**Александров Сергій Миколайович. Керування стійкістю підготовчих виробок регулюванням ефекту саморозклинювання уміщуючих порід: дис... д-ра техн. наук: 05.15.11 / Національний гірничий ун-т. - Д., 2004**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Александров С.М. Керування стійкістю підготовчих виробок регулюванням ефекту саморозклинювання уміщуючих порід. Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.11 – «Фізичні процеси гірничого виробництва». – Національний гірничий університет Міністерства освіти і науки України. – Дніпропетровськ: 2004.  У роботі визначені умови виникнення ефекту саморозклинювання зруйнованих порід навколо підготовчої виробки, зрушення породних блоків, що характеризуються одночасністю в радіальному відносно центра виробки напрямку і стискаючою компонентою напружень в тангенціальному відносно контуру виробки напрямку; встановлені причини зникнення ефекту саморозклинювання, що полягають у черговості зміщення сусідніх породних блоків в зоні непружних деформацій; визначена найбільш вірогідна форма порушення саморозклиненого стану порід – породної складки; уточнений механізм розвитку зони непружних деформацій навколо виробки у вигляді фронту розущільнення, за яким формується зона відносного стиснення; встановлені мінімальні величини бокового підпору зруйнованих порід (порядку 2–5 МПа), при яких значення зміцнюючого ефекту саморозклинювання максимальне; розроблені нові принципи збереження стійкості виробки в зоні активного впливу очисних робіт, що засновані на забезпеченні одночасності радіальних зрушень зруйнованих порід в поперечному перерізі виробки і збільшенні стискуючих напружень з одночасним вирівнюванням головних нормальних компонент в критичних зонах, де найбільш ймовірно виникнення ефекту саморозклинювання; розроблені нові ефективні способи і технології збереження стійкості підготовчої виробки; розроблені “Рекомендації…” з управління ефектом саморозклинювання вміщуючих виробку порід для застосування на шахтах України при відробці запасів в складних гірничо-геологічних умовах. | |
| |  | | --- | | Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій науково обґрунтований механізм саморозклинювання вміщуючих підготовчу гірничу виробку порід. На його основі вирішена актуальна науково-прикладна проблема керування стійкістю підготовчих виробок регулюванням ефекту саморозклинювання уміщуючих порід, що має важливе значення для вугільної промисловості України і реалізується підвищенням стійкості підготовчих виробок в зонах динамічного опорного тиску і активного зрушення.  Основні наукові і практичні положення дисертації полягають в наступному:   1. Виникнення ефекту саморозклинювання навколо підготовчої виробки характеризується одночасністю зміщень блоків порід в радіальному відносно центра виробки напрямку. Перший стійкий ефект саморозклинювання порід спостерігається після досягнення позамежного стану і утворення зони непружних деформацій розміром 0,4-0,6 і більше за радіус перерізу виробки. 2. Ефект саморозклинювання раніше зруйнованих порід супроводжується різким загасанням інтенсивності їх зміщень, яка меншає в декілька разів, що підкоряється принципу Ле Шателье–Брауна. В області саморозклинених порід зареєстроване відносне радіальне стиснення раніше зруйнованої товщі в межах 0,003–0,0157 (3-15,7 мм/м). 3. Зростання області непружних деформацій навколо підготовчої виробки в зонах динамічного гірського тиску відбувається стрибками через 1-86 діб на обмежених дільницях границі області довжиною 1-2 ширини виробки начорно для пластичних порід і 0,1-0,8 довжини периметра області для крихких порід. Розширення області непружних деформацій відбувається на тих дільницях, навпроти яких зона саморозклинювання розсіялася або взагалі раніше не виникала. 