напруження на відмову відбувається тільки під час роботи верстата, тобто на машинному часі. Інша група обладнання працює і відмовляє незалежно від стану бурового верстата, тобто на безперервному календарному часі. В роботі [19] прийнято необмежене відновлення відмов, тому що кількість працюючих обмежена і можливий випадок, коли при усуненні першої відмови з'являється наступний. При цьому утворюється черга на обслуговування. Для спрощення ситуації приймемо, що одночасно відновлюється тільки одна відмова.

Значну частку в загальному балансі робочого часу займають перерви, які можна розділити на організаційні та технологічні.

Організаційні перерви (підготовчо-заклучні операції, відпочинок та інші) зазвичай регламентовані в часі і поява їх не залежить від того, працює буровий верстат чи ні, тобто вони виникають на безперервному календарному часі.

На відміну від організаційних, технологічні перерви можуть виникати тільки після виконання верстатом певного обсягу роботи з буріння породи. Як бачимо, організаційні та технологічні перерви можна розглядати як різновид дільничних відмов.

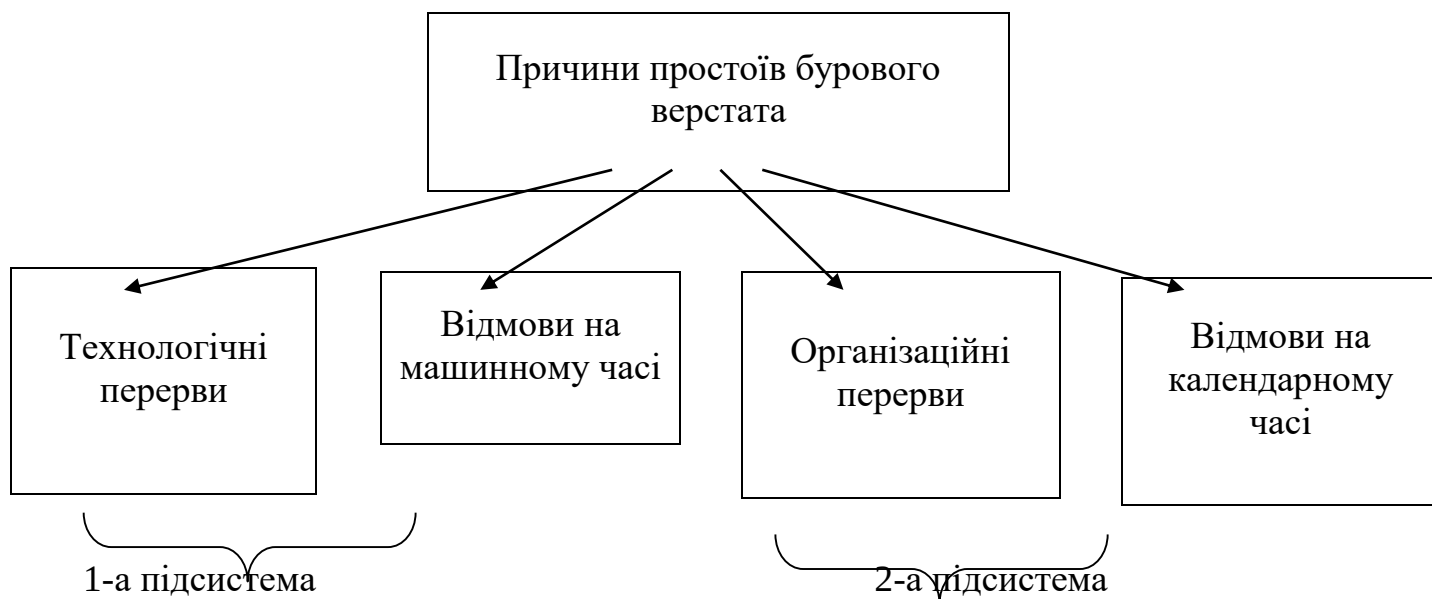


Рис. 4.6. Класифікація простоїв бурового верстата

Продуктивність буріння верстатом типу СБШ залежить як від швидкості буріння, так і від використання бурового верстата в часі. Використання верстата в часі оцінюється коефіцієнтом використання. Коефіцієнт використання бурового верстата в часі залежить від наявності та тривалості технологічних операцій, організації технологічного процесу, надійності бурового забою і систем.

