

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

РАСКИДКИН Володимир Вікторович

УДК 622.831



**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПОСОБУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
СТІЙКОСТІ СПОЛУЧЕНЬ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК
ГЛИБОКИХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

Спеціальність: 05.15.04 – "Шахтне та підземне будівництво"

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2012
Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Публічному акціонерному товаристві «Державна холдингова компанія "Спецшахтобуріння"» (м. Донецьк).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Левіт Віктор Володимирович,
генеральний директор ТОВ «Шахтобудівельна компанія
"Донецькшахтопроходка"» (м. Донецьк).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бондаренко Володимир Ілліч,
завідувач кафедри підземної розробки родовищ
Державного вищого навчального закладу «На-
ціональний гірничий університет» Міністерства освіти і
науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ)

кандидат технічних наук
Слащов Ігор Миколайович,
старший науковий співробітник відділу проблем роз-
робки родовищ на великих глибинах Інституту гео-
технічної механіки ім. М.С. Полякова Національної
академії наук України (м. Дніпропетровськ).

Захист відбудеться "26" жовтня 2012 р. о 12.00 годині на засіданні спеці-
алізованої вченої ради Д 08.080.04 при Державному вищому навчальному
закладі "Національний гірничий університет" Міністерства освіти і науки, мо-
лоді та спорту України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К.
Маркса, 19, тел. (0562)47-24-11.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного вищого на-
вчального закладу "Національний гірничий університет" Міністерства освіти і
науки, молоді та спорту України (49005, м. Дніпропетровськ, просп. К.
Маркса, 19).

Автореферат розісланий "26" вересня 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої
ради



О.В. Солодянкін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сполучення гірничих виробок є відповідальними і складними об'єктами, що характеризуються значними розмірами в порівнянні з протяжними ділянками виробок, більш інтенсивними проявами гірничого тиску, трудомісткістю проведення і підтримки в період експлуатації.

Традиційні рішення, що приймаються при підтримці сполучень, – посилення кріплення за рахунок збільшення її щільності або застосування кріплення з більшою масою профілю, не дає позитивного результату.

Існуючі проектні рішення зазвичай враховують узагальнені гірничо-геологічні, технічні і технологічні фактори і передбачають застосування традиційних способів підтримки, що призводить до необхідності виконання ремонту, порушення ритмічності виконання гірничодобувних робіт.

Багато в чому така ситуація обумовлена недостатніми відомостями про характер прояву геомеханічних процесів навколо сполучень, а відсутність єдиної теорії розрахунку параметрів кріплення сполучень гірничих виробок призвела до виникнення великої кількості методик розрахунку і рекомендацій.

Необхідно відзначити, що різноманіття гірничотехнічних і гірничо-геологічних умов вимагає індивідуального підходу до складання проекту або паспорта кріплення сполучень гірничих виробок для конкретних гірничо-геологічних умов шахт. Цим буде досягнуто і оптимальне, з погляду матеріальних витрат і експлуатаційних якостей, кріплення сполучення, конструктивне і технологічне рішення.

Таким чином, встановлення закономірностей формування напружено-деформованого стану навколо сполучень підготовчих виробок шахт, розташованих в неоднорідному порідному масиві з метою підвищення їх стійкості і зниження витрат, пов'язаних з їх експлуатацією, є актуальним науково-технічним завданням і має велике значення для вугільної галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Робота виконана відповідно до програми науково-дослідних робіт Державного ВНЗ «Національний гірничий університет», яка пов'язана з держбюджетною темою ГП-410 «Геомеханічне обґрунтування підземної технології інтенсивного видобутку вугілля з урахуванням особливостей геологічного середовища» (№ держреєстрації 0108U000541) і госпдоговірною темою ХТ-050384 «Надання науково-технічної допомоги в експериментальній перевірці несучої здатності комбінованих систем кріплення, в підготовчих виробках шахт ПАО «ДТЕК Павлоградвугілля» з метою повторного їх використання».

Мета досліджень полягає в обґрунтуванні параметрів способу забезпечення стійкості сполучень протяжних гірничих виробок, що забезпечують їх безремонтну експлуатацію в складноструктурному породному масиві в гірничо-геологічних умовах шахти ім. В.М. Бажанова.

Для досягнення поставленої мети в дисертації сформульовані і виконані наступні **основні задачі досліджень**:

- аналіз стану протяжних гірничих виробок та їх сполучень, а також результатів досліджень в області забезпечення тривалої стійкості вузлів сполучень;
- виконання комплексу натурних досліджень в протяжних виробках і на ділянках сполучень шахти ім. В.М. Бажанова;
- обґрунтування і розробка математичних моделей ділянки сполучень основних підготовчих виробок для різних етапів їх спорудження та вибору параметрів способу підвищення стійкості;
- оцінка напружено-деформованого стану складноструктурного неоднорідного породного масиву навколо сполучень протяжних виробок при існуючій і запропонованій технології їх спорудження;
- геомеханічне обґрунтування параметрів способу забезпечення стійкості сполучень підземних виробок;
- розробка рекомендацій з підвищення стійкості сполучень основних підготовчих виробок, що забезпечують їх безремонтну експлуатацію в умовах шахти ім. В.М. Бажанова;
- визначення очікуваного економічного ефекту від застосування нових технічних рішень з підвищення стійкості сполучень магістральних протяжних виробок.

Ідея роботи полягає в урахуванні особливостей прояву геомеханічних процесів навколо вузла сполучення і прилеглих ділянок протяжних виробок при обґрунтуванні параметрів кріплення сполучень в гірничо-геологічних умовах шахти ім. В.М. Бажанова ДП «Макеєввугілля».

Об'єктом досліджень є стійкість сполучень основних підготовчих виробок.

Предмет досліджень – напружено-деформований стан вузла сполучення і прилеглих ділянок основних підготовчих виробок.

Методи досліджень. Методичну основу досліджень складає комплексний підхід, який полягає в аналізі джерел інформації в області стійкості підземних гірничих виробок і сполучень, а також методів оцінки напружено-деформованого стану породного масиву, ослабленого штучними порожнинами; натурні інструментальні вимірювання та візуальні обстеження; аналітичні дослідження із застосуванням чисельних методів вирішення геомеханічних задач; використання методів механіки суцільного твердого деформованого тіла, механіки руйнування, математичної статистики і теорії вірогідності при обробці результатів вимірювань.