4. Під дією максимальних напружень в найбільш напружених локальних зонах відбувається втрата стійкої рівноваги і доруйнування породних блоків в ядрі стиснення з подальшим розсіюванням ефекту саморозклинювання, причому більшість зруйнованих порід (у вигляді блоків нерегулярної форми) починає інтенсивно зміщатися у бік порожнини виробки. При відсутності ремонтних робіт у виробці зони саморозклинювання виникають багато разів під дією безповоротних зміщень зруйнованих порід в порожнину виробки до повного вичерпання її поперечного перерізу. 5. Встановлено, що ефект саморозклинювання має тимчасовий характер і розсіюється під дією доруйнування породних блоків в ядрі зони саморозклинювання з подальшим почерговим переміщенням вказаних блоків. При цьому якщо один з блоків збільшує інтенсивність зміщення, то сусідній сповільнює, пропускаючи перший блок уперед. Черговий характер зміщень породних блоків у осередку зони саморозклинювання є однією з типових особливостей прояву даного механізму зрушень. Відмічений явний черговий характер локальних змін напруженого стану навколо виробки. При цьому істотні зміни напруженого стану реалізовуються по черзі на локальних дільницях породної товщі, що примикає до контуру виробки. Доведено, що ефект саморозклинювання супроводжується підвищенням напружень в місці розклинення, принаймні, в 2 рази. 6. Ефект саморозклинювання раніше зруйнованих порід багато разів повторюється доти, поки зрушення навколо виробки носять активний характер, тобто, викликані активним приростом гірського тиску або нерівновагим станом товщі. Саме тому яскраво виражений ефект саморозклинювання зареєстрований в зоні динамічного опорного тиску попереду рухомого очисного вибою і активних зрушень товщі поза ним. 7. Зони саморозклинювання порід є природними стопорами, перешкоджаючими розвитку зони руйнування навколо виробки. Тому утворення зони саморозклинювання порід, як правило, приводить до зупинки зростання області руйнування породи у бік масиву. Цим пояснюється різка асиметрія процесу розвитку зони руйнування навколо виробки. Її розвиток відбувається нерівномірно у часі і по черзі в різних напрямках. Після закінчення активної стадії зрушень зони саморозклинювання порід поступово зникають через процеси релаксації, що супроводжуються переходом стискаючих деформацій у розтягуючі. 8. Зіставлення результатів вивчення ефекту саморозклинювання порід за допомогою фізичного моделювання і результатів вимірювання зрушень порід з допомогою глибинних реперів, а також натурних даних з вивчення складкоутворення, свідчить про їх явний зв'язок. Встановлено, що складкоутворення є найбільш вірогідною формою порушення саморозклиненого стану порід. Саме в місцях зародження і розвитку породної складки зареєстрований черговий рух блоків порід. Таким чином, для створення і збереження саморозклиненого стану порід необхідно, передусім, намагатися запобігти утворенню породної складки або, принаймні, управляти її розвитком. Вельми важливо, що складкоутворення носить яскраво виражений локальний характер і досить добре передбачуване. Звідси витікає, що принципи забезпечення стійкості підготовчої виробки можна засновувати на локальному і виборчому впливі на вміщуючі породи. З практичної точки зору це означає, що технології, засновані на такому принципі, будуть економічні, раціональні і ефективні. 9. На основі результатів комп'ютерного моделювання отримано пояснення механізму самозміцнення раніше зруйнованих порід навколо підготовчої виробки в ядрі зони стиснення. Воно складається у вирівнюванні головних нормальних стискаючих компонент напружень на відстані радіуса перерізу в покрівлі і 1,7-2 радіусів у підошві для арочного перерізу виробки на первинному етапі руйнування вміщуючих порід. Саме в тих місцях, де відбувається такий збіг, порода саморозклинюється, що підвищує її міцність і, як наслідок, стійкість виробки. При подальшому розвитку процесу руйнування виникають нові кільця або сегменти саморозклинених порід, де внаслідок перерозподілу напружень відбувається зближення головних нормальних стискаючих компонент. 