Використання бурового верстата в часі необхідно розглядати як випадковий марковський процес з відповідними математичними моделями.

Найбільший вплив на коефіцієнт використання верстата надають технологічні операції: нарощування бурового става, перехоплення штанг патроном, очищення та продування свердловини.

Тісний кореляційний зв'язок фактичних і розрахованих за моделлю значень коефіцієнта використання ($r = 0,82$) дозволяє використовувати результати моделювання для розробки інженерної методики розрахунку коефіцієнта використання бурового верстата типу СБШ в часі.

У **п'ятому розділі** представлено розробку методики розрахунку продуктивності і енергоємності буріння та оптимальних параметрів режиму буріння верстатів типу СБШ, а також прораховано економічну ефективність та ймовірність запуску стартап проекту.

Сучасна бурова установка може оснащуватися контрольно-вимірювальними приладами, реєстраторами та пристроями автоматичного управління. Основним, особливо при високочастотному алмазному бурінні, залишається процес управління поглибленням свердловини, вироблення оптимальних параметрів режиму буріння.

В даному випадку актуальний вибір параметра оптимізації, або критерію оптимізації. Вимоги до критерію оптимізації процесу буріння складаються в тому, що цей параметр повинен надійно реєструватися і фіксуватися безпосередньо при бурінні, а також оперативно впливати на інші параметри бурового процесу.

Реальне зменшення втрат енергії при передачі від джерела до породоруйнуючого інструменту можливо внаслідок переміщення приводу обертання інструменту до забою свердловини (застосування забійних гідро або електродвигунів, редукторів-мультиплікаторів, що підвищують частоту обертання інструменту при помірній частоті обертання бурильної колони) – оптимізація режиму роботи бурового верстату (табл.5.1)

Таблиця 5.1 Зміст ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Оптимізація режиму роботи бурового верстату, як наслідок зменшення енергоємності роботи на 16-28%.	Кар'єри відкритого типу	Економія енергоресурсу
		Підвищення ефективності видобутку корисних копалин

Оптимізація режиму роботи приведена на прикладі верстату бурового СБШ-250.

Таблиця 5.2 Порівняльна характеристика

Показник	Одиниця виміру	Модель верстату (СБШ250)	Оптимізована модель (СБШ250)
Діаметр долота	мм	250,8	250,8
Час буріння	год	72	72
Об'єм буріння	П.м	716	730
Змінна продуктивність верстату	П.м/змін	119,25	119,25
Середня швидкість буріння			
-лінійна	П.м/год	9,94	9,94
-об'ємна	М ³ /год	1,96	1,96
Вихід гірської маси з одного п.м скважини	М ³ /год	23,0	23,0
Питомі витрати електроенергії	кВт год/п.м	19,44	14,19

	кВт год/м ³	98,43	71,85
Питомі витрати електроенергії на 1м ³ гірської породи	кВт год/ м ³	0,845	0,616
Питомі витрати умовного палива	Кг/п.м %	7,72/100	5,63/100
	Кг/ м ³ %	39,08/100	28,52/100
Питомі витрати умовного палива на 1м ³ гірської породи	Кг/ м ³ %	0,335/100	0,244/100

Станом на вересень 2018 року, тарифи на електроенергію для гірничих підприємств склали – 211 коп/кВт. Питомі витрати електроенергії при оптимізованій технології режиму буріння складуть $14,19 \cdot 211 = 29$ грн 94 коп кВт год/п.м. При звичайному режимі – $19,44 \cdot 211 = 41$ грн 01 коп. Різниця на 1 п.м становить 11,07 грн. Застосування оптимального режиму роботи бурового верстату дозволяє суттєво зекономити енергоресурс.

Встановлено, що повна енергоємність процесу буріння екстремально залежить від продуктивності верстата, що дозволяє встановити значення параметрів режиму буріння, що забезпечують мінімальні значення повної енергоємності бурових робіт.

Проведені порівняння дозволяють рекомендувати розроблену інженерну методику розрахунку продуктивності і енергоємності буріння свердловин на кар'єрах буровими верстатами типу СБШ для її використання як при проектуванні бурових робіт, так і на кар'єрах для встановлення оптимальних параметрів режиму буріння.

Ефективність бурових верстатів СБШ-250 обмежується їх технічними можливостями і енергоефективністю. Виходячи з того, що швидкість буріння є інтегральним і комплексним показником ефективності бурових робіт на кар'єрах, особливо при руйнуванні міцних та надміцних порід, застосування бурових верстатів СБШ з оптимізованими характеристиками є надзвичайно перспективним напрямком. Застосування високопродуктивних верстатів СБШ разом із розробленням та впровадженням сучасних високоефективних ВР, дає можливість зменшити діаметр свердловин і об'ємів вибухових робіт, що значно підвищить як ефективність вибухових робіт, так і техніко-економічні показники гірничого підприємства в цілому, та одозволить зекономити значну частину коштів за рахунок зменшення споживання електроенергії на 16 – 27% .

Для порівняльної оцінки ефективності роботи кар'єрів по видобутку будівельних матеріалів використовують показник питомих сумарних приведених витрат, або інші показники, в які входять грошові витрати на виробництво продукції. Але фактична робота цих підприємств за 30 років показала, що в умовах нестабільної економіки оцінка ефективності виробництва по вартісних показниках не дає реальної картини виробництва і часто призводить до негативних наслідків. В зв'язку з цим, в роботі використовується в якості локального показника ефективності енергоємність бурових робіт. З іншого боку, введення такого показника зумовлено також значним зростанням тарифу всі види енергії в тому числі і електричної.

Достатньо глибоко і системно зв'язок енергоємності процесу буріння гірських порід на кар'єрі з параметрами процесу досліджений І.О. Тангаєвим. Результати його досліджень дозволили зв'язати натуральні показники (швидкість буріння, час 1м свердловини) з енергозатратами, що дало можливість встановити показник енергоємності руйнування шарошковим долотом для кожної категорії породи. Таким чином, теоретичні вкладки, приведені в розділі 3, показали, що, враховуючи енергетичні витрати на процес буріння може бути описаний рівнянням Лагранжа другого роду (3.24) та рівнянням ФПК (3.2).

В нашому випадку для конкретного верстату рівняння Лагранжа другого роду мають вигляд (3.26), а рівняння ФПК (3.33). Після деяких необхідних перетворень (див. 3.34 – 3.39), одержимо, що питома енергоємність буріння може бути розрахована за виразом:

$$eE = \frac{D\omega^2}{K_B\Pi_6} \exp\left(\frac{e_{ш}K_B\Pi_6}{D\omega^2}\right) \quad (5.4)$$

де D – дисипативні втрати, Дж с;

ω – кутова швидкість обертача (3.29);

K_B – коефіцієнт використання бурового верстату в часі;

Π_6 – продуктивність буріння, м³/с;

$e_{ш}$ – енергоємність руйнування гірської породи шарошковим долотом;

Аналіз цього виразу показав, що питома енергоємність буріння має екстремальну залежність від продуктивності буріння.

Прийнявши фактичний режим буріння по експериментальним даним (Тангаєв), розраховані оптимальні параметри для кожної із категорій порід та співставлені із значеннями (табл. 5.1).

Аналіз результатів показав, що з ростом міцності гірської породи ефективність використання оптимальних режимів буріння зростає.

За рахунок оптимізації на кожному метрі кубічному може економитись від 0 до 100 кВт год електричної енергії в залежності від категорії порід і режиму буріння.

Таблиця 5.1 – Порівняння фактичного та оптимального режимів буріння для гірських порід різних категорій

Категорія породи	Фактична продуктивність м ³ /год	Фактична енергоємність мДж, м ³ /год	Оптимальна продуктивність М ³ /год	Мінімальна енергоємність мДж/м ³	$\Delta e = e_f - e_m$	кВт год/м ³
VIII	1,0	75	1,5	70	5	1,4
X	1,0	100	1,0	100	0	0
XIV	1,0	300	0,45	200	100	27
XV	1,0	620	0,30	240	380	105

Реальне зменшення втрат енергії при передачі від джерела до породоруйнуючого інструменту можливо внаслідок переміщення приводу обертання інструменту до забою свердловини (застосування забійних гідро або електродвигунів, редукторів-мультиплікаторів, що підвищують частоту обертання інструменту при помірній частоті обертання бурильної колони) – оптимізація режиму роботи бурового верстату.

ВИСНОВКИ

1. Для чинного бурового обладнання на кар'єрах зниження енергоємності бурових робіт можливо за рахунок вибору параметрів режиму буріння для конкретної гірської породи, які б забезпечували мінімальне значення енергоємності буріння.

2. Чисто виробничо-експериментальними методами встановити, а тим більше забезпечити оптимальний режим роботи бурового верстата не вдається. Для вирішення цієї проблеми необхідно розробити адекватну математичну модель процесу буріння, що дозволяє досліджувати його і встановити відповідні закономірності і залежності для ефективного управління процесом.

3. Існуючі методи моделювання і побудовані на їх основі математичні моделі не дозволяють вирішити дану проблему, так як є, як правило, детермінованими, статичними або, в крайньому випадку, стаціонарними моделями, а процес, що моделює буріння є імовірнісним / динамічним, нестаціонарним, нелінійним, дисипативним процесом.

4. Для моделювання такого класу процесів розроблений, що базується на принципі дуальності при русі маси в просторі, метод моделювання імовірнісних нестаціонарних процесів.

5. Процес буріння розглядається як сукупність двох основних процесів: руйнування гірської породи шарошковым долотом і транспортування бурової дрібниці по свердловині із забою на поверхню. Для кожного процесу розроблена своя математична модель.

6. Для моделювання процесу руйнування гірської породи шарошковым долотом використовується статистичне рівняння Лагранжа другого роду, яке описує набір можливих траєкторій руху руйнуючого інструменту в середовищі з нелінійним опором і рівняння ФПК, яке дозволяє оцінити ймовірність координат для кожної з можливих траєкторій руху.

7. Фізично процес руйнування гірської породи шарошковым долотом розглядається як переміщення тіла з змінною масою в середовищі. Математично цей процес розглядається як двохмірний марковський процес з відповідними рівняннями Лагранжа і ФПК. Дисипативні втрати як в елементах бурового верстата, так і в руйнованому масиві визначаються на підставі додаткових теоретичних чи експериментальних досліджень.

8. Розв'язок отриманих рівнянь Лагранжа і ФПК дозволили встановити ряд залежностей параметрів режиму буріння, конструкції виконавчого органу, можливостей приводу обертача і приводу осьового зусилля подачі. Встановлено, що потужність споживана обертачем бурового верстата експоненціально залежить від продуктивності буріння; питома енергоємність буріння для конкретної гірської породи має екстремальну залежність від продуктивності буріння; оптимальне значення продуктивності буріння буде відповідати мінімальному значенню питомої енергоємності буріння; знання оптимального значення продуктивності буріння дозволяє встановити і підтримувати в ручну, або краще в автоматичному режимі кінематичні і силові параметри, які забезпечують оптимальну продуктивність, а отже, і мінімальну питому енергоємність процесу.

9. Математична модель процесу транспортування бурової дрібниці по свердловині дозволяє розрахувати витрати повітря, а отже і енергії на процес в залежності від дисперсійного складу бурової дрібниці, яка, в свою чергу, залежить від двох керованих параметрів: осьового зусилля подачі і кутової швидкості обертача.

10. Для оцінки використання бурового верстата в часі розроблена імовірнісна, динамічна, нестационарна модель коефіцієнта використання бурового верстата у вигляді системи диференціальних рівнянь Маркова-Колмогорова. У моделі врахований весь набір технологічних операцій, організаційні перерви і надійність як самого бурового верстату, так і пов'язаних з ним інших технологічних процесів. Встановлено, що максимальний вплив на коефіцієнт використання верстата надають операція установки і закріплення бурового верстата перед початком буріння свердловини, операція перехоплення

штанг патроном, відмови механічного обладнання бурового верстата і відмови під час підготовчо-заключних операцій.

11. Встановлено, що як енергоємність чисто процесу руйнування гірської породи шарошковим долотом, так і повна енергоємність процесу буріння, екстремально залежать від продуктивності буріння, що дозволяє встановити значення параметрів, які забезпечують мінімальні значення повної енергоємності.

12. На підставі проведених досліджень на моделях процесу буріння розроблені параметри, які забезпечують оптимальну продуктивність, а отже, і мінімальну питому енергоємність процесу.

13. Прораховано економічну ефективність використання бурового верстату з менш енергоємним режимом роботи.

Список опублікованих праць за темою дисертації

I Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, 21-22 листопада 2018 року.

АНОТАЦІЯ

Ткаченко М. О. Енергозберігаючі режими роботи бурового верстату на кар'єрі. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 101 – Екологія . Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2018.

Робота присвячена збереженню енергетичних ресурсів при роботі бурового верстату на кар'єрах відкритого типу.

Встановлено, що як енергоємність чисто процесу руйнування гірської породи шарошковим долотом, так і повна енергоємність процесу буріння, екстремально залежать від продуктивності буріння, що дозволяє встановити значення параметрів, які забезпечують мінімальні значення повної енергоємності. На підставі проведених досліджень на моделях процесу буріння і ряду експериментальних вимірів розроблені параметри, які забезпечують оптимальну продуктивність, а отже, і мінімальну питому енергоємність процесу. Прораховано економічну ефективність використання бурового верстату з менш енергоємним режимом роботи.

Розроблені математичні моделі та методи аналітичного опису процесу буріння гірських порід.

На підставі проведених досліджень на моделях процесу буріння розроблені параметри, які забезпечують оптимальну продуктивність, а отже, і мінімальну питому енергоємність процесу, що дозволить знизити затрати енергії на 17- 28 %.

Ключові слова: кар'єр, гірська порода, бурова установка, енергоємність, буріння, скважина, оптимізація, режими роботи, економічна ефективність.

ABSTRACT

Tkachenko Mariia. Energy-saving modes of operation of the drilling machine in the quarry. - On the rights of the manuscript.

Dissertation for a Master's degree by specialty 101 - Ecology. National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The work is devoted to the safe of energy resources during the operation of the drilling machine on open-type open pits.

It is defined that both the energy intensity of the purely destructive process of the rock with a flake bit and the total energy intensity of the drilling process are extremely dependent on the drilling performance, which allows setting the values of the parameters that provide the minimum values of the total energy intensity.

Based on the research carried out on the models of the drilling process and a number of experimental measurements, parameters have been developed that provide optimal performance, and hence, the minimum specific energy consumption of the process. The economic efficiency of using a drilling machine with a less energy-intensive mode of operation is calculated.

Mathematical models and methods of analytical description of rocks drilling process are developed.

Based on the research carried out on the models of the drilling process, parameters have been defined that provide optimal performance, and therefore, the minimum specific energy consumption of the process, which will reduce energy consumption by 17- 28%.

Key words: quarry, rock, drilling rig, energy intensity, drilling, well, optimization, operating regimes, economic efficiency.

АННОТАЦИЯ

Ткаченко М. А. Энергосберегающие режимы работы бурового станка на карьере. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание степени магистра по специальности 101 - Экология. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, Киев, 2018.

Работа посвящена сохранению энергетических ресурсов при работе бурового станка на карьерах открытого типа.

Установлено, что как энергоемкость чисто процесса разрушения горной породы шарошечного долотом, так и полная энергоемкость процесса бурения, экстремально зависят от производительности бурения, позволяет установить значения параметров, которые обеспечивают минимальные значения полной энергоемкости. На основании проведенных исследований на моделях бурения и ряда экспериментальных измерений разработаны параметры, которые обеспечивают оптимальную производительность, а следовательно, и минимальную удельную энергоемкость процесса. Просчитано экономическую эффективность использования бурового станка с менее энергоемким режимом работы.

Разработано математические модели и методы аналитического описания процесса бурения горных пород.

На основании проведенных исследований на моделях бурения разработаны параметры, которые обеспечивают оптимальную производительность, а следовательно, и минимальную удельную энергоемкость процесса, что позволит снизить затраты энергии на 17-28%.

Ключевые слова: карьер, горная порода, буровая установка, энергоемкость, бурение, скважина, оптимизация, режимы работы, экономическая эффективность.

Ткаченко Марія Олексіївна

**ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ РЕЖИМИ РОБОТИ БУРОВОГО ВЕРСТАТУ
НА КАР'ЄРІ**

Спеціальність 101 – Екологія

Автореферат

Київ – 2018