Наукові положення, що захищаються в дисертації:

1. Зміщення контура примикаючих до сполучення виробок, яка споруджуються безпосередньо в забої основної, менше в 1,5-2,0 рази, ніж при формуванні сполучення на відстані 30-35 м від нього, що зумовлює вибір раціональної технології формування сполучень і заходів, спрямованих на забезпечення стійкості приконтурного масиву.

2. Зміщення контура ділянки основної виробки, що примикає до сполучення, зменшуються в два рази при встановленні анкерів довжиною 2,4 м по двох рядах з відстанню між анкерами 0,5 м впродовж 20 м від сполучення, що

попереджає виконання робіт, пов'язаних з перекріплюванням виробки та підриванням порід підосви.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше для гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов шахти ім. В.М. Бажанова встановлені закономірності деформації в часі ділянок сполучень основних підготовчих виробок;
- обґрунтована геомеханічна модель сполучення протяжної виробки, пройденої в неоднорідному породному середовищі для різних етапів спорудження сполучення;
- вперше для гірничо-геологічних умов шахти ім. В.М. Бажанова встановлені закономірності розподілу напружень та переміщень навколо сполучень основних підготовчих виробок;
- встановлені нові закономірності зміни стійкості сполучень і примикаючих ділянок основних підготовчих виробок;
- встановлені параметри способу підвищення стійкості сполучень основних підготовчих виробок.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей розподілу напружень навколо сполучень підготовчих виробок, пройдених в істотно неоднорідному породному середовищі.

Практичне значення роботи полягає в розробці:

- нового способу забезпечення стійкості сполучень виробок, що враховують механізм деформації приконтурної зони порід в умовах взаємного впливу примикаючих виробок;
- методики визначення раціональних параметрів способу забезпечення тривалої стійкості сполучень основних відкочувальних і вентиляційних виробок;
- рекомендацій з підвищення стійкості сполучень основних відкочувальних і вентиляційних виробок на шахтах ДП «Макеєвугілля».

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується використанням апробованих методів досліджень, таких як механіка суцільного середовища, теорія вірогідності і математична статистика, теорія планування експерименту, і підтверджується задовільним збігом результатів натурних і чисельних експериментів (похибка складає 15-20 %).

Реалізація роботи в промисловості. Розроблена «Методика визначення параметрів кріплення сполучень на шахтах ДП «Макеєвугілля» і «Рекомендації з підвищення стійкості сполучень» використовуються при проектуванні параметрів систем розробки. Результати досліджень можуть бути використані в аналогічних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах вугільних шахт.

Особистий внесок автора полягає у формулюванні мети і основних задач досліджень, наукових положень, організації і виконанні натурних вимірювань, виконанні аналітичних досліджень, розробці "Рекомендацій з підвищення стійкості сполучень основних підготовчих виробок на шахті ім. В.М. Бажанова", впровадженні розроблених рекомендацій в промисловості.

Апробація результатів досліджень. Основні положення, результати і зміст роботи докладалися на: засіданні науково-технічної ради шахти ім.

В.М. Бажанова, на науковому семінарі кафедри будівництва і геомеханіки Державного ВНЗ «Національний гірничий університет», а також на міжнародних науково-технічних конференціях «Перспективи освоєння підземного простору» (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2007, 2012), «Форум гірників» (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2011), «Неделя горняка» (Москва, МГГУ, 2011), міжнародній науково-технічній конференції, присвяченій 80-літтю кафедри будівництва і геомеханіки (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2010), регіональній науково-практичній конференції «Проблеми гірничої технології» (Красноармійськ, КП Державного ВНЗ «ДонНТУ», 2010), конференції молодих учених «Геотехнічні проблеми розробки родовищ» (Дніпропетровськ, ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, 2007, 2011).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладені в 9 наукових працях, зокрема в 5 статтях, опублікованих у фахових наукових виданнях і 4 статтях, опублікованих у збірниках конференцій.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновку, списку літературних джерел з 107 найменувань на 10 сторінках і п'яти додатків на 10 сторінках. Містить 124 сторінки машинописного тексту, 58 малюнків і 12 таблиць. Загальний об'єм дисертації складає 165 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Підвищення ефективності видобутку вугілля можливо за рахунок зниження собівартості готової вугільної продукції. Значну частку в собівартості вугілля займають витрати на спорудження і підтримку комплексу гірничих виробок. Забезпечення стійкості виробок і зниження об'ємів ремонтних робіт є величезним резервом підвищення рентабельності шахт.

Вирішенню проблеми забезпечення стійкості виробок та їх сполучень присвячені роботи багатьох учених і цілих колективів провідних вузів і науково-дослідних інститутів. В Україні найбільший внесок до її рішення внесли роботи Бабюка Г.В., Бондаренка В.І., Виноградова В.В., Глушка В.Т., Дружка Є.Б., Друцка В.П., Заславського Ю.З., Зоріна А.М., Зборщика М.П., Касьяна М.М., Коскова І.Г., Кошелева К.В., Литвинського Г.Г., Максимова О.П., Назимка В.В., Новикової Л.В., Парчевського Л.Я., Петренка В.Д., Роевка А.М., Слацова І.М., Сдвижкової О.О., Усаченка Б.М., Халимендика Ю.М., Шашенка О.М. і багатьох інших. Проте, не дивлячись на значні досягнення, враховуючи масштаби, специфіку об'єкту досліджень і постійну зміну умов, актуальність цієї проблеми не знижується.

Одним з передових підприємств Центрального Донбасу є ДП «Макеєвугілля», до складу якого входять дев'ять шахт. Основні запаси вугілля об'єднання зосереджені на глибині від 600 до 1200 м. Найбільш крупним і перспективним підприємством, як за обсягами видобутку вугілля так і за проведенням протяжних виробок є шахта ім. В.М. Бажанова.

Аналіз стану протяжних виробок глибоких шахт, свідчить, що велика їх частина піддається підвищеному гірничому тиску, який призводить до порушення кріплення, вивалоутворення та здимання порід підшоши. Особливо важке положення спостерігається на сполученнях виробок, деформації яких складають до 80%.