10. Лабораторні випробування показали, що для всіх типів порід, включаючи аргіліти, алевроліти, пісковики і вугілля, максимальний приріст зміцнюючого ефекту спостерігається спочатку приросту бокового підпору. Це означає, що ефект саморозклинювання може виникати навіть при невеликих підпірних зусиллях, сумірних з тими, які можуть штучно створюватися за допомогою таких технологій, як тампонаж, анкерне кріплення та інші. Аргіліт змінює зміцнюючий ефект найбільш плавно. Найбільшу питому величину зміцнюючого ефекту на початковій стадії приросту бокового підпору має алевроліт (від 40 до 73 МПа). Питомий приріст міцності аргіліту при боковому підпорі 1 МПа становить 20-28 МПа, вугілля 7-9 МПа. Отримані співвідношення дають основу затверджувати, що алевроліт і пісковик є найбільш відповідними породними шарами, в яких доцільно штучно створювати і підтримувати ефект саморозклинювання, причому в процесі подальшого збільшення бокового підпору приріст міцності зруйнованих порід меншає за експонентою, і він тим вище, чим ближче блоки зруйнованої породи до ядра зони саморозклинювання. 11. На основі виконаних досліджень розроблені геомеханічні принципи забезпечення стійкості підготовчої виробки і способи їх реалізації на основі управління ефектом саморозклинювання вміщуючих порід: 1) управляти зрушенням вміщуючих порід так, щоб забезпечити одночасність їх радіальних зрушень; 2) збільшувати рівень напружень з одночасним вирівнюванням головних нормальних компонент в критичних зонах, де найбільш ймовірно виникнення ефекту саморозклинювання; 3) створювати або зберігати зони відносного стиснення порід в навколишньому масиві; 4) перешкоджати зародженню і розвитку породної складки; 5) усувати можливість чергового розвитку зони руйнування навколо виробки в різних напрямках, а також можливість повторних доруйнувань раніше зруйнованого масиву. 12. Розроблені способи кріплення і збереження стійкості підготовчих виробок, що реалізують вищезгадані принципи. Показано, що основні засоби кріплення підземних виробок повинні забезпечувати локальність і вибірковість розподілу зусиль і матеріалів на забезпечення стійкості. До таких матеріалів автор відносить, передусім, анкерне кріплення і породні болти зокрема, засоби посилення стаціонарного кріплення за допомогою стояків і направлене зміцнення порід шляхом нагнітання скріпляючих сумішей. Розроблені способи включають наступні прийоми і засоби забезпечення стійкості виробки: а) проведення виборчого зміцнення масиву із застосуванням в’яжучих складів для фіксації («заморожування») зон відносного стиснення раніше зруйнованих порід; б) цілеспрямоване формування відносно стислих секторів і кілець порід на контурі виробки за допомогою застосування активного, в тому числі і динамічного впливу на приконтурний зруйнований масив під час найбільш інтенсивного розвитку зони руйнування навколо виробки; в) розробка нових паспортів кріплення виробки анкерним кріпленням, при яких анкери раціонально розташовуються один відносно одного і концентруються в області потенційного зародження породних складок; г) встановлення комбінованого анкерно-кущового кріплення посилення, що поєднує анкери, які взаємодіють зі стояками посилення; д) проведення виборчого зміцнення найбільш небезпечних зон складкоутворення за допомогою в’яжучих речовин. 13. Обґрунтовано поетапне управління ефектом саморозклинювання зруйнованих порід. При цьому кількість етапів і періоди їх застосування визначаються критерієм стійкості проф. Заславського Ю.З. 14. Обґрунтована нова концепція забезпечення стійкості виробки, що виключає штучне руйнування масиву навколо виробки і заснована на посиленні порід незайманого масиву, що примикає до виробки із застосуванням заходів, сприяючих багаторазовому виникненню і посиленню ефекту саморозклинювання раніше зруйнованих порід. Ця концепція сприяє максимальному використанню природної несучої здатності масиву і направляє процес його руйнування за найбільш енергоємним шляхом, оскільки роботу з руйнування навколишніх порід виконує тільки гірський тиск. 15. Результати промислової перевірки розроблених заходів щодо забезпечення стійкості підготовчих виробок в зонах динамічного опорного тиску і активних зрушень підтвердили достовірність основних наукових положень, використаних при розробці вказаних заходів. Вибір заходів щодо забезпечення стійкості підготовчих виробок в конкретних геотехнологічних умовах проводився із залученням сучасних методів чисельного моделювання методами: еквівалентної тонкої плити на неоднорідній основі, скінченних елементів і динаміки зернистих дискретних середовищ. Це дозволило врахувати максимальну кількість впливаючих на стійкість виробок чинників, визначити і деталізувати критичні дільниці вміщуючого масиву і забезпечити максимальну ефективність застосування засобів кріплення за рахунок локальності і вибірковості впливу на масив. 16. При забезпеченні стійкості південного магістрального відкаточного штреку при його надробці на шахті «Західнодонбаська» досягнуте зменшення середнього зміщення покрівлі в два рази в порівнянні з прототипом, що підтверджено розрахунковими даними. При цьому зміцнення вміщуючих порід в покрівлі виробки збільшилося в 2,8 рази, що дозволило підтримати ефект саморозклинювання на протязі 4-х тижнів. Виконані заходи дозволили зберегти переріз виробки в задовільному стані в найбільш критичний момент її надробки, що дало можливість забезпечити її нормальне провітрювання, підтримати видобуток на плановому рівні і забезпечити роботу надроблюючої лави протягом чотирьох діб, запланованих на проведення ремонтних робіт в виробці, що нароблялася. У результаті вдалося уникнути витрат на проведення ремонтних робіт в розмірі 32,6 тис. грн. і забезпечити додатковий видобуток вугілля на суму 927,4 тис. грн., що в сукупності дозволило отримати фактичний економічний ефект від впровадження «Рекомендацій…» з забезпечення експлуатаційного стану південного магістрального відкаточного штреку гор. 480 м в розмірі 960 тис. грн. 17. На основі нової технології зміцнення вміщуючих порід з використанням ефекту саморозклинювання забезпечена стійкість сполучення бункера з польовим конвеєрним штреком при їх надробці на шахті «Південнодонбаська №1». Застосування запропонованих автором заходів з забезпечення стійкості вузла сполучення виробок дозволило досягнути зміцнюючого ефекту в 3,2 рази і знизити зміщення на сполученні в 4,3 рази в порівнянні з очікуваними. У результаті вдалося відпрацювати лаву без затримки і добути додаткову кількість вугілля в розмірі 60,1 тис. тонн, що дозволило отримати прибуток 1,7 млн. гривень. 18. Внаслідок впровадження на шахті «Південнодонбаська №1» нового способу кріплення примикаючої до лави підготовчої виробки анкерним кріпленням забезпечена її стійкість, зекономлені кошти на додаткове кріплення сполучення виробки з лавою. Результати вимірів конвергенції в експериментальній виробці показали, що задіяні заходи дозволили зменшити опускання покрівлі на сполученні в 1,8 разу і знизити частоту обвалення на 80% в порівнянні з прототипами. Фактичний економічний ефект від впровадження заходів щодо забезпечення стійкості сполучення повітряподавального хідника із 26-ю західною лавою пласта с11 становив 509,25 тис. грн. 19. На основі отриманих у цієї роботі наукових і практичних результатів розроблені «Рекомендації по забезпеченню стійкості підготовчих та очисних виробок в зонах активного прояву гірського тиску» з управління ефектом саморозклинювання вміщуючих виробку порід для застосування на шахтах України при відробці запасів в складних гірничо-геологічних умовах. Потенційний економічний ефект від використання розробок даної дисертації становить 5-8 млн. гривень на рік. | |