

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Інститут природокористування
Кафедра нафтогазової інженерії та буріння

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра

студента Разумного Сергія Владиславовича
академічної групи 184М-20-1 ГРФ
спеціальності 184 Гірництво
спеціалізація за освітньо-професійною програмою Буріння свердловин
на тему: «Інтенсифікація процесу руйнування гірських порід за допомогою високочастотних коливань»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Пащенко О.А.			
розділів:				
Технологічний	Пащенко О.А.			
Охорона праці	Безщасний О.В.			
Економічний	Пащенко О.А.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Расцветаєв В. О.			

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

нафтогазової інженерії та буріння

_____ к.т.н. Коров'яка Є.А.

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра

студенту Разумних С.В. академічної групи 184М-20-1 ГРФ
спеціальності 184 Гірництво
спеціалізація за освітньо-професійною програмою Буріння свердловин
на тему: «Інтенсифікація процесу руйнування гірських порід за допомогою
високочастотних коливань»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка»

від _____ р. № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	<i>Розгляд вибійних механізмів</i>	18.10.2021- 30.10.2021
Розділ 2	<i>Наукове узагальнення, аналіз досягнень та пропонування нових рішень у галузі ударно-обертального буріння свердловин</i>	01.11.2021- 15.11.2021
Розділ 3	<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>	16.11.2021- 14.12.2021
Розділ 4	<i>Розробка заходів по безпечним умовам роботи</i>	15.12.2021- 30.12.2021

Завдання видано _____

(підпис керівника)

Пащенко О.А.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 04.10.2021

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

18.01.2022 р.

Прийнято до виконання _____

(підпис студента)

Разумних С.В.

(прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 РОЗГЛЯД ВИБІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬ УДАРНІ ІМПУЛЬСИ	10
1.1 Ударно-обертальний варіант гідроударного буріння.....	11
1.2 Обертально-ударний варіант гідроударного буріння.	14
1.3 Типи ударних машин.....	22
1.4 Перепад тиску що скидається по свердловинному ударнику	24
1.5 Гідравлічні ударники	25
1.6 Гідравлічні ударники прямої дії	26
1.7 Гідравлічний ударник непрямої дії	27
1.8 Гідравлічний ударний ударник подвійної дії.....	28
1.9 Гідравлічні схеми з паралельним руйнівником енергії	29
1.10 Рідкокомірні перфоратори.....	30
Висновки по першому розділу.....	31
РОЗДІЛ 2 НАУКОВЕ УЗАГАЛЬНЕННЯ, АНАЛІЗ ДОСЯГНЕНЬ ТА ПРОПОНУВАННЯ НОВИХ РІШЕНЬ У ГАЛУЗІ УДАРНО- ОБЕРТАЛЬНОГО БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН	32
2.1. Формування ударних імпульсів	33
2.2. Руйнування гірської породи.....	38
2.4. Визначення енергетичних параметрів бурових агрегатів.....	47
2.5. Обладнання для забезпечення найбільшої швидкості буріння машинами ударно-обертальної дії	48
Висновки по другому розділу.....	52
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	54
3.1. Показники для розрахунку економічної ефективності підприємства ..	54
3.2. Економічна ефективність: формула розрахунку	55
3.4. Методики розрахунку показників економічної ефективності	57

3.4.1. Сутність економічного ефекту і економічної ефективності.....	58
3.4.2. Економічна ефективність впровадження нової техніки і технологій.	60
3.5. Види економічного ефекту	62
3.6. Методика розрахунку економічного ефекту.....	63
3.7. Нормативний коефіцієнт.....	63
3.8. Доцільність розрахунку економічного ефекту від запропонованих заходів.....	64
Висновки по третьому розділу	65
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	66
4.1 Охорона праці при роботі з пневматичним інструментом	66
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	71
Висновки по четвертому розділу	73
ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	75

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 76 сторінок, 2 таблиці, 14 рисунків, 15 джерел.

Об'єкт дослідження – високочастотні коливання та їх вплив на процес буріння.

Мета роботи: інтенсифікація процесу руйнування гірських порід за допомогою високочастотних коливань.

Задачі роботи: розробити рекомендації з інтенсифікації процесу руйнування гірських порід за допомогою високочастотних коливань.

Предметом дослідження є руйнування гірських порід за допомогою коливань конструкція та принцип дії інструменту, об'єктом дослідження – процес буріння віброударниками.

Практичне значення полягає в застосуванні рекомендацій та запропонованого пристрою для поліпшення ефективності проведення буріння.

В роботі розглянуто різновиди віброударного руйнування на процес буріння. Запропоновано рекомендації які дозволяють забезпечувати підвищення ефективності руйнування породи та методика керування параметрами ударної машини. Розрахована економічна ефективність проведення буріння з цим пристроєм, яка складає 480 625 грн на рік. Висвітлені питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

У процесі написання роботи проводилися літературні дослідження; аналіз шкідливих і небезпечних факторів і заходи для їхнього попередження; кошторисно-фінансові розрахунки.

Дипломна робота виконана в текстовому редакторі за допомогою комп'ютерних програм.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІБРОУДАРНИК, ПНЕВМОУДАРНИК, ГІДРОУДАРНИК, РУЙНУВАННЯ, ШВИДКІСТЬ РУЙНУВАННЯ.

ABSTRACT

Explanatory note: 76 pages, 2 tables, 14 figures, 15 sources.

The object of study - high-frequency oscillations and their impact on the drilling process.

Purpose: intensification of the process of destruction of rocks by high-frequency oscillations.

Objectives: to develop recommendations for intensifying the process of destruction of rocks by high-frequency oscillations.

The subject of research is the destruction of rocks by vibrations of the design and principle of operation of the tool, the object of study - the process of drilling with vibrators.

Of practical importance is the application of the recommendations and the proposed device to improve the efficiency of drilling.

Varieties of vibro-shock fracture on drilling process are considered in the work. Recommendations are offered to increase the efficiency of rock destruction and methods of controlling the parameters of the impact machine. The estimated cost-effectiveness of drilling with this device, which is 480,625 UAH per year. Issues of labor protection and safety in emergency situations are covered.

Literary research was conducted in the process of writing the work; analysis of harmful and dangerous factors and measures to prevent them; budget and financial calculations.

Thesis is done in a text editor using computer programs.

KEYWORDS: VIBRATING HAMMER, PNEUMATIC HAMMER, HYDRAULIC HAMMER, DESTRUCTION, SPEED OF DESTRUCTION.

ВСТУП

На даний час відомі механічні, фізико-хімічні, термічні, термомеханічні та ін. способи руйнування гірських порід (способи буріння) - всього кілька десятків.

При механічних способах в породах створюються напруги, що перевищують межу їх міцності. При термічних способах руйнування порід відбувається за рахунок виникнення в них термічних напруг і різного роду ефектів (дегідратація, дисоціація, плавлення, випаровування і т. д.). При термомеханічних способах тепловий вплив здійснюється цілеспрямовано для попереднього зниження опірності породи подальшому механічному руйнуванню. Хімічні (фізико-хімічні) способи руйнування порід передбачають використання високоактивної хімічної речовини.

Найбільш часто в практиці ГРР застосовується механічне обертальне буріння.

Механічне обертальне буріння поділяється на власне обертальне (роторне, верстати з рухомим обертачем) буріння, при якому буріння ведеться головним чином суцільним забоем, і обертальне колонкове, при якому порода забою руйнується по кільцю порожнистим циліндром - коронкою, всередині якої залишається незруйнованим стовпчик або колонка породи (кern); ось чому цей вид буріння називається колонковим.

Обертальне буріння ділиться на буріння з двигуном на поверхні, від якого обертання буровому інструменту (наконечнику) передається штангами - бурильними трубами, і на буріння з забійними двигунами, коли останні опускаються на трубах, безпосередньо за породоруйнучим інструментом. Забійними двигунами можуть бути: турбобур, електробур, гідровібратор тощо.

При колонковому бурінні для руйнування породи застосовуються алмази і тверді сплави, що закріплюються в коронки, і дріб, засипаний на забій під коронку. Розрізняють буріння алмазне, твердими сплавами і дробове.

У колонковому бурінні можливо також застосування гідроперфоратора, за допомогою якого руйнування породи проводиться частими ударами по коронці, збройними різцями з твердих сплавів, з одночасним обертанням коронки. Це - комбінований спосіб руйнування породи на вибої.

Обертальне, в тому числі і колонкове буріння зазвичай ведеться з промиванням вибою. При цьому продукти руйнації породи (шлам) виносяться на поверхню висхідним потоком рідини. При ударному канатному бурінні очищення забою проводиться спеціальним інструментом - желонкою - вже після того, як порода зруйнована долотом.

При механічному способі руйнування в породі створюються дуже значні місцеві напруги, що призводять до її руйнування. При бурінні породи руйнуються в основному за рахунок стиснення і сколювання.

Механічний спосіб буріння представлений двома найголовнішими видами: ударним і обертальним бурінням. При ударному бурінні порода руйнується під дією ударів буровими клиновими наконечниками, званими долотами; при обертальному бурінні порода зрізається або раздавлюється і стирається в забої спеціальними різучими та дроблючими долотами або різцями коронок.

При механічному обертальному бурінні різанням до породоруйнуючих інструментів (алмазні, твердосплавні коронки, долота) прикладають крутний момент і зусилля подачі. Потужність, що передається породоруйнуючому інструменту, зростає зі збільшенням частоти обертання бурового снаряда, осьового навантаження і опору породи руйнуванню. Граничними умовами є: міцність коронок, колонкових і бурильних труб, з одного боку, і фізико-механічні властивості порід - з іншого.

Ударне буріння, в свою чергу, поділяється на штангове і канатне. У першому випадку бурові наконечники опускаються в свердловину і приводяться в дію штангами, у другому випадку - канатом.

Ударне буріння на штангах може проводитися з промиванням вибою свердловини або без промивання. Руйнування породи при ударному бурінні

здійснюється по всій площі поперечного перерізу свердловини; такий спосіб буріння називається бурінням суцільним забоєм.

При бурінні різанням з накладенням ударів (ударно-обертальне буріння) до породоруйнуючого інструменту докладені зусилля подачі, крутний момент і ударні імпульси певної частоти і сили. При створенні коливань від породоруйнуючого інструменту до породи передається додаткова питома енергія, а процес руйнування породи супроводжується утворенням більш великих часток, що призводить до зменшення енергоємності процесу. Змінюючи частоту і силу ударів, статичне зусилля подачі і окружну швидкість, можна в широкому діапазоні змінювати характер впливу різців на породу. Для створення ударних імпульсів можуть бути використані пристрої, що працюють в інфразвуковому (<20 Гц), звуковому ($20-20\ 000$ Гц) і ультразвуковому ($>20\ 000$ Гц) діапазонах частот.

Ударні навантаження також виникають при бурінні шарошечними долотами (буріння дробленням і сколюванням). Генераторами інфразвукових коливань в даний час є гідроударне і гідропневматичне устаткування. Звукові і ультразвукові коливання інструменту створюються магнітострікторами і орбітальними осциляторами, а також високочастотними гідроударними машинами.

РОЗДІЛ 1 РОЗГЛЯД ВИБІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬ УДАРНІ ІМПУЛЬСИ

При обертальному русі різців руйнування породи на вибої свердловини відбувається шляхом різання, зсуву, сколювання та роздавлювання породи статичним навантаженням, як в осьовому напрямку при впровадженні різця в породу, так і в горизонтальній площині (крутний момент) при зрізуванні або сколюванні породи (долота). Відомо, що динамічна міцність матеріалу, як правило, менша ніж статична, і ударний вплив на породу призводитиме до її більш інтенсивного руйнування. Часті дрібні ударні імпульси вздовж вертикальної осі інструменту створюють вібрацію, що значно знижує тертя різців породи і керна в колонковій трубі і це явище також може позитивно використовуватися для поліпшення вибійних процесів.

Механізми, що створюють ударні імпульси поділяються на різновиди за двома напрямками:

За видом джерела енергії – потоку очисного агента: рідина – гідроенергія, повітря – пневмоенергія – відповідно – гідроударники та пневмоударники.

За силою та частотою ударних імпульсів – високочастотні та середньочастотні.

Наскільки роль ударного впливу на руйнування породи на вибої в тій чи іншій мірі можна порівняти з впливом обертального руху різців, виділяють два різновиди буріння з використанням ударних імпульсів залежно від сили і, відповідно, ролі ударного імпульсу по відношенню до обертального руху.

Ударно-обертальне коли руйнування породи відбувається головним чином за рахунок удару, а обертання має допоміжне значення, і обертально-ударне, коли руйнування породи відбувається за рахунок обертання коронки, а ударні імпульси мають допоміжне значення.

При використанні пневмоударників – пневмоударне буріння, тут має місце лише ударно-обертальний варіант. У гідроударному бурінні, навпаки, переважає обертальний ударний варіант.

При бурінні з промиванням для отримання ударних імпульсів застосовуються забійні гідравлічні механізми (машини) – гідроударники, які використовують для отримання ударного імпульсу енергію потоку рідини як енергію гідравлічного удару.

Як уже зазначалося, в геологорозвідувальному бурінні застосовуються середньочастотні гідроударники з енергією удару – 50 – 70 (до 150) Дж та з частотою 15 – 25 с⁻¹ та високочастотні гідроударники з енергією удару 10 – 15 Дж та частотою 40 – 50 с⁻¹. Перші – це ударно-обертальне буріння, другі – обертально-ударне буріння.

1.1 Ударно-обертальний варіант гідроударного буріння.

При цьому різновиді буріння основне руйнування породи на забої відбувається за рахунок впливу ударного імпульсу. У найбільш твердих і крихких породах руйнування породи на вибої відбувається практично лише за рахунок удару, осьове навантаження на коронку в цьому випадку тільки забезпечує контакт різців з поверхнею вибою і в руйнуванні породи практично не бере участі. На виконання цього завдання досить підтримувати величину $F_{ос} = 1 - 3$ кН. (При обертальному бурінні - 10 -:- 20кН).

Обертання не бере участь безпосередньо в руйнуванні породи та обертанні коронки. Обертання, як і осьове навантаження, грає вторинну роль, забезпечуючи переміщення різців уздовж вибою після кожного удару. Для буріння таких породах застосовують спеціальні коронки гідроударного буріння з великими твердосплавними різцями пікообразної форми. Після передачі удару таким різцем під ним утворюється «лунка виколу», розміри якої за глибиною та шириною залежать від твердості породи та енергії удару. Щоб руйнування породи на поверхні вибою проходило рівномірно, обертальне переміщення різця повинне забезпечувати зміщення різця по ходу обертання на величину ширини лунки виколу між черговими ударами (рис. 1.1 а).

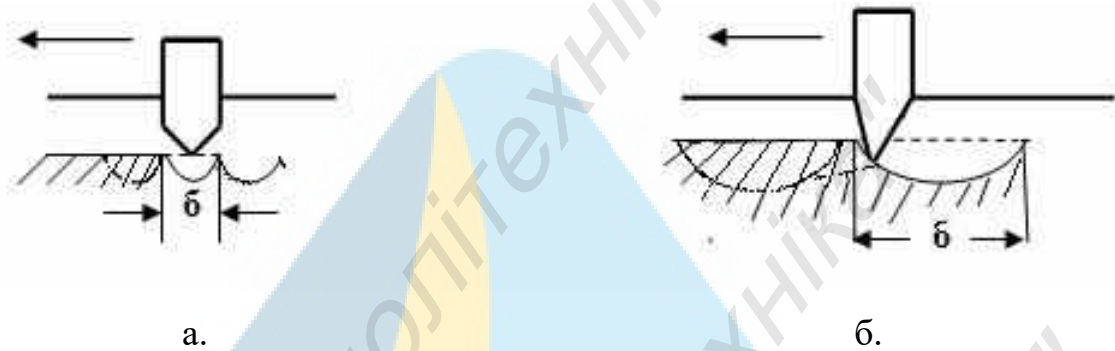


Рисунок 1.1 - Руйнування породи на поверхні вибою

Якщо відома ширина лунки виколу та частота ударів гідроударника, то раціональну частоту обертання, що забезпечує рівномірне руйнування породи, можна визначити за виразом:

$$\text{Нрац.} = \frac{i \cdot \delta}{\pi \cdot D_{\text{ср}}} \text{ об/хв,}$$

де: i – частота ударів гідроударника, мін^{-1} , δ – ширина лунки виколу, мм, $D_{\text{ср}}$ – середній діаметр коронки, мм. У твердих породах ширина лунки виколу становить від 1 до 5 мм. У цьому раціональна частота обертання виходить коронки $D=76$ мм і за частоті ударів $1000 - 1500 \text{ хв}^{-1}$ від 10 до 30 об/мин. Оскільки в верстатах з коробкою передач такі малі обороти не передбачені, спеціально для ударно-обертального буріння в твердих породах, у верстаті встановлюють знижувальний редуктор.

При ударно-обертальному бурінні в породах середньої міцності руйнування породи на вибої відбувається не тільки за рахунок ударів. У цих породах у руйнуванні беруть участь вже й осьове навантаження та обертання коронки. Роль останніх тим більше, чим слабша порода. Для буріння в таких породах застосовують коронки з гострішими твердосплавними різцями з переднім кутом пригострення, що дозволяє руйнувати породу, крім ударних імпульсів і за рахунок впровадження різця під дією осьового навантаження і зрізати частину (не розбитої ударом) породи обертанням коронки. У скельних породах середньої міцності ширина лунки виколу може становити до 15 – 20 мм. (рис. 1.1 б).

Оскільки при бурінні у таких породах $F_{ос}$ і n починають відігравати істотну роль, їх значення рекомендується підвищувати для $F_{ос}$ до 8 – 10 кН та для n до 60 – 120 об/хв.

Третій параметр режиму буріння – витрата промивної рідини для цього різновиду буріння залежить не від умов очищення вибою свердловини та охолодження коронки, а головним чином від необхідності подавати до гідроударника необхідну кількість гідравлічної енергії. Для ефективної роботи середньочастотних гідроударників навіть малого діаметра (76 - 59 мм), потрібна витрата рідини порядку $Q = 100 - 200$ л/хв, що значно більше, ніж потрібно для обертального буріння - (20 - 70 л/хв), а при використанні гідроударника $D = 151$ мм витрата рідини повинна становити $Q = 350 - 600$ л/хв.

Дві основні особливості, що визначають і дві основні сфери застосування – це можливість використання твердосплавних різців для буріння в найтвердіших породах до X – XII категорій з буримості та практична відсутність осьового навантаження на коронку при бурінні у твердих породах.

1. Початкова розробка та впровадження ударно-обертаючого гідроударного буріння виконувалася з метою заміни дробового і тільки алмазного буріння, що зароджується, в породах IX – XI категорій, де обертальне твердосплавне буріння неможливе. В даний час ударно-обертальне гідроударне буріння з твердосплавними коронками раціонально застосовувати для буріння прошарків порід IX – XI категорій при великому діаметрі свердловин (151 мм), оскільки алмазні коронки такого діаметра значно дорожчі.

2. Відсутність осьового навантаження, друга перевага ударно-обертального буріння, дозволяє бурити строго вертикальні прямолінійні свердловини. (При обертальному бурінні з осьовим навантаженням свердловини обов'язково викривляються та відкланяються).

3. При бурінні в скельних породах середньої міцності ударно-обертальне буріння може трохи підвищити швидкість буріння, але це, як правило, не

окупає додаткових витрат і труднощів пов'язаних із застосуванням гідроударників і тому застосовується вкрай рідко.

4. Недоліками застосування ударно-обертального буріння, крім необхідності підвищеної витрати промивної рідини, підвищене зношування твердосплавних коронок по зовнішньому діаметру при бурінні в твердих породах і можливість конушення свердловини.

5. До недоліків можна віднести потребу спеціальних твердосплавних коронок.

1.2 Обертально-ударний варіант гідроударного буріння.

Одна з переваг ударно-обертального буріння використання коронок з твердосплавними різцями для буріння порід IX – XI категорій є і його серйозним недоліком, оскільки необхідно мати спеціальні, дорожчі, ніж звичайні, твердосплавні коронки. Традиційні твердосплавні коронки не витримують сильні удари середньочастотних гідроударників.

Для розширення області застосування гідроударного буріння були розроблені високочастотні гідроударники зі зменшеною енергією удару (до 10 – 15 Дж замість 50 – 70 Дж у середньочастотних). Розраховували, що такими гідроударниками можна буде бурити тверді породи із звичайними твердосплавними коронками. Виробничі випробування обертально-ударного буріння зі звичайними твердосплавними коронками, хоча й показали деяке збільшення швидкості буріння та розширення області застосування твердосплавних коронок у твердих породах, проте цього виявилось замало для компенсації додаткових витрат та технологічних складнощів пов'язаних із застосуванням гідроударних машин.

Існує легенда про те, що при проведенні на полігоні СКБ «Геотехніка» порівняння обертально-ударного буріння твердосплавними коронками із звичайним обертальним бурінням алмазними коронками стався такий казус. Інженер-випробувач, який проводив експеримент, відлучився і, за його відсутності, бурильник з недогляду спустив у свердловину снаряд з

гідроударником і з алмазною коронкою замість твердосплавної, і почав буріння. Коли інженер-випробувач, що повернувся, виявив, що в свердловині алмазна коронка з гідроударником, він природно злякався, що алмазна коронка буде зруйнована ударними імпульсами. Існувала думка, що алмази дуже бояться ударних навантажень та алмазні різці руйнуються при бурінні за наявності ударних імпульсів. Однак у цьому випадку буріння успішно тривало, і коли алмазна коронка була піднята на поверхню, виявилось, що алмазні різці зовсім не постраждали і навіть виглядали краще, ніж після звичайного обертального буріння. Проведені надалі теоретичні та експериментальні дослідження показали, що на відміну від безладних ударів при вібрації, упорядковані спрямовані вздовж осі помірні ударні імпульси, практично безпечні для алмазних різців і, навпаки, значно знижуючи тертя алмазу про породу, полегшують впровадження різців у породу забою. головне, зменшують стирання різальної кромки різця. При бурінні у твердих породах алмазними коронками застосування високочастотних гідроударників дозволяє збільшити швидкість буріння на 10 – 15%. що на відміну від безладних ударів при вібрації, упорядковано спрямовані вздовж осі помірні ударні імпульси, практично безпечні для алмазних різців і, навпаки, значно знижуючи тертя алмазу породу, полегшують впровадження різців у породу вибою і, головне, зменшують стирання ріжучої кромки. При бурінні у твердих породах алмазними коронками застосування високочастотних гідроударників дозволяє збільшити швидкість буріння на 10 – 15%. що на відміну від безладних ударів при вібрації, упорядковано спрямовані вздовж осі помірні ударні імпульси, практично безпечні для алмазних різців і, навпаки, значно знижуючи тертя алмазу о породу, полегшують впровадження різців у породу вибою і, головне, зменшують стирання ріжучої кромки. При бурінні у твердих породах алмазними коронками застосування високочастотних гідроударників дозволяє збільшити швидкість буріння на 10 – 15%.

Зазвичай такий приріст швидкості буріння не компенсує додаткових витрат, пов'язаних із застосуванням гідроударника. Але є умови, коли

застосування обертально-ударного буріння з алмазними коронками є дуже ефективним. Це випадки буріння у дуже твердих, але малоабразивних породах. У таких породах при дуже маленькому введенні алмазу в породу основна енергія витрачається на тертя ріжучої кромки алмазу породу на торці різця, що призводить до швидкого стирання ріжучої кромки та заповірювання алмазів. Не повністю зношені, алмази перестають впроваджуватися в породу і буріння припиняється. Проходка за рейс у таких умовах може становити лише 0,5 – 1,0 метра. Застосування височастотного гідроударника, обертально-ударного буріння, за рахунок зниження тертя і, відповідно, зменшення заповірювання збільшує величину проходки.

Що стосується технології обертально-ударного буріння, то, як впливає з терміна, основне руйнування породи відбувається за рахунок обертального руху різців, а ударні імпульси лише допомагають. Отже, параметри режиму буріння (осьове навантаження та частота обертання), у цьому випадку, ті ж, що і при обертальному алмазному бурінні. Витрата очисного агента, а для алмазного буріння це емульсійні або полімерні рідини залежить від характеристики гідроударної машини. Для гідроударників діаметром буріння 76 і 59 мм оптимальна витрата рідини становить 80 - 50 л/хв, що для алмазного буріння при таких діаметрах забагато. Для подачі потрібної витрати рідини на вибій (40 - 20 л/хв відповідно), або під гідроударником встановлюють дільник потоку, що забезпечує подачу на забій потрібної кількості промивання,

Другий випадок, де ефективно застосування обертально-ударного буріння, це буріння алмазне або твердосплавне в тріщинуватих або породах, що перемежаються. У таких умовах керн розколюється по тріщинам або по межах шарів, і окремі шматки керна зсуваються і заклинюють всередині колонкової труби. Дрібні уламки породи можуть заклинюватися всередині коронкового кільця. Це явище називається самозаклинювання керна. На жаль, воно зустрічається досить часто при бурінні в скельних тріщинуватих породах як середньої твердості (при твердосплавному бурінні), так і найтвердіших (при алмазному бурінні). При самозаклинюванні керна різко знижується швидкість

буріння та проходка за рейс і відбувається часткове, а то й повне руйнування керна, відбувається втрата, продуктивність та якість буріння.

Боротися з самозаклинюванням важко і одним з ефективних прийомів є застосування височастотних гідроударників, тобто обертально-ударного буріння. Упорядковані осьові ударні імпульси (осьова вібрація) значно знижують тертя шматочків керна об стінки колонкової труби і коронки «розтрушують» їх і тим самим зменшують можливість самозаклинювання керна, що призводить до підвищення продуктивності та якості буріння.

При ударно-обертальному бурінні гідроударниками у звичайних умовах ми отримуємо незначний приріст швидкості буріння, який часто не окупає додаткових витрат, пов'язаних з використанням гідроударника та спеціальних коронок. Лише при бурінні строго прямолінійних вертикальних свердловин і прошарків дуже твердих порід у свердловинах великого діаметра застосування ударно-обертального буріння гідроударниками раціонально.

Інша справа при бурінні з продуванням. Енергія потоку повітря, що використовується як очисний агент, може ефективно використовуватися для створення потужних ударних імпульсів у пневмоударних механізмах – пневмоударниках.

Буріння свердловин занурювальним пневмоударником першим запропонував російський інженер А.К.Сидоренко ще 1938 року. Широке застосування пневмоударного буріння посідає п'ятдесяті роки. Проте, в нашій країні при використанні переваг ударно-обертального буріння перевагу віддавали гідроударникам. Провідні зарубіжні фірми, навпаки, активно розвивали пневмоударне буріння, особливо останні десятиліття із застосуванням компресорів високого до 2,5 МПа, тиску.

Практично у всіх випадках буріння з продуванням доцільно та вигідно застосовувати ударно-обертальне буріння пневмоударниками. У слабких та середніх породах застосування пневмоударного буріння дозволяє збільшити швидкість буріння від 2 до 4 разів. У міцних породах до X – XI категорій, де при продуванні не раціональне алмазне буріння, застосування

пневмоударників дозволяє використовувати коронки з твердосплавними різцями.

На відміну від гідроударного буріння, де ударна потужність створюється при порівняно невеликій швидкості потоку рідини за рахунок концентрації енергії за допомогою гідравлічного удару, при бурінні з продуванням, витрата очисного агента (стисненого повітря або піни) і відповідно швидкість потоку в десятки разів вища – 20 – 30 м/с. Відповідно, кінетична енергія потоку повітря і без гідроудару виходить більше ніж гідравлічна енергія з гідроударом.

Проведені дослідження, показали, що, більш ефективно руйнують породу різці з притупленим лезом. У цьому ефективність буріння прямо залежить від енергоємності процесу руйнації породи – чим менше енергоємність руйнування породи – q (Дж /см³), за даної величини питомої енергії удару – $A_{уд}$ (Дж/см), то вище ефективність процесу. Зі збільшенням питомої енергії удару до певної величини спочатку питома енергоємність помітно знижується, за подальшого збільшення енергії ударів питома енергоємність знижується незначно (рис.1.2).

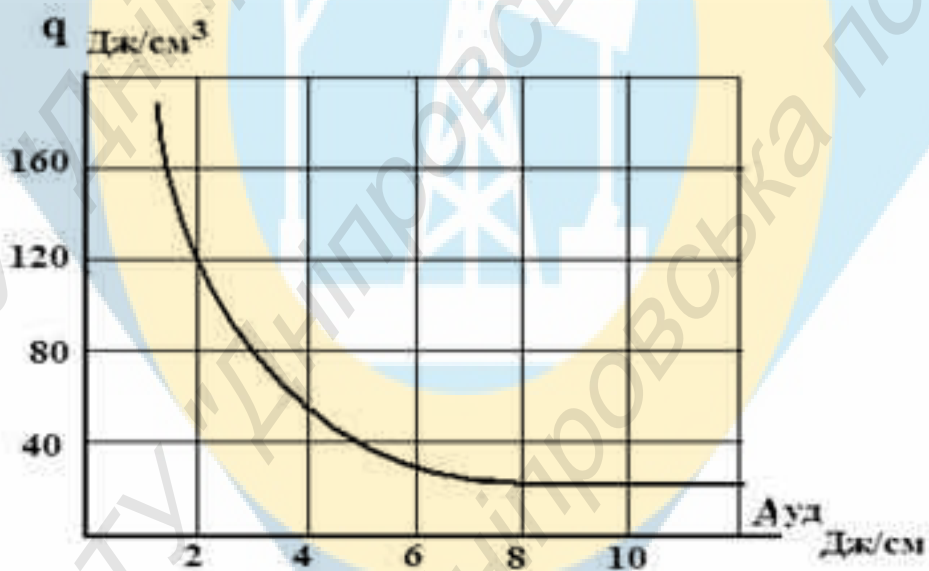


Рисунок 1.2 - Питома енергоємність

Такі параметри режиму буріння пневмоударниками осьове навантаження та частота обертання, також як і при ударно-обертальному бурінні гідроударниками, мало впливають на результат буріння.

Осьове навантаження приймають для буріння в твердих абразивних породах 200 - 300 Н, при бурінні порід середньої твердості навантаження можна збільшити до 600 - 800 Н.

Частота обертання також вибирається не більше 20 – 60 об/хв.

Ударна потужність потоку стисненого повітря складається з енергії удару та частоти ударів.

Застосовування в геологорозвідувальному бурінні пневмоударників - середньочастотних з частотою ударів $i = 15 - 30 \text{ с}^{-1}$ і з потужною енергією удару $E = 100 - 300 \text{ Дж}$. Така енергія виходить завдяки високій швидкості потоку повітря при витраті повітря $Q = 6 - 12 \text{ м}^3/\text{хв}$. Для ефективної роботи пневмоударника необхідний компресор, що розвиває тиск $P = 0,6 - 2,5 \text{ МПа}$. Причому, чим вище витрата і тиск повітря і, зокрема, перепад тиску на самому пневмоударнику, тим ефективніша робота пневмоударника і тим більше можливості його використання по глибині свердловини. При використанні найбільш поширених у геологорозвідці пересувних компресорних станцій з тиском до 0,8 – 1,0 МПа пневмоударне буріння можливе лише до глибини 300 – 400 м, а у свердловинах з водопроявами глибина пневмоударного буріння може обмежуватися 100 – 150 м.

При пневмоударному бурінні геологічна інформація може виходити не тільки за рахунок керна, але за рахунок повного збору шламового матеріалу. При бурінні з продуванням «сухих» свердловин можна збирати майже 100% зруйнованої породи. Це дозволяє значно ширше використовувати безкерновий варіант буріння з використанням долот із плоским торцем, які неправильно називають «коронки суцільного вибою». Така назва неточна, але загальноприйнята. Ще більш якісне геологічне випробування по шламу може бути отримано при використанні кільцевих пневмоударників, що працюють на подвійній колоні труб, коли весь шлам зруйнованої породи піднімається

внутрішньою трубою і повністю збирається на поверхні. Застосування кільцевих пневмоударників та компресорів підвищеного тиску дозволяє значно збільшити глибину пневмоударного буріння свердловин до 1300 – 1500 метрів. В даний час є достатній вибір компресорів підвищеного тиску до 2,5 МПа, як вітчизняних, так і зарубіжних.

Основні складності пневмоударного буріння (як і взагалі буріння з продувкою) пов'язані з водопроявами в свердловині. При малих водопроявах шлам намокає, стає липким і налипає на бурильні та колонкові труби та на стінки свердловини, утворюючи «сальники», які можуть перекривати кільцевий простір свердловини та приводити до затяжок та прихватів снаряда. При великих водопритоках в свердловину може нехватити тиску компресора, щоб продавити водяну пробку. Такі водопрояви можна подолати, застосовуючи як очисний агент піну. Використання піни при пневмоударному бурінні, крім запобігання ускладненням не тільки не знижує показники пневмоударного буріння, але ще різко підвищує можливості та ефективність цього виду буріння, оскільки піна закачується в свердловину дожимним пристроєм, що створює тиск значно більший,

Переваги та недоліки пневмоударного буріння приблизно ті ж, що й ударно-обертального буріння гідроударниками – відмінність у тому, що пневмоударники, маючи більш потужний удар, дозволяють підвищити швидкість буріння в 2 – 4 рази, а гідроударники лише до 1,5 рази.

Крім буріння геологорозвідувальних свердловин для розвідки ТПШ, пневмоударне буріння успішно застосовується при бурінні свердловин на воду і дуже широко застосовується (є основним видом) при бурінні вибухових та технічних свердловин, особливо при бурінні з підземних гірничих виробок.

1. Застосовується два варіанти буріння із застосуванням ударних імпульсів.

Ударно-обертальне, коли руйнація породи відбувається з допомогою ударів, а обертання грає допоміжну роль. І тут енергія удару становить від 50 – 70 до 300 Дж, частота ударів від 900 до 1500 хв ($15 - 25 \text{ с}^{-1}$).

Обертально-ударне, Коли руйнування породи здійснюється за рахунок обертального руху коронки, а ударні імпульси грають допоміжну роль, значно зменшуючи тертя різців про породу або шматків керна про колонкову трубу. У цьому варіанті енергія ударів становить 10 -15 Дж, частота ударів 40 – 60 с⁻¹. Обертально-ударне буріння здійснюється лише гідроударниками.

2. Ударно-обертальне буріння гідроударниками здійснюється коронками з великими твердосплавними різцями, при необхідності буріння вертикальних прямолінійних (прямих) свердловин і при бурінні пропластків міцних порід IX - XII категорій буріння в свердловинах великого діаметру, алмазних коронок для яких немає.

3. Особливості технології ударно-обертального буріння в тому, що осьове навантаження значно менше, ніж при обертальному бурінні і тим менше, чим твердіша порода. Те саме відноситься і до частоти обертання (для твердіших порід $F_{ос} = 1-3$ кН, $n = 10 - 30$ об/хв, для середніх порід $F_{ос} = 6 - 8$ кН, $n = 70 - 120$ об/хв)

Для ефективної роботи ударних машин потрібна підвищена витрата рідини або повітря (100 – 600 л/хв для гідроударника та 6 – 12 м³ для пневмоударника).

4. Ударно-обертальне буріння пневмоударниками з енергією удару до 300 Дж у породах від VII до XI дозволяє збільшити швидкість буріння в 2 – 4 рази та замінити алмазне буріння у цих породах.

5. Обертально-ударне гідроударне буріння, при якому руйнування породи здійснюється за рахунок обертального руху коронки, а ударні імпульси виконують допоміжну роль, ефективно застосовувати для буріння з алмазними коронками в породах, де відбувається заповірювання алмазів. Другий випадок ефективного застосування обертально-ударного буріння – твердосплавне та алмазне буріння у породах, де відбувається самозаклинювання керна.

В інших випадках застосування обертально-ударного буріння мало ефективно і не виправдовує додаткових труднощів, пов'язаних із

застосуванням гідроударників. При використанні пневмоударників обертально-ударний варіант буріння не застосовується.

6. Недолік застосування ударно-обертального буріння із застосуванням коронок або долот із твердосплавними різцями в породах IX – XII категорій за буримістю підвищений знос по зовнішньому діаметру, через що може відбуватися «конушення» свердловини. В результаті доводиться знижувати глибину за рейс.

1.3 Типи ударних машин

Справжня відмінність між гідравлічними і пневматичними ударними механізмами полягає в тому, що гідравлічні ударникові механізми повинні бути розроблені без стисливості рушійної рідини. Оскільки робочий механізм пневматичного ударного дреля явно використовує стисливість газу, гідравлічні перфоратори повинні бути сконструйовані принципово інакше. Збільшення гідростатичного тиску на великій глибині також є проблемою для гідравлічних приводів, тому пневматичні елементи тут також практично не можна використовувати.

Існує ряд концепцій і механізмів прямого приводу ударного поршня промивною рідиною. Поділ на різні принципи передачі потужності та гідравлічно-механічну динаміку має сенс і широко поширений. Це призводить до таких механізмів:

Принципи роботи гідравлічні ударники (рис.1.3):

- Диференціальний тиск спрацьовує в свердловинних ударниках з постійним тиском, ефективними поршнями[5],
- Гідравлічні ударні ударники, які переривають безперервний об'ємний потік для гідравлічного удару, додатково розділений дією гідравліки в
 - Гідравлічний ударний ударник прямої дії (ДАНН),
 - Гідравлічний ударний ударник непрямої дії (РАНН),
 - Гідравлічний ударний ударник подвійної дії (ДВНН),

- гідравлічні схеми з паралельним руйнівником енергії,
- Рідкі перфоратори з використанням ефекту Коанда

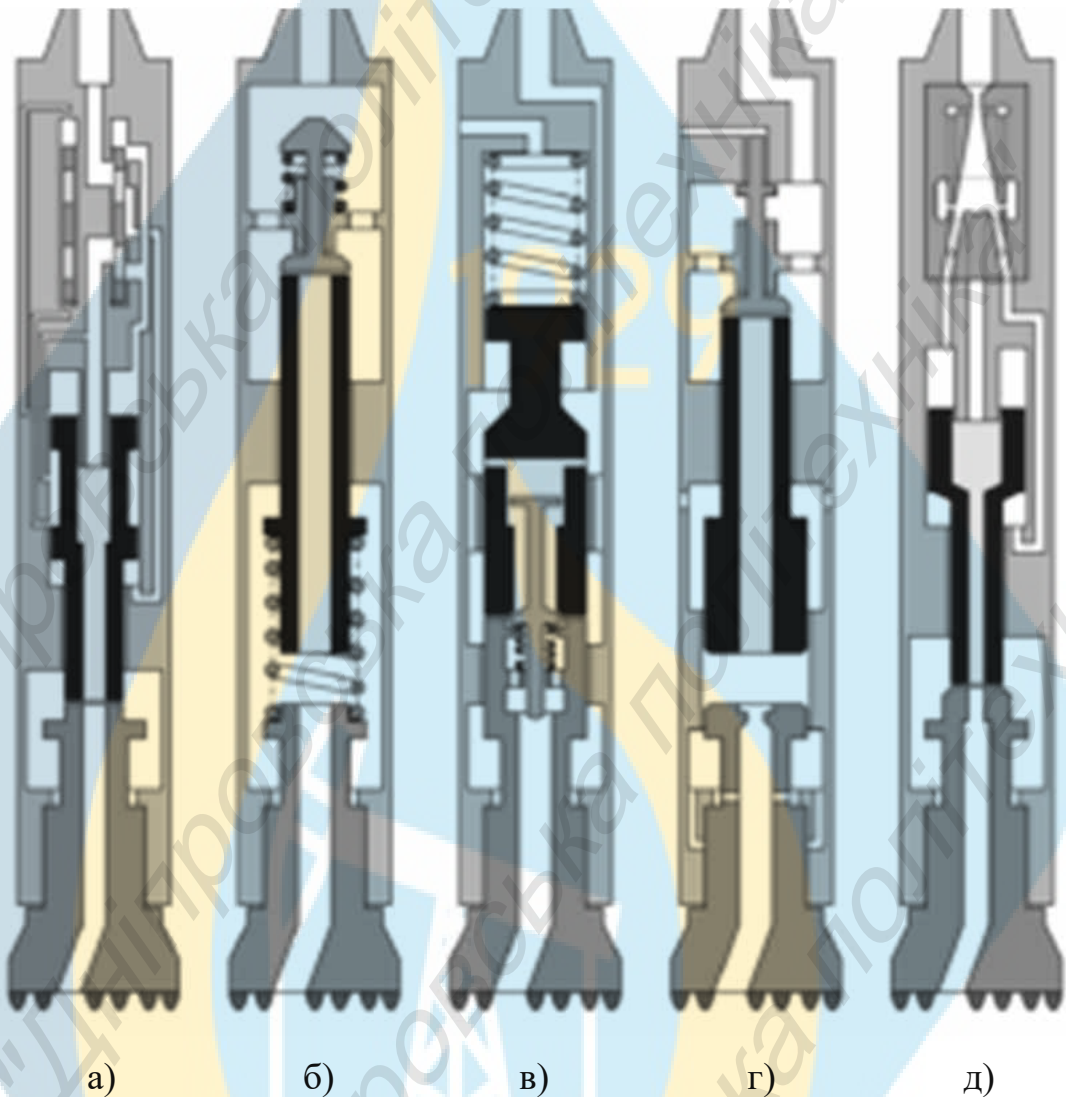


Рисунок 1.3 – Типи гідравлічних ударників

- Гідравлічний ударний ударник прямої дії (ДАНН),
- Гідравлічний ударний ударник непрямої дії (РАНН),
- Гідравлічний ударний ударник подвійної дії (ДВНН),
- Гідравлічні схеми з паралельним руйнівником енергії,
- Перфоратори з використанням ефекту Коанда.

Існують також методи з окремими системами, наприклад з використанням бурового двигуна. У цьому випадку ударний поршень не переміщується

безпосередньо з промивною рідиною, а приводиться в рух за допомогою іншої техніки, наприклад, гідравлічної або магнітної.

1.4 Перепад тиску що скидається по свердловинному ударнику

Ударники, що працюють з перепадом тиску, ніколи не дозволяють безперервно проходити через ударник, рух поршня і клапана повністю обумовлений об'ємним потоком робочої рідини і, таким чином, знаходиться у фіксованій геометричній взаємодії з ним, подібно до поршневого насоса: об'ємний потік відповідає об'єму витісненої рідини відповідних ефективних площ поршня та зміщеному осьовому ходу.

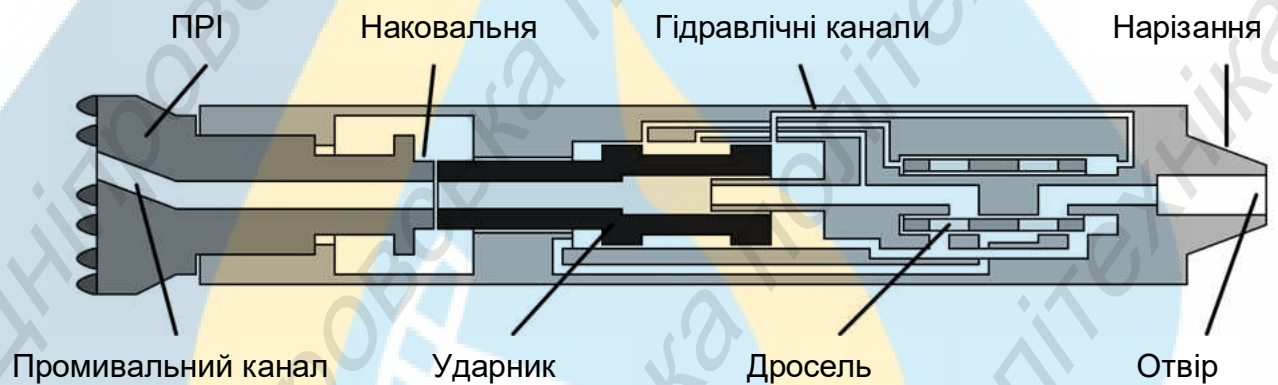


Рисунок 1.4 – Маркована, спрощена схема ударника на перепаді тиску, що працює в свердловині

Назва дана через прохід через різні тиски на протилежні поверхні, які призводять до прискорення мас. Більшість наявних на даний момент гідравлічних свердловинних ударників працюють за цим принципом.



Рисунок 1.5 – Анімована схема ударника на перепаді тиску в свердловині

За цим принципом ударний поршень керує клапаном у своїх кінцевих положеннях, який перенаправляє напірну і вихідну сторони перфоратора на відповідні сторони ударного поршня.

Навіть якщо анімація здається дуже простою, показана конструкція на практиці буде схильна до помилок, оскільки гідравлічне керування показаним клапаном не може бути реалізовано таким ідеальним способом.

Гідравлічна потужність є результатом інерції маси компонентів, які прискорюються об'ємним потоком і викликають тиск як реакційну силу. Цей зв'язок не завжди є причинно-наслідковим, але достатнім для визначення перепаду тиску, що працює в свердловині.

1.5 Гідравлічні ударники

У гідравлічних плунжерах між подачею і буровим долотом відкривається безперервне з'єднання, що дозволяє робочій рідині безперервно текти. Швидко замикаючи це з'єднання, інерцію водяного стовпа можна використовувати для гідравлічного удару (гідроудару) для приводу механізму. Це можна використовувати для використання набагато більших об'ємних потоків, але співвідношення між об'ємним потоком і рухом поршня є набагато складнішим і динамічнішим. Саме цей ударний ефект значно ускладнює обчислення та моделювання. Ефект гідравлічного ударника також використовується в гідроциліндрі.

Гідравлічна потужність виникає в результаті постійно необхідного прискорення стовпа води в бурильній трубі перед перфоратором, який уповільнюється поршнем для передачі йому енергії. Млявий стовп води служить накопичувачем енергії, який прискорює поршень і сам повинен прискорюватися насосом. Залежно від довжини трубопроводу можуть виникати високі рівні демпфування, які згладжують тиск і об'ємний потік в насосі.

Залежно від використання пружин (або інших накопичувачів енергії) для переміщення поршня, додатково можна розділити напрямок силової дії

гідравліки: пряму, непряму і подвійну дію. Цю класифікацію використовував, серед інших, Ясов:

- Гідравлічні ударники прямої дії (ДАНН) використовують пружину для повернення поршня і гідравлічного прискорення поршня.
- Гідравлічні ударні ударники непрямої дії (РАНН), англійською мовою для Reverse Action Hydraulic Hammer) прискорюють поршень за допомогою пружини і використовують гідравлічний удар для повернення поршня.
- Гідравлічні ударники подвійної дії (ДВНН) використовують гідравлічний удар для прискорення та гідравлічного скидання поршня.

1.6 Гідравлічні ударники прямої дії

Гідравлічний ударний ударники прямої дії, мабуть, є найпростішим механізмом для гідравлічного приводу ударного поршня. Конструкція надзвичайно проста, що зробило цей принцип предметом кількох дослідницьких проектів і прототипів з моменту його винаходу в 1930-х роках.

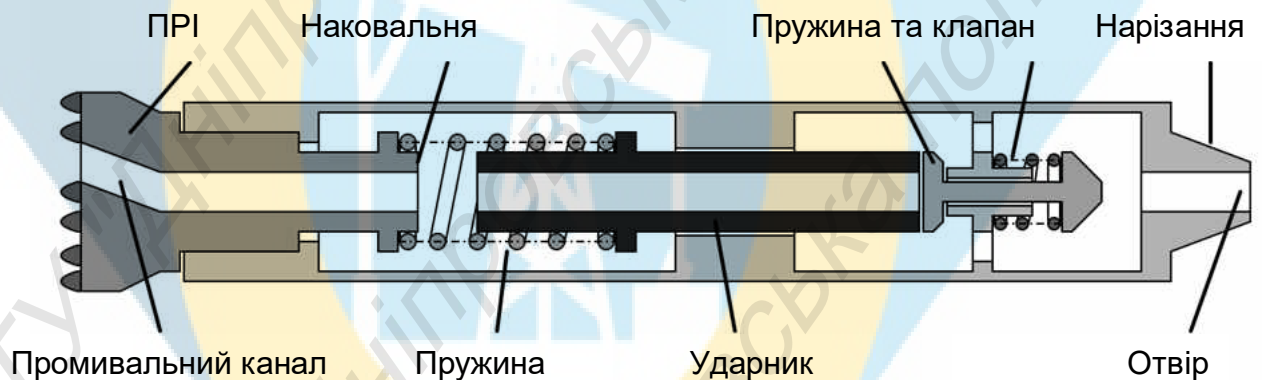


Рисунок 1.6 – Гідравлічний ударник прямої дії

Ударний поршень (червоний) переміщується до клапана (синій) за допомогою пружини. Коли з'єднання закривається поршнем на клапані, водяний стовп прискорює клапан і поршень разом до свердла. Клапан має коротший шлях, ніж ударний поршень, так що поршень знову розблокує з'єднання, потім ударний поршень буде рухатися далі до бурового долота

через свою інерцію та удар, водяний стовп у бурильній трубі прискориться знову в цей момент. Потім процес починається знову.



Рисунок 1.7 – Анімована схема гідравлічного ударника прямої дії

Незважаючи на простоту, гідравлічну динаміку важко описати, стрибки тиску є проблемою для матеріалу та компонентів. Проста оцінка ресурсу пружини показує, що тут також можуть виникнути труднощі. Ударний рух розтягує пружину, яка протидіє удару своєю характеристичною кривою (сила, пропорційна шляху, а не постійна).

За цією концепцією, наприклад, працює ударник Cyphelly в TU Clausthal [3], що входить до складу континентального глибокого буріння [8] було розроблено два прототипи [9] а також два прототипи системи колонкового буріння DSK [10]. Ці перфоратори також використовувалися в Радянському Союзі в 1940-х роках.

1.7 Гідравлічний ударник непрямої дії

Наприклад, якщо закриття клапана і гальмування водяного стовпа використовується для скидання поршня, а енергія для наступного удару ударником зберігається в пружині, то це називається непрямим гідравлічним ударним ударником.

Пружина та канал Нарізання

Промивальний канал

Клапан

Отвір

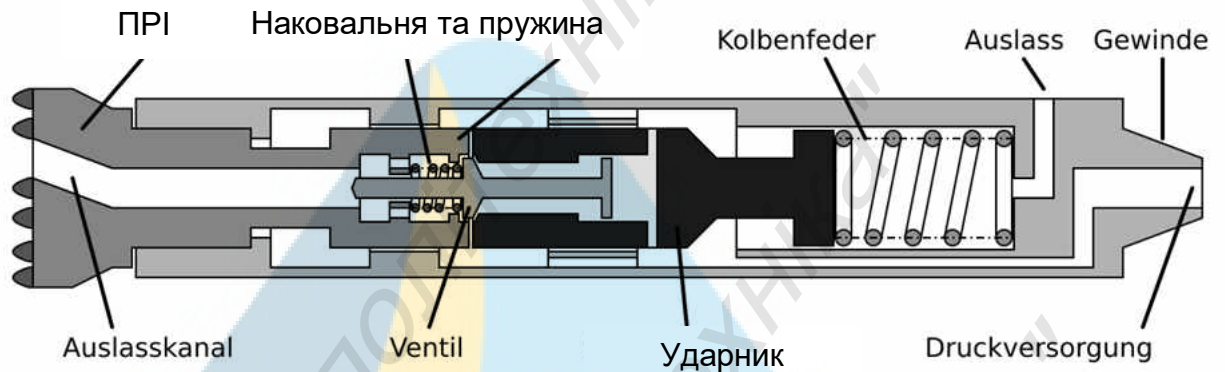


Рисунок 1.8 – Гідравлічний ударник непрямої дії

Цей принцип також запатентував Гаррі Пеннінгтон у 1930-х роках[11]. Ударний поршень піднімається гідравлічно, і енергія накопичується в пружині і, якщо необхідно, енергія положення.

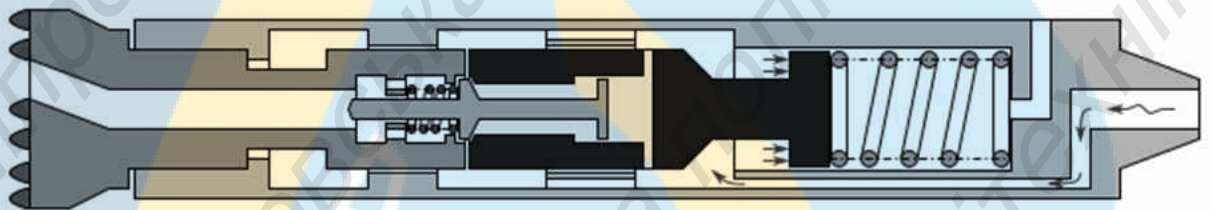


Рисунок 1.9 – Анімована схема гідравлічного ударника непрямої дії

При ударі потік з клапаном закривається ударником, а поршень піднімається за рахунок нижнього тиску ззаду. Підняття натягує пружину і прискорює поршень від свердла. Поршень також піднімає клапан з певного положення, тиск у гідравлічній камері падає, буровий розчин може знову текти, і поршень пружиною прискорюється до ковадла. Клапан знову закривається при ударі і залишається закритим через високий тиск, поки його знову не підніме поршень.

1.8 Гідравлічний ударний ударник подвійної дії

Якщо поршень рухається вгору і вниз повністю гідравлічно, це називається гідравлічним ударним ударником подвійної дії. Тут для ударного руху

використовується гідравлічний удар. Цей принцип працює без пружин і тому, мабуть, менш схильний до помилок.

Звуження на буровому долоті може призвести до падіння тиску. Якщо площа переднього поршня тоді більша за задню, а задня область з'єднана ззовні, ударний поршень скидається гідравлічно. Клапан (синій) можна також скинути гідравлічно через канал до стінки свердловини.

Перевага цього принципу в тому, що немає пружин, але при ударі поршня рідина доводиться протискати через насадку на долото, що призводить до втрати енергії.

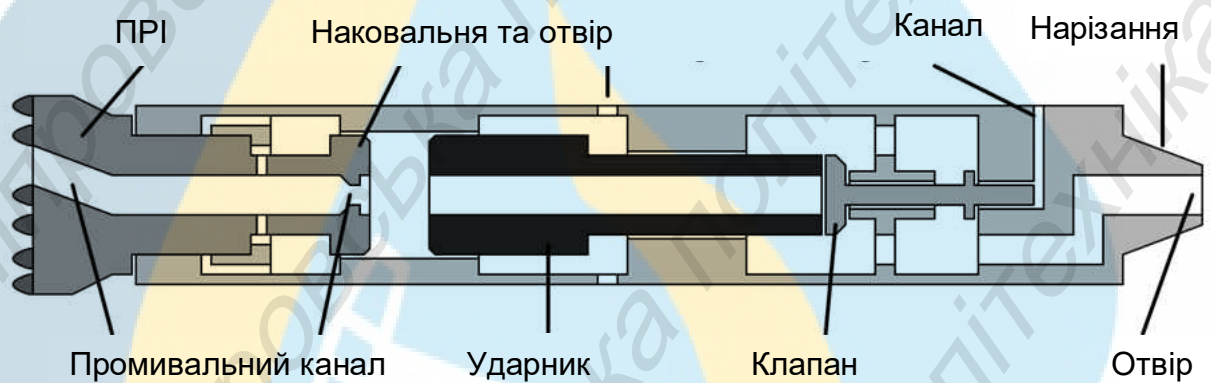


Рисунок 1.10 – Схема гідравлічного ударника подвійної дії

За цим принципом працюють Pen-Rock/Hammergy OPTI-Hammer[12][13], прототип YZX127[6], експериментальний прототип ГЗБ[9] і ZW1 TU Clausthal [3].

1.9 Гідравлічні схеми з паралельним руйнівником енергії

Динаміку стовпа води і бажану або небажану гідравлічну індуктивність можна змінити, підключивши насадку або іншу форму розсіювання енергії паралельно з фактичним гідравлічним механізмом. Ці перфоратори, як правило, побудовані як свердлильні перфоратори з диференціальним тиском, так що клапан перемикає тиск на поверхні, а ударний поршень, у свою чергу, перемикає клапан.

Іноді ці механізми також класифікують як гідравлічні бури подвійної дії [4]. Однак вони істотно відрізняються за гідравлічною динамікою, оскільки не використовують гідроудар.

Прикладом цього є Mudhammer Novatek [4] або ударник YDC [5] з Науково-дослідного інституту PetroChina.

1.10 Рідкокомірні перфоратори

Рідкокомірні перфоратори використовують так званий ефект Коанда в рідинному перемикаючому елементі, який описує застосування потоку до геометрії. Потік може перемикатися в рідинному комутаційному елементі за допомогою каналів управління і таким чином спрямовуватися на різні канали.

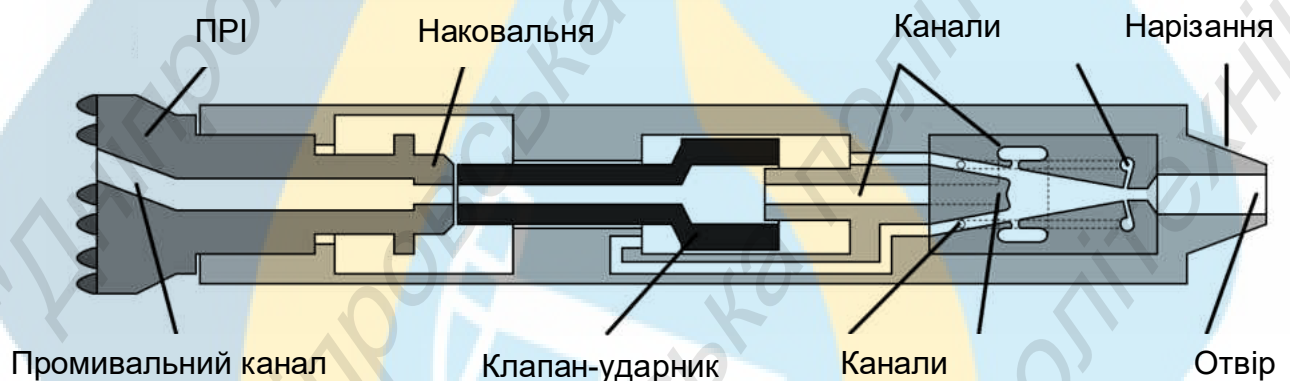


Рисунок 1.11 - Схема гідравлічного ударника

Потік рідини прикріпиться до однієї з двох бічних стінок завдяки ефекту Коанда. Потік рідини потрапляє на бік розділювача, швидкість потоку, коли він потрапляє на бік розділювача, створює тиск, який переміщує поршень. Промивна рідина виводиться збоку з вихідних каналів. При ударі поршня хвиля тиску поширюється назад до каналів управління. Хвиля тиску штовхає потік рідини в іншу сторону, до якої він прикріплюється. Це застосовує тиск до іншої сторони поршня, і поршень переміщується назад, поки не викличе іншу хвилю тиску в своєму кінцевому положенні.

За цим механізмом, серед іншого, працює камера колонкового буріння SC 54 [6], прототип Effflux Hammer [7] і прототип KSC127 [6].

Висновки по першому розділу.

Коливальні процеси в бурильної колоні можуть бути сталими або несталими в залежності від характеру вимушених коливань (періодичний або випадковий).

На амплітуду та частоту коливань істотно впливають матеріал, з якого виготовлені бурильні труби, демпфуючий вплив рідини, що заповнює свердловину, і сила тертя колоні об стінки свердловини. За даними досліджень, при довжині колоні 1280 -1480 м амплітуда поздовжніх коливань легкосплавних труб в 2 - 6 разів менше, ніж сталевих в аналогічних умовах.

Коли приступають до вибору бурильних труб і проектування бурильної колоні для конкретної свердловини, з усього різноманіття навантажень виділяють найбільш значні за величиною і найбільш небезпечні і їх приймають за розрахункові. Дія інших, другорядних навантажень враховують поправочні коефіцієнти або коефіцієнти запасу міцності [2].

РОЗДІЛ 2 НАУКОВЕ УЗАГАЛЬНЕННЯ, АНАЛІЗ ДОСЯГНЕНЬ ТА ПРОПОНУВАННЯ НОВИХ РІШЕНЬ У ГАЛУЗІ УДАРНО-ОБЕРТАЛЬНОГО БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

Друга половина ХХ ст. характеризувалася значним зростанням теоретичних та експериментальних досліджень у галузі застосування технологій, у яких використовується енергія удару при бурінні свердловин.

Вітчизняні та зарубіжні дослідники сформувавши такі напрямки у цій галузі:

- 1) аналітичні дослідження;
- 2) експериментальні дослідження з виведенням емпіричних формул та залежностей;
- 3) визначення взаємозв'язків між властивостями гірських порід та ефективністю їх руйнування;
- 4) теоретичні рішення та моделювання процесів, засновані на певній ідеалізації гірської породи, інструменту та механізмів їх взаємодії.

Під час проведення теоретичних та експериментальних досліджень керуються таким:

- при математичному поданні результатів досліджень ґрунтуються на фізичній сутності явища;
- при виведенні формул допускають деякі спрощення можливості їх застосування в інженерних розрахунках;
- результати розрахунків за формулами мають співпадати з експериментальними даними.

Насамперед, актуальним було дослідження та встановлення залежності механічної швидкості буріння від режимів роботи бурових агрегатів (осьового навантаження; крутного моменту; швидкості обертання бурильної колони; попереджувальної швидкості бойка; енергії, амплітуди та тривалості ударного імпульсу; кількості агента для очищення вибою; тиску стиснення і т. п.) та геометричних параметрів інструменту, а також оцінка енергоємності процесу руйнування гірської породи з урахуванням впливу різних факторів.

Для бурових машин, що мають ударний і обертальний механізми, розташовані поза свердловиною, процеси формування, передачі ударних імпульсів сили по бурильній колоні, впровадження під їх впливом інструменту в гірську породу розділені в часі, тобто протікають послідовно. Значна кількість учених досліджували дані процеси у пошуках можливостей управління параметрами хвиль деформацій, що зрештою сприяло підвищенню ефективності буріння твердих гірських порід.

З цієї проблеми накопичено досить великий теоретичний та експериментальний матеріал. В даний час на основі численних попередніх досліджень, що мають величезну значимість, ведеться наукова робота стосовно сучасних вимог технології буріння.

2.1. Формування ударних імпульсів

Як відомо, основні параметри хвилі деформації, що генерується в результаті удару (форма, амплітуда, тривалість, енергія), істотно впливають на характер руйнування гірської породи.

Ціла низка досліджень показала можливість регулювання процесів перетворення енергії під час роботи ударних механізмів [9].

Узагальнюючи теоретичний та експериментальний досвід у питаннях генерування ударних імпульсів раціональної форми, можна виділити такі напрямки:

- формування ударних імпульсів у ударних системах різної конструкції [10-13];
- формування ударних імпульсів ударними механізмами з використанням рідини (мастил, води), а також твердого тіла як проміжний елемент [4];
- формування ударних імпульсів в ударних системах з елементами різних матеріалів (сталь, сплав титану, сплав алюмінію [9]).

Основною метою подібних досліджень є визначення умов формування ударних імпульсів оптимальної форми, що призводить до

ефективного руйнування гірської породи.

Форма ударного імпульсу має відповідати силам опору середовища запровадження інструменту у часі. Чим більша ця відповідність, тим менша частка відбитої енергії, і, відповідно, менша її втрата. Довжина бойка, його діаметр та маса, а також швидкість застосування ударного навантаження повинні бути підбрані таким чином, щоб забезпечити їхню більшу взаємну відповідність. Якщо зусилля, що розвивається імпульсом, перевищує величину, необхідну для впровадження, то інструмент легко впроваджується в середу, що руйнується. У цьому відбувається відбиток імпульсу розтягування. Нереалізована енергія удару витрачається на подрібнення шламу, а повертається в ударний механізм підвищуючи шум і вібрацію. Якщо величина зусилля імпульсу недостатня для застосування бурового інструменту, то відбивається імпульс стиснення. Таким чином, у реальних умовах, зазвичай, відбивається частина ударного імпульсу.

У роботах Л.Т. Дворнікова, А.А. М'ясникова [13, 5] обґрунтовано модель опору породи впровадження інструменту, а також визначено форми поздовжніх коливань, що оптимально переходять у роботу руйнування гірської породи за критерієм мінімуму енергії відбитої хвилі деформації. Оптимальним автори вважають імпульс, який визначається формою, що забезпечує мінімум енергії відбитому імпульсу при заданій залежності «сила-впровадження» та заданому значенні енергії сформованого (падаючого) імпульсу.

Крім того, була розроблена конструкція бойка ударного механізму, що має форму гіперболоїда обертання, що генерує оптимальні за формою ударні імпульси і забезпечує істотне підвищення продуктивності без збільшення потужності, що підводиться до механізму [13].

Ідеї попередніх авторів набули розвитку у роботах інших дослідників [1, 4, 6, 7]. У працях [11, 6] представлені рішення завдань, пов'язаних зі створенням та вдосконаленням машин, призначених для руйнування середовища ударом без повороту інструменту. Обґрунтовано та

запропоновано конструкції бойків з раціональною конфігурацією у вигляді катеноїдів для ударних механізмів, захищені патентами. Порівняльний аналіз імпульсів, що формуються різними ударниками, виявив, що бойки напівкатеноїдальної форми генерують у хвилеводі імпульс, наближений до ударного імпульсу оптимальної форми. В основі досліджень лежить модифікована хвильова теорія удару, що розглядає тривимірне поширення хвиль у пружному середовищі та враховує геометрію деталей ударних механізмів [11].

У роботі [7] обґрунтована і представлена конструктивна схема ударного механізму з генератором ударних імпульсів, що адаптується до середовища, що руйнується. Зазначається необхідність збільшення тривалості ударного імпульсу підвищення ефективності удару, оскільки за короткий час контакту при ударі ударне навантаження не встигає реалізуватися в гірській породі. Використання при цьому гідроприводу дозволяє отримати високий к.к.д., збільшення довговічності обладнання та продуктивності руйнування гірської породи, що забезпечує підвищені техніко-економічні показники буріння. Це завдання вирішувалося шляхом математичного моделювання. Розроблена математична модель дозволяє прискорити розробку дослідного зразка ударного механізму, наближеного до вихідних технічних вимог.

В даний час в ударних механізмах, як правило, застосовуються циліндричні або ступінчасто-циліндричні елементи, які переміщуються та соударяються тільки в осьовому напрямку. Для забезпечення центрального удару один з торців, що контактують, виконується у вигляді сферичного сегмента, а другий - плоским [8]. У роботі Г.В. Топорова та М.Я. Левандовського рекомендовано радіус закруглення ударних торців циліндричних бойків 300 мм [9].

Слід зазначити ще один важливий момент у питанні формування ударних імпульсів, пов'язаний із розвитком гідроударних систем [4, 7, 2]. Даний напрямок є більш прогресивним у розвитку бурової техніки та пов'язан зі значно перевершуючим к.к.д. бурових установок у порівнянні з

пневматичними.

Проте, незважаючи на те, що накопичено значний обсяг теоретичних та експериментальних досліджень у даному питанні, досі немає серійного випуску вітчизняних гідравлічних ударних машин, що відповідають кращим зарубіжним зразкам [2]. Існуючі зарубіжні та вітчизняні зразки гідравлічних бурових установок включають бойок та реалізують механічний удар. У роботі [1] розглядається уявлення про управління амплітудою та тривалістю ударних імпульсів на основі введення у структуру механізмів ударної дії проміжного рідинного елемента. Це дозволяє збільшити технічний ресурс бурового інструменту за рахунок формування ударних імпульсів раціональної форми та зниження напруги; збільшити частоту удару вдвічі; виключити хвилі вигину; знизити рівень шуму; передавати великі енергії удару.

У роботах А.С. Серцевого [11] та В.П. Риндина [4] встановлено, що при зіткненні через шар рідини виключаються високочастотні складові згладженого ударного імпульсу. Це сприяє зменшенню шуму від вібрації бурового інструменту.

Таким чином, перспективною для буріння свердловин може стати розробка безбойкової гідроімпульсної системи, що дозволяє формувати імпульси тиску зі згладженим переднім фронтом, тобто здійснює плавне навантаження бурового снаряда [12].

Таблиця 2.1 - Щільності матеріалів бойка ударного механізму та хвилеводу (бурильної колони)

Матеріал	Щільність, кг/м ³
Сталь	7800
Сплав титану	4400
Сплав алюмінію	2600

Вплив акустичних властивостей матеріалів ударної системи на параметри

імпульсів, що формуються, встановлено в роботі [9]. Зазначені властивості матеріалу бойків та бурильних труб визначаються декрементом згасання, а також швидкістю розповсюдження хвиль. Для сталі, сплаву титану і сплаву алюмінію швидкість поширення ударних імпульсів була прийнята однаковою і рівною 5100 м/с з похибкою 3%, а питомий акустичне опір, що визначається твором швидкості звуку в середовищі на її щільність ($\rho_1 a_1$), пропорційно щільності (табл. 2.2).

Для зазначених трьох матеріалів автори [9] розглянули дев'ять варіантів ударних систем з різним поєднанням матеріалів бойка та хвилеводу та виявили закономірності генерування хвиль деформацій у них:

1) при незмінній енергії удару і геометричних параметрах системи (площа поперечного перерізу бойка більша за площу поперечного перерізу хвилеводу) зі зменшенням акустичного опору (щільності) матеріалу бойка амплітуда сили імпульсу в хвилеводі зростає, а тривалість головної частини ударного імпульсу, що містить близько 98 % початкової енергії удару зменшується. У свою чергу, зменшення акустичного опору матеріалу хвилеводу призводить до зниження амплітуди сили імпульсу, але зростання його тривалості;

2) зменшення акустичного опору хвилеводу призводить до зниження напруг у хвилі деформацій та збільшення тривалості цієї хвилі. Наприклад, зі зменшенням акустичного опору хвилеводу в 3 рази та значеннях відношень площ поперечного перерізу бойка S_1 до площі поперечного перерізу хвилеводу S_2 у діапазоні від 2 до 6 напруги у хвилі деформації зменшуються у 2,5-3 рази, а тривалість хвилі зростає у 3 рази;

3) якщо бойок і хвилевід виконані з одного матеріалу, зменшення акустичного опору матеріалу призводить до зниження напруг, що виникають у хвилеводі, без зміни тривалості генерованої в ньому хвилі деформації.

Очевидно, що вибір параметрів ударної системи необхідно робити, враховуючи міцні якості матеріалів, а також з умов найкращої передачі енергії

хвилі деформації до гірської породи, що руйнується.

Надалі дослідження ударних систем, що включають елементи з різною акустичною жорсткістю, були продовжені в роботі [14] і спрямовані на використання можливості фільтрації відбитих стисненням ударних імпульсів, спрямованих бурильної колони до бурового агрегату і призводять до її руйнування.

Передача хвиль деформацій бурильною колоною О.В. Александров та ін [23] довели, що передача удару має складний характер і здійснюється внаслідок взаємодії мас та хвильових процесів, що виникають при зіткненні, залежить від форми тіл, що соударяються, і ступеня податливості торців. Крім того, зі збільшенням глибини свердловини потрібне збільшення крутного моменту, на буровому інструменті.

У літературі недостатньо докладно представлені результати експериментальних досліджень передачі енергії удару щодо відносно довгих колон бурильних труб (50 м і більше).

У процесі руху хвилі деформації бурильною колоною можлива втрата її енергії, викликана різними факторами. Одним із головних факторів, що зумовлюють ефективність буріння, що реалізує енергію удару, є коефіцієнт передачі енергії удару [24, 25].

На цей час існує кілька методів визначення коефіцієнта передачі енергії удару (табл. 2.1).

Таким чином, праці значної кількості вчених були присвячені пошукам шляхів та рішень передачі енергії удару по буровому інструменту з найменшими втратами. Проте суттєвий розкид чисельних значень отриманих результатів потребує проведення додаткових досліджень із метою отримання об'єктивної оцінки. У цьому однією з важливих чинників можливо уніфікація умов проведення експериментів.

2.2. Руйнування гірської породи.

При дослідженні руйнування гірських порід увага вчених була

спрямована на вивчення механізму руйнування гірської породи інструментом, а також енергоємності руйнування гірської породи [29, 33-36].

Систематизація та аналіз описів механізму руйнування гірської породи при обертальноударному бурінні різних дослідників (Е.Ф. Епштейна, Ф. Патцольда, Е. Іннета, Е.П. Пфлейдера та В.Д. Лакабанне, О.Д. Алімова, А.І. Мелекєсцева, Ю.М. Дворнікова [15]. Механізм руйнування вибою при обертальноударному бурінні є наступним (рис. 2.1) [5]:

- 1) лезо коронки внаслідок дії ударного навантаження миттєво заглиблюється на деяку величину (положення 1);
- 2) інерційність механізму, що подає бурової машини викликає зниження осьового притискання інструменту до забою, лезо коронки кілька відходить від рівня початкового заглиблення, переміщається в положення 2;
- 3) осьове навантаження досягає максимального значення, і в положенні 2 лезо коронки перед шаром гірської породи, який необхідно зрізати, уповільнить рух або зупиниться;
- 4) у міру формування та подальшого збільшення в системі «обертально-ударний механізм - штанга - коронка» крутного моменту, необхідного для сколу гірської породи, лезо коронки впроваджується в забій (становище 3) на величину h_1 , меншу h_0 ; під дією моменту, що крутить, відбувається скол гірської породи по лінії а;
- 5) лезо коронки, змінюючи частки гірської породи, за рахунок пружних деформацій штанги переміститься в положення 4; знову може статися використання на h_1 (становище 5), скол по лінії б і переміщення леза в положення 6;
- 6) цей процес може відбуватися багаторазово (положення 7, 8) до наступного застосування коронки від удару на h_0 (положення 9).

Цей процес може видозмінюватися в залежності від величини осьового навантаження, кута повороту між ударами та енергії удару.



Рисунок 2.1 - Механізм руйнування гірської породи при обертально-ударному бурінні [5]

На першому етапі досліджень механізм руйнування гірських порід вивчався на спрощених конструкціях інденторів: гостре та притуплене лезо, плоский штамп, сфера з метою вивчення процесу формування кутової частини вибою. Надалі дослідження проводилися при бурінні як відомими коронками, що мають класичне радіальне розташування лез, так і новими, з іншою геометрією робочих лез, головним чином для дослідження зношування інструменту, зіставлення його за енергоємністю руйнування гірської породи.

Так, у роботі І.В. Кулікова, В.М. Воронова, І.І. Ніколаєва [43] зазначається, що ширина лунок, що формуються гострим та притупленим лезами, за інших рівних умов залишається приблизно постійною (майданчик притуплення мав ширину 4 мм), а довжина значною мірою залежить від форми леза. Довжини гострих лез та лунок руйнування ними практично рівні, а притуплене лезо утворює лунку, довжина якої перевершує довжину леза на дві ширини майданчика притуплення. Глибина застосування гострого леза мало відрізняється від глибини лунок руйнування. Глибина застосування притупленого леза в 10-15 разів менша за глибину лунок руйнування, причому зі збільшенням енергії удару ця різниця зростає.

Важлива увага була приділена вивченню різними методами

(фотопружності, швидкісної кінозйомки, тензометрії, поетапного «заморожування», руйнування, методами кінцевих елементів) процесу тріщиноутворення в гірській породі як неминучого наслідку концентрації граничних напруг у контактній зоні. Характер тріщиноутворення при руйнуванні гірських порід індентором з гострим лезом полягає у наданні щодо глибоких тріщин лише у центрі лунки вздовж її довгої осі. У бортових зонах тріщини мало спостерігаються. У той же час, лунки руйнування, утворені притупленим індентором, утворюють глибокі тріщини. Висновок про те, що збільшення кута загострення леза інструменту призводить до незначних розмірів лунки виколу, але глибокої тріщини підтверджується К.І. Івановим та ін. [12].

Високопотужні бурові агрегати ударно-обертальної дії зумовлюють необхідність застосування високоміцного твердосплавного інструменту [8]. Дослідження у цьому питанні спрямовані на суттєве підвищення стійкості інструменту шляхом пошуку оптимальних значень для всієї гама конструктивних, технологічних та експлуатаційних параметрів коронок [9].

Узагальнюючи результати досліджень, можна сформулювати наступні уявлення щодо цієї проблеми:

- 1) за інших рівних умов штирвові коронки типу КТШ дозволяють ліквідувати можливі випадки заклинювання лез долотчастих коронок у вибої; водночас забезпечують підвищення швидкості буріння порівняно з хрестовими коронками через вищу енергію удару на одиницю довжини леза [1];

- 2) для бурових машин малої потужності С.А. Кукліним [4] запропоновано варіант бурової коронки з лінійним розташуванням циліндросферичних твердосплавних вставок, що має менше концентраторів напруг, механізм руйнування близький до механізму дії коронок долотчастого типу (руйнування секторами), що не викликає сильну віддачу і зниження швидкості буріння, як у разі застосування коронок західних ;

3) порівняльний аналіз напруженого стану інденторів сферичної, балістичної, тороїдальної та клинної форм ударної поверхні, що впливають на гірську породу, показав таке [3, 4]:

- індентори лезового типу вимагають найменшу кількість енергії, що підводиться, і мають найменшу руйнівну здатність;
- індентори, що мають ударну поверхню тороїдальної форми можуть сприймати найбільшу енергію удару і мають найменшу руйнівну здатність;
- індентори зі сферичною контактною поверхнею є перехідною формою від лезових до тупих типу «тороїд». Порівняльний аналіз проведено методом кінцевих елементів у комп'ютерних програмах фірми «Ansys»;
- при малих енергіях удару ефективність руйнування гірських порід гострим лезом вища за ефективність руйнування притупленим індентором.

За результатами фізичного моделювання взаємодії леза ПРІ та гірської породи в роботі [4] встановлено, що напруги, що виникають у твердій породі при заданому навантаженні, залежать від діаметра свердловини, кута пригострення ПРІ, затуплення леза, а також віддаленості контактної зони від вільної поверхні, утвореної попереднім сколом.

Аналіз динамічного взаємодії індентора зі сферами різних радіусів дозволив встановити, що з рівних енергій удару енергоємність істотно залежить від радіусу сфери індентора: зі збільшенням останнього енергоємність різко зростає [7]. Автори пояснюють це явище тим, що при більшому радіусі сфери при рівних навантаженнях всі зони руйнування перекриті поверхнею сфери.

Дослідженнями особливостей впливу на гірську породу твердосплавних вставок різних форм, а також інденторів-еліпсоїдів методом кінцевих елементів у Ansys займався С.А. Куклін [2]. Подібна форма інденторів на відміну від осесиметричних дозволяє створювати протяжну зону руйнування,

подібну до зони руйнування лезових інденторів, але не створює такої високої концентрації напруг. Досліджуючи на основі чисельного експерименту розподіл напруг у гірській породі, інденторі, а також питому роботу руйнування при різних співвідношеннях осей еліпса (1; 0,75; 0,5; 0,25), автор наводить висновки про те, що [4]:

- картина розподілу напруг може істотно змінюватися для випадків впровадження в плоску поверхню та попередньо сформовану лунку;
- індентори малої товщини рівномірно навантажені;
- максимальна напруга в породі приблизно однакова для всіх форм інденторів;
- незалежно від того, в яку поверхню впроваджуються індентори (в плоску або попередньо сформовану лунку), за енергоємністю індентори зі сферичною формою ударної поверхні не є найбільш раціональними. Встановлено, що в першому випадку найбільш раціонально застосовувати індентори із співвідношенням осей 0,4 (що пов'язано з пружними властивостями середовища та з найбільшими деформаціями в гірській породі, коли поперечний розмір майданчика контакту становить 40 % поздовжнього розміру). У другому випадку раціональнішими будуть індентори зі співвідношенням осей 0,6, тобто при попередньо сформованій лунці.

Раціональні режими ударно-обертального способу буріння.

Оптимізація процесу буріння на етапі, що передує технологічному процесу

У роботі Л.І. Дворнікова [15] проаналізовано всі доступні результати вітчизняних та зарубіжних дослідників (більше 125), на основі яких встановлено основні закономірності процесу обертально-ударного буріння шпурів. Головним чином досліджувався вплив на величину поглиблення бурового інструменту за обіг основних параметрів процесу обертально-ударного буріння: фізико-механічних властивостей гірських порід, осьового навантаження, швидкості обертання бурового інструменту, енергії одиничного удару, частоти ударів, геометричних параметрів та кількості лез

інструменту.

Узагальнення отриманих результатів призводить до таких висновків:

1) однією з переваг обертально-ударного способу буріння є можливість підведення до бурового інструменту великих потужностей;

2) встановлені основні емпіричні залежності та раціональні параметри процесу обертально-ударного буріння у гірських породах різної твердості:

- осьове навантаження до значень 12 кН практично не впливає на обсяг руйнування ударів. Для гірських порід з коефіцієнтом міцності за М.М. Протодяконову 16-18 додаток осьового навантаження практично не доцільно і необхідний тільки для забезпечення контакту бурової коронки із вибоєм;

- для гірських порід з коефіцієнтом міцності за М.М. Протодяконову від 4 до 20 середнє число ударів за обіг бурильної колони укладено в інтервалі 10-50 уд./про. (При усередненому значенні кута повороту лез інструмента 36-37 °). Збільшення швидкості обертання коронки призводить до зниження заглиблення ПРІ за оборот бурильної колони. При цьому наголошується на збільшенні енергоємності руйнування гірської породи. Це зумовлено переподрібненням бурового шламу у разі числа ударів за оборот бурильної колони більше певного раціонального значення або неефективністю буріння при значенні ударів за оборот менших раціонального значення, коли наступний удар наноситься по ділянці вибою, що не сприйняла необхідної дії від попереднього удару;

- вплив енергії удару на об'єм зруйнованої породи при бурінні гірських порід середньої твердості не таке істотне, як, наприклад, при бурінні граніту;

- менше ударів за один оборот бурильної колони має відповідати менш твердим гірським породам. При бурінні граніту з коефіцієнтом міцності М.М. Протодяконову 14-16 зміна кута повороту лез ПРІ з 45

до 5° призводить до збільшення поглиблення свердловини за оборот з 1 до 7 мм, а також зменшення об'ємної роботи руйнування.

Складне завдання, пов'язане з пошуком теоретичних залежностей між параметрами режиму буріння та їх практичною реалізацією, є оптимізацією процесу буріння [4, 5].

2.3. Методи розрахунку систем ударно-обертального способу буріння свердловин. Моделювання робочих процесів.

Цінним практичним результатом досліджень процесів ударно-обертального способу буріння є розробка методу розрахунку ударних систем «ударно-обертальний механізм – буровий снаряд – гірська порода». Особлива увага приділяється як математичному, і комп'ютерному моделюванню процесів при поздовжньому ударі. Математичні моделі, алгоритми, програми та програмні комплекси дозволяють суттєво полегшити та прискорити процеси моделювання та розрахунку систем, що реалізують поздовжній удар.

Питання розробки методів розрахунку ударних систем для буріння свердловин представлені в роботах [9, 12, 3-5] та отримали розвиток у [1, 4, 5].

Як правило, аналітичні рішення подібних завдань є громіздкими формулами, а в деяких випадках знайти таке рішення практично неможливо. Це зумовлює перспективність застосування під час розрахунків чисельних методів, наприклад графодинамічного методу, представленого у роботі [9]. Даний метод дозволяє проводити розрахунки ударних систем, що включають складні елементи конфігурації. Аналіз прикладу розрахунку ударних систем з бойками різної форми за пропонуваним методом показав, що в інтервалі параметрів бойків їх довжина більшою мірою впливає на ефективність передачі енергії хвилі деформації в гірській породі, в порівнянні з формою.

У роботі [5] наведено метод розрахунку форми ударного імпульсу та величини напруги у буровому інструменті на основі графодинамічного методу. Автор навів ряд найпоширеніших у практиці буріння випадків представлення імпульсів напруги: ударник рівного зі штангою поперечного

перерізу та акустичною жорсткістю; ударник з більшим поперечним перетином та акустичною жорсткістю, ніж у штанги; ударник складної конфігурації; конічний ударник.

У роботі [12] також на основі графодинамічного методу наведено розрахунок формування ударних імпульсів та його поширення буровим снарядом. Розрахунок зводиться до визначення величин сили, напруги, а також енергії в елементах системи «ударник – хвостовик – бурова штанга». Елементи системи - стрижні змінного перерізу, а сама система є цілим, не розмикається в процесі проходження ударного імпульсу.

У роботі [2] наведена методика визначення максимальних напруг у різьбових з'єднаннях труб залежно від енергетичних параметрів ударного механізму, величини моменту, що крутить, і осьового навантаження, створюваних буровими агрегатами.

У роботі [5] математично представлено безліч окремих випадків розрахунку ударних систем.

Авторами роботи [6] запропоновано метод розрахунку ударних імпульсів, що поширюються, по бурильній колоні, що дозволяє з відносною похибкою, що не перевищує 10%, отримати: коефіцієнти проходження і відображення ударного імпульсу в реальному буровому інструменті; частоту хвилі деформації, коли він у буровому снаряді з'являються хвилі деформації, які сприяють його поздовжньому переміщенню, отже, і руйнації гірської породи; значення поздовжнього зміщення бурового снаряда та поздовжньої сили; енергію хвилі деформації, у т. ч. енергію, що переноситься її гармонійними складовими.

З розвитком комп'ютерних технологій дослідники отримали можливість розробляти методи, що уточнюють механізми формування та передачі ударних імпульсів як по буровому снаряду, так і в гірську породу, реалізовувати дані методи в програмних продуктах.

Так, розробки, представлені в роботі [4], дозволяють підвищити точність обчислень хвильових процесів у стрижневих неоднорідних системах від 20 до

40 % за рахунок урахування хвильових станів всередині кожного елемента, виникнення повторних ударів і т. п. Алгоритми обчислення дозволяють підвищити 5 разів продуктивність моделювання та аналізу отриманих результатів, а самі результати - дати нові уявлення про стан стрижнів до та після нанесення поздовжнього удару.

Крім цього, останнім часом актуальними є розробки, пов'язані з дослідженнями взаємодії ПРІ різного типу з гірською породою, що руйнується, механізму руйнування на основі методу кінцевих елементів, реалізованому в комп'ютерних програмах фірми «Ansys», «Abaqus».

У роботах С.А. Кукліна [4, 3] наводяться результати досліджень особливостей впливу на гірську породу безлезового ПРІ (інденторів-еліпсоїдів) та порівняльний аналіз напруженого стану одиночних твердосплавних вставок різних форм (сферичної, балістичної, тороїдальної, клинної). У роботі І.А. Жукова [11] наведено залежність «сила-впровадження» для бурових коронок з числом інденторів 1-4, дається оцінка впливу кількості інденторів на об'єм зруйнованої породи, рекомендовані раціональні схеми розміщення інденторів.

Обчислювальні експерименти на основі методу кінцевих елементів дозволили проводити розрахунки на новому рівні: визначати та оцінювати напружено-деформований стан бойків ударних механізмів [48], інденторів, а також гірських порід [4, 3].

2.4. Визначення енергетичних параметрів бурових агрегатів

Питанням розробки методів визначення енергії хвиль деформацій, спрямованих на руйнування гірських порід, присвячено роботу В.П. Риндіна [14]. Автор наводить класифікацію та аналіз всіх доступних в даний час методів вимірювання енергії удару бурових агрегатів. Частота та енергія удару – одні з основних параметрів, що визначають продуктивність бурової машини. Методи та технічні засоби для вимірювання енергії та частоти ударів постійно вдосконалюються. Особливо гострим стало питання при створенні потужних

бурових машин (з енергією удару 300 Дж і вище). Розроблений метод визначення енергетичних параметрів бурових агрегатів та експериментальна апаратура для його реалізації засновані на інтегральних характеристиках імпульсів та дозволяють визначати енергію хвилі деформації, що поширюється до бурової коронки,

2.5. Обладнання для забезпечення найбільшої швидкості буріння машинами ударно-обертальної дії

Тому властивості гірничої породи, основні режими буріння, бурова техніка і інструмент приймаються такими, які є. Але швидкість буріння, тобто інтенсивність руйнування гірської породи суттєво залежить від таких параметрів як частота обертання інструмента в шпурі і зусилля його подачі вздовж осі. Ці параметри важливі тому, що від частоти обертання коронки залежить відстань між двома суміжними ударами в колі по якому працює та, чи інша твердосплавна вставка циліндро-призматичної форми коронки. Якщо ця відстань мала відбувається дроблення породи на малі фракції, що потребує багато енергії, а якщо - велика, то не використовуються розколини попередніх ударів і не утворюються крупнозернисті частки породи. Інструмент уперед не рухається. Існує така відстань між суміжними ударами, при якій здійснюються два процеси: сколювання часток породи і утворення розколин перед руйнуванням. В цьому разі руйнування породи ефективно і швидкість буріння найбільша. Те саме відбувається при різних зусиллях подачі. Треба вибрати таке - при якому більшість енергії удару була б спрямована на руйнування породи. Так, наприклад, при недостатньому зусиллі подачі енергія удару витрачається на ліквідацію зазорів у системі ШИП (штанга-інструмент - порода) і на притискування твердосплавних вставок до породи, а якщо зусилля занадто велике іде інтенсивний знос твердосплавних вставок. Справа в тому, що після проходження ударної хвилі, система ШИП стиснута і після віддачі інструмент відходить від породи на деяку відстань, і якщо у момент наступного удару твердосплавні вставки не будуть притиснуті до породи,

ударна хвиля буде здійснювати руйнування самих вставок, а не породи.

Відомі розробки для різних верстатів, які завдяки управління системами СПІД і САР забезпечують підвищення продуктивності обробки. Деякі дані при бурінні перфораторами і пневмоударниками в залежності від швидкості обертання інструмента і його зусилля подачі приведені у роботах [2, 3]. Для того, щоб змінити частоту обертання штанги з інструментом використовують або електродвигун постійного струму у якому регулюють напруження, або електродвигун змінного струму, тоді регулюють частоту струму.

Великий вплив на швидкість буріння справляє конструкція бурового інструмента. У цей час замість лезових коронок використовують штирові, які відрізняються розмірами, кількістю і розташуванням твердосплавних вставок та інше, що суттєво впливає на швидкість буріння [4]. Для конкретних умов буріння без спеціальних досліджень не відомо, які режими роботи забезпечать найбільшу швидкість буріння.

В основу поставлено задачу розробки такого обладнання до бурової техніки, яке дозволяє при існуючих: властивостях породи у забої, бурової установки, конструкції коронки, енергії і частоті ударів, визначити ту частоту обертання інструмента і його зусилля подачі, при яких швидкість буріння буде найбільша. Для вирішення цієї задачі обладнання для забезпечення ефективного буріння машинами ударно-обертальної дії, яке складається із штанги з буровим інструментом, пневмо або гідроударника, механізму обертання штанги та її осьовій подачі у шпурі, яке відрізняється тим, що для забезпечення ефективного руйнування породи використовують датчик фіксації величини переміщення бурової штанги з інструментом уздовж свердловини, або при використанні таймера з дисплеєм орієнтуються по швидкості буріння, що характеризує властивість гірничих порід, а також мають зв'язок з блоками регулювання і фіксації частоти обертів і зусилля подачі, що дозволяє величину переміщення інструмента при тих обертах, коли здійснювалось його найбільше заглиблення у породу завдяки розколинам перед руйнування і ці параметри після підсилення передати до виконавчих

механізмів частоти обертів і зусилля подачі інструмента у свердловині.

Найбільше ефективно руйнування гірничих порід здійснюється тоді, коли одночасно відтворюється сколювання часток породи і створювання розколин перед руйнування. Для цього потрібно, щоб відстань між попереднім і наступним ударами твердосплавних вставок по породі, які розташовані в одному колі руйнування, була такою, коли здійснюється їх взаємний вплив з використанням розколин перед руйнування. Цьому сприяє також оптимальне зусилля подачі, при якому ударна хвиля з інструмента безпосередньо передається у породу. В цьому разі швидкість буріння буде найбільша при використанні існуючої бурової техніки і інструмента. Ця корисна модель дозволяє проводити буріння з найбільшою швидкістю, і як слідство з найменшим зносом інструмента. Корисну модель проілюстровано кресленням, де на фіг. 1 показана бурова штанга 1-(БШ) з коронкою 2-(БК) у шпурі 3-(Ш) забоя, яка розташована на направляючій 4-(НМ) бурової машини. На направляючій також закріплений датчик 5-(ДП) для фіксації переміщення бурової штанги при бурінні. Датчик через електронний підсилювач 6-(П1) підключений до блок-схеми програмного регулювання частоти обертів інструмента і його зусилля подачі, яка показана на рис. 2.2. Обладнання складається з таких елементів: дисплея з таймером 7-(ДТ), до якого підключений датчик 5-(ДП), блока регулювання і забезпечення заданої частоти обертів інструмента 8-(БРО), блока регулювання і забезпечення заданого зусилля подачі 9-(БРП), двох підсилювачів сигналів 10-20 (П2), механізму, що забезпечує задану частоту обертів інструмента 11-(МО) і механізму, що забезпечує задане зусилля подачі 12-(МП).

1-(ДП) 2-(БВ) 1-(БШ) 2-(БК) 5-(П₁) 6-(ДТ) 3-(Ш) 4-(НМ) 5-(ДП) 6-(П) 7-(ДТ) 8-(БРО) 9-(БРИ) 10-(П₂) 11-(МО) 12-(МП)

1-БШ 2-БК 3-Ш 4-НМ 5-ДП 6-П₁, 7-ДТ 8-БРО 9-БРИ 10-П₂ 11-МО 12-МП
10-П₂

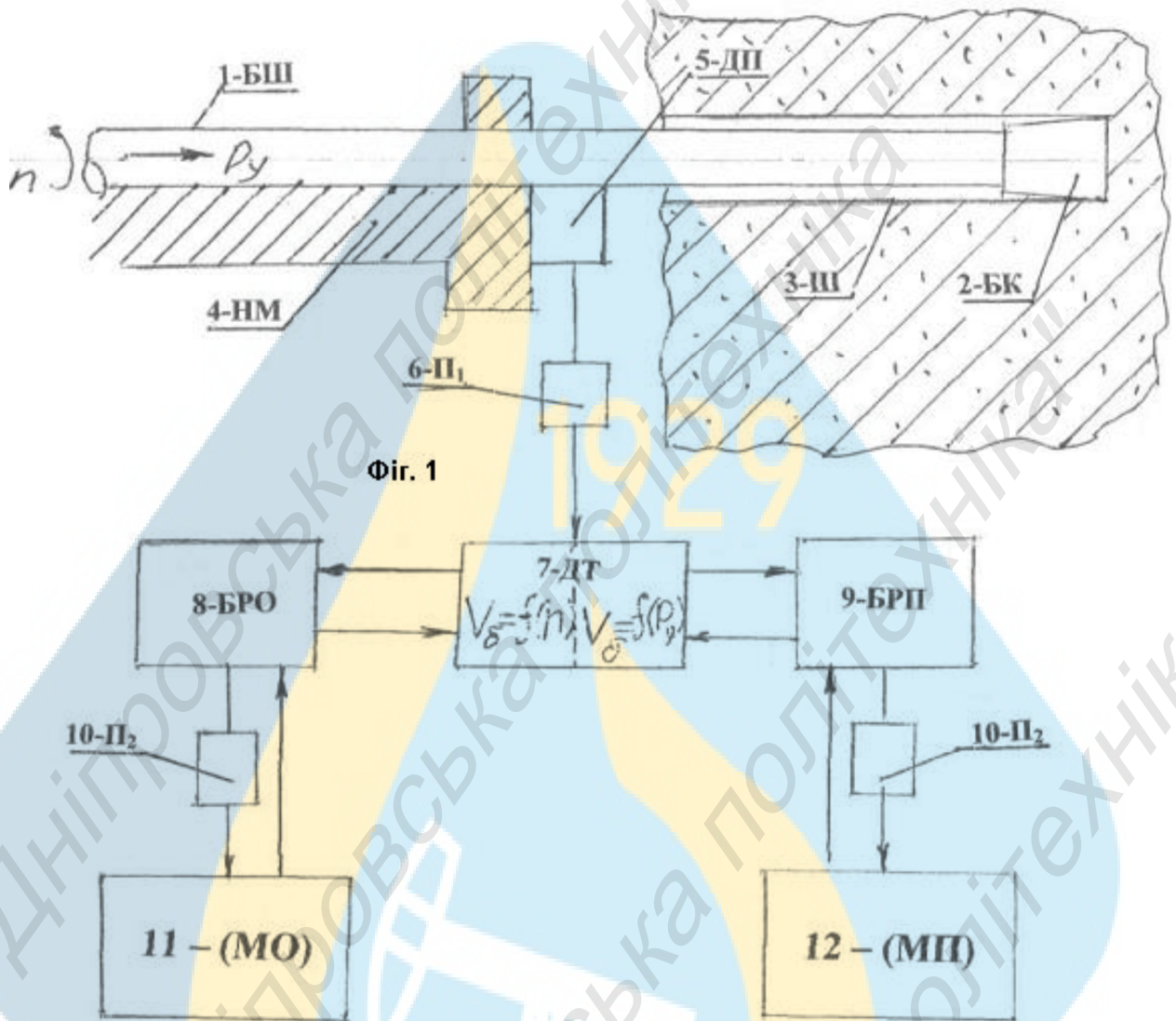


Рисунок 2.2 – Схема керування параметрами буріння

Запропоноване обладнання для забезпечення найбільшої швидкості буріння машинами ударно-обертальної дії працює таким чином. Оператор бурової машини в залежності від приблизно відомих властивостей порід у забої через 8-(БРО) задає три частоти обертання коронки, які здійснюються послідовно в процесі буріння. При цьому від датчика 5-(ДП) сигнал після підсилення 6-(П1) подається на дисплей з таймером 7-(ДТ) де у цифровому вигляді, або графічному відображається на екрані дисплея значення трьох швидкостей буріння. Через 8-(БРО) підключається механізм 11-(МО), який забезпечує буріння із обертами інструмента, при яких найбільша швидкість. Та сама послідовність дій відбувається при виборі зусилля подачі, тобто: зміна

зусилля подачі здійснюється через блок подачі 9-(БРП) та його підсилювач (П2) до механізму подачі 12-(МП). Сигнал про швидкість буріння через датчик 5-(ДП) з'являється на дисплеї.

Між механізмами, що забезпечують частоту обертів і зусилля подачі і дисплеєм з таймером існує зворотний зв'язок, що дозволяє на екрані дисплея мати залежності швидкості буріння від частоти обертів і зусилля подачі. Те значення зусилля подачі при якому швидкість буріння була найбільша через оператора, або автоматично надходить до механізму 12-(МП), що забезпечує задане зусилля подачі і далі буріння здійснюється при цьому режимі.

Таким чином запропонована модель дозволяє здійснювати буріння при оптимальних режимах з найбільшою швидкістю, при цьому зменшується знос інструмента, енергетика буріння і надходження абразивного пилю у повітря виробітки.

Висновки по другому розділу

1) Представлене узагальнення дозволяє запропонувати нові технічні рішення, спрямовані на розробку ресурсозберігаючої технології та техніки буріння геологорозвідувальних свердловин, що має важливе значення для експлуатаційної розвідки корисних копалин під час розробки рудних родовищ.

2) У питаннях вдосконалення технологій і техніки буріння свердловин малого діаметра, що реалізують енергію удару, одним із важливих факторів можливо уніфікація умов проведення експериментів. Зокрема, необхідно використовувати бурильну колону, якою пробурено задану кількість метрів свердловин, щоб були опрацьовані у виробничих умовах стики бурильних труб, через які поширюються хвилі деформацій від ударного механізму до породоруйнівного інструменту.

3) Додатковою можливістю підвищення продуктивності бурових агрегатів ударнообертальної дії з різними типами приводів (пневматичний, гідравлічний, електропневматичний, пневмогідравлічний) може бути

скорочення часу на допоміжні операції. Вирішення такої задачі вимагає розробки методики розрахунку та обґрунтування параметрів бурових агрегатів, яка на етапі проектування дозволяє оцінити їхню ресурсоефективність на основі деяких критеріїв (наприклад, наведених витрат, собівартості метра пробуреної свердловини, матеріаломісткості агрегату та бурового інструменту).

4) Представлені дані обґрунтовують рішення поставленої задачі і промислове застосування заявленого обладнання що забезпечує найбільшу швидкість буріння машинами ударно-поворотної дії.

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічною ефективністю є загальна результативність його діяльності, яка виражається в співвідношенні отриманого продукту і витрачених ресурсів. Щоб отримати коефіцієнт економічної ефективності, слід співвіднести показники прибутковості підприємства і загальні витрати на використанні ресурси. Проект буде ефективним, якщо перший показник перевищує другу складову.

3.1. Показники для розрахунку економічної ефективності підприємства

Система показників загальної економічної ефективності включає оціночні показники і показники за видами використовуваних ресурсів. Ключовим оцінним показником діяльності організації завжди є прибуток. До оціночних також належать такі показники: рентабельність продукції, рентабельність виробничих фондів, відносна економія основних і оборотних фондів.

Ці показники потрібні для розробки і впровадження нового обладнання, вирішення виробничих питань, в тому числі щодо застосування взаємозамінних матеріалів і продукції, а також при проектуванні будівництва та реконструкції, складанні бізнес-планів, виборі схем організації виробництва в технологічній і науковій діяльності.

Порівняльна економічна ефективність визначається при виборі одного з двох і більше варіантів вирішення певної комерційної або господарського завдання. Таким чином, ви отримуєте характеристику переваги одного варіанта в порівнянні до інших.

При порівнянні двох варіантів можливе різне співвідношення необхідних капітальних вкладень і рівня собівартості продукції. Той варіант, який потребує менших капітальних вкладеннях, при цьому забезпечуючи найбільш низьку собівартість продукції, визнається економічно вигідним.

При порівнянні варіантів необхідно користуватися наведеними витратами, що розраховується по кожному з них. Наведені витрати по кожному варіанту представляють собою суму капітальних вкладень і поточних витрат (собівартості), приведених до єдиної розмірності відповідно до нормативу ефективності.

Також важливо розуміти, що підбір економічних показників обумовлений цілями функціонування досліджуваної системи. Наприклад, при встановленні показників порівняльної економічної ефективності підприємства в галузі тваринництва потрібно орієнтуватися на зростання обсягу виробництва, зростання продуктивності праці, окупність використовуваних кормів і інших витрат. На основі цього можна встановити таку систему показників: вихід валової і товарної продукції на одну одиницю, продуктивність праці, оплата кормів і окупність витрат.

3.2. Економічна ефективність: формула розрахунку

Загальна формула розрахунку ефективності виглядає наступним чином:

$$E = d P / Z, \quad (3.1)$$

де:

P - результати виробництва;

Z - витрати на отримання даного результату.

Таку формулу ефективності практично застосовувати досить складно, так як чисельник і знаменник дроби в більшості випадків не піддаються кількісному вимірюванню і не можуть бути обчислені в загальних одиницях. У більшості випадків результати комерційної діяльності підприємства різноманітні і об'єднати їх в загальний результат неможливо. У ряді випадків результат взагалі не висловлюємо в числовій формі, і може бути тільки якісним.

Ефективність можна визначити 2 шляхами:

- Як відношення результату виробництва до витрат на його здійснення.

- Як відношення результату того, що проведено до того, від чого довелося відмовитися при виборі альтернативного варіанта.

3.3. Розрахунок показників економічної ефективності

Можна розглянути особливості розрахунку основних показників економічної ефективності підприємства. Наприклад, до них відносяться рентабельність, затратоємність, фінансовий стан, а також управління фінансами та ресурсами.

Показники рентабельності показують відношення прибутку до витрат, вкладень, інвестиційних витрат, тобто характеризують частку прибутку на одиницю вкладених витрат:

- рентабельність продукції (послуг) $R_{пр i}$, тобто відношення прибутку виробу (Π_i) до собівартості (C_i), що випускається одиниці продукції, %:

$$R_{пр i} = \frac{\Pi_i \cdot 100}{C_i} \cdot \frac{360}{t} \quad (3.2)$$

Цей показник використовується для виявлення найбільш рентабельної продукції;

- економічна рентабельність активів (R_{ϕ}), тобто відношення величини річного прибутку ($\Pi_{рік}$) до активів підприємства ($K_{акт}$) або сумі основного ($K_{осн}$) і оборотного ($K_{оборот}$) капіталу, %:

$$R_{\phi} = \frac{\Pi_{год} \cdot 100}{K_{акт}}, \text{ или } R_{\phi} = \frac{\Pi_{год} \cdot 100}{K_{осн} + K_{оборот}} \quad (3.3)$$

Рівень R_{ϕ} демонструє ефективність діяльності підприємства (використання активів), тобто показує частку прибутку, що припадає на 1 дол. активів. $\Pi_{год}$ включає балансовий прибуток ($\Pi_{бал}$) плюс відсотки за кредит, що відносяться на собівартість.

- рентабельність власного капіталу компанії ($R_{ск}$), тобто відношення величини чистого річного прибутку компанії (після оподаткування) до величини власного капіталу на кінець звітної періоду ($K_{соб}$), %:

$$R_{ск} = \frac{П_{чист} \cdot 100}{К_{соб}}; \quad (3.4)$$

- рентабельність використуваного капіталу ($R_{ск}$, %) показує ефективність як власного, так і залученого капіталу (кредити, позики, позички) компанії і розраховується за формулою:

$$R_{ик} = \frac{П_{год} \cdot 100}{К_{исп}}. \quad (3.5)$$

У балансі компанії на початок і кінець кожного звітного періоду відображаються вартісні дані про основні засоби - первісна вартість, величина зносу (амортизація), залишкова вартість.

Протягом року відбувається рух основних засобів, тому їх наявність в бухгалтерському обліку показується щомісяця. Вартість основних фондів на кінець періоду ($К_{оф.к}$) визначається за балансовою схемою:

$К_{оф.нач}$ - вартість основних фондів на початок періоду;

$К_{оф.п}$ - вартість придбаних основних фондів;

$К_{оф.в}$ - вартість вибулих основних фондів.

У вартість придбаного обладнання включаються: покупна вартість, витрати на транспортування, Страхування, монтаж, установка, наладка.

Для оцінки рівня використання основних засобів необхідно мати інформацію про середньорічної вартості основних фондів ($К_{ср.оф.}$).

$К_{оф. поч}$ - вартість основних фондів на початок року;

$К_{оф. до}$ - вартість основних фондів на кінець року.

3.4. Методики розрахунку показників економічної ефективності

Після того, як ми визначилися з системами основних показників економічної ефективності, потрібно пропрацювати методики обчислення.

Абсолютні критерії допоможуть проаналізувати основну динаміку різних показники прибутку за певну кількість років:

- економічної;

- бухгалтерської;
- отриманої від продажу;
- розрахованої в чистому вигляді.

Такі показники більше відносяться до арифметичному розрахунку, ніж до економічного. Цифри будуть отримані в чистому вигляді без урахування інфляційних процесів. При цьому відносні показники будуть мати певні переваги в плані того, що вони не схильні до інфляції.

Розрахунок показників економічної ефективності - це обсяги випущеної продукції, виконаних робіт або наданих послуг. Вони є основою для задоволення всіх потреб, для підвищення матеріального стану.

До показників економічної ефективності відносяться:

- Окупність основних витрат - відношення обсягу валової продукції до сукупності витрат живої і матеріалізованої праці, що є узагальненим показником.
 - Прибуток - реалізована частина доходу в чистому вигляді. Концепції проведених витрат припускають і різні концепції отримання прибутку. В області економічної науки до терміну прибуток відноситься значення, яке відрізняється від визначення в бухгалтерських звітах.
 - Отримання чистого прибутку. Включає в себе весь чистий дохід і фонд оплати праці. Це є основним джерелом споживання і певного накопичення. На більшій частині підприємств такі показники можна визначити тільки розрахунковим шляхом. Тому отримана «чиста» продукція не завжди з максимальною точністю відображає дійсний рівень ефективності та динаміку розвитку виробництва.
1. Сутність економічного ефекту і економічної ефективності
 2. Економічна ефективність впровадження нової техніки і технологій
 3. Економічна ефективність інвестицій

3.4.1. Сутність економічного ефекту і економічної ефективності

Економічний ефект - це кінцевий економічний результат, отриманий від проведення будь-якого заходу, що викликає поліпшення будь-яких показників роботи організації. Результат є абсолютним показником і вимірюється в грошових одиницях. В цілому отримання ефекту передбачає початкове здійснення будь-яких витрат, а потім отримання додаткового доходу від впровадження заходу. Сам економічний ефект являє собою цей додатковий дохід, що отримується черга додаткові прибутки, зниження матеріальних, трудових витрат, зростання обсягів виробництва або якості продукції, які висловлюються в ціні.

Важливо співвіднести результат з витратами на його отримання. Тому, крім абсолютної величини ефекту, необхідно знати і його відносну величину.

Економічна ефективність - це показник, який визначається співвідношенням економічного ефекту і витрат, що породили цей ефект. Економічна ефективність (E) розраховується за формулою:

Таким чином, ефективність визначає ступінь вигідності. Оскільки, цей показник є відносним, то може застосовуватися для порівняння або з існуючими нормативами, або з іншими варіантами.

В цілому вигідність впровадження заходу визначається трьома обставинами:

- 1) витратами на проведення заходу - вони повинні прагнути до мінімуму;
- 2) ефектом від впровадження - він повинен прагнути до максимуму;
- 3) терміном, протягом якого отримують ефект.

Залежно від того, економічну ефективність чого необхідно виміряти, в якості витрат можуть виступати капітальні вкладення на придбання нової техніки і технологій, кошти, вкладені в будь-який проект (інвестиції) і т.д.

Капітальні вкладення - це кошти (витрати) в грошовому вираженні, які направляються на оновлення і відтворення основних фондів підприємства.

Інвестиції - це поняття з точки зору фінансів дещо ширше, так як інвестиції - це всі види засобів (витрат), що вкладаються в господарську діяльність з метою отримання доходу.

Однак в даний час прийнято ототожнювати інвестиції і капітальні вкладення.

У зв'язку з вищесказаним ефект буде розраховуватися по-різному в залежності від характеру заходу, яке проводилося для його отримання. Загальної формули розрахунку ефекту немає. Вона визначається в міру того, як визначено джерело отримання цього ефекту.

Якщо в розрахунках отримують річний ефект від впровадження заходу, а це зазвичай буває річний, оскільки фінансовий рік - це час своєрідного кругообігу роботи підприємства, то для отримання загальної суми ефекту його множать на кількість років, що приносять даний ефект.

3.4.2. Економічна ефективність впровадження нової техніки і технологій.

Для визначення економічної ефективності впровадження нової техніки і технології в першу чергу визначають суму витрат, яка в даному випадку представлена капітальними вкладеннями, здійснюваними при впровадженні:

де $K_в$ - сума необхідних капітальних вкладень;

C - ціна впровадженої техніки;

M - вартість монтажу;

I - вартість інструментів, комплектуючих;

T_p - витрати на транспортування;

$Об_{сдон}$ - вартість додаткових оборотних коштів (запаси сировини, матеріалів і т.д.), пов'язаних з використанням техніки.

Якщо при впровадженні нової машини відбувається заміна старої техніки, то в разі продажу цієї старої техніки на металобрухт або будь-якої іншої організації, отримана за рахунок цього сума віднімається від суми капітальних вкладень. Сума, отримана при цьому, називається ліквідаційною вартістю (вартість, отримана за рахунок ліквідації).

У разі, коли стара заміна техніка не реалізується на сторону і не окупила ще себе, т. Е. Повністю ще не амортизований себе, то її залишкова вартість повинна бути приплюсовувати до капітальних вкладень, так як це витрати

підприємства. Таким чином, нова техніка повинна буде відшкодувати підприємству втрати, пов'язані з її впровадженням.

Як правило, капітальні вкладення на придбання і впровадження нової техніки окупаються за рахунок додаткового прибутку, отриманої за рахунок зростання цін (при поліпшенні якості товарів), за рахунок зниження витрат виробництва цих товарів. Тому другим етапом розраховують ефект по одній з наступних формул.

Якщо врахувати, що прибуток підприємства утворюється за рахунок різниці між ціною і собівартістю, то необхідно розглянути вплив цих економічних показників при впровадженні техніки:

1. Якщо змінюється тільки ціна (організації цікаво, коли вона підвищується):

$$E = \frac{C_n}{C_c}, \quad (3.6)$$

де C_n - нова ціна на одиницю товару, після впровадження заходу;

C_c - стара ціна на одиницю товару, до впровадження заходу;

2. Якщо змінюється тільки собівартість (організації цікаво, коли вона знижується):

де $e_{нт}$ - ефект від впровадження нової техніки;

C_c - стара собівартість одиниці товару, до впровадження заходи;

C_n - нова собівартість одиниці товару, після впровадження заходи;

Q - кількість реалізованого товару.

Якщо змінюються і ціна, і собівартість:

де $ПРН$ - нова прибуток, одержуваний після впровадження заходу;

$ПРС$ - стара прибуток, одержуваний до впровадження заходу.

Показник економічного ефекту розраховується в розрахунку на один рік.

На третьому етапі розраховують безпосередньо економічну ефективність від впровадження нової техніки або технології за рік:

Крім того, для оцінки ефективності проведеного заходу розраховують ще один показник, який є зворотним показником економічної ефективності, і називається термін окупності капітальних вкладень:

$$T = \frac{K_v}{\Delta \pi t}, \quad (3.7)$$

Оскільки капітальні вкладення повинні окупатися за рахунок додаткового прибутку, отриманого підприємством. За рахунок економічного ефекту, отриманого від впровадження нової техніки або технології, то кількість років, за яке вони окупляться, розраховується за вищенаведеною формулою.

Після того як отримані показники. На четвертому етапі, необхідно оцінити, чи достатньо велика ефективність, щоб можна було безпосередньо почати процес впровадження.

Для оцінки необхідного рівня можна використовувати так званий нормативний рівень економічної ефективності. У різних економічних ситуаціях, в різних умовах впровадження і функціонування техніки і технології цей нормативний коефіцієнт економічної ефективності може бути встановлений на рівні ставки рефінансування ЦБ РФ - на поточний момент часу - 10,5% в рік.

Крім того, критерієм для оцінки ефективності капітальних вкладень служить альтернативна ефективність використання коштів, вкладених в техніку. В якості альтернативної виступає в даній ситуації банківський відсоток, пропонується банком за зберігання грошей. Якщо розрахована економічна ефективність менше банківського відсотка, то організація не має сенсу впроваджувати цю техніку або технологію, а простіше і вигідніше покласти гроші в банк.

Розрахунок економічного ефекту від запропонованих заходів проводиться для того, щоб визначити доцільність фінансування певного проекту, суть якого полягає в отриманні прибутку.

3.5. Види економічного ефекту

Передбачає вкладення капіталу з метою генерування додаткового прибутку для досягнення У другому випадку економічний ефект не може бути розрахований, оскільки соціальний ефект не передбачає отримання прибутку.

Економічний ефект може бути позитивним і негативним. Для досягнення позитивного ефекту достатньо отримати прибуток. Іншими словами, розмір доходів інвестора повинен бути вище, ніж сума інвестиційного вкладення. Такий ефект називається прибуток. Другий спосіб отримати позитивний ефект полягає не в інвестиціях, які збільшують обсяг доходів, а в економії витрат на виробництво. Найбільш вигідний спосіб отримати позитивний ефект - збільшення доходів і зниження виробничих витрат.

Негативний позитивний ефект досягається тоді, коли витрати на запропоноване заход перевищують доходи. В такому випадку економічний ефект буде називатися збитком.

3.6. Методика розрахунку економічного ефекту

Класична формула, за якою можна розрахувати економічний ефект виглядає наступним чином:

$$E_{\phi} = D - Z \times K, \text{ де} \quad (3.8)$$

E_{ϕ} - економічний ефект;

D - доходи або економія від проведення заходів;

Z - витрати на проведення заходів;

K - нормативний коефіцієнт.

3.7. Нормативний коефіцієнт

Крім поняття «економічний ефект» існує інший термін, яким користуються для визначення доцільності вкладення інвестицій. Це економічна ефективність. Для неї так само необхідний нормативний коефіцієнт. Він показує мінімально допустиму ефективність інвестиційного проекту, Яка повинна досягатися для держави і суспільства.

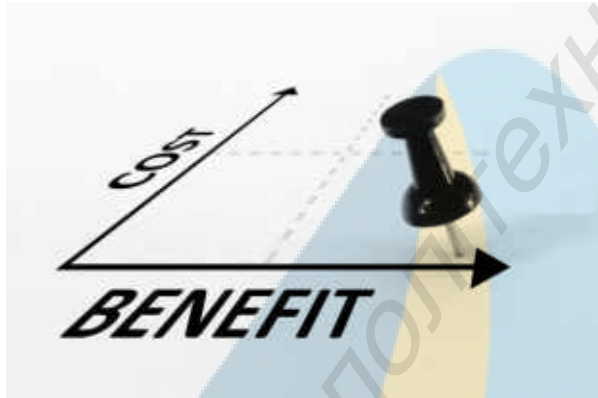


Рисунок 4.1 - Нормативний коефіцієнт

Нормативний коефіцієнт - це константа. Його значення змінюється в залежності від галузі, в якій він застосовується. Значення цього індексу коливається від 0,1 до 0,33. Найвище значення параметра - в хімічній галузі, а найнижче - у транспортній. В індустріальному секторі нормативний коефіцієнт складає 0,16; в сфері торгівлі - 0,25.

3.8. Доцільність розрахунку економічного ефекту від запропонованих заходів

Розрахунки економічного ефекту \mathcal{E} від виробництва й використання нових засобів праці довгочасного застосування в порівнянні із замінними (машини, устаткування, прилади й т.і.) з поліпшеними якісними характеристиками (продуктивність, довговічність, витрати експлуатації і т.і.) проводиться по формулі

$$\mathcal{E} = \left(z_1 \frac{B_2}{B_1} \varphi + \mathcal{E}_c - z_2 \right) A_2, \quad (3.9)$$

де z_1 і z_2 - наведені витрати на виготовлення одиниці відповідно базового й нового засобу, грн.;

A_2 - річний обсяг виробництва нових засобів праці, призначених для використання в розрахунковому році, у натуральних одиницях;

B_1 і B_2 - річні обсяги робіт, вироблених при використанні засобів праці по порівнюваних варіантах, у натуральних одиницях;

φ - коефіцієнт обліку зміни термінів служби нового засобу праці в порівнянні з базовим.

\mathcal{E}_c - економія у виробництві на витратах по експлуатації.

Таким чином, беручи до уваги, що вартість нового пристрою на 15% вище вартості базового, а річний обсяг робіт буде становити на 25% вище базового, при використанні 500 раз у рік, при незмінних термінах служби встаткування. За рахунок проведення бурових робіт забезпечується економія в розмірі 50 000 грн. Базова вартість комплектації оцінюється в 205 000 грн.

Річна ефективність запропонованого пристрою складе:

$$\mathcal{E} = (205\,000 \cdot 1,25 \cdot 1,1 + 50\,000 - 205\,000 \cdot 1,15) \cdot 500 = 480\,625 \text{ грн.}$$

Висновки по третьому розділу

Розрахована річна ефективність запропонованого пристрою складає 480 625 грн що дозволяє стверджувати про доречність його використання у промислових масштабах.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці при роботі з пневматичним інструментом

Загальні положення

1.1 Дана інструкція, розроблена на підставі “Типова інструкція з охорони праці при роботі з із пневматичним інструментом”.

1.2. Інструкція з охорони праці при роботі із пневматичним інструментом установлює вимоги безпеки, яких необхідно дотримуватися при роботі з пневматичним інструментом.

1.3. Інструкція видається всім працюючим із пневматичним інструментом під розпис. Працівник повинен постійно мати інструкцію при собі при роботі із пневматичним інструментом.

1.4. За порушення вимог інструкції винні несуть відповідальність відповідно до законодавства.

1.5. Роботу необхідно виконувати тільки доручену безпосереднім керівником і проводити її справним інструментом, використовуючи його тільки по прямому призначенню.

Правила застосування пневматичного інструмента.

2.1. До робіт із пневматичним інструментом відповідно до ДНАОП 0.03.-8.07-94 “Перелік важких робіт і робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх” повинні допускатися працівники, що пройшли виробниче навчання і перевірку знань з питань охорони праці відповідності з ДНАОП 0.00-4.12-99 “Типове положення про навчання з питань охорони праці”.

2.2. Робоча частина пневматичного інструмента повинна бути правильно заточена і не повинна мати ушкоджень, тріщин, вибоїв і заусениць.

Бічні грані інструмента не повинні мати гострих ребер; хвостовик інструмента повинний бути рівним, не мати скосів і тріщин, відповідати розмірам втулки, бути щільно пригнаним і правильно центрованим – для

запобігання мимовільного випадання.

Забороняється працювати з пневматичним інструментом при наявності люфту у втулці або застосовувати підкладки (заклинювати) інструмент.

2.3. Клапан включення пневматичного інструмента повинний легко і швидко, без застосування зусилля, відкриватися і закриватися і не пропускати повітря в закритому положенні; цей клапан повинний бути відрегульований до початку роботи пневматичного інструмента.

2.4. Для пневматичного інструмента необхідно застосовувати неушкоджені гнучкі шланги, що повинні приєднуватися до інструмента і з'єднуватися між собою за допомогою ніпелів або штуцерів і стяжних хомутів; не дозволяється закріплювати шланги дротом.

Місця приєднання повітряних шлангів до пневматичного інструмента, трубопроводів і місця з'єднання шлангів між собою не повинні пропускати повітря.

2.5. Перед приєднанням гнучкого шланга до пневматичного інструмента повітряну магістраль необхідно продути, а після приєднання шланга до магістралі необхідно продути також і гнучкий шланг, вільний кінець якого перед продувкою повинний бути закріплений. Інструмент повинний приєднуватися до шланга після прочищення сітки у футорці.

2.6. На повітротрубопроводі повинна бути запірна арматура.

Приєднання шланга до магістралі і до інструмента, а також його від'єднання необхідно виконувати при перекритій арматурі.

Гнучкий шланг повинний бути розміщений так, щоб виключалася можливість його випадкового ушкодження або наїзду на нього транспорту.

2.7. Не допускається при виконанні робіт натягати і перегинати шланги пневматичного інструмента, а також перетинати їхніми тросами, кабелями і рукавами газозварювання.

2.8. Повітря до пневматичного інструмента необхідно подавати тільки після установки його в робоче положення. Робота інструмента вхолосту допускається тільки при його випробуванні – перед початком виконання робіт

або при проведенні ремонту.

2.9. Працювати пневматичним інструментом ударної дії необхідно в захисних окулярах і з використанням рукавиць.

2.10. Забороняється працювати з пневматичним інструментом із приставних сход.

2.11. Виправляти, регулювати і змінювати робочу частину інструмента дозволяється тільки за умови відсутності в гнучкому шлангу стиснутого повітря.

2.12. Переносити пневматичний інструмент дозволяється тільки за рукоятку; використовувати шланг або робочу частину пневматичного інструмента для його переміщення забороняється.

2.13. Під час перерв у роботі, у випадку обриву або ушкодження шлангів або пневматичного інструмента необхідно негайно припинити доступ до нього стиснутого повітря (перекрити запірну арматуру).

2.14. Гнучкі шланги до пневматичного інструмента необхідно зберігати в закритому приміщенні при плюсовій температурі повітря.

2.15. Пневматичний інструмент, незалежно від умов його роботи і справності, необхідно періодично, не рідше 1 рази в 6 міс., розбирати, промивати, змазувати його деталі, роторні лопатки – заправляти, а виявлені при огляді ушкоджені або сильно зношені частини – замінити новими. Після зборки інструмента необхідно проводити регулювання частоти обертання шпинделя на відповідність паспортним даним, а також протягом 5 хв перевіряти його роботу на холостому ході.

Після проведення вищевказаних робіт, у випадку позитивних результатів іспиту, необхідно зробити запис про справність інструмента в журналі (форма журналу довільна).

2.16. Вібраційні параметри, що повинні визначатися відповідно до ДСТ 16519, ДСТ 16844 і по стандартах на конкретні види інструмента і заноситися в паспорт інструмента, а також шумові характеристики пневматичного інструмента необхідно контролювати після його ремонту, під час проведення

якого інструмент розбирався.

При проведенні іспитів після ремонту пневматичного інструмента рівень звукової потужності випробовуваного інструмента не повинний більш ніж на 6 дБ перевищувати рівень перешкод стаціонарного шумового фону.

Вимоги безпеки перед початком робіт

3.1. До початку робіт необхідно:

одягти робочий одяг;

при необхідності підготувати спеціальні вітрозахисні рукавиці (м'які рукавиці з подвійною прокладкою), захисні окуляри (окуляри із склом, яке не б'ється), наколінники, налокітники, проти шумні навушники, запобіжний пояс;

оглянути робоче місце, забрати предмети, що заважають роботі, і звільнити проходи.

3.2. Переконатися в достатнім освітленні робочого місця і, у разі потреби, застосувати переносний електричний світильник, що повинен оснащуватися запобіжною сіткою з рефлектором і гачком для підвішування, перевіривши справність проводу світильника. У приміщеннях із підвищеною небезпекою допускається застосовувати переносні електричні світильники напругою не більш 36 В, а в приміщеннях особливо небезпечних і поза приміщеннями – не більш 12 В.

3.3. Перевірити:

затягування гвинтів, що кріплять вузли і деталі інструменту;

стан проводу, відсутність зовнішніх ушкоджень;

роботу інструмента на холостому ході.

Вимоги безпеки під час роботи

4.1. Працювати з пневматичним інструментом необхідно з застосуванням засобів віброзахисту і управління, а також із застосуванням глушника шуму.

Працівники, що виконують роботу з пневматичним інструментом у зоні підвищеного шуму, повинні використовувати засоби індивідуальної захисту (протишумові навушники, протишумові вкладиші типу "беруші" і

антифони).

4.2. Працювати з пневматичним інструментом дозволяється з застосуванням пристроїв, що запобігають мимовільний виліт робочої частини інструмента при холостих ударах.

4.3. Забороняється при виконанні робіт із пневматичним інструментом тримати його за робочу частину. Натиск на пневматичний інструмент необхідно здійснювати плавним поступовим зусиллям.

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

5.1. Виключити інструмент, вийняти робочий інструмент із патрона інструменту.

5.2. При необхідності провести профілактику інструмента відповідно до інструкції з експлуатації.

5.3. Упорядкувати робоче місце.

5.4. Здати пневмоінструмент у комору або забрати у відведене для цього місце.

Дії в аварійних ситуаціях.

6.1. При роботі з пневмоінструментом можливі такі аварійні ситуації:
коротке замикання в мережі живлення електроінструмента з можливим подальшим загорянням електропроводки;

ушкодження повітропроводу;

ушкодження схованих трубопроводів із можливим викидом небезпечних рідин, пар, газів;

6.2. Кожен працівник, що першим виявив загрозу виникнення аварійної ситуації, повинен негайно припинити роботу й подати команду “СТІЙ”.

6.3. Команду “СТІЙ”, подану будь-яким працівником, повинні негайно виконати всі працівники, що почули її.

6.4. Про загрозу виникнення або про виникнення аварійної ситуації працівник зобов’язаний негайно повідомити керівника робіт (безпосередньому керівнику).

6.5 У випадку обриву або ушкодження шлангів або пневматичного

інструмента необхідно негайно припинити доступ до нього стиснутого повітря (перекрити запірну арматуру).

6.6. При загорянні електропроводки (електроустановки) негайно припинити роботу, відключити електромережу (електроустановку) і приступити до гасіння пожежі вуглекислотним вогнегасником.

Гасити пожежу в електроустановках пінними вогнегасниками забороняється.

Про пожежу в електромережі (електроустановці) необхідно повідомити в пожежну охорону.

6.7. У всіх випадках до потерпілого викликати лікаря, а до його прибуття надати потерпілому першу допомогу.

6.8. При загрозі виникнення або виникненні інших аварійних ситуацій, не зв'язаних безпосередньо з роботою пневмонструмента, діяти у відповідності зі своїми обов'язками відповідно до Плану ліквідації аварій.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях (ЧС) необхідно виявити найбільш можливі. До них ставляться:

- природні;
- техногенні;
- військові.

Для району робіт найбільш імовірними є надзвичайні ситуації техногенного характеру (пожежі, вибухи й аварійні ситуації). Однієї із самих імовірних ЧС є пожежі.

Пожежа - це неконтрольоване горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей, що й створює небезпеку для життя людей.

Основні причини пожежі: необережний обіг з відкритим вогнем (паління, багаття, зварювання, іскри) електроустаткуванням, недбалість персоналу, розряди статичної електрики, удар блискавки.

Основні заходи усунення причин пожежі: дотримання правил пожежної

безпеки й інструкцій для експлуатації технічних засобів. Повинне бути спеціально відведене місце для паління.

Таблиця 4.1 - Протипожежний реманент

№ п/п	Найменування	Кількість
1	Вогнегасники пінні ОП-4	2 шт.
2	Вогнегасники вуглекислотні ОУ-2	2 шт.
3	Ящик з піском ємністю 0,5 м ³	1 шт.
4	Ємність із водою 250 л.	1 шт.
5	Комплект шанцевого інструмента:	
	Лопати	2 шт.
	Багри	2 шт.
	Ломи	2 шт.
	Сокири	2 шт.
6	Протипожежні цебра	2 шт.
7	Протипожежний щит	1 шт.

Забороняється заправляти працюючий двигун палимим і мастильним матеріалом, а також користуватися для висвітлення відкритим вогнем при заправленні баків з палимим і визначенні рівня пального в баку.

Протипожежний щит повинен бути встановлений в 8...10 м від робочого місця бурильника.

Під'їзди й підходи до будинків, місця розташування протипожежного реманенту повинні бути вільні, у нічний час освітлені, у зимовий час розчищені. Майданчика для зберігання палива й горюче мастильних матеріалів розташовується не ближче 50 м від бурової установки. Резервуари з палимим треба розташовувати в низьких місцях, щоб, при виникненні пожежі горюча рідина, що розлилася, не могла стікати до нижчестоящої бурової установки.

Для забезпечення безпеки необхідно розробити захід щодо профілактики й захисту людей і матеріальних цінностей.

Будинок повинен мати запасний вихід для евакуації людей вихід, що забезпечує, людей за певний час.

Особливі вимоги пред'являються до розміщення вогнегасників. Їх підвішують на висоті не більш 1,5 м від рівня підлоги до верхньої крапки вогнегасника й на відстані не менш 1,2 м від краю дверей при її відкриванні.

Усі особи, знову прийняті на роботу, у тому числі й тимчасову, повинні проходити первинний протипожежний інструктаж.

Висновки по четвертому розділу

У розділі приведено основні вимоги з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях що регламентують дії персоналу у небезпечному становищі, та дозволяють мінімізувати витрати при його появі.

ВИСНОВКИ

Метою роботи є інтенсифікація процесу руйнування гірських порід за допомогою високочастотних коливань. Представлене узагальнення дозволяє запропонувати нові технічні рішення, спрямовані на розробку ресурсозберігаючої технології та техніки буріння геологорозвідувальних свердловин.

У питаннях вдосконалення технологій і техніки буріння свердловин малого діаметра, що реалізують енергію удару, одним із важливих факторів можлива уніфікація умов проведення експериментів. Зокрема, необхідно використовувати бурильну колону, якою пробурено задану кількість метрів свердловин, щоб були опрацьовані у виробничих умовах стики бурильних труб, через які поширюються хвилі деформацій від ударного механізму до породоруйнівного інструменту.

Додатковою можливістю підвищення продуктивності бурових агрегатів ударнообертальної дії з різними типами приводів (пневматичний, гідравлічний, електропневматичний, пневмогідравлічний) може бути скорочення часу на допоміжні операції. Вирішення такої задачі вимагає розробки методики розрахунку та обґрунтування параметрів бурових агрегатів, яка на етапі проектування дозволяє оцінити їхню ресурсоефективність на основі деяких критеріїв (наприклад, наведених витрат, собівартості метра пробуреної свердловини, матеріаломісткості агрегату та бурового інструменту).

Представлена схема пристрою та дані обґрунтовують рішення поставленої задачі і промислове застосування заявленого обладнання що забезпечує найбільшу швидкість буріння машинами ударно-поворотної дії.

Також у роботі розрахована економічна ефективність і наведені правила техніки безпеки.

Таким чином, при виконанні дипломної роботи досягнуті всі поставлені цілі й вирішені всі завдання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Б. Г. Ясов, Теорія и расчет рабочих процессов гидроударных буровых машин. М.: Недра, 1977, с. 153
2. Меламед Ю., Кисельов А., Гельфгат М., Дрісен Д., Блачич Дж., «Технологія гідравлічного ударного буріння: розробки та можливості», J Energy Resources. Технологія, с. 1, 2000.
3. G. Zhao, «Розробка та оптимізація гідроударного дреля», факультет гірничодобувної, металургійної та машинобудівної промисловості, Технологічний університет Клаусталья, Клаусталь-Целлерфельд, 1998.
4. Huang X, Hu G, Meng Q, and Zheng X, Статус розвитку гідроударників і тенденції розвитку гідроударників, що використовуються в нафтових і газових свердловинах, том. 21. 2016 р., с. 5453-5464.
5. Дж. Д. Лінке та Р. Браке, «Порівняння систем та механізми дії різних гідравлічних свердловинних ударників із рідинним двигуном», Бохумський університет прикладних наук, Бохум, 2013.
6. D. Wang та ін., Китайський континентальний проект наукового буріння. Springer Berlin Heidelberg, 2015.
7. Р. Ціммерманн, Ф. Леманн і М. Райх, «Розробка ударних свердловин для технології глибокого буріння», в Der Geothermiekongress 2015, 2015.
8. Б. Енгезер, Континентальна програма глибокого буріння ФРН - КТБ, технічна бурова документація. 1996 рік
9. В. Віттіг і Р. Браке, «Розробка обертової гідравлічної системи ударного буріння ДТН для глибокого буріння з використанням бурових штанг з гвинтовими трубами», Geothermiezentrum Vochum, березень 2016.
10. Судошников Б.В., Єсін Н.Н., Тупіцин К.К. Дослідження та конструювання пневматичних машин ударної дії. Новосибірськ: Наука, 1985. 243.
11. Вібраційна дезінтеграція твердих матеріалів/В.І. Ревнівців, Г.А. Денисов, Л.П. За-рогатський, В.Я. Туркін. М: Недра, 1992. 430 с.
12. Єгоров П.В., Старичнев В.В., Лаптев А.Г. Основи гірничої справи:

навчань для вузів. М: Вид. МДГУ, 2003. 408 з.

- 13.Лідін Г.Д., Лебедєв А.Д., Беляєв В.С. Гірська справа: термінологічний словник. 4-те вид., перероб. та дод. М: Надра, 1990. 694 с.
- 14.Логов А.Б., Геріке Б.Л., Раскін А.Б. Механічна руйнація міцних гірських порід. Новосибірськ: Наука, 1989. 138 з.
- 15.Протасов Ю.І. Руйнування гірських порід. 2-ге вид., стер. М: Вид. МДГУ, 2001. 453 с.