В порівнянні з протяжними ділянками виробок сполучення є складнішими об'єктами з погляду як геомеханіки, так і технології спорудження. Це пояснюється великими прольотами, складною формою і конструкцією кріплення, взаємним впливом виробок, що сполучаються. На сполучення доводиться й підвищена частка травматизму в процесі їх проведення та експлуатації.

Періодичні ремонти, перекріплення та підривання порід не вирішують проблеми забезпечення стійкості сполучень. Причиною поганого стану сполучень, в першу чергу, є невідповідність кріплення та способів охорони геомеханічним умовам їх експлуатації.

У технічній літературі та нормативних документах під сполученням розуміють тільки вузол перетину або примикання виробок і не враховують стан порідного масиву, на ділянках виробок, що примикають до вузла.

Крім того, існуючі методики розрахунку зазвичай враховують узагальнені гірничогеологічні й технологічні чинники і передбачають застосування традиційних способів підтримки, що призводить до необхідності виконання ремонтних робіт.

Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення стійкості сполучень протяжних виробок вугільних шахт і зниження витрат, пов'язаних з їх експлуатацією, є надзвичайно актуальними.

Як об'єкт досліджень в роботі вибрана шахта імені В.М. Бажанова. В даний час гірничі роботи на шахті досягли глибини 1000 м. Для забезпечення провітрювання виїмкових ділянок в шахтному полі за падінням пройдено 15 похилих виробок з гор. 1012 м. Магістральні виробки цієї частини поля проводяться у виробленому просторі раніше відпрацьованих ділянок після ущільнення обрушених порід.

З метою попередньої оцінки характеру деформації сполучень були зібрані відомості про параметри кріплення та типи сполучень виробок шахти ім. В.М. Бажанова за період з 1963 по 2009 рік.

Аналіз отриманих даних показав, що основні проблеми при підтримці сполучень пов'язані з утворенням великих зон зруйнованих порід, вага яких не може витримати традиційна крепь. Сама конструкція кріплення не перешкоджає розшаруванню порід і формуванню великої зони непружних деформацій.

Комплекс шахтних досліджень включав візуальне обстеження виробок і інструментальні вимірювання, які проводилися в Центральній вентиляційній магістралі (ЦВМ) і Центральному допоміжному похилі (ЦДП) гор. 1100 м ухильного поля.

Метою візуального обстеження виробок і сполучень, була оцінка їх загального стану, ступінь і характер деформації елементів кріплення, наявність здимання порід, обводненість виробок. Загальний стан виробок оцінювався від-

носним показником стійкості, який визначається як відношення кількості рам кріплення, що знаходяться в незадовільному стані N , до загальної кількості рам на даній ділянці N_0 :

$$\omega = \frac{N_0 - N}{N_0}, \quad (1)$$

Візуальне обстеження показало, що величина відносного показника стійкості в Центральному допоміжному похилі не перевищувала 0,7, а на сполученнях – 0,31. Стан виробки на час обстеження визнаний задовільним. Величина відносного показника стійкості в Центральній вентиляційній магістралі не перевищувала 0,55, а на ділянці сполучень приймала найнижчі значення – 0,27. Стан виробки визнаний поганим. Відзначено, що з переходом на велику глибину розробки загальний стан виробок погіршується, інтенсивність проявів гірничого тиску в цілому зростає.

Результати обстеження показали, що сполучення є не тільки об'єктами, які працюють у більш важких умовах, але і вузлами, що провокують зниження стійкості протяжних ділянок виробок.

Для вимірювання зміщень були обладнані замірні станції з контурними реперами. Кожен замірний пункт включав три репери – один в покрівлі виробки і два в боках. Замірний пункт в центрі сполучення розташовувався тільки в покрівлі.

Спостереження проводилися протягом шести місяців, частота вимірів – один раз в тиждень.

В результаті натурних досліджень встановлено, що протяжність зони впливу вузла сполучення при односторонньому примиканні виробки складає 20...25 м, має лінійну залежність за довжиною і, за відсутності активних способів охорони, призводить до істотного зниження стійкості виробки протяжністю, яка в 2...3 рази перевищує первинну зону впливу.

Максимальна величина зміщень контура безпосередньо на сполученні виробок складає від 60 до 90 см, залежність зміщень носить незгасаючий характер від часу експлуатації, деформації масиву призводять до втрати стійкості конструкцій кріплення і необхідності проведення ремонтних робіт (рис. 1, 2).

На другому етапі було виконано математичне моделювання напружено-деформованого стану порідного масиву навколо сполучень.

Враховуючи конструктивну складність цього комплексу виробок, що включає як вузол сполучення, так і ділянки виробок, що примикають до нього, була вирішена задача в просторовій постановці. Як інструмент прийнятий програмний продукт "Solid Works", що реалізує метод скінчених елементів. З урахуванням конструктивних особливостей і фізико-механічних властивостей порід, була розроблена просторова модель об'єкту для Т-подібного сполучення.

За результатами моделювання були отримані значення коефіцієнта запасу міцності порідного масиву на сполученні виробок і розміри зон зруйнованих порід.

Однак, рішення задачі в об'ємній постановці показало, що значення зон зруйнованих порід приконтурного масиву, а відповідно, і зміщення контура ви-

робки в зоні сполучення, істотно відрізняються від результатів натурних досліджень.

