Міністерство освіти України

на правах рукопису

ІЦХАКІН Владлен Давидович

НАУКОВІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОТЕРМОШАРОШКОВОГО БУРІННЯ ВИБУХОВИХ СВЕРДЛОВИН НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ

Спеціальність 05.15.03 - "Відкрита розробка родовищ корисних копалин"
05.15.11 - "Фізичні процеси гірничого виробництва"

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеню

доктора технічних наук

Кривий Ріг 1993

Дисертаційна робота виконана в Криворізькому гірничорудному інституті

НАУКОВИЙ КОНСУЛЬТАНТ
Академік, доктор технічних наук,
професор В. Ф. Бизов

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ
доктор технічних наук, проф. Москальов А. Н.
доктор технічних наук, проф. Близников В. Г.
доктор технічних наук, проф. Шапурін О. В.

ПРОВІДНА ОРГАНІЗАЦІЯ:
інститут "Кривбаспроект"

Захист дисертації відбудеться "22" грудня 1993 р.

о 13 годині на засіданні спеціалізованої ради Д. 068. 11. 01

Криворізького гірничорудного інституту за адресою: 324027

м. Кривий Ріг, вул. XXII Партз'їзду, 11.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Криворізького гірничорудного інституту.

Автореферат розіслано "22" листопада 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради,
канд. техн. наук, професор Г. Т. Фаустов

Міністерство освіти України

на правах рукопису

ІЦХАКІН Владлен Давидович

НАУКОВІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОТЕРМОШАРОШКОВОГО БУРІННЯ ВИБУХОВИХ СВЕРДЛОВИН НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ

Спеціальність 05.15.03 - "Відкрита розробка родовищ корисних копалин"
05.15.11 - "Фізичні процеси гірничого виробництва"

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеню

доктора технічних наук

Кривий Ріг 1993

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Важливим завданням гірничорудної промисловості є підвищення ефективності подрібнення магнетитових кварцитів - основної залізорудної сировини на найближчі десятиріччя на території України.

Найбільш коштовною технологічною операцією при відкритій розробці твердих залізних руд є буровибухові роботи. Питома вага вартості буровибухових робіт у вартості гірничих процесів на кар'єрах провідних ГЗКів становить 60...70 %. При цьому на ГЗКах, які ведуть розробку магнетитових кварцитів (міцність f = 14...20*) обсяг буріння по міцним рудам становить 70...90% всього обсягу буріння. На кар'єрах сучасних ГЗКів більш 90% бурових робіт виконується станками шарошкового буріння і при тому середньомісячна продуктивність станків на ГЗКах Кривбасу стабілізувалась.

Залучення до експлуатації глибоких горизонтів робить проблему буріння особливо гострою в зв'язку з підвищенням міцності гірських порід, внаслідок цього, підвищенням трудомісткості, зниженням техніко - економічних показників бурових робіт. При зростанні міцності гірської породи з f = 10...12 до f = 16...20 швидкість буріння станками СБШ-250 зменшується у 2-3 рази, стійкість доліт зменшується у 6-10 разів, а вартість 1 м свердловини зростає у 2...3 рази. Аналогічна залежність техніко - економічних показників від міцності гірських порід характерна для буріння з використанням станків СБШ-320, бурінню в підземних умовах при проходці гірничих виробок і при геологічному бурінні.

Шарошковий спосіб буріння вичерпав можливості зростання продуктивності і має бути або істотно удосконаленим, або замінений новим, більш ефективним способом.

Аналізом існуючих способів буріння вибухових свердловин при відкритій розробці магнетитових кварцитів установлено, що істотне підвищення ефективності і поліпшення техніко - економічних показників буровибухової підготовки гірської маси можна забезпечити шляхом застосування комбінованої технології, що включає електротермошарошкове буріння свердловин з наступ-

---

*) Тут і далі приводимо значення коефіцієнта міцності за шкалою М. М. Протод'яконова.

ним їх термічним розширенням.

Мета роботи. - створення наукових основ, розробка способу і встановлення основних закономірностей електротермошарошкового (ЕТШ) буріння.

Основна ідея роботи. полягає в застосуванні попередньої електротермічної обробки, узгодженій в часі з механічною дією, яка дозволяє за рахунок концентрованого об'ємного нагріву знижуючого міцність гірської породи забою, інтенсифікувати процес руйнування, створити високопродуктивний електротермошарошковий спосіб буріння.

Нові наукові положення, що захищаються в дисертації:

1. Визначено, що попередня електротермічна обробка підвищує ефективність шарошкового буріння за рахунок концентрованого виділення в гірській породі питомої енергії 0,5...2 кДж/см3 (узгоджено з механічною дією), при цьому об'єм лунки виколу збільшується в 2...4 рази, як за рахунок збільшення розмірів ядра ущільнення і глибини його розташування, так і за рахунок збільшення діаметру лунки виколу під дією термічних сколюючих та розтягуючих напружень; при виконанні раціонального співвідношення поміж питомими енергозатратами, вісьовим зусиллям і частотою обертання бурового поставу швидкість буріння збільшується у 1,5...2 рази.

2. Встановлено, збільшення ефективності буровибухової підготовки гірської маси із застосуванням комбінованої технології, включаючої попереднє електротермошарошкове буріння свердловин з подальшим розширенням пальниками потужністю 500...2000 кВт, тим вища, чим більший діаметр котла, при цьому ефективність технології зростає із збільшенням міцності порід, а ефективність котлоутворення істотно підвищується при збільшенні довжини струменя і теплоносія; температура струменя Тстр повинна задовольняти співвідношенню Тпл > Тстр > Тор, для магнетитових кварцитів Ткр = 500 С.

3. Визначено, що при комбінованій технології буріння та розширення свердловин доцільно виконувати роздільно, спеціалізованими станками, при цьому надійність виконання плану бурових робіт збільшується; раціональне співвідношення кількості станків СБШ-250 та станків - розширювачів складає 2:1 при плановому річному обсязі на один станок СБШ-250 - 40000 м.

4. Розроблено і випробувано метод аналізу і синтезу складних технологічних процесів із застосуванням ЕОМ, що включає теоретичний аналіз структури процесів і визначення параметрів структурних елементів, проведення дослідження характеристик структурних елементів процесу і визначення на числовій моделі інтегральних характеристик: корекцію локальних параметрів по результатах експерименту, що дозволяє адекватно описувати складні процеси з нелінійними елементами, взаємозв'язками та лавиноподібним протіканням.

Методи дослідження. Використано комплекс сучасних методів дослідження:

- теоретичні дослідження з використанням теорії термопружності і механіки руйнування із застосуванням числових методів та ЕОМ;

- для вивчення нагріву, напруженого стану гірської породи при електротермічному руйнуванні, визначення раціональних параметрів обладнання і режимів процесу використовувались методи планування експерименту;

- стендові дослідження для встановлення закономірностей ЕТП бурління в лабораторних умовах на блоках гірської породи і в умовах кар'єру;

- випробування способу в промислових умовах на бурових станках СБШ-250 та СБШ-320 з використанням розробленого обладнання;

- обробка результатів випробування проводилась з використанням методів математичної статистики;

-при виборі оптимальних рішень проводився техніко-економічний аналіз порівняних варіантів, при цьому застосовувався метод статистичних випробувань і імітаційне моделювання з використанням ЕОМ.

Обгрунтування і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечено:

- застосуванням сучасних методів математичної статистики і планування багатофакторних експериментів, репрезентативним обсягом лабораторних випробувань і випробувань в промислових умовах;

- коректністю постановки задач та адекватністю застосованих для їх розв'язання математичних методів;

- задовільним сходженням результатів, отриманих при розрахунках за допомогою методик та формул, розроблених в процесі досліджень, з результатами лабораторних та промислових експериментів і з фактичними даними, одержаними при застосуванні ЕТШ буріння в промисловості, з результатами інших досліджень;

- досвідом застосування наукових положень і рекомендацій в науково-дослідницьких і проектних інститутах, що займаються термічним, термомеханічним та електротермомеханічним руйнуванням порід.

Наукове значення роботи полягає у слідуючому:

- розроблені наукові заходи електротермомеханічного руйнування, визначені шляхи інтенсифікації процесу і підвищення ККД при використанні електричної та теплової енергії в процесі руйнування гірських порід;

- теоретично та експериментально вивчені механізми термічного, термомеханічного і електротермомеханічного руйнування, одержані залежності, що описують ці процеси відносно ЕТМ буріння;

- експериментально і теоретично, з використанням статистичної теорії руйнування, досліджені залежності міцності гірської породи від температури, розроблено модель, що адекватно описує експериментальні дані;

- визначена роль мікротріщин в зменшенні міцності полімінеральних гірських порід (зменшення в 2...3 рази і в 4...6 разів) при нагріві до температури, перевершуючий Ткр, встановлена залежність Ткр від параметрів гірської породи (для магнетитових кварцитів Ткр = 450-500 С);

- визначено, що термічна обробка підвищує ефективність одиничного ТМ виколу; при входженні штиря в гірську породу, нагріту до температури, що перевершує Ткр, формування ядра ущільнення починається при меншому вісьовому зусиллі, ядро має більші розміри і розташоване глибше, що приводить до збільшення глибини лунки виколу;

- визначено, що збільшення розмірів лунки виколу при електротермообробці відбувається за рахунок сколюючих та розтягуючих термічних макронапружень, що виникають при нерівномірному нагріві, об'єм лунки збільшується при збільшенні роз-

мірів зони нагріву та її середньої температури;

- досліджені закономірності електротермічної дії при контактному способі руйнування; нерівномірне заглиблення температурного поля в напівпровідній гірській породі і концентроване тепловиділення за рахунок збільшення потенціалу електроду, визначена можливість інтенсифікації процесу за рахунок електричного теплового пробою і закономірності його розвитку;

- розроблено математичну модель ЕТШ буріння з продуванням, що враховує фізико-механічні властивості гірських порід, параметри робочого органу і режиму буріння, визначене раціональне співвідношення поміж підведеною електричною потужністю, вісьовим зусиллям та частотою обертання долота;

- розроблена математична модель процесу термічного розширення свердловин, яка враховує параметри факелу і фізико-механічні властивости гірської породи, визначено критерій руйнування, визначено, що збільшення довжини факелу, часу нагріву, температури і швидкості струму теплоносія підвищують продуктивність процесу; модель дозволяє прогнозувати розміри котлової порожнини і продуктивність процесу розширення свердловини;

- визначено, що ефективність комбінованої технології збільшується із збільшенням діаметру котла і ефект тим більше, чим вища міцність гірських порід.

Практичне значення роботи:

- на основі аналізу механізму процеса ЕТМ руйнування запропонований спосіб ЕТШ буріння, що дозволяє підвищити ефективність процесу (збільшення швидкості буріння в 1,5...2 рази, підвищення стійкості доліт в 1,5...2 рази);

- розроблено обладнання для реалізації ЕТШ буріння свердловин на відкритих гірничих роботах станками СБШ-250 і СБШ-320, макет робочого органу для буріння гірничих виробок, макет бурового снаряду для колонкового буріння розвідницьких свердловин алмазними коронками;

- розроблені технічні і організаційні заходи, що забезпечують безпечне проведення електротермошарошкового буріння в промислових умовах;

- розроблена методика розрахунку основних параметрів

процесу і обладнання для ЕТШ буріння свердловин і виробок з застосуванням числових методів та ЕОМ;

- розроблено пакет програм для оптимального проектування буровибухових робіт з застосуванням ЕТШ буріння на кар'єрах ГЗКів Кривбасу;

- рекомендовано параметри режимів буріння і розширення вибухових свердловин при комбінованій технології.

Реалізація висновків і рекомендацій роботи. Рекомендації роботи і результати досліджень використовуються інститутами КГРІ ВНДПІрудмаш, НДГРІ, ІГТМ АН України, СКБ СГО при виконанні робіт, пов'язаних з дослідженням та розробкою ЕТШ процесів, проектуванням і виготовленням обладнання для електротермошарошкового буріння і термічного розширення вибухових свердловин. "Методика розрахунку оптимальних параметрів процесу і обладнання для ЕТШ руйнування стосовно буріння і проведення гірничих виробок" прийнята СКБ СГО і використовувалась при проектуванні обладнання до станків СБШ-250 і СБШ-320 для ЕТШ буріння, при проектуванні пальників для термічного розширення свердловин.

Сумарний очікуваний економічний ефект від впровадження способу становить 1 млн. крб/рік.

Сумарний ствердженний економічний ефект від впровадження розробок вище 200 тис. крб/рік.

Результати досліджень використовуються в учбовому процесі при читанні курсів "Фізика гірських порід", "Руйнування гірських порід вибухом", "Гірничі машини і комплекси" студентам спеціальностей 0902, 0904, 0905 і 1701.

Розроблений спосіб електротермошарошкового буріння і обладнання до бурових станків СБШ-250 і СБШ-320 випробувані на ГЗКах Кривбасу і прийняті до впровадження в 1991-1993 рр. на Інгулецькому гірничо-збагачувальному комбінаті(станок СБШ-250) продуктивність буріння при електротермошарошковому способі підвищується в 2 рази, собівартість 1м свердловини знижується на 2,3 крб/м.

Методика розрахунку і пакет програм для визначення параметрів установки для руйнування негабариту електротермічним способом прийнятна інститутом "Кривбаспроект" для застосування при проектуванні буровибухових робіт. Методика визначення ра-

ціональних параметрів ЗВР на рудниках ГЗКів прийнята установою "Кривбасвибухпром".

Пакет програм для оптимального проектування параметрів буровибухових робіт прийнятий до експлуатації ІОЦ та рудниками ІнГЗК, ПГЗКа.

Методика розрахунку параметрів процесу і обладнання для електротермомеханічного буріння прийнята ВІТР і застосовувалась при проектуванні обладнання станка СКБ-4 для електротермоалмазного колонкового буріння.

Апробація роботи. Результати досліджень і основні матеріали дисертаційної роботи доповідались і отримали схвалення на науково-технічних конференціях в Криворіжському гірничорудному інституті (1969...1989 рр.), на Загальносоюзних науково-технічних конференціях "Термомеханічні методи руйнування гірських порід" (Дніпропетровськ, 1969, 1972, 1976 рр.), на Загальносоюзних наукових конференціях вузів СРСР з участю науково-дослідницьких інститутів (Москва, 1967, 1987 рр.), на III Загальносоюзній науково-технічній конференції "Руйнування гірських порід при бурінні свердловин" РГП-3-82 (Уфа,1982 р.), на конференції "Сучасний стан і перспективи розвитку бурового обладнання нового типу" (Челябінськ, 29.11...1.12.1988 р.).

Публікації. По результатах виконаних досліджень автором опубліковано більш ніж 80 друкованих робіт, основні положення дисертації відображені у 29 роботах, технічні рішення захищені 36 авторськими свідоцтвами.

Обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 6 розділів і висновку, що представлені на 320 сторінках машинописного тексту, вміщує 172 малюнки та 65 таблиць, включає список літератури з 228 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Дослідження термомеханічного та електротермомеханічного руйнування міцних гірських пород, удосконаленню традиційних та розробці нових способів буріння та проходки присвячені роботи вітчизняних та зарубіжних вчених. Істотний вклад в досягнення сучасного рівня термічного та термомеханічного буріння внесли В. Д. Алимов, Е. І. Арш, А. В. Бричкін, В. Ф. Бизов, В. А. Воло-

тов, А. А. Галяс, Л. Б. Гладман, І. П. Голдаєв, С. А. Гончаров, Л. С. Дербенцов, А. П. Дмітрієв, В. С. Кравченко, А. М. Москальов, Ю. М. Мисник, Л. Б. Некрасов, А. П. Образцов, С. А. Полуянський, Ю. І. Протасов, В. В. Ржевський, Е. Ф. Епштейн, О. В. Ягупов. Е. Сарапуу та інші.

Аналіз стану проблеми буріння міцних гірських порід за літературними та патентними джерелами, а також вивчення фактичного стану буровибухових робіт на кар"єрах ГЗКів Кривбасу дозволили встановити, що:

1. Серійні шарошкові станки, призначені для буріння порід середньої міцності, через малу енергоозброєнність не забезпечують ефективного шарошкового буріння міцних гірських порід, техніко-економічні показники при бурінні порід f = 16...20 знижуються в 3...4 рази, продуктивність шарошкового способу буріння в останні 10...15 років не підвищується, а на деяких рудниках навіть знижується внаслідок підвищення середньої міцності гірських порід (у зв"язку з заглибленням рівня видобувних робіт) та внаслідок старіння парку станків.

2. Застосування вогневого буріння міцних гірських порід не одержало розповсюдження внаслідок обмеженої швидкості буріння, низького ККД використання теплової енергії, низького рівня санітарно-гігієнічних умов праці.

3. Запропоновані термомеханічні способи буріння, що використовують для нагріву гірської породи факели реактивних або плазмових пальників з наступним руйнуванням прогрітого шару механічним інструментом, не застосовуються внаслідок складної конструкції комбінованого термомеханічного інструменту, його низької надійності, а також малої продуктивності внаслідок відсутності узгодження тривалості процесів нагріву і механічного руйнування, обумовленої малою теплопровідністю та низькою температурою плавлення гірських порід.

4. Розробка нових способів буріння стримується тим, що недостатньо вивчений механізм руйнування гірських порід, зокрема механізм виколу при бурінні, вплив термічної та електротермічної обробки на процес створення ядра руйнування та лунки виколу.

Згідно викладеному та меті дослідження в дисертації поставлено та розв'язано такі задачі:

1. Дослідження механізму електротермічного руйнування, розробка наукових основ, вивчення закономірностей процесу, побудова математичної моделі, що дозволяє визначити раціональні параметри узгодження електротермічних та механічних дій.

2. Розробка способу електротермошарошкового буріння, конструкції бурового інструменту та обладнання до бурових станків, джерел електричної енергії для електротермічної інтенсифікації буріння, технічних та організаційних заходів, що забезпечують безпеку робіт по ЕТШ бурінню вибухових свердловин.

3. Здійснення дослідження процесу котлоутворення при раціональній термічній обробці, розробка обладнання для запропонованої технології розширення вибухових свердловин.

4. На основі проведених досліджів розроблена комбінована технологія буро-вибухової підготовки гірських порід до екскавації при відкритій розробці міцних залізних руд.

5. Розробка методики визначення раціональних параметрів буровибухових робіт при комбінованій технології з використанням електротермошарошкового буріння.

Теоретичний опис процесів електротермошарошкового буріння та термічного розширення свердловин ускладнено взаємодією фізичних процесів, що відбуваються при електротермомеханічному та термічному руйнуванні, нелінейною залежністю властивостей гірських порід від температури та інших факторів. Це обумовило застосування при математичному моделюванні процесу числових методів та ЕОМ.

При експериментальному обгрунтуванні математичної моделі процесу ЕТМ руйнування визначено, що електропровідність магнетитових кварцитів становить 0,01...0,001 ом-1 см-1 і зростає експоненціально з температурою, досягаючи 0,5...1,0 ом-1 см-1 при температурі 400...500 °С. Напруження, що виникають в гірській породі при нагріві обумовлені, як нерівномірним тепловим розширенням зерен мінералів, що складають гірську породу (термічні мікронапруження), так і за рахунок нерівномірного локального розподілу температури (термічні макронапруження). Структурні і фазові перетворення, мікротріщини спричиняють зменшенню міцності гірської породи.

При нагріві полімінеральних гірських порід (магнетитових

і гематитових кварцитів, гранітів і таке інше) розміри мікротріщин та їх інтенсивність ростуть з температурою гірської породи і визначаються розмірами мінеральних зерен, що складають гірську породу, їх термомеханічними властивостями. В магнетитових кварцитах термічні мікротріщини концентруються на межах зерен. Особливо ефективно тріщиноутворення відбувається в породах, що містять зерна кварцу при нагріві до температур понад 600 °С. Визначено, що різке зниження міцності при підвищених температурах виникає внаслідок лавиноподібного зростання кількості тріщин та їх розмірів. При температурі 600...800 °С кількість тріщин зростає у 3...4 рази, їх найбільша довжина у 5...7 разів, відбувається злиття тріщин, границя міцності на стиснення зменшується в 2...3 рази, на розтягування - в 4...6 разів. Щоби теоретично дослідити залежність міцності гірської породи від температури була розроблена методика визначення зниження міцності, яка враховує термонапруження, що виникають в полімінеральній гірській породі в зоні включення, утворення мікротріщин, коли Т>Ткр, обчислення розмірів тріщин та їх інтенсивності при подальшому зростанні температури. Обчислення локальної міцності гірської породи виконується із застосуванням статистичної механіки руйнування.

$$\sigma_{пг+} = K_1 \eta_T^{1/2} \alpha_T / \sqrt{U(T)} \qquad (1)$$

$$\sigma_{пг-} = K_2 (1/2\,\alpha_T)^{1/2\alpha_T} \cdot \exp(-1/2\,\alpha_T) / \sqrt{U(T)} \qquad (2)$$

Встановлено, що формули (1) (2) змістовно описують залежність міцності гірської породи від температури і добре узгоджуються з даними експериментів (мал.1). Встановлено, що модуль пружності досліджених гірських порід становить (0,5...1) 10^6кг/см2 і від температури практично не залежить. Отже, при математичному моделюванні процесу електротермомеханічного руйнування гірська порода (магнетитовий кварцит) вважалась квазіоднорідним пружним тілом з такими властивостями: модуль пружності $E = (0.5...1) * 10^6$ кг/см2, границя міцності на стиск 3000...4000 кг/см2 знижується з ростом температури і становить 1000...15000 кг/см2 при температурі 600...700 °С. Критерій руйнування (критерій Мора) з температурою змінювався (залежності (1) та (2)).

Встановлено, що при підведенні тепла з поверхні тепловий потік в глибину породи обмежено малою температуропровідністю та температурою плавлення гірської породи. Для дослідження гранично досяжних параметрів процесу термічного руйнування застосовано поняття граничного теплового потоку.

Встановлено, що при електротермічній дії ефективність залежить від електричних властивостей гірської породи, способу підведення енергії, параметрів електромагнітного поля. Об'ємне підведення тепла знімає обмеження на величину потужності, що передається гірській породі, які властиві термічній дії при підведенні току з поверхні, з'являється можливість виділити в гірській породі питому потужність до 100 кВт/см3, що досягає питомої потужності вибуху і перевищує показники усіх інших способів руйнування. Перевагою контактного способу руйнування є висока концентрація енергії в породі, особливо в каналі електричного теплового пробою.

Для визначення температурного поля при контактній дії розв'язувалось рівняння нестаціонарної теплопроводності. Для обчислення електричного потенціалу φ та напруженості електричного поля E розв'язували диференціальне рівняння першого закону Кірхгофа $\nabla(\gamma\nabla\varphi)=0$, при відповідних граничних умовах. Обчислення механічних та термопружних напружень σ, R, що виникають у квазіоднорідній гірській породі під дією індентора та нагріву, виконувалось шляхом суперпозиції рішень задач теорії пружності (дія штампа на пружне тіло) і задачі теорії термопружності, по розподілу термопружних напружень при нерівномірному розподілі температури в породі.

Розв'язання задачі термопружності зведено до визначення потенціалу термопружних переміщень Φ та функції напружень Лява L, що задовольняють рівнянням

$$\nabla^2\Phi=\frac{1+\mu}{1-\mu}\beta T\ ;\quad \nabla^4 L=0 \qquad (3)$$

З граничними умовами на поверхні, відповідними механічному навантаженню.

Експериментальне дослідження термічного та термомеханічного руйнування виконувалось на спеціально розробленому стенді, за оригінальною методикою дослідження електричного теплового пробою та електротермічного руйнування виконувалось як

в умовах лабораторії, так і на установках, що експлуатувались в промисловості.

Теоретичними і експериментальними дослідженями встановлено, що у всіх випадках попередня термічна та електротермічна обробка збільшує ефективність механічного руйнування. При термічному руйнуванні гірських порід руйнування відбувається під дією тангенціальних сколюючих напружень на глибині h. Встановлена залежність між температурою струменя теплоносія Т стр, часом нагріву τ, швидкістю руйнування v та параметрами гірської породи (мал. 2).

$$h = K\frac{\sigma_{пг}}{\beta E T_п}\ ;\quad \tau = K_1 h^2/a\ ;\quad v = K\alpha\beta E T_п/\sigma_{пг} \qquad (4)$$

При комбінованому, термомеханічному руйнуванні на гірську породу забою послідовно діють термічними напруженнями та механічним інструментом. Збільшення ефективності механічного руйнування відбувається внаслідок збільшення розмірів та глибини розташування ядра ущільнення, а також збільшення лунки виколу. Залежність граничної швидкості термомеханічного буріння від визначальних параметрів одержано при математичному моделюванні. Температурне поле при електротермічній обробці визначається підведеною потужністю, розмірами та формою електроду. Встановлено, що в напівпровідникових гірських породах можна збільшити глибину прогріву, збільшуючи потенціал на електроді (бо електропровідність напівпровідників збільшується в сильних полях). Установлено, що час пробою можна визначити за формулою

$$t_п = C/U_o^2 \qquad (5)$$

тут U_o - потенціал електроду.

Досліджено вплив фізичних властивостей гірської породи та параметрів джерела електричної енергії на діаметр каналу теплового пробою та розподіл температури в зоні каналу.

Визначено, що при утворенні каналу теплового пробою більш як 95% потужності джерела концентрується у каналі, тобто явище теплового пробою дозволяє істотно інтенсифікувати електротермічну обробку. Одержані залежності ефективності одиничного акту руйнування від визначальних факторів дозволили установити тенденції процесу руйнування при основних типах

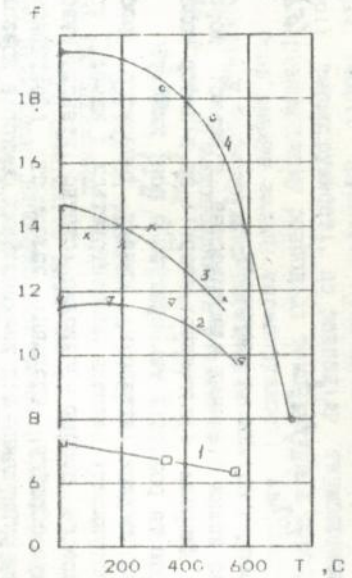

Рис.1. Залежність міцності гірських порід від температури : 1 – кварц; 2 – граніт; 3 – крупнозернистий магнетитовий кварцит ; 4 – дрібнозернистий магнетитовий кварцит .

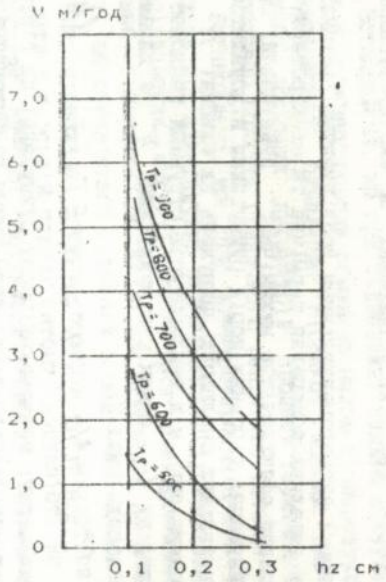

Рис.2. Залежність швидкості буріння від глибини сколу при різних температурах руйнування.

дії на гірську породу, визначити способи інтенсифікації процесу руйнування. Ці залежності можна використати при розробці процесу буріння, при виборі раціональних параметрів процесу, що забезпечують узгодження дій, зниження питомих енерговитрат. Було виконано експерименти для уточнення закономірностей одиничного акту руйнування, а також співпоставлення одержаних залежностей з даними інших дослідників.

Визначено, що при шарошковому руйнуванні магнетитових кварцитів ядро ущільнення формується з зерен, крупність яких 50...100 мкм, питома енергія руйнування 200 кДж/см3. Розміри ядра залежать від навантаження, діаметру та форми штиря. Об'єм лунки виколу визначається глибиною розташування ядра та його розмірами. Гранулометричний склад часток бурового шламу відповідає рівнянню Розіна-Раммлера.

Одиничний викіл при ТМ дії відбувається аналогічно, але розміри ядра збільшені, форма його сферовищеподібна, а глибина розташування збільшена внаслідок того, що частину шляху при формуванні ядра штир шарошки рухається, ущільнюючи послаблену термічною дією породу. Розміри лунки виколу при ТМ дії значно більші, ніж при механічному виколі, бо границя виколу співпадає з границею зони нагріву. В експериментах зустрічались лунки, що їх диаметр співпадав з розміром зони нагріву (у 5...10 разів більші за диаметр ядра). Сколу без утворення ядра ущільнення в експериментах не спостерігалось.

Теоретично визначено і експериментально підтверджено, що при ЕТМ одиничному виколі інтенсифікація руйнування відбувається за рахунок заглиблення ядра ущільнення та збільшення його розмірів (внаслідок зменшення міцності гірської породи при утворенні мікротріщин); за рахунок збільшення розмірів лунки виколу (під дією макронапружень). Залежності відповідають енерговитратам q = 1...2 кДж/см3, збільшення потужності, що її підводять до забою, істотно змінює процес руйнування, але ККД використання енергії при цьому зменшується.

Результати дослід
жень процесів термічного, електротерміч
ного, електротермомеханічного руйнування було використано при розробці способів інтенсифікації забойних процесів, методики їх обчислення, виборі раціональних параметрів.

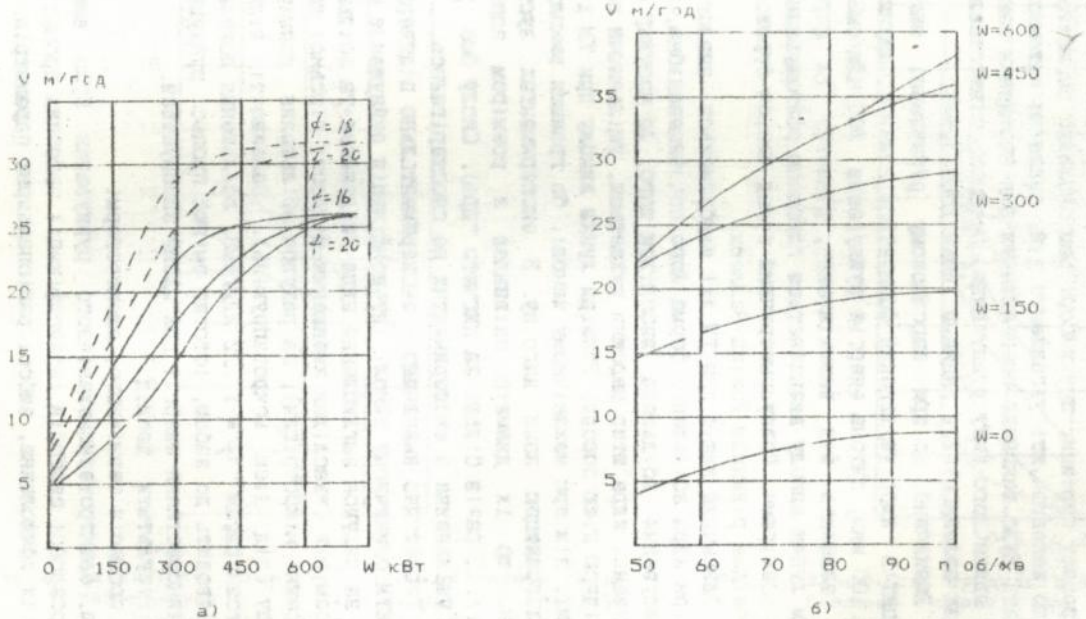

Рис.3. Залежність швидкості буріння від визначальних параметрів: потужності джерела (а) та частоти обертання (б).

Для врахування взаємного впливу операцій, що складають процес електротермошарошкового буріння було розроблено математичну модель процесу з використанням ЕОМ, що дозволило обчислити швидкість буріння, визначити оптимальні параметри процесу. Модель враховує кількість повітря, що подається на продувку, характеристики долота, вісьове зусілля та швидкість обертання бурового інструменту, величину електричної напруги та потужності, що підводяться до забою. При моделюванні одержано залежності швидкості буріння від основних параметрів, що визначають процес (мал. 3). Ці залежності добре узгоджуються з експериментальними даними, одержаними при бурінні на стенді. Дослідження на моделі та стенді дозволили визначити закономірності ЕТШ способу буріння.

Електротермічна обробка знижує міцність гірської породи, що спричиняє зростанню швидкості буріння, при цьому підвищується стійкість долота.

При раціональному режимі буріння ЕТ обробка виконується на глибину, що дорівнює глибині лунки виколу, при цьому енерговитрати становлять 0,5...2 кДж/см3. Існує оптимальне співвідношення між потужністю, яка підводиться, осьовим зусиллям і частотою обертання, що забезпечує задану швидкість буріння. Експериментально визначено залежності показників ЕТШ буріння від основних факторів

$$v_б = a_{11} U^{a_{12}} W^{a_{13}} n^{a_{14}} P^{a_{15}} \qquad (6)$$

$$q_б = a_{21} U^{a_{22}} W^{a_{23}} n^{a_{24}} P^{a_{25}}$$

Обчислені коефіцієнти апроксимації мають значення:

a_{11}= 0.002478, a_{12}= 0.641305, a_{13}= 0.270149,
a_{14}= 0.361703. a_{15}= 0.688353,
a_{21}= 6.6905, a_{22}= 0.256849, a_{23}= 0.036778,
a_{24}= 0.429945, a_{25}= 0.507702.

Збільшення частоти обертання веде до збільшення швидкості буріння, проте коли частота обертання перевищує 100 об/хв, буріння переходить в режим, що в ньому ЕТ обробка забою погіршується. Збільшення потужності, що виділяють в навантаженні, інтенсифікує процес, а підвищення швидкості буріння приводить до зниження питомих енерговитрат. За раціональних значень осьового зусилля та частоти обертання швидкість ЕТШ бу-

ріння у 2...3 рази перевищує швидкість механічного буріння.

При розробці устаткування для ЕТШ буріння вирішено задачі забезпечення надійної роботи устаткування за умов різкого змінення навантаження джерела елекричної енергії при електричному тепловому пробої, надійної роботи токопідводу за умов вібрації і необхідності нарощування штанг, роботи електродів у забої за умов абразивного середовища та електроерозії, забезпечена надійна ізоляція електродів. Розроблено буровий інструмент для ЕТШ буріння, забезпечено механічну міцність електродів та ізоляторів, раціональні параметри твердосплавного озброєння долота, ефективні способи очищення забою від бурового шламу; вирішено задачі керування процесом; досягнуто ефективну роботу устаткування через узгодження електротермічної і механічної обробки забою. Забезпечено безпеку роботи персоналу, що обслуговує електричне та механічне устаткування.

Було розроблено і досліджено устаткування з підведенням електроенергії до забою електродами, обладнаними роликами і через долото. В умовах кар'єру проведено випробування устаткування з наддолотним ізолюючим перехідником та ізолюючою муфтою.

Для буріння вибухових свердловин в умовах кар'єру було запропоновано, спроектовано та виготовлено обладнання для ЕТШ буріння: струмоприймачі, ізолюючі перехідники, ізолюючі муфти та втулки. Обладнання розташоване в умовах де зменшено зношування, цим подовжено його термін роботи, що спрощує впровадження обладнання та його експлуатацію. Розроблено ізолюючий перехідник, що забезпечує передачу осьового зусилля до 40 т і крутячий момент до 1000 кгм, надійну ізоляцію в умовах забою. Ці перехідники при випробуванні на руднику ІнГЗК забезпечили стійкість понад 100 м.

В ізолюючих перехідниках та муфтах використовувались склотекстоліт, поліуретан. При випробуванні ізолюючих муфт забезпечено безвідмовну роботу при проходці 1000м і більше.

Розроблений струмоприймач забезпечує надійну роботу за умов вібрації. Щіткотримачі і корпус струмоприймача розташовано безпосередньо на роторі з використанням підшипників. Ротор виконано у вигляді елементу бурового поставу. Схема підведення електроенергії з використанням ізолюючої муфти та

ізолюючої втулки забезпечують надійну ізоляцію елементів струмоприймача.

При дослідах використовувались високочастотні генератори, а також спеціалізовані установки високої частоти, розроблені ЛЗВУ. При ЕТШ бурінні установку 2-УРН2 було обладнано схемою захисту від попадання потенціалу на корпус станка та однополуперіодним випрямлячем для зменшення електроерозії долота. Досліди по ЕТШ бурінню проводились у кар'єрі ПГЗК на станку ВСП-1М на горизонті - N 30 м, міцність руди f = 18...20. Буріння виконувалось спеціально розробленими двохелектродними, двохшарошковими долотами ОКП214. Випробування підтвердили високу ефективність ЕТШ способу буріння: поверхня забою рівна-відсутні виколи, гребінки; зменшується вібрація, збільшується стійкість долот, продукти руйнування містять крупні фракції з незначною часткою тонкоподрібненого матеріалу.

У 1975...1985 роках на кар'єрі ІнГОКу проводились випробування обладнання та розробка технології ЕТШ способу буріння з підведенням електричної енергії до забою через долото. Буріння провадилось по рудах міцністю f = 16...20.

Границі змінення показників, що характеризують процес буріння, наведені в табл. 1.

Табл. 1

Показники процесу	Станок СБШ-250	Станок СБШ-320
Відстань між буровою свердловиною і електродом, м	3-8	5-10
Струм в навантаженні при стабільному процесі, А	200-500	100-400
Напруга на електродах, В	800-2400	300-3600
Потужність в навантаженні, кВт	300-500	300-400
Частота обертання, об/хв	70-110	70-120
Швидкість буріння, м/год	5-20	8-18
Осьове зусилля, т	10-28	20-40
Співвідношення швидкості ЕТШ та механічного буріння	2-5	1,5-2

Для встановлення технологічної ефективності та раціональних умов застосування ЕТШ буріння відбулися випробування способу на кар'єрах Інгулецького та Ново-Криворізького ГЗКів. Буріння проводилося по міцним залізним рудам з вмістом заліза 20...25%, на деяких дільницях зустрічались сланцеві прослої з низькою електропроводністю.

Швидкість буріння з ЕТ обробкою забою становила 15,6 м/год, без ЕТ обробки 12,9 м/год. Випробування підтвердили, що ЕТ обробка породи забою свердловини збільшує швидкість буріння у 1,3...2 рази. Стійкість бурового інструменту не знижується, на долотах не відзначено специфічних ознак електроерозії. Потенціал корпусу станка відносно віддаленої свердловини не перевищував 3-5 В. Експериментальна експлуатація підтвердила ефективність технічних рішень, надійність і досить високу стійкість обладнання. Характерні залежності основних техніко-економічних показників ЕТШ буріння від інтенсивності ЕТ обробки наведено на мал. 4 (ККД нагріву становить 50%, диаметр долота 244,5 м). Роботами МГІ, КГРІ, НДГРІ встановлена технічна можливість та економічна доцільність використання вогнеструменевих пальників для розширення свердловин, що їх пробурено шарошковими станками, можливість одержати навіть в слаботермобуримих породах котли, діаметр яких досягає 300...400 мм. Достоїнство комбінованої технології полягає також у використанні повітря, як окислювача.

При математичному моделюванні термічного розширення свердловини бралась до уваги нерівномірність розподілу температури вздовж факелу, зменшення температури факелу при збільшенні диаметру котла, вплив на теплообмін розподілу температури в гірській породі, нелінейність теплофізичних характеристик гірських порід.

Температурне поле в породі обчислювалось з рівняння Фур'є, теплообмін між факелом та поверхнею породи-за рівнянням Ньютона. Розподіл температури газів вздовж факелу визначався за експериментальною залежністю

$$T = 900\frac{z}{50}\exp[(3.5-\sqrt{z})/3.5] \qquad (7)$$

Критерій руйнування (відділення лушпини) приймався в формі

$$\int_0^h \beta E T dz \geq K G_{nz}(T) \qquad (8)$$

При моделюванні залежність диаметра котла від потужності пальника і температури факела одержано у вигляді

$$d_K = \sqrt{\frac{d_0^2 v + K(T-T_K)W}{v_0}} \qquad (9)$$

Модель дозволила з'ясувати універсальність термічного розширення свердловин порівняно з вогневим бурінням, визначити основні способи підвищення ефективності процесу розширення за рахунок вибору раціональної температури факелу та потужності пальника, збільшення довжини робочої зони факелу, застосування елементів та вузлів, що не потребують водяного охолодження, застосування термоізоляції та керамічних матеріалів. Одержано залежності, що використано при розробці обладнання для термічного розширення, дозволяють рекомендувати параметри процесу (мал. 5).

Найбільш перспективним способом буріння є ЕТШ спосіб (табл. 2), найбільш ефективна технологія підготовки гірничої маси до екскавації-комбінована: ЕТШ буріння свердловин (250 мм) з наступним їх термічним розширенням (400 мм) Табл. 2

Спосіб буріння	Загальна потужність процесу, кВт	Об'ємна продуктивн. см3/см	Діаметр свердловини мм	Швидк. буріння, м/год.	Питомі енергови-трати, кДж/см3	Підготовка гірніч. маси, тис. м3/годину
Шарошкове буріння	320	70-100	250	5- 6	4- 8	0.1-0.15
Вогневе буріння	1300	120-150	180-220	12-15	10-12	0.17-0.22
Вогневе розширення	1300	400-600	220-400	8-12	2.4-3.2	0.6-1.0
ЕТШ буріння	650	300-400	250	20-25	2-4	0.4-0.6

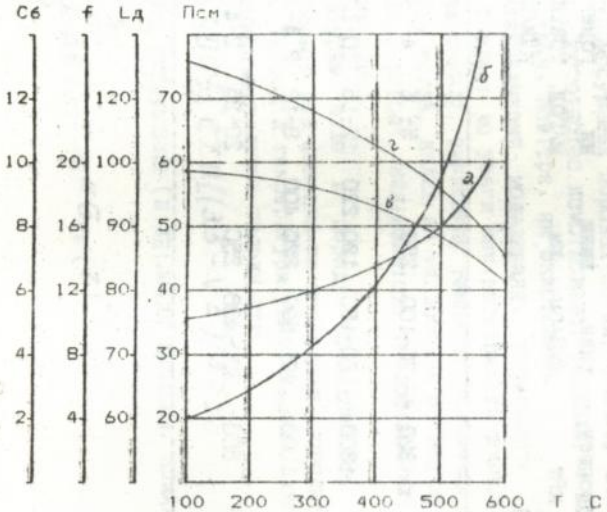

Рис.4. Залежність техніко-економічних показників ЕТШ буріння від інтенсивності ЕТ обробки:
Псм - змінна продуктивність , м (1);
Lд - стійкість доліт , м (2);
f - міцність гірської породи (3);
Сб - собівартість буріння , крб/м (4).

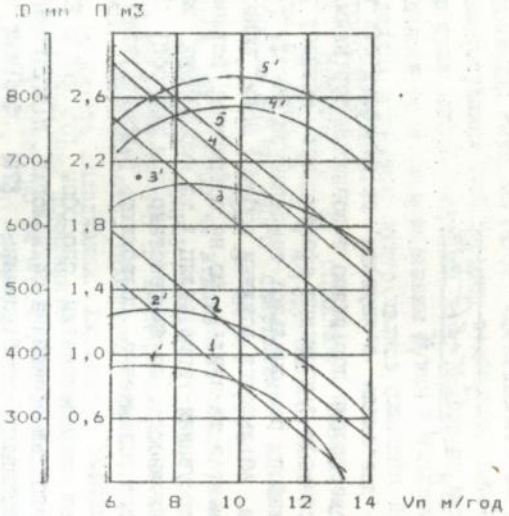

Рис.5. Залежність диаметра котла D мм та змінної продуктивності котлоутворення П м3 від швидкості підйому розширювача Vп при продуктивності компресору :
1 - 25 м3/хв; 2 - 32 м3/хв; 3 - 50 м3/хв; 4 - 64 м3/хв.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено методику проектування бурового обладнання, що дозволяє з урахуванням фізико-технічних властивостей гірських порід проводити вибір раціональної швидкості буріння, струму та напруги, визначити основні параметри процесу та устаткування. Методику прийнято СКБ СГО для використання при проектуванні бурового устаткування.

Розроблена на базі методики автоматизована система раціонального планування роботи бурових станків, яка враховує фонд станкозмін станків різних типів, норми виробки і стійкості доліт, технологічні характеристики блоків, що їх планують для буріння, прийнята в експлуатацію на кар'єрах ІнГЗК та ПГЗК. Для проектування параметрів БВР з використанням комбінованої технології розроблено адаптивну систему на базі ППЕОМ. Система дозволяє по фізико-технічним параметрам гірської породи блоку вибрати раціональні параметри БВР, обчислити крупність подрібненої гірничої маси.

Підтвердження випробуваннями техніко-економічної ефективності ЕТ обробки сприяє її впровадженню для інтенсифікації процесів проходки гірничих виробок, при підземній розробці, при руйнуванні негабариту. Так, на кар'єрі ІнГЗКу у 1981...1985 рр. вихід негабариту становив 200716 м3 електротермічним способом було зруйновано 103683 м3, вибуховим-60921; у 1989 р. вихід негабариту-66417 м3, електротермічним способом зруйновано 24656 м3. Розроблену методику проектування режиму роботи установки для електротермічного руйнування негабариту прийнято інститутом "Кривбаспроект".

ВИСНОВОК

На основі теоретичного узагальнення і рішення важливої наукової проблеми-розробки наукових основ технології ефективного електротермошарошкового способу буріння міцних та особливо міцних руд-магнетитових кварцитів, комбінованої технології буровибухової підготовки гірничої маси.

1. Внаслідок проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено електротермошарошковий спосіб буріння

магнетитових кварцитів, який забезпечує підвищення продуктивності буріння на видкритих гірничих роботах у 1,5...2 рази, підвищення стійкості доліт у 1,5...2 рази, поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці. Доведена перспективність застосування способу при підземному бурінні, проходженні гірничих виробок, при розвідувальному бурінні.

2. Встановлені фізичні явища, які відбуваються при електротермічній обробці гірської породи контактним способом, розроблена фізично змістовна модель процесу, визначені основні закономірності процесу;

- залежність інтенсивності виділення тепла, конфігурації температурного поля та його зміни з часом від фізичних властивостей гірської породи, розташування електродів, частоти, напруження, потужності джерела електричної енергії, вплив неоднорідності гірської породи;

- умови виникнення електричного теплового пробою, температурних і електричних констант електропровідності на виникнення явища теплового пробою, протікання теплового пробою;

- засоби інтенсифікації процесу та підвищення ККД електротермії із застосуванням імпульсного нагріву і комбінованого пробою;

- вплив конфігурації температурного поля на процес електротермічного руйнування.

3. Проведено дослідження механізму одиничного виколу під час електротермошарошкового буріння:

- розроблена математична модель створення ядра ущільнення в неоднорідній гірській породі при термічній і електротермічній попередній або синхронній дії і встановлено вплив параметрів дії на глибину розташування, розмір ядра;

- експериментально досліджена роль термічної та електротермічної обробки на ефективність одиничного виколу: збільшення об'єму лунки, існування Ткр для неоднорідної гірської породи та встановлені основні характеристики процесу;

- запропоновані способи інтенсифікації ТМ та ЕТМ бурових процесів шляхом узгодження термічної, електротермічної та механічної дії в залежності від часу.

4. Розроблена на підставі експериментальних даних про одиничний викол та показників процесу буріння математична мо-

дель процесу ЕТШ буріння, яка адекватно описує процес (з залученням понять статистичної теорії руйнування). Розроблено науково обгрунтовані методи регулювання режимів ЕТШ буріння шляхом узгодженої зміни осьового зусілля, швидкості обертання, витрати повітря на продувку та питомих витрат енергії на термічну обробку. При експериментальному бурінні на стенді підтверджено адекватність моделі, уточнено значення параметрів, які визначають раціональний режим буріння.

5. В процесі дослідження під час випробуваннь способу ЕТШ буріння в лабораторних та промислових умовах розроблено таке технічне обладнання:

- долота диаметром 110, 214, 250,269, 320 мм;

- одно- та двохфазні струмоприймачі на струми 100...500, напруга 1000...4000В;

- ізолюючі перехідники-амортизатори для бурових поставів діаметром 200 та 250 мм на осьове зусилля 30...50 т та обертальний момент 500...1000 кГм.

6. Передані в СКБ СГО вихідні вимоги до електротермошарошкового бурового обладнання СБШЕ 250С, який має проектуватись, для буріння вибухових свердловин на кар'єрах.

Розроблені та передані проектним організаціям для використання при проектуванні обладнання для ЕТМ буріння і проходки методики розрахунків параметрів процесу електротермомеханічного буріння, які мають наукові підстави. Очікуваний економічний ефект складає: СКБ СГО-101тис. крб., ВІТР-112тис. крб.;

7. Запропонована комбінована технологія ведення бурових робіт і раціональні параметри ВВР. Методика обчислення раціональних параметрів ВВР при комбінованій технології прийнята інститутом "Кривбаспроект" та підприємством "Кривбасвибухпром". Очікуваний економічний ефект 30 тис. крб. на 1 млн. тонн руди.

8. Розроблені заходи і технічні засоби, які забезпечують безпечне проведення ЕТШ буріння при відкритій розробці міцних залізних руд.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах автора:

1. Адаптивная система управления параметрами буровзрывных работ. "Разработка рудн. месторожд. Респ. межвед. научно-технич. сб.", - 1976, вып. 12, 91-95.

2. Влияние полиминерального состава и зернистого строения горной породы на эффективность термомеханического разрушения. КГРИ, Кривой Рог, - 1980 (Рук. деп. в УкрНИИНТИ 10.VI.80, N 2206). Соавтор: Гуляева О.А.

3. Закономерности термомеханического разрушения полиминеральных крепких горных пород. - Тезисы докладов 7 Всесоюзн. конф. вузов с участием НИИ. М., МТИ, - 1981, - .. Соавтор: Гуляева О.А.

4. Интенсивные термические воздействия на крепкие горные породы. Тезисы докладов на Ш Всесоюзн. конф. вузов с участием НИИ, "Термомеханические методы разрушения горных пород", 1976. Соавтор: Эпштейн Е.Ф.

5. Исследование закономерностей ЭТШ бурения с использованием моделирования на ЭВМ. Тезисы докладов на Ш Всесоюзн. конф. "Термомеханические методы разрушения горных пород", - 1976. Соавторы: Шаповалов В.Я., Гуляева О.А., Петрина Н.Ф.

6. Исследование процесса нагрева массива при огневом расширении скважины. "Разработка рудн. месторожд. Респ. межвед. научно-техн. сб." - 1972, вып. 13, 54-57. Соавторы: Вайман С.З.; Дубсон Л.И., Великий М.И., Алексеенко О.М.

7. Исследование электротермошарошечного бурения и испытания на карьере ЮГОК.//Разработка рудных месторождений. Респ. межвед. научно-техн. сб. - 1975. - вып. 19. - с. 61-65. Соавтор: Шаповалов В.Я.

8. Источники электрической энергии для электротермического разрушения железистых кварцитов. В сб. "Термомех. методы разрушения горных пород Ч.5", - Киев, "Наукова думка", - 1972, 31-33. Соавторы: Шаповалов В.Я., Плахотник В.С.

9. К методике моделирования полей давлений при взрыве. "Горный журнал", - 1969, N 6. Соавторы: Дядечкин Н.И., Лосьев В.Г., Коган А.А.

10. Определение оптимального удельного расхода ВВ с учетом технико-экономических показателей последующих стадий

переработки железистых кварцитов. //Разработка рудных месторождений. Вып. 31. Открытые горные работы. -Киев.: Техника. - 1981. - С. 50-53.

11. Перспективы использования явления высокочастотного пробоя для бурения крепких железных руд. АН СССР Сект. физ.-техн. горн. проблем ин-та физ. Земли. М., - 1971, с. 38. Соавторы: Кравченко В. С., Сирота А. С.

12. Планирование работы буровых станков на карьере. Разработка рудн. месторожд. Респ. межвед. научно-техн. сб., - 1970, вып., с. 89-92. Соавторы: Бондаренко В. И., Ященко С. С.

13. Разработка и внедрение автоматизированной системы управления буровзрывными работами на Ингулецком горн.-обогатит. комбинате. Черметинформация, сер. 1, вып. №6, - 1975. Соавторы: Астафьев Ю. П., Косенко В. А., Бондаренко В. И., Каграманян З. А.

14. Результаты электромеханического бурения скважин на карьере ЮГОК. "Разработка рудн. месторожд. Респ. межвед. научнотехнич. сб.", - 1973, вып. 15, с. 75-76. Соавторы: Шаповалов В. Я., Плахотник В. С.

15. Учет реологических свойств при интенсивных термических воздействиях на горные породы. В сб. "Термомех. методы разруш. горных пород", Киев, "Наукова думка", - 1976, с. 54. Соавторы: Эпштейн Е. Ф., Гуляева О. А.

16. Экспериментальное исследование электротермошарошечного бурения. "Разработка рудн. месторожд." Респ. межвед. научно-техн. сб., - 1972, вып. 13, с. 58-59. Соавтор: Шаповалов В. Я.

17. Электротермическое и электротермомеханическое разрушение крепких горных пород. - К.: Техника. - 1989, - 144 с. Соавторы: Бызов В. Ф., Филиппов Н. Ф., Образцов А. П.

18. Электротермошарошечное бурение (ЭТШ) в условиях Ингулецкого ГОКа. В кн. Современное состояние и перспективы развития бурового оборудования нового типа (тез. докл.), - Челябинск, - 1988, с. 28-29. Соавторы: Браверман М. М., Бызов В. Ф., Вилкул Ю. Г., Евтушенко А. И., Кострюков С. А.

19. Электротермошарошечное бурение железистых кварцитов. В сб. "Термомеханич. методы разруш. горных пород", Киев, "Наукова думка", - 1969. Соавторы: Коган А. Г., Шаповалов В. Я.

20. Электротермошарошечное бурение (ЭТШ) как составная часть комбинированной технологии. - В кн. Современное состояние и перспективы развития бурового обсрудования нового типа. (тез. докл.), - Челябинск, - 1988. с.29/30. Соавторы: Вызов В.Ф., Евтушенко А.И., Браверман М.М., Вилкул Ю.Г., Кострюков С.А.

21. А.с. N 580324, М.Кл. Е 21С 37/15, Е 21С 13/00. Долото для электротермомеханического бурения. Соавторы: Тищенко С.А., Курленко А.Л., Гуляева О.А., Шнапир Я.И., Жолнач В.И., Неретин Г.М., Заявка от 15.12.1975 г.

22. А.с. N 675184, М.Кл. Е 21С 37/18, Е 21С 13/00, Е 21С 17/00. Устройство для электротермомеханического бурения горных пород. Соавторы: Образцов А.П., Тищенкео С.А., Гуляева О.А., Шаповалов В.Я., Жолнач В.И., Шнапир Я.И., заявка от 19.07.76г.

23. А.с. N 773263. М.Кл Е 21С 37/16, Е 21С 37/18, Е 213 9/08. Способ электротермомеханического бурения горных пород. Соавторы: Образцов А.П., Вызов В.Ф., Тищенко С.А., Гуляева О.А., Жолнач В.И., Клейменов С.Н., заявка от 17.04.79 г.

24. А.с. N 819335, М.Кл. Е 21С 37/16, Е 21В 7/14. Способ термомеханического разрушения горных пород. Соавторы: Вызов В.Ф., Жолнач В.И., Тищенко С.А., Гуляева О.А., Клейменов С.Н., заявка от 29.08.79 г.

25. А.с. N 917053, М.Кл. Е 21С 01 3/48, Е 02 1/00. Устройство для исследования физико-механических свойств грунта. Соавтор: Гуляева О.А., заявка от 11.03.80 г.

26. А.с. N 962579, М. Кл. Е 21В 17/02, Е 21С 37/18. Изолирующий переходник, заявка от 11.03.84 г.

27. А.с. N 1438289, М.Кл. Е 21В 7/15, Е 21С 37/18. Устройство для электротермомеханического бурения. Соавторы: Вызов В.Ф., Евтушенко А.И., Захарова Л.А., Мицтая Н.Д., заявка от 26.01.87 г.

28. А.с. N 1555460, М. Кл. Е 21В 7/15. Способ электротермомеханического бурения и устройство для его осуществления. Соавторы: Вызов В.Ф., Вилкул Ю.Г., Евтушенко А.И., Цацкис И.Е., Кострюков С.А., заявка 1990 г.

Пошукач *Шихаш* В.Д. Іщхакін

г.Кривой Рог, ул.XXII партсъезда, II
РТП КГРИ зак. № 85 тираж 100 экз.
подписано к печати 15.II.93г., объем I п.л.