

На правах рукопису

ДЯДЕЧКІН Микола Іванович

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ
ПІДЗЕМНОЇ РОЗРОБКИ НА ОСНОВІ ВДОСКОНАЛЕННЯ
ВІДБІЙКИ РУДИ ТА КОМПЛЕКСНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ**

Спеціальність - 05.15.02 - Підземна розробка родовищ
корисних копалин.

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеню
доктора технічних наук

622. 242

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00757052 (Q)

Робота виконана в Науково-дослідному
інституті (НДГРІ)
м. Кривий Ріг

Офіційні опоненти:

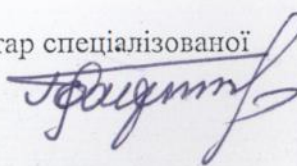
чл.-кор. НАН України Е.І. Єфремов
докт. техн. наук, проф. В.О. Щелканов
докт. техн. наук, проф. А.І. Зільберман

Провідна організація - промислове об'єднання
«Кривбасруда» Мінпрому України.

Захист дисертації відбудеться 19 грудня 1996 р.
о 13 годині на засіданні спеціалізованої ради
Криворізького технічного університету за адресою:
324002, м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці
інституту

Автореферат розіслано 15 листопада 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої
Ради, проф.  Г.Т. Фаустов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Ефективність діяльності гірничодобувного підприємства України визначається рівнем техніко-економічних показників технологій, які застосовуються при виїманні корисних копалин. Останні, в свою чергу, повинні вдовольняти вимогам бережного використання мінеральних ресурсів і, в той же час, не чинити значного негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Серед інших вимог, які пред'являються до технологій добування руди є систематичне зниження трудових і матеріально-енергетичних витрат виробництва. Це досягалось до останнього часу шляхом вдосконалення окремих елементів технологічних схем, таких як підготовка блоків до очисної виїмки, методи відбійки руди, випуск і доставка корисних копалин до транспортних засобів.

Системний підхід до вибору технологічних схем, які передбачають комплексне врахування взаємозв'язків між елементами технологій дозволив по-новому підійти до синтезу технологічних структур, відмовившись від методу варіантів, який застосовувався тривалий час і обмежував можливість пошуку оптимального рішення.

Викладений в дисертаційній роботі метод комплексного моделювання систем розробки передбачає синтез структур на основі оптимізації параметрів та елементів технологічних схем відповідно до критеріїв мінімальних витрат виробництва.

У зв'язку з тим, що найбільш енергоємним процесом в технологічній схемі виїмання руди є відбійка масиву, цьому елементу очисної виїмки була приділена головна увага при виконанні досліджень.

В процесі вивчення механізму руйнування гірських порід енергії вибуху циліндричних колонкових зарядів встановили, що найбільшу ефективність забезпечує паралельне розташування у масиві. Цей висновок прийнятий автором дисертаційної роботи за

ІНСТИТУТ В. СТЕФАНІКА
АН УКРАЇНИ

основу при розробці нових великомасштабних технологій, видобутку залізної руди з відбійков глибокими свердловинами.

Пропоновані на основі проведених досліджень технологічні схеми виїмки руди підземним способом, які пройшли апробацію і впровадження в умовах рудників Криворізького басейну, не поступаються найкращим закордонним розробкам в цій галузі, а, в ряді випадків, перевершують їх.

При формуванні технологічних схем розробки родовищ приймали до уваги необхідність комплексного освоєння мінеральних ресурсів.

В процесі роботи над дисертацією автор звертався до праць відомих фахівців гірничої справи, серед яких М.І. Агошков, Г.М. Малахов, В.Ф. Бизов, В.Т. Близнєков, Ю.П. Каплєнко, Е.І. Єфремов, П.И. Федоренко, К.Н. Ткачук, Ю.С. Мєц, А.О. Гурін, В.М. Комір, М.В. Гуминський, А.А. Шершнєв, Г.Т. Фаустов, В.О. Шєлканов, В.Ф. Лавринєнко, Д.Р. Каплунов, Б.М. Курузов, М.Т. Петров, Г.П. Ананьїн, Е.І. Рогов.

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ. Актуальність проблеми підвищення ефективності технологій підземної розробки рудних родовищ України в останній час зросла у зв'язку з необхідністю істотного зниження витрат виробництва в загальні, зокрема на енергоносії.

Традиційно вибір технологій підземної розробки рудних родовищ засновувався на використанні методу варіантів, який обмежує розгляд великої кількості структурних елементів, що визначають загальний рівень технічних та економічних показників.

Вказані обставини можуть привести до ситуації, коли прийняті до проектування або виробництва технології виявляться по ефективності нижче реально можливих рішень для конкретних гірничо-технічних умов, що в свою чергу завдасть народному господарству держави значний економічний збиток.

В зв'язку з цим створення наукових основ оптимізації

параметрів та елементів систем розробки в використанні комплексного моделювання гірничих робіт є важливою народно-господарською проблемою, яка забезпечує суттєве підвищення ефективності виїмки рудних родовищ.

Проведені дослідження показали, що реалізація комплексного моделювання систем розробки у відповідності із запропонованою автором дисертації методикою забезпечує, при інших рівних умовах, підвищення продуктивності праці по системі на 25-30%.

МЕТА РОБОТИ полягає в підвищенні ефективності розробки залізрудних родовищ України за рахунок комплексного моделювання та оптимізації технологічних процесів і операцій при очисній виїмці.

ГОЛОВНА ІДЕЯ РОБОТИ полягає в використанні основних закономірностей руйнування скальних гірських порід вибухом та методики комплексного моделювання технологій розробки родовищ корисних копалин для підвищення економічної ефективності підземного видобутку металургійної сировини в Україні.

НАУКОВЕ ЗНАЧЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ полягає в науковому обґрунтуванні основних принципів розробки та впровадження у виробництво ресурсозберігаючих технологій добування залізної руди.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ. При вирішенні поставлених задач автор застосовував комплексний метод досліджень, який включає теоретичні розробки, лабораторні та промислові експерименти, оптимізацію технологій очисного виїмання на ЕОМ морфологічним аналізом та структурним синтезом їх елементів.

ОСНОВНІ НАУКОВІ ПОЛОЖЕННЯ, ЯКІ ЗАХИЩАЮТЬСЯ

- при ініціюванні колонкового заряду у пружно-в'язкому середовищі імпульс напружень на відстані 30-35 діаметрів свердловини, зменшується у 2,0 - 2,5 рази, в зв'язку з чим, для

якісного руйнування масиву порід лінія найменшого опору не повинна перевищувати зазначеної відстані;

- висока надійність масових вибухів при електричному засобі підривання зарядів може бути досягнута при врахуванні закономірностей розподілення сили струму в мережі, стану ізоляції та з'єднань провідників;

- досягнення потрібного гранулометричного складу подрібненої руди визначається питомою концентрацією вибухової речовини, станом матеріалу затискувачого середовища та величиною умовного компенсаційного простору, оптимальне значення якого дорівнює 40-60% від об'єму відбиваємого масиву ;

- покращення якості подрібнення рудного масиву при короткочасному вільненню підриванні в функції збільшення зони взаємодії та об'єднання ударних імпульсів вибухових хвиль різного напрямку, які виникають при ініціюванні системи зарядів в очисному блоці;

- підвищення детонаційних властивостей вибухових речовин, а також зменшення можливості накопичення статичної електрики на елементах зарядних установок та у аерозольному середовищі, яке утворюється при формуванні зарядів у свердловинах, можна досягнути шляхом водонасичення гранульованих вибухових речовин до 5-7% у ваговому відношенні;

- оптимізація параметрів та елементів технологічного процесу будь-якого методу очисної виїмки руди на основі структурно-параметричного синтезу та комплексного моделювання забезпечує поліпшення техніко-економічних показників по системі розробки на 25-30% ;

НАУКОВА НОВИЗНА:

- теоретично визначені закономірності змінення полів напружень при підриванні циліндричних зарядів різного діаметру у пружному та пружно-в'язкому середовищах ;

- встановлена закономірність зміни сили струму у вибуховій мережі в залежності від опору ізоляції сполук елементів мережі, розміщених в обводнених забоях ;

- визначена залежність якості подрібнення руди різної міцності при масовому короткочасному підірванні колонкових зарядів від інтервалу сповільнення ;

- встановлений взаємозв'язок між фізико-механічними властивостями матеріалу затискувачого середовища та якості подрібнення відбиваємої руди ;

- розроблена модель матриці з'єднання признаков та елементів технології при комплексному моделюванні та оптимізації методів очисної виїмки руди.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ визначається розробкою автором дисертації ефективних технологій підземного видобування, до яких відноситься система підповерхового обвалення з вибуриванням паралельних свердловин і суміщенням робочих горизонтів, одностадійна технологія виїмки руди з поверхово відбійков свердловинами великого діаметру, поверхово-камерна система з похилою відрізною щільною стійкою конфігурації.

Розроблені наукові положення покладені в основу вибору параметрів елементів ресурсозберігавчих технологій підземного видобування руди і використовуються проектним інститутом "Кривбаспроект" при визначенні напрямків технічного переоброблення рудників Криворізького басейну, а також технічними відділами шахт при робочому проектуванні схем розкриття і підготовки нових горизонтів, способів очисного виїмання та проведення гірничих виробок. Методичні основи комплексного моделювання технологій прийняті інститутом "Кривбаспроект" за наукову базу для створення системи автоматизованого проектування (САПР) гірничих робіт.

Метод короткосповільненого підривання за схемами "Кривбас", який був розроблений з участю автора, впроваджений на шахтах Криворізького басейну та інших підземних рудниках країн СНД.

Рекомендації по зволоженню гранульованих вибухових речовин та запропоновані на їх основі раціональні конструкції зарядів застосовуються на усіх підземних рудниках України. Всі зарядні установки для підземних робіт оснащені обладнанням для зволоження ВР у відповідності з рекомендаціями автора дисертації.

Технологія з обваленням руди і суміщенням робочих горизонтів впроваджена на руднику ім.Кірова в Кривбасі, починаючи з 1989 року в обсязі 2,5-3,0 млн.т/рік. Метод очисної виїмки з поверховою відбійкою у затиснутому середовищі та вібровипуском руди з незначними змінами реалізований в умовах Першотравневого залізничного комбінату.

Економічний ефект від впровадження тільки окремих наукових розробок автора на рудниках Кривого Рогу за період 1965-1990 рр. склав за цінами 1990 р більш ніж 3 млн. крб.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ. Результати роботи на різних етапах її виконання доповідались і були позитивно оцінені: на науковій нараді по проблемі гірничих порід (м.Москва, 1969 р.), VII-сесії наукової наради по народно-господарському використанню вибуху (м.Дніпропетровськ, 1969 р.), нараді "Теоретичні основи розробки водонаповнених ВР та досвід механізованого їх застосування в народному господарстві" (м.Москва, 1973 р.), наукових конференціях вивів з участю науково-дослідних інститутів (м.Москва, 1974, 1977, 1983, 1985-1990 рр.), VII нараді по народно-господарському використанню енергії вибуху (м.Кривий Ріг, 1974 р.), конференції "Науково-технічні проблеми комплексного використання родовищ корисних копалин" (м.Москва, 1976 р.), галузевій науково-технічній конференції (м.Київ, 1975 р.), IX галузевій науково-техніч-

ній конференції УДН ім. П. Думумби (м. Москва, 1988 р.), конференції "Ефективні технології, методи і засоби, які забезпечують сучасні вимоги до екології при розробці родовищ корисних копалин" (м. Москва, серпень 1990 р.), конференції "Вдосконалення комплексної (відкрито-підземної) розробки рудних родовищ" (м. Кривий Ріг, жовтень 1990 р.), науково-технічній конференції "Вдосконалення технології гірничого виробництва для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище" (м. Кривий Ріг, березень 1991 р.), науково-технічній нараді "Технологія і механізація кріплення підготовчих та нарізаних виробок" (червень 1991 р.), міжрегіональній науково-практичній конференції "Екологічні проблеми аграрного виробництва" (м. Дніпропетровськ, ДДАУ, грудень 1992 р.), міжнароднім колоквиумі "Надзвичайні екологічні ситуації: аналіз та перспективи подолання" (м. Кривий Ріг, 1993 р.).

Новий метод короткосповільненого підривання свердловин експонувався на ВДН СРСР, УРСР і відзначений Почесним дипломом та срібною медаллю.

Дисертаційна робота базується на матеріалах, викладених у 160 опублікованих роботах, 5 авторських свідоцтвах, 2 галузевих інструкціях та 85 звітах про виконані НДР.

ОБСЯГ ТА СТРУКТУРА РОБОТИ. Дисертаційна робота викладена на 249 сторінках машинописного тексту, включаючи 45 малюнків, 28 таблиць та список опублікованих робіт із 101 найменування.

Автор висловлює щире вдячність колективу кафедри "Підземна розробка родовищ корисних копалин" Криворізького технічного університету за цінні зауваження та поради вказані при обговорюванні дисертаційної роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Теоретично встановлені закономірності вибухового роздрібнення пружно-в'язких порід при відбійці масиву в затиснутому середовищі.

Для в'яснення механізму підвищення ступеню використання енергії вибуху при руйнуванні гірських порід методом електрогідродинамічних аналогій були визначені умови інтерференції полів напружень при короткосповільненому підриванні групи циліндричних зарядів. Враховуючи те, що амплітуди вибухових хвиль від локального джерела задовольняють рівняння Лапласа, швидкість їх може бути прийнята постійною і при інтерференції здійснюється складання її амплітуд.

При такій постановці питання вибухове навантаження інтерпретували у вигляді кусочно-лінійної функції. Розраховуючи динамічні поля напружень застосували метод характеристик з використанням кінцево-різностної апроксимації. Це чисельний метод, який не накладає обмежень на вигляд функції навантаження $P(t)$. При визначенні радіальних і тангенціальних напружень у масиві, що руйнується, а також масовій швидкості руху часток середовища склали систему диференціальних рівнянь, виражених через повні диференціали функцій $\sigma_r(r, t)$, $\sigma_\theta(r, t)$, $v(r, t)$.

Для чисельного рішення системи рівнянь використовували метод характеристик. Останніми в лінії на площині, вздовж яких поширюються фронти хвиль збуджень, номер кроку інтегрування вздовж характеристик по r позначимо J , а за часом — η . Тоді система диференціальних характеристик буде, представлена у кінцево-різностній формі для деякої довільної точки простору $(J, \eta + 1)$ буде мати вигляд :

$$\begin{aligned}
 & (\sigma_u)_j^{\eta+1} - (\sigma_u)_{j+1}^\eta + \text{PGIV}_j^{\eta+1} - V_{j+1}^\eta] = -\text{PC} \frac{\mu}{1-\mu} \frac{V_j^{\eta+1} + V_{j+1}^\eta}{\Delta\psi} \Delta\psi - \\
 & \frac{(\sigma_u)_j^{\eta+1} + (\sigma_u)_{j+1}^\eta - (\sigma_\theta)_j^{\eta+1} - (\sigma_\theta)_{j+1}^\eta}{4(\psi_j + \Delta\psi/2)} - \frac{\text{E} (\sigma_u)_j^{\eta+1} + (\sigma_u)_{j+1}^\eta}{\eta\text{C}} \frac{\Delta\psi}{2} \Delta\psi; (I)
 \end{aligned}$$

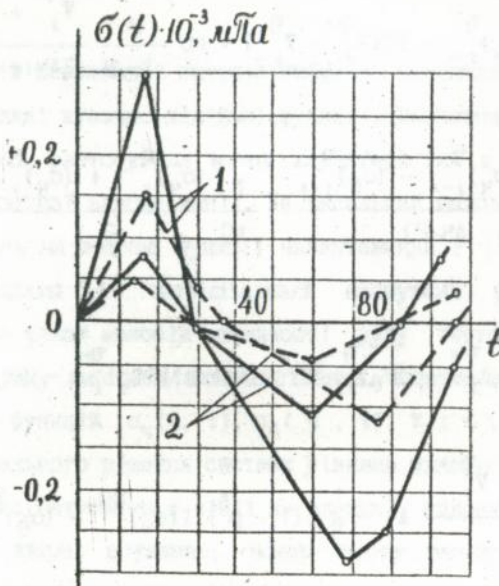
$$\begin{aligned}
 & (\sigma_u)_j^{\eta+1} - (\sigma_u)_{j-1}^\eta - \text{PGIV}_j^{\eta+1} - V_{j-1}^\eta] = \text{PC} \frac{\mu}{1-\mu} \frac{V_j^{\eta+1} + V_{j-1}^\eta}{2(\psi_j - \Delta\psi/2)} \Delta\psi - \\
 & \frac{(\sigma_u)_j^{\eta+1} + (\sigma_u)_{j-1}^\eta - (\sigma_\theta)_j^{\eta+1} - (\sigma_\theta)_{j-1}^\eta}{2(\psi_j - \Delta\psi/2)} - \frac{\text{E} (\sigma_u)_j^{\eta+1} + (\sigma_u)_{j-1}^\eta}{2} \Delta\psi; (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{\text{E}} [(1-\mu^2) [(\sigma_\theta)_j^{\eta+1} - (\sigma_\theta)_j^{\eta+1}] - \mu(1+\mu) [(\sigma_u)_j^{\eta+1} - (\sigma_u)_j^{\eta+1}]] = \\
 & = \frac{V_j^{\eta+1} + V_j^{\eta+1}}{J_j} \Delta t - \frac{1}{\eta} [(1-\mu^2) [(\sigma_\theta)_j^{\eta+1} + (\sigma_\theta)_j^{\eta+1}] - \\
 & - \mu(1+\mu) [(\sigma_u)_j^{\eta+1} + (\sigma_u)_j^{\eta+1}]] \Delta t \quad (3)
 \end{aligned}$$

Отримана система трьох алгебраїчних рівнянь з трьома невідомими $(\sigma_u)_j^{\eta+1}$, $(\sigma_\theta)_j^{\eta+1}$, $V_j^{\eta+1}$, так як останні перемінні визначаються з початкових та граничних умов на характеристиках $\psi = \psi_0$.

та $\psi = \psi_0 + ct$. Для отримання чисельного значення величин σ_{ψ} , σ_{θ} і V у деякій точці простору (j_0, η_0) необхідно розв'язати цю систему рівнянь для кожної точки перетину характеристик, починаючи з $J = 0, \eta = 0$ і закінчуючи значеннями $J = J_0; \eta = \eta_0$.

Розрахунок кількісних значень напружень при підірванні циліндричного заряду в пружно-в'язкому середовищі нами виконано за допомогою ЕОМ та спеціально розробленої програми. На мал. 1 показано графічні залежності $\sigma_{\psi}(t)$ і $\sigma_{\theta}(t)$, розраховані для пружного (суцільна лінія) і в'язко-пружного (штрихова лінія) середовищ при кусково-лінійному вибуховому навантаженні $P(t)$. Аналіз



Мал. 1. Характер зміни $\sigma_{\psi}(t)$, $\sigma_{\theta}(t)$ на відстані $20-30 \chi_0$ від осі заряду для пружного - суцільна лінія і в'язко-пружного - штрихова лінія середовищ (1 - радіальні, 2 - тангенціальні напруження).

залежностей дозволяє зробити висновок, що врахування в'язкостних властивостей середовища приводить до значного зменшення амплітуди напружень у дальній зоні дії вибуху. Так, на відстані $\chi = 20 \chi_0$ амплітуда імпульсу напруження в пружно-в'язкому середовищі, тобто близької до реальної, буде у 2,3 рази менше амплітуди такого ж імпульсу в пружному середовищі. У цьому випадку, при відбійці масиву, який має високу в'язкість, повнота руйнування породи досягається тільки у разі, коли значення лінії найменшого опору приймається у 2,0-2,3 рази менше розрахункової величини.

Врахування вказаної обставини дуже важливе при визначенні параметрів буровибухових робіт при відбійці масиву на затискувачий матеріал. Досвід ведення вибухових робіт при очисному виїманні показав, що ефективність цього процесу у значній мірі визначається необхідною надійністю ініціювання зарядів, в особливості при проведенні масових вибухів у складних гірничо-геологічних умовах.

Встановлено, що незалежно від ступеню обводнення відбиваємих порід, при опорі ізоляції зростків та з'єднань більш ніж 50 Ом і початковому струмі рівному мінімально допустимому, незалежно від кількості електродетонаторів у вибуховій мережі, відмови підривання детонаторів не буває. Для приближення результатів полігонних та аналітичних досліджень до реальних умов, величину сили струму, яка поступає у вибухову мережу, необхідно збільшити у 3-4 рази незалежно від того, яким струмом (постійним або змінним) буде зроблено підривання зарядів.

Дослідження методу відбійки руди при наявності компенсаційного простору або затискувачого матеріалу виконали у лабораторних умовах. За еквівалентний матеріал приймали піщано- і рудо-цементні суміші.

Встановили вплив незаповненого і заповненого простору компенсаційного простору і кількості відбиваємих шарів рудного

масиву на якість подрібнення відбиваємої руди.

Розкритий механізм поліпшення якості подрібнення руди при відбійці в затиснутому середовищі. Ступінь подрібнення руди при інших рівних умовах визначається спроможністю матеріалу, який складає середовище затиску, створювати під впливом вибуху компенсаційний простір близький за обсягом до оптимального. Не ефективно використання у якості затискувального середовища пластичних матеріалів (глин і т.п.). Не треба при відбійці у затиску приймати кількість шарів котрі відбивають одночасно більш ніж 4-5.

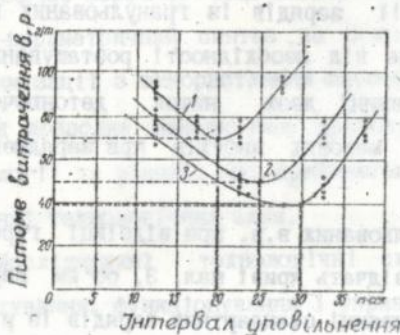
До подібних результатів привели і промислові експерименти, виконані у очисному блоці К І-4 ш. "Об'єднана" Першотравневого рудоуправління у Кривбасі. Мінімального виходу негабариту було досягнуто при короткосповільненому підриванні трьох рядів паралельно вибурених свердловин. Встановили також, що найкращим, в точки зору збереження стійкості днища, є підривання шарів, орієнтованих перпендикулярно до випускних виробіток прийомного горизонту.

Ефективність відбійки масиву у затиснутому середовищі або на компенсаційний простір істотно підвищується при застосуванні короткосповільненого підривання (КСП).

Параметри і елементи методу КСП послідили в промислових умовах при проведенні виробок та очисній виїмці. Спочатку визначили оптимальні інтервали уповільнення при відбійці руди в коефіцієнтом міцності 6-8. Для цих умов встановили залежність між інтервалом уповільнення та питомим витрачанням вибухових речовин на подрібнення негабаритів в умовах підземних робіт Криворізького басейну (мал. 2).

Експериментальні дослідження на шахтах басейну дозволили розробити ефективні схеми короткосповільненого підривання і розкрити механізм руйнування масиву, виходячи із хвильової теорії

взаємодії зарядів. Виявлені також особливості цього способу підривання при відбійці руд невисокої міцності характеристики.



Мал.2. Залежність між інтервалом сповільнення та питомим витрачанням ВР на повторне подрібнення руди у очисних блоках шахт Криворізького басейну.

- 1 - ш. ім. Кірова ($F = 5-6$);
 2 - ш. "Саксагань" ($F = 4-5$);
 3 - ш. "Гігант" ($F = 3-4$)

Для уточнення параметрів та елементів КСП проводили промислові дослідження цього способу ініціювання зарядів при вибухових роботах у гірничих виробках і очисних блоках.

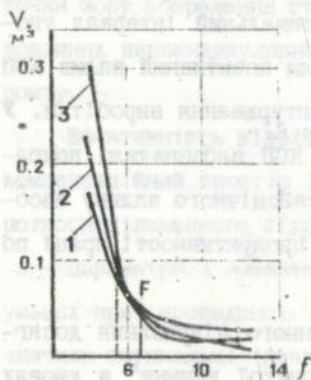
У прохідницьких забоях визначили оптимальний інтервал уповільнення між вибухами зарядів і встановили позитивний вплив КСП на якість дріблення відбитої породи і оконтурювання виробітки. У відчисних блоках застосування нових схем КСП забезпечило покращення якості подрібнення руди, зниження сейсмічного впливу масових вибухів на днища блоків, підвищення продуктивності праці по системі розробки в цілому.

Висока ефективність короткосповільненого підривання досягнута при відбійці масиву по схемі "розвернутої книжки" в умовах шахт "Гігант" і "Родина".

При промислових дослідженнях автором визначена швидкість детонації вибухових речовин при різній щільності їх зарядження. Вперше була визначена доцільність водонасичення гранульованих в.р. Цим були досягнуті злипаємість часток в.р. при зарядженні вертикальних свердловин і підвищення щільності зарядження. Отримані результати були перенесені в умови виробництва. Встановле-

но, що додавання до грамоніту 79/21 води у кількості 5-7% не тільки забезпечує щільне упакування часток в.р. у вертикальних свердловинах, але ще призводить до збільшення швидкості їх детонації на 10-15%. Повнота детонації зарядів із гранульованих в.р. з додаванням 5-7% води звільняє від необхідності розташування у свердловинах по усій їх довжині двох ниток детонуючого шнура, який резервує надійність масових вибухів при зарядженні свердловин патронними в.р..

Випробувані три типи гранульованих в.р. при відбитті гірських порід різної міцності. Як свідчать криві мал. 3, об'єм воронки руйнування масиву при підриванні стандартних зарядів із різних в.р. в породах з коефіцієнтом міцності 5-7 залишається однаковим і, тому, в цих умовах рекомендується використовувати виключно дешеві, низькоенергетичні в.р. типу Ігданіт.



Мал.3. Зміна об'єму воронки руйнування в залежності від коефіцієнту міцності руди

- (1 - грануліт АС-8 ;
 2 - зерногрануліт 79/21 ;
 3 - Ігданіт)

Значна увага автором приділяється вивченню характеру відхилення свердловин від проектного напрямку при бурінні їх в неоднорідних шарових породах з коефіцієнтом міцності 6-12. Наскрієні свердловини діаметром 105 мм і глибиною до 36 м вибуривали під кутом до горизонту 1-7°. Кут зустрічі з площиною падіння порід змінювався від -9° до +26°. Встановили, що лінійне відхилення свердловини починається на глибині більшій 22-25 м, яку прийняли за кінцеву при розбуриванні неоднорідних по мінералогічному скла-

ду масивів.

Результати викладених вище теоретичних та експериментальних досліджень прийняті як вихідні дані при комплексному моделюванні, яке включає морфологічний аналіз існуючих технологій та структурно-параметричний синтез на основі теорії прийняття рішень і оптимізації з використанням персональних комп'ютерів. Системний підхід дозволяє максимально враховувати взаємозв'язки елементів технології та рішень, які приймаються при проектуванні і функціонуванні технологічних схем.

Досліджувані технологічні схеми розглядаються як об'єкт проектування, функціонування і управління.

Досліджувана система описується логічною формулою :

$$K = \{ R \} X \quad (4)$$

в якій K - вихід системи ; R - символічне позначення сукупності перетворень кожного входу у кожний вихід, при цьому елемент системи розглядається як перетворювач входів та виходів ; X - вхід системи.

Перетворювачами властивостей і стану гірського масиву є структурні елементи - гірничі машини і виробки, сукупність та взаємне розташування яких характеризується поняттям "схема", а особливості реалізації процесів та операцій - поняттям "спосіб".

Вибір оптимального варіанту технологічної схеми базується на його цілеспрямованому синтезі із окремих елементів, а не на розрахунках та порівнянні раніш прийнятих конструкцій і методів очисної виїмки.

Морфологічний аналіз технологій включає :

- дослідження елементів системи, характеристик і способів їх функціонування ;
- опис зв'язків елементів системи розробки, які приймають участь у перетворенні розроблюваного масиву ;

- формування цілей та вимог до функціонування елементів системи;

- вибір критеріїв або показників якості функціонування елементів системи.

Задача синтезу технологічних схем полягає у наступному :

- визначенні вимог до виходів системи і реалізації цих вимог відносно структури і динаміки системи в цілому ;

- пошуку способів функціонування елементів і всієї системи ;

- встановленні значень параметрів, якими управляють.

Синтез технологічних схем здійснюють у автоматизованому або інтерактивному варіантах. В основі структурного синтезу є метод експертних оцінок, який реалізується за допомогою матриць так званого парного сполучення ознак та елементів технологічних схем на виділених рівнях системи.

Типова блок-схема вибору ефективної технологічної схеми приведена на мал. 4, де прийняті позначення :

M - індекс структури ; N - індекс параметрів ;

I - індекс елемента вар'юємого N-го параметру ;

K - заданий рівень критерія ;

KI - найменше розрахункове значення критерія при вар'юванні N-го параметру ;

KM - кількість структур, які розглядаються ;

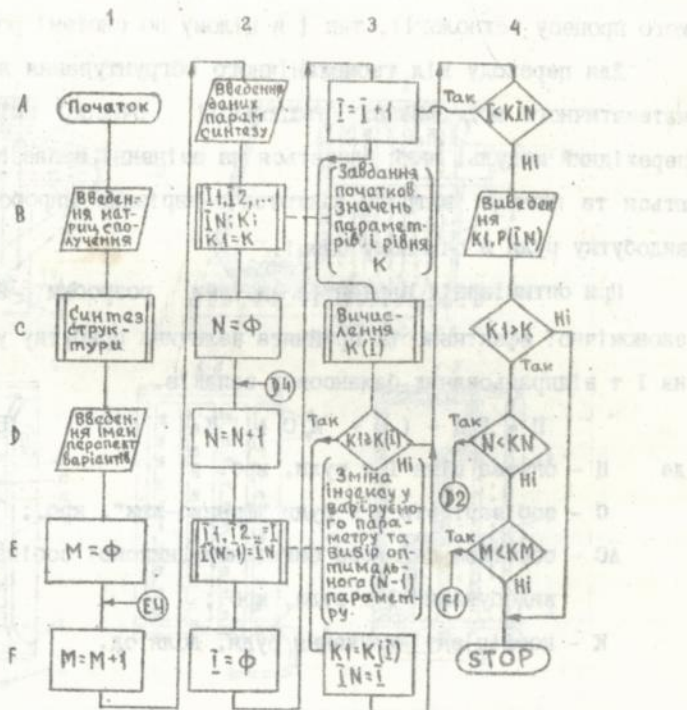
K - кількість параметрів, які змінюються ;

K_i - довжина масиву змінючого параметру ;

I₁, I₂, ..., I_K - індекси параметрів структури, задаються в блоці B_k, корегуються в блоці E_k; I - номер елемента вар'юємого параметру, відповідного найменшому значенню

критерія K(I) при змінюванні N-го параметру ;

P(I, N) - величина вар'юємого показника відповідного мінімальному значенню N-го параметра.



Мал. 4 Типова блок-схема алгоритму синтезу перспективних варіантів технологічних схем

Блок-схема складена на випадок пошуку мінімуму цільової функції $K(I)$; при максимізації $K(I)$ необхідно замінити в операторі Д знак " \geq " на " \leq ". Оператор А виконує останов при досягненні критерієм, який визначається наперед заданого рівня К.

Структурний синтез дозволяє оптимізувати конструкції технологічної схеми. Для визначення показників по системі розробки в цілому необхідно виконати параметричний синтез, тобто, повинен бути здійснений перехід від конструкції технології до економічної моделі. Параметричний синтез дозволяє у автоматизованому режимі

за допомогою ЕОМ визначити техніко-економічні показники як окремого процесу технології, так і в цілому по системі розробки.

Для переходу від геомеханічного обґрунтування до економіко-математичного моделювання технології очисної виїмки створено перехідний модуль, який базується на змінних запасів, що вилучаються та питомій витраті підготовчо-нарізаних виробок на 1000 т видобутку руди в очисному блоці.

При оптимізації варіантів системи розробки за критерієм економічної ефективності прийнята величина прибутку у перерахунку на 1 т відпрацьованих балансових запасів.

$$\Pi = [\text{Ц} - (\text{С} + \Delta \text{С})] \text{К} \quad (5)$$

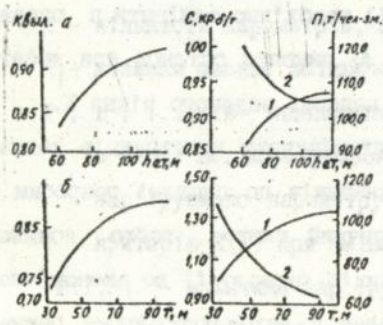
де Ц - оптова ціна 1 т руди, крб. ;

С - собівартість 1 т руди "франко-левк", крб. ;

$\Delta \text{С}$ - постійна складова загальнорудникової собівартості видобування 1 т руди, крб. ;

К - коефіцієнт вилучення руди, доля од.

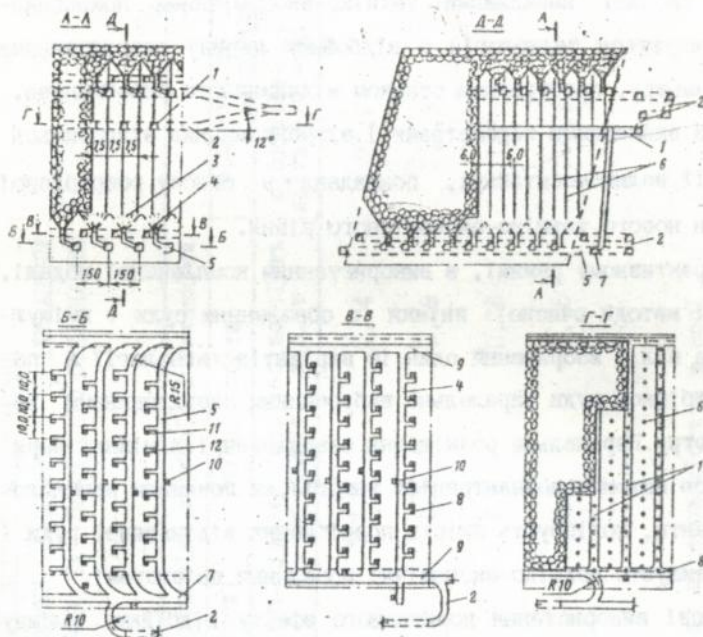
У результаті комплексного моделювання технологій з використанням персональних комп'ютерів розроблені оптимальні варіанти методів виїмки руди системами з відкритим очисним простором і масовим обваленням руди, визначені залежності техніко-економічних показників по системі від основних впливаючих факторів (мал. 5).



Мал.5. Залежність основних техніко-економічних показників системи розробки від висоти поверху (а), та потужності (б) рудного покладу

1 - продуктивність;

2 - собівартість по системі розробки.



Мал.6.Одностадійна система розробки з поверховою відбойкою свердловинами великого діаметру та вібровипуском руди: I - буровий орт "підвального горизонту"; 2 - похилий з'їзд; 3- свердловина діаметром 55-105 мм; 4 - ходовий орт; 5 - транспортний штрек; 6 - свердловина діам. 150-250 мм; 7 - транспортний орт; 8 - ходова збірка; 9 - ходовий штрек; 10 - ходовий піднятезій; II - випускна дучка; 12 - віброустановка.

У автоматизованому режимі визначені параметри та елементи систем розробки, оптимізовані технології у цілому стосовно до виїмки крутопадаючих рудних тіл. Розроблена система з відбойкою паралельними свердловинами діаметром 250 мм.

Зокрема комплексним моделюванням визначені головні параметри поверхово-камерної системи при виїманні руди відповідно до схеми "камера - цілик", висота поверху - 75 м, ширина камери- 28,5 м, відстань між випускними виробками - 15м, діаметр технологічних

свердловин - 250 мм. Розташування зарядів - паралельне. Як виходить з таблиці найкращими техніко-економічними показниками характеризується технологія з відбійков масиву свердловинами великого діаметру, пробуреними станком відчизняного виробництва. Технологія з вказаними параметрами і елементами, яка відноситься до категорії великомасштабних, покладена в основу розробленої моделі шахти нового техніко-економічного рівня.

У інтерактивному режимі, з використанням комплексної моделі, оптимізовані методи очисної виїмки з обваленням руди і вм'ячучих порід. На мал.6 зображений один із варіантів технології з поперховою відбійков руди паралельно вибуреними свердловинами великого діаметру. Паралельне розміщення свердловин і лінійних зарядів з високою питомою концентрацією енергії, як показали промислові експерименти, поліпшують якість подрібнення відбиваємої руди і істотно підвищують техніко-економічні показники по системі.

На основі використання позитивного ефекту відбійки масиву паралельно вибуреними свердловинами розроблені варіанти системи підповерхового обвалення з суміщенням робочих горизонтів і спільним розташуванням зарядів, які підриваються.

У тому випадку, коли виїмання руди ведуть поверхово-камерною системою розробки, високу повноту виїмання корисних копалин досягають, використовувачи закладувальні суміші для заповнення відпрацьованного простору. Дослідження показали доцільність використання у якості закладувального матеріалу відходів гірничодобувних і переробних підприємств.

РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
 ПОВЕРХОВО-КАМЕРНОЇ СИСТЕМИ РОЗРОБКИ З ВРАХУВАННЯМ
 ЗАСТОСУВАННЯ ВІДЧИЗНЯНОГО ТА ІМПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ x).

Комплекс гірничих машин	Техніко-економічні показники					
	Підготовчо-маршні роботи		очисні роботи		в цілому по системі розробки	
	трудоемість, ч.-зм./1000т	собівартість, крб./т	трудоемість, ч.-зм./1000т	собівартість, крб./т	продуктив- ність, т/ч.-зм	собівар- тість, крб./т
НКР-100М, ЗМЕС-2, ПВУ	6,6	0,47	7,5	0,54	70,7	1,01
БШ-200С, ЗМЕС-2, ПВУ	2,9	0,36	4,3	0,49	138,9	0,85
В ОС-306, ЗМЕС-2, ПВУ	2,9	0,36	4,9	0,76	128	1,12
СММ-2, ЗМЕС-2, ПВУ	2,9	0,36	5,7	0,75	116,3	1,11

x) Комплекс обладнання для проходки гірничих виробок містить в собі :

- ВМН-207Л, ПШН - 3, ВПК-10, КСС - М9, Н - 207 М.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі викладені результати теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних на протязі 1960-1995 років. Експериментальна частина досліджень проведена у лабораторіях КТУ та НДГРІ, а також в шахтах Криворізького басейну.

Технологічні рішення, які базуються на отриманих результатах, систематично впроваджувалися у виробництво і забезпечували при цьому підвищення ефективності технології підземного видобутку руди.

Сукупність результатів теоретичних, лабораторних та промислових досліджень складає наукову основу вирішення великої народно-господарської проблеми - оптимізації та вибору високопродуктивних та екологічно шадячих технологій очисної виїмки при підземній розробці рудних родовищ в Україні.

Основні результати дисертаційної роботи полягають у наступному

1. Встановлений характер зміни імпульсу напружень в дальній зоні дії вибуху при відбійці пружно-в'язких порід. Амплітуда радіальних напружень за рахунок наявності в'язкої складалочої у маси в якій відбивають на відстані 20 радіусів заряду від центру вибуху зменшується у 2,3 рази. Неврахування цього явища при визначенні параметрів буровибухових робіт приводить до різкого погіршення масових вибухів в очисних блоках.

2. Доведений вплив якості ізоляції елементів електричної вибухової мережі на повноту вибуху свердловинних зарядів при масовій відбійці руди в складних гірничо-технічних умовах. При існуючих засобах підривання і джерелах живлення вибухових мереж кількість ЕД в схемі при відбійці в обводнених забоях не повинно

перевищувати 30 одиниць.

3. Визначили, що при відбійці у затиснутому середовищі якісне дроблення руди досягається при дотриманні оптимального значення відносного компенсаційного простору який дорівнює 40-60% і одночасному підриванні не більш 3-4 рядів свердловин. При цьому перпендикулярне розміщення шарів, які відбивають відносно виробок горизонता доставки виключає їх порушення масовим вибухом.

4. Розроблений інженерний метод розрахунку оптимальних параметрів короткосповільненого підривання. Визначена оптимальна глибина технологічних свердловин по критерію їх граничного покриття за умов виробництва якісного масового вибуху. Оптимальне сповільнення складає 30-15 мсек при відбійці руд з коефіцієнтом міцності відповідно 6-8 по шкалі проф. Протод'яконова.

5. Дослідженнями обґрунтоване водонасичення гранульованих аміачно-селітрових в.р. до межі 5-7%, що забезпечує зниження витрат в.р. які подаються у висхідні свердловини на 15-20%, зменшення до безпечних розмірів накопичення статичної електрики на елементах зарядної установки і у навколішньому свердловинно-породному масиві, підвищення лінійної швидкості детонації заряду на 10-15%.

6. Розроблена методика структурно-параметричного синтезу технологічних схем очисної виїмки та їх оптимізації, застосування якої забезпечує підвищення прибутку при підземному видобуванні руди на 25-30%.

7. Запропоновані та впроваджені у виробництво параметри і структурні елементи технологічної схеми шахти майбутнього.

8. Економічний ефект від реалізації тільки частини результатів досліджень на рудниках Кривбасу у цінах 1990 р. склав близько 3,0 мільйонів карбованців.

Список праць по темі дисертації

1. Дядечкин Н.И., Шиповский Г.В. Инструкция по выбору и оптимизации параметров и элементов этажно-камерной системы разработки на основе программы ПР7. - Кривой Рог: НИГРИ, 1968. - 69 с.
2. Методические рекомендации по применению структурного синтеза при проектировании камерных систем разработки и методов отбойки руды / Г.П.Ананьин, И.П.Кононов, Н.И.Дядечкин и др. - Кривой Рог: НИГРИ, 1985. - 28 с.
3. Исследование влияния некоторых параметров взрывных работ на сейсмическое действие и качественные показатели взрыва /Л.П.Грибанова, Н.И.Дядечкин, В.М.Ткаченко и др. // ФТПРИ, 1975, N 1, с. 46-50.
4. К методике моделирования полей давлений при взрыве /Н.И.Дядечкин, В.Д.Ицхакин, В.Г.Лосьев, А.Г.Коган // Горн.журн., 1969, N 6, с. 34-36.
5. Комир В.М., Назаренко И.Г., Дядечкин Н.И. Использование метода характеристик для расчета на ЭВМ динамических полей напряжений в упруго-вязкой среде. - В кн.: "Физика и процессы разрушения горных пород:Сб.науч.тр. - К.:Наук.думка, 1987, с.73-80.
6. Дядечкин Н.И., Лосьев В.Г., Сэворский П.К. Исследование механизма разрушения горных пород взрывом // Горн.журн., 1973, N 4, с. 42-43.
7. Дядечкин Н.И. Пути повышения надежности электрических взрывных сетей при производстве массовых взрывов. - В кн.: "Разработка рудных месторождений: Респ.межвед.науч.-техн.сб. N 18. Подземные горные работы. - К.: Техника, 1974, с. 159-166.
8. Олейник Н.П., Дядечкин Н.И., Островский В.Б. Повышение надежности электровзрывных сетей при отбойке руды в обводненных

условиях // Горн. журн., 1973, N. 1, С. 18-24.

9. Овсянников А.Н., Дядечкин Н.И. Исследование методов моделирования отбойки руды в условиях зажима : Сб. науч. тр. КГРИ. - Киев, 1962, N. 13, с. 23-28

10. Определение физико-механических характеристик и качественного состава рудной массы с применением изотопов /Н.И. Дядечкин, В.Ф. Полевой, С.П. Харитонов и др. : Сб. науч. тр. НИГРИ. - Киев, 1971, N. 16, с. 64-69

11. Исследование влияния способов отбойки на качество дробления руды / Дядечкин Н.И., Полевой В.Ф., Витель О.И., Лисова Л.Л. // Изв. вузов. Горн. журн., 1973, N.11, с. 73-79

12. Промышленные испытания одностадийной системы разработки в Кривбассе / Дядечкин Н.И., Мазай Г.Д., Григорец Н.Г. и др. //Горн. журн., 1986, N. 7, С. 34-36.

13. Применение короткозамедленного взрывания на подземных работах / Малахов Г.М., Лавриненко В.Ф., Дядечкин Н.И. и др. //Бюлл. ЧМ, 1962, N. 22, С. 18-24.

14. Новый метод короткозамедленного взрывания при подземной разработке руд / Малахов Г.М., Лавриненко В.Ф., Дядечкин Н.И. и др. // Горн. журн., 1962, N. 9, с. 37-41.

15. Результаты применения новых методов короткозамедленного взрывания при подземной разработке руд / Малахов Г.М., Лавриненко В.Ф., Дядечкин Н.И. и др. //Металлургическая и горнорудная промышленность, 1962, N. 4, С. 38-42.

16. Малахов Г.М., Дядечкин Н.И. Исследование короткозамедленного взрывания при массовой отбойке руды // Изв. вузов. Горн. журн., 1964, N. 9, с. 73-77.

17. Малый П.С., Дядечкин Н.И. Короткозамедленное взрывание при проходке шахтных стволов и сопряжений // Горн. журн., 1965, N.3, С. 72-73.

18. Совершенствование метода отбойки руды на рудниках Криворожского бассейна / Г.М.Малахов, Н.И.Дядечкин, К.К.Бабец и др. //Горн.журн., 1972, N. 8, с. 23-25.

19. Малахов Г.М., Дядечкин Н.И. Результаты экспериментальных исследований процесса разрушения КЗВ в условиях Криворожского бассейна. - В кн.: Проблемы разрушения горных пород взрывом. - М.: Недра, 1967, С. 164-171.

20. Djadechkin N.I. Mining methods of the Rodina mine //Mining Magazine. - London. - 1992. - N. 9. - pp.142-143.

21. Определение взрывных характеристик простейших в.в. при очистной выемке / Дядечкин Н.И., Лосьев В.Г., Гурин А.А., Назаренко Н.В. // Горн.журн., 1970, N. 8, с. 40-42.

22. Исследование гранулированных в.в. / Малахов Г.М., Дядечкин Н.И., Лосьев В.Г., Перегудов В.В. - В кн.: Использование взрыва в н.х. Ч. II. - К.: Наук.думка, 1970, с. 84-89.

23. Способы инициирования колонковых зарядов из простейших в.в. / Дядечкин Н.И., Лосьев В.Г., Желтецкий А.Е. и др. //Горн.журн., 1970, N. 3, с. 36-37.

24. Дядечкин Н.И. Об эффективности увлажнения гранулированных в.в. - В кн.: "Взрывное дело", сб. 74/31. Гранулированные и водосодержащие в.в. - М.: Недра, 1977, с. 76-79.

25. Дядечкин Н.И., Перегудов В.В., Юрченко П.Г. Учет искривления взрывных скважин // Бюл. ЧМ, 1974, N. 9, С. 36-37.

26. Совершенствование методов подготовки рудных залежей на глубоких горизонтах шахт Кривбасса / Г.М.Малахов, В.А.Лубенец, Н.И.Дядечкин и др. // Горн.журн., 1976, N. 6, С. 29-32.

27. Дядечкин Н.И., Шарун В.Г. Пути повышения эффективности проведения горизонтальных выработок на шахтах Криворожского бассейна //Горн.журн., 1974, N. 5, С. 36-39.

28. Дядечкин Н.И., Шиповский Г.В. Выбор и оценка эффективности метода очистной выемки при разработке крепких руд // Изв. вузов. Горн. журн., 1987, N. 3, С. 24-29.

29. Дядечкин Н.И., Шиповский Г.В., Удовенко Л.А. Повышение эффективности систем разработки при подземной добыче в Кривбассе // Горн. журн., 1984, N. 5, С. 27-32.

30. Влияние диаметра заряда на эффективность взрывной отбойки // В.Ф.Бызов, Г.Ф.Дробин, Н.И.Дядечкин и др. / КГРИ. - Кривой Рог, 1991. - 7 с. - Деп. в УкрНИИТИ 17.09.91, N. 1279.

31. Дядечкин Н.И., Шиповский Г.В., Беспалько Л.Н. Выбор технологии и оптимизация параметров очистной выемки при разработке железных руд. - В кн.: "Проблемы повышения эффективности работы горнорудных предприятий". - Кривой Рог: НИГРИ, 1987. - С.7-12.

32. "Тигант-Глубокая" - шахта нового технико-экономического уровня / Мартыненко В.П., Кононов И.П., Дядечкин Н.И. и др. // Горн. журн., 1981, N. 7, С. 44-46.

33. Новый эффективный метод буровзрывных работ / Малахов Г.М., Лубенец В.А., Колодезнев А.С., Дядечкин Н.И. // Горн. журн., 1983, N.1, С. 37-40.

34. Совершенствование системы подэтажного обрушения на шахтах РУ им. Дзержинского / Дядечкин Н.И., Саворский П.К., Перегудов В.В. и др. // Горн. журн., 1977, N. 1, С. 18-23.

35. Способ разработки рудных месторождений с камерной выемкой // А.С.Н. 4459081/ 27-03 90860720 с приорит.25.01.90г./Авторы:С.А.Черненко,Ю.П.Капленко,Н.И.Дядечкин.

36. Дядечкин Н.И. Рациональное и комплексное использование минеральных ресурсов Украины // Горн. журн., 1993, N.5, С. 48-52.

37. Черненко А.Р., Дядечкин Н.И. Концепция эффективного использования железорудных ресурсов в Кривбассе. - В кн.: Совер-

шенствование горнорудного производства. - Кривой Рг:НИГРИ,1990,
С. 4-7.

38. Рационально использовать минеральные ресурсы /Г.М.Малахов,
Н.И.Дядечкин,Ж.П.Романченко и др. //Горн.журн., 1967,Н.3,С.10-11.

39. Об использовании отходов обогащения и пород попутной
добычи для производства закладочных смесей /
Г.М.Малахов,Н.И.Дядечкин,Ж.П.Романченко и др. //Горн.журн.,1980,
Н.5,С.24-27.

40. Gubin G.V., Djadechkin N.I. Conception resource-saving
and ecologically clean mine-mill enterprise // XVI world Mining
Congress, Sofia, Sept.12-14.1994.p.345-351.

41. Дядечкин Н.И. Некоторые технологические аспекты проблемы
горного давления на рудниках Кривбасса //ФТПРПИ, 1985,Н.4,С.201-
203.

42. Исследование влияния диаметра зарядов на грансостав
взорванной горной массы/ В.Ф. Бызов, Г.Ф. Дробин, Н.И. Дядечкин//
Киев. - 1991. - 7 с., -Деп. в УкрНИНТИ, N1281, УК - 91.

Підписано до друку 29.10.1996 р. 'Об'єм 2,0 др. арк.
Замовлення N 39, тираж 100пр. РТП НДГРІ м.Кривий Ріг.

Djadechkin N.I. Rising of the underground mining systems efficiency on the basis improving blasting and complex modelling.

Dissertation for a doctor's degree of technical sciences by speciality 05.15.02 - underground mining of mineral deposits.

Krivoy Rog's Technical University, 1996.

41 scientific work and author's certificat are defended that comprise results of theoretical and experimental investigations dedicated to creation of resources - saving technologies in underground mining iron-ore deposits.

The work is based mainly on the results of industrial experiments, and this provided high level of introducing recommendations and proposals.

The created fundamentals of complex modelling and optimization of stoping methods by way of ECM usage on the CAD level.

Дядечкин Н.И. Повышение эффективности системы подземной разработки на основе совершенствования отбойки руды и комплексного моделирования.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.15.02 - подземная разработка месторождений полезных ископаемых.

Криворожский технический университет. 1996.

Защищается 41 научная работа и авторское свидетельство в которых содержатся результаты теоретических и экспериментальных исследований, посвященных созданию ресурсосберегающих технологий при подземной разработке железорудных месторождений.

Работа базируется на результатах промышленных экспериментов, обеспечивающих высокую степень внедрения рекомендаций и предложений.

Разработаны основы комплексного моделирования и оптимизации методов очистной вземки путем применения персональных ЭВМ на уровне САПР.

Ключові слова: технологія очисної взимки, відбійка масиву, комплексне моделювання, структурно-параметричний синтез.

Здобувач

N. I. Djadechkin

М.І. Дядечкін

436/11

AB 36.049