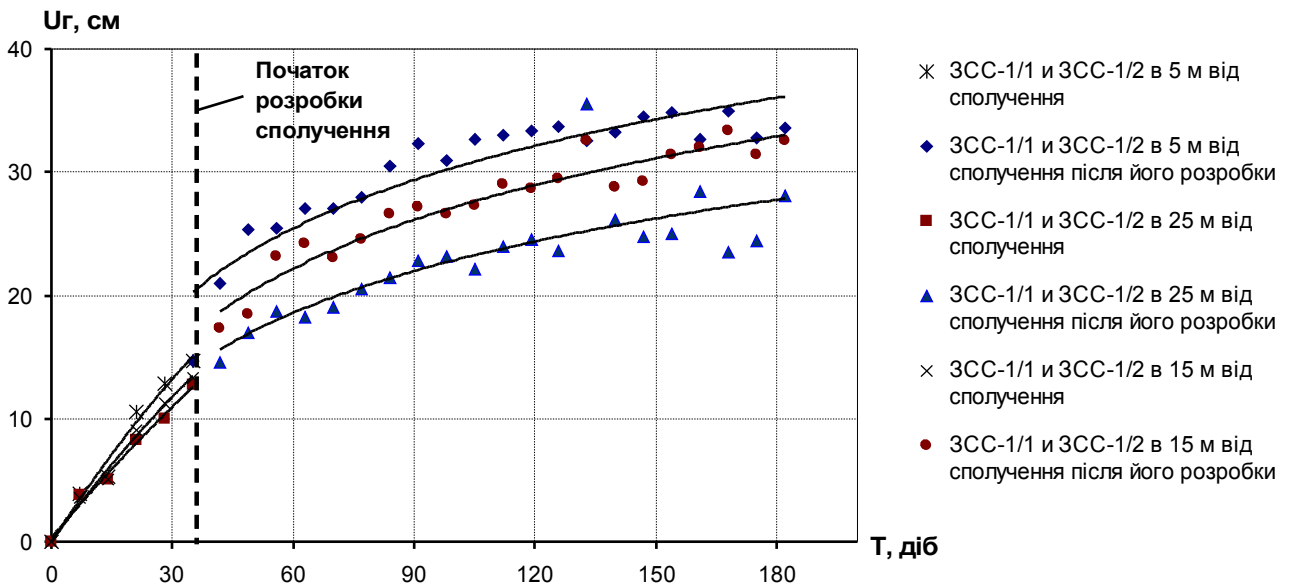


Рис. 1. Горизонтальні зміщення контура виробки на ділянці сполучення на замірних станціях ЗСС-1/1 і ЗСС-1/2 в ЦДП

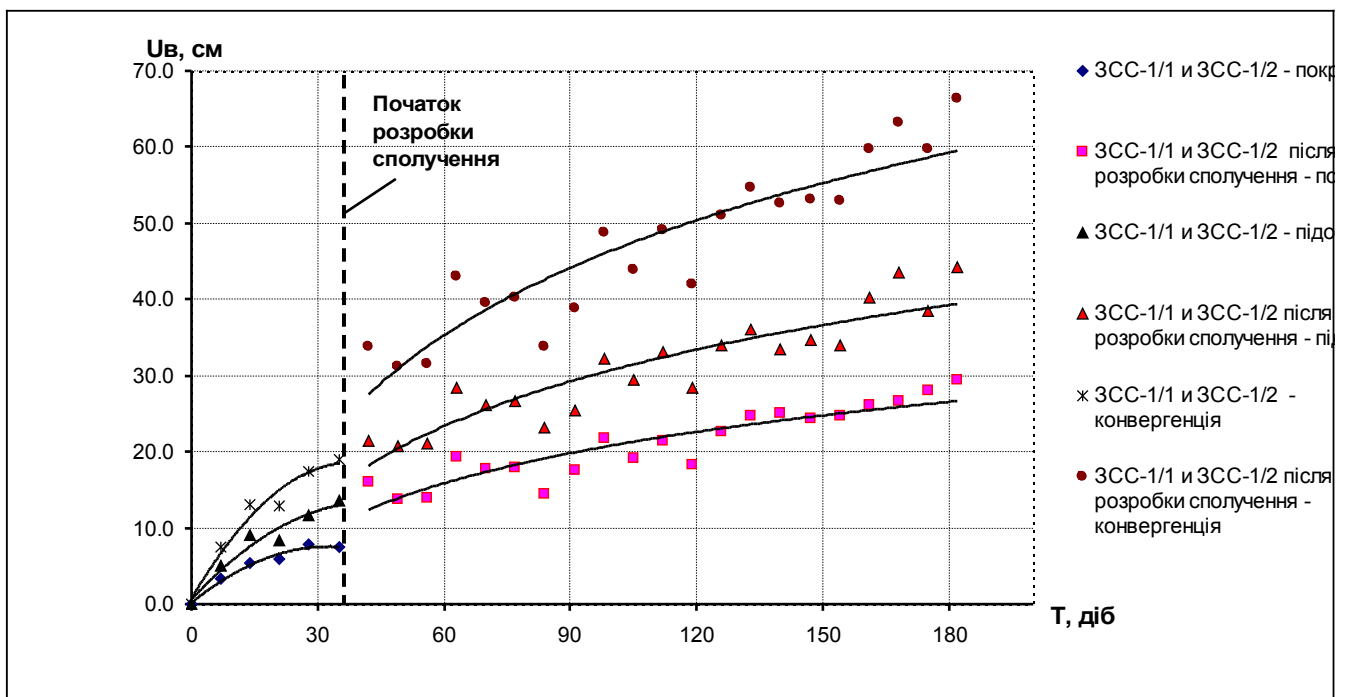


Рис. 2. Вертикальні зміщення контура виробки на замірних станціях ЗСС-1/1 і ЗСС-1/2 на ділянках в 5 м від сполучення в ЦДП

Пояснити це можна тим, що в пружнопластичних моделях, покладених в розрахунковий алгоритм програми Solid-works пластичні деформації визначаються без урахування об'ємного розпушування, властивого гірським породам. В даному випадку, результати розрахунків дають неприпустиму погрішність.

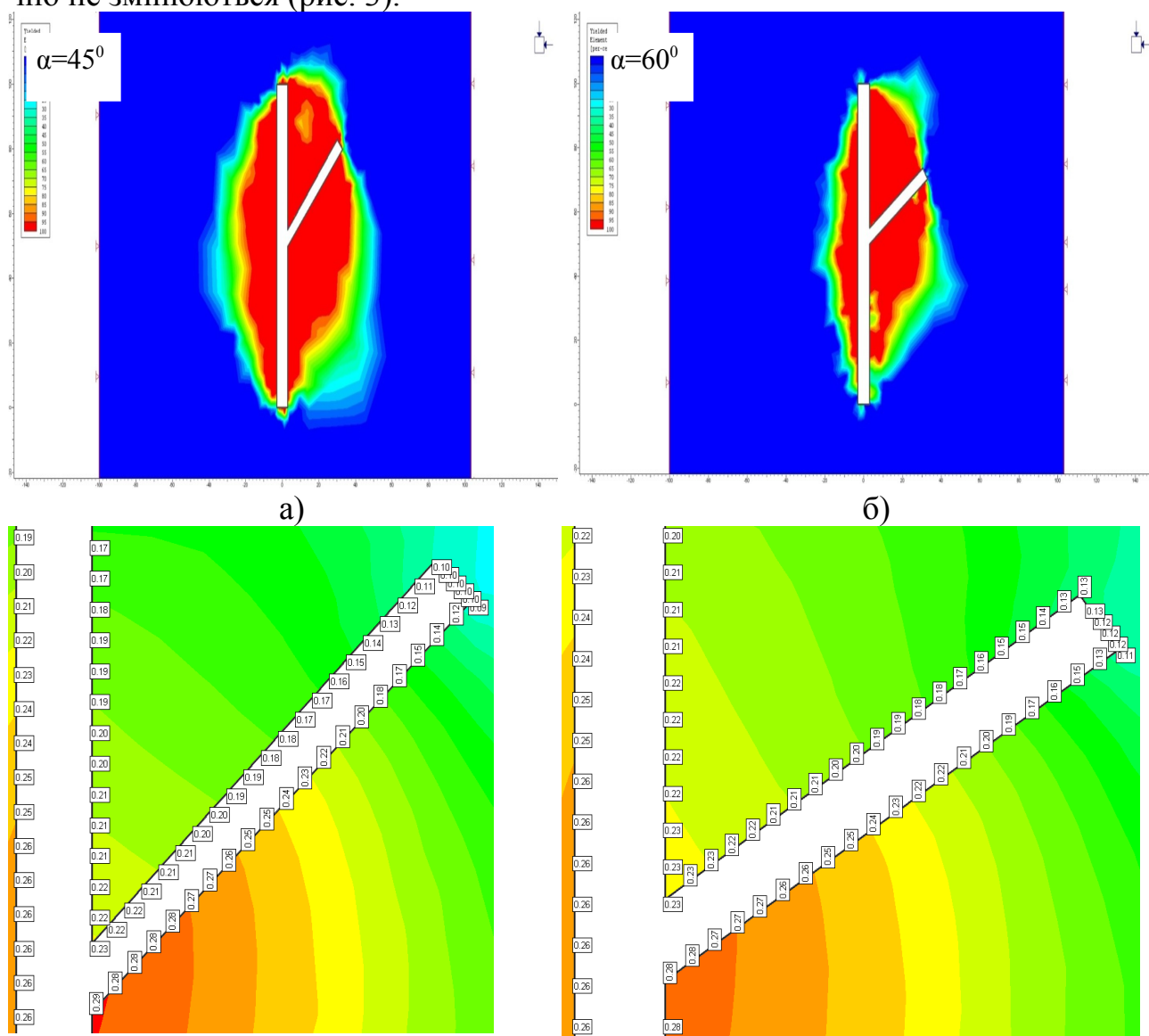
Проте, якісна картина формування зон зруйнованих порід в районі вузла сполучення в горизонтальному перерізі, результати шахтних досліджень, а також виконання певних умов при проведенні чисельного моделювання дозволяють вирішити дану задачу в плоскій постановці з урахуванням об'ємного розпушування порід.

Інструментом, який дозволяє врахувати розпушування порід, є програмний комплекс Phase 2 канадської лабораторії геомеханіки Rockscience.

Коректний перехід від просторової задачі до плоскої зроблений на основі підходу, викладеного в роботах О.М. Шашенка і В.В. Янка.

На першому етапі виконана оцінка величини кута сполучення двох виробок на ступінь їх стійкості. Кожна схема, що розглядалася, є основною виробкою, до якої примикає допоміжна під певним кутом. Величина кута сполучення мінялася від 15° до 90° з інтервалом 15° . Розмір досліджуваної області був прийнятий таким, щоб вплив крайових ефектів був виключений. На зовнішній межі прикладено розподілене гідростатичне навантаження.

Результати визначення розмірів зони непружних деформацій показують, що незалежно від величини кута сполучення їх розміри і конфігурація практично не змінюються (рис. 3).



в)

г)

Рис. 3. Результати моделювання впливу кута сполучення двох виробок на розміри зони непружних деформацій (а, б) та зміщення контура виробок (в, г)

Аналіз зміни величини strength-фактора, еквівалентного запасу міцності, показує, що із збільшенням кута примикання виробок α стійкість сполучення збільшується за степеневим законом (рис. 4):

$$St = 0.0005\alpha^2 - 0.0014\alpha + 1.0445 \quad (2).$$

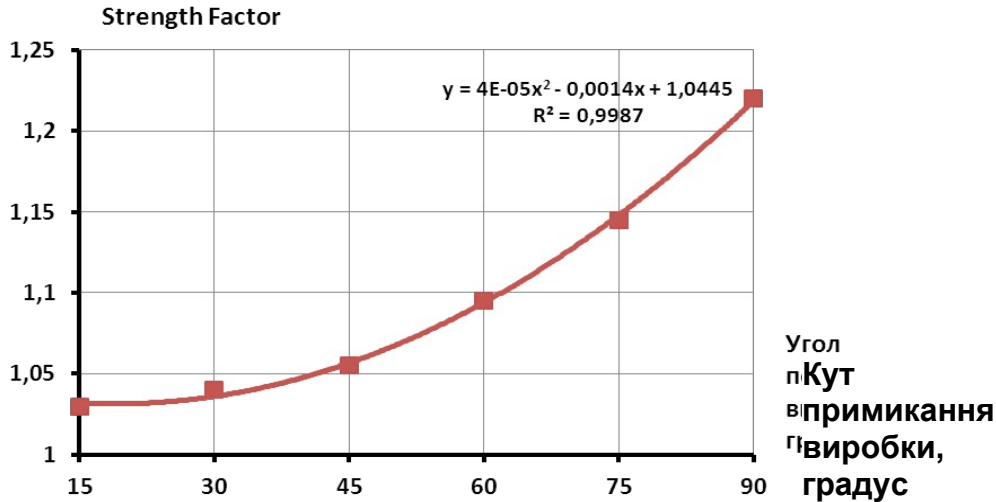


Рис. 4. Залежність величини strength-фактора від кута примикання виробок сполучення

Таким чином, влаштовувати сполучення слід так, щоб кут примикання виробок був максимально наближений до 90° . При необхідності спорудження сполучень, що мають менший кут примикання, заходи і способи підвищення їх стійкості, а також можливі витрати на підтримку, необхідно проектувати з урахуванням зміни величини strength-фактора.

Також досліджувався вплив послідовності спорудження сполучення на його стійкість. Розглядалися дві ситуації, наведені на рис. 5: спорудження сполучення виконується безпосередньо в забої основної виробки і сполучення виконують з відставанням – на деякій відстані від забою основної виробки.

Аналіз отриманих результатів показав, що в другому випадку область зони зруйнованих порід навколо сполучення в 3,0...3,5 рази менша, ніж в першому, що свідчить про більшу стійкість сполучень, що споруджуються безпосередньо в забої основної виробки.

Також в роботі виконана оцінка взаємного впливу протяжних виробок на стадії будівництва.

Виконані вище дослідження припускали проведення сполучень за найбільш поширеними схемами із забоем, що відходить від основної виробки. Ці схеми принципово відрізняються від схеми з підходом виробки, що сполучається, до основної. Дана схема виконання робіт вимагає окремого аналізу формування напружено-деформованого стану масиву порід.

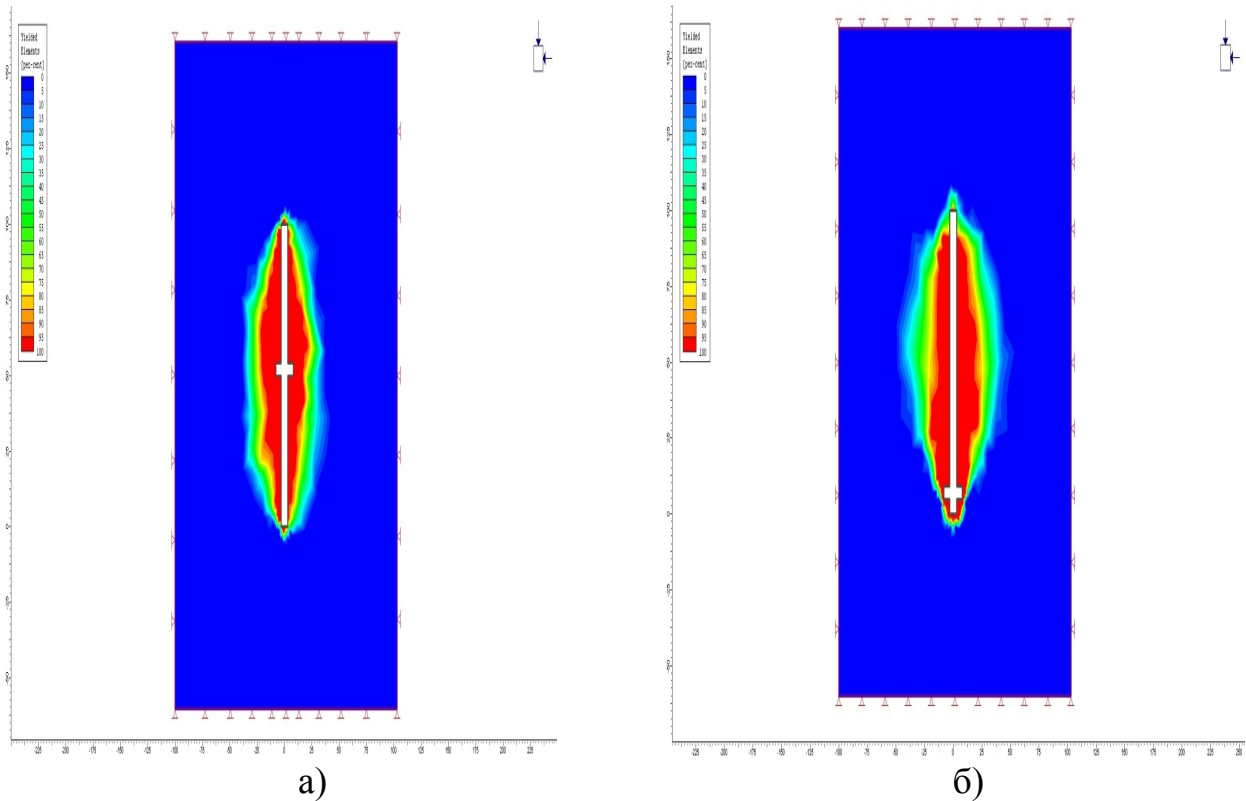


Рис. 5. Конфігурація ЗНД в залежності від місця закладення сполучення: а) з відставання від основної виробки; б) в забої основної виробки

Виробка проводилася послідовно і перетиналися під кутом 90° , в одній горизонтальній площині. Напружено-деформований стан масиву визначався у міру скорочення ширини порідного цілику між виробками (рис. 6).

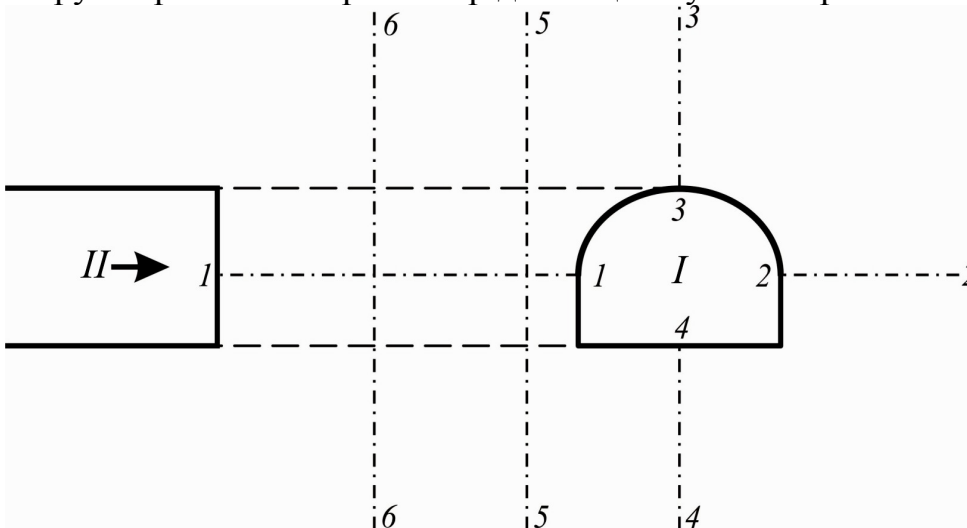


Рис. 6. Схема напрямку контролю НДС при чисельному моделюванні:

1 – 1
... 6 –
6 – осі,
в
напря-
мку
яких
ви-

конувався контроль НДС;
I – виробка, яка нерухома;
II – виробка, яка наближається

Аналіз результатів моделювання показав, що при наближенні одної виробки до іншої до більшого впливу схильна та, яка наближується. При цьому

зона активного впливу при таких розмірах виробок розповсюджується на відстань до 4,5 м і зберігається аж до зближення виробок на відстань до 11,0 м.

Результати шахтних і аналітичних досліджень дозволяють обґрунтувати спосіб забезпечення стійкості сполучень.

Досвід підтримки виробок в складних умовах і на великих глибинах показує, що найбільш ефективними заходами є ті, які використовують несучу здатність порідного масиву. Це може бути реалізовано створенням системи «кріплення-порода», наприклад, при використанні анкерного кріплення. До теперішнього часу в практиці вугільних шахт України вже накопичений достатній досвід застосування анкерного кріплення в протяжних виробках.

Параметри систем кріплення зазвичай визначають стосовно до конкретних умов підтримки виробок. Для обґрунтування параметрів способу підвищення стійкості сполучень застосовувався програмний комплекс Phase 2, що дозволяє моделювати роботу анкерного кріплення.

Результати досліджень, отриманих на перших етапах, дозволяють встановити попередні параметри способу підвищення стійкості сполучень.

Довжина ділянки виробки, що вимагає додаткового зміцнення анкерами, приймається рівною 20 м в обидві сторони від місця примикання. Для моделювання приймали схеми установки анкерів з кількістю рядів від 1 до 4 і відстанню між анкерами від 0,5 до 2 м. У місці безпосереднього примикання виробок використовують канатні анкери довжиною 6 м. Розрахункова схема до рішення задачі наведена на рис. 7.

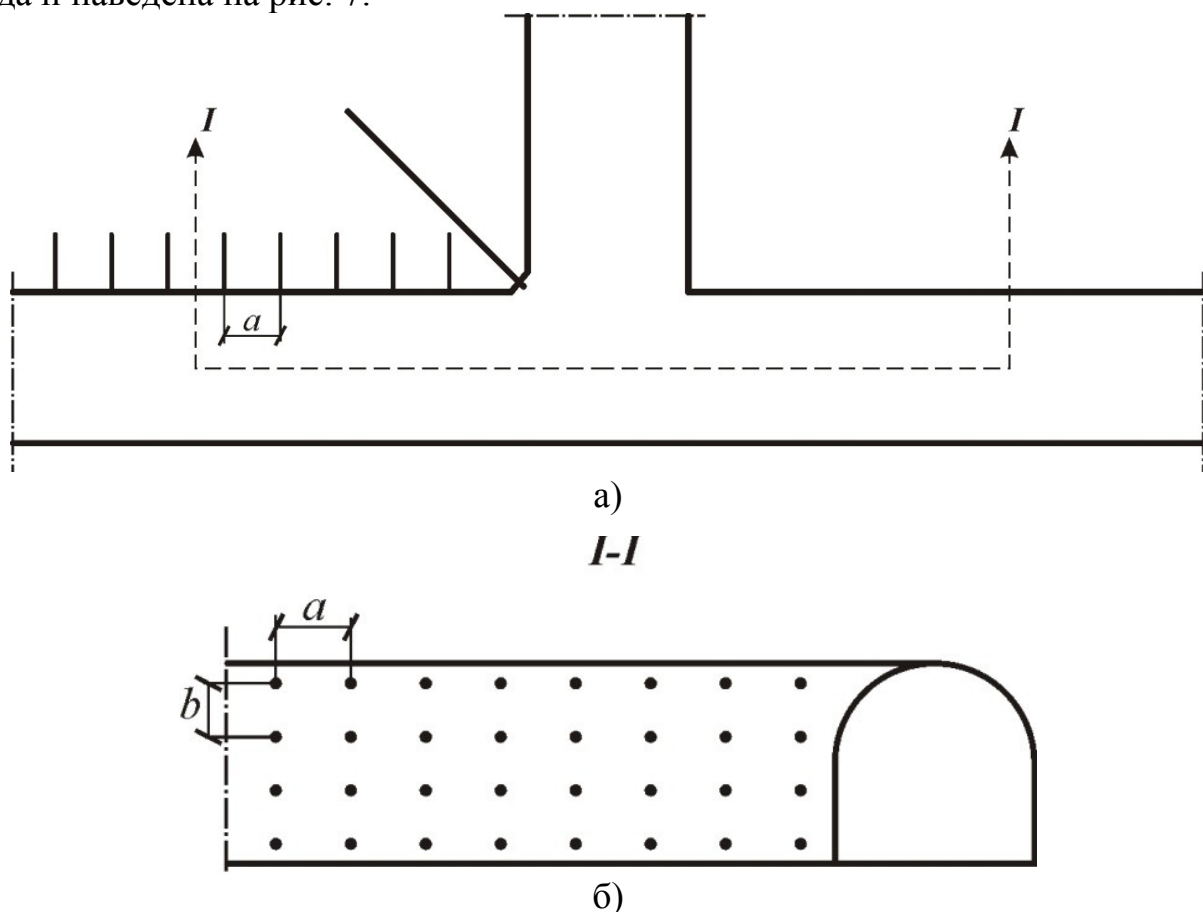


Рис. 7. Розрахункова схема до визначення параметрів анкерних систем:
а) схема розташування анкерів у виробці за її довжиною;

б) схема розташування анкерів у борах виробки

На рис. 8, як приклад, наведені результати моделювання для одного ряду анкерів, с різним шагом анкерування.

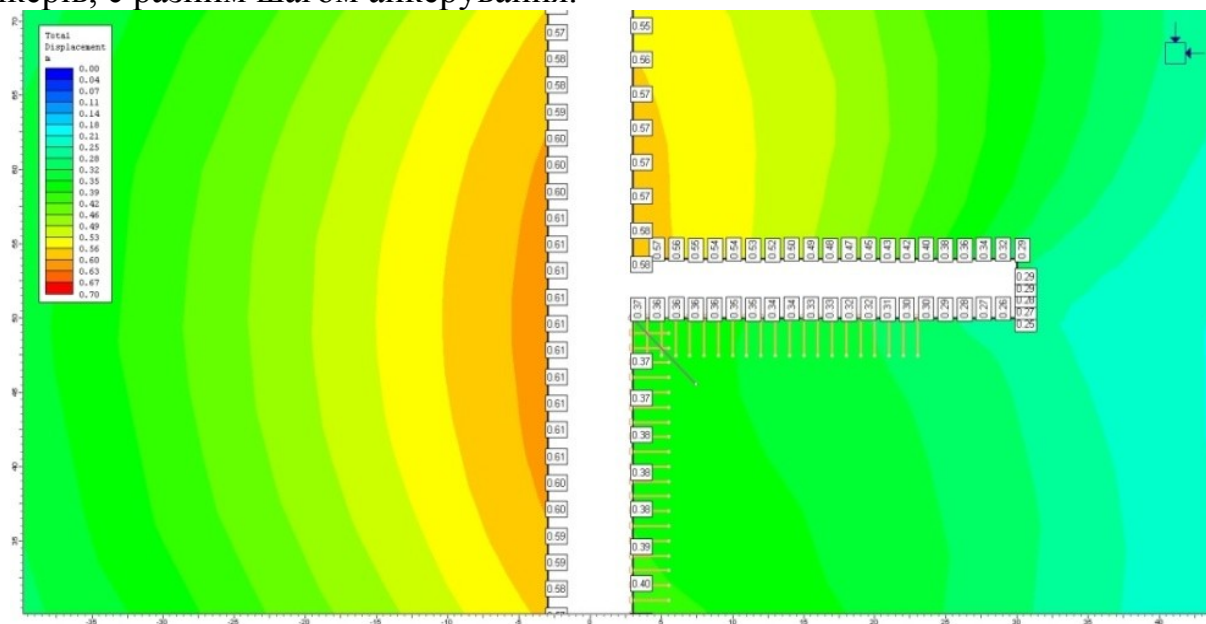
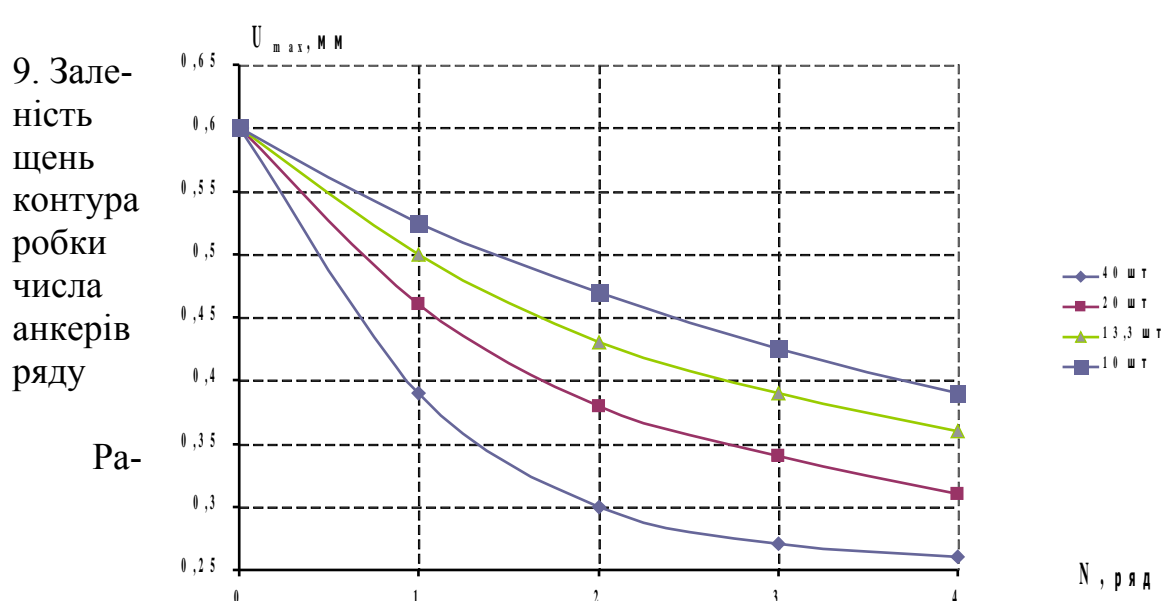


Рис. 8. Зміщення на контурі виробки при встановленні одного ряду анкерів з шагом 0,5 м

Результати моделювання показали, що залежності зміщень контура виробки від параметрів анкерного кріплення підкоряються поліноміальному закону (рис. 9):

$$U_0 = a \cdot N^3 - b \cdot N^2 + c \cdot N + d, \quad (3)$$

де a , b , c , d – коефіцієнти апроксимації; N – кількість рядів анкерів.



ціональним для даних гірничо-геологічних умов при стандартній довжині анке-

ра 2,4 м є варіант установки анкерних систем з 1 рядом і відстанню між анкерами – 0,5 м.

При цьому зміщення контура виробок знижуються від 0,6 м до 0,3 м, що попереджає виконання робіт, пов'язаних з перекріпленням виробки і підриванням спучених порід підосви.

Економічний ефект в цьому випадку досягається за рахунок скорочення витрат на виконання комплексу ремонтних робіт і складе 543.083 тис. грн. на один вузол сполучення.

Результати виконаних досліджень використані при розробці «Рекомендацій з підвищення стійкості сполучень» та «Методики визначення параметрів кріплення сполучень на шахтах ДП «Макєєвугілля».

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених для гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов шахти ім. В.М. Бажанова ДП «Макєєвугілля» закономірностей деформування приконтурного масиву ділянок сполучень основних транспортних і вентиляційних магістралей вирішено актуальне науково-технічне завдання підвищення стійкості вузлів сполучень і ділянок протяжних виробок, що примикають до них, що має важливе значення для надійної та безаварійної роботи гірничодобувних підприємств.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають в наступному:

1. Вперше для гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов шахти ім.

В.М. Бажанова встановлені закономірності деформування в часі приконтурного масиву ділянок сполучень основних транспортних і вентиляційних магістралей.

2. Встановлено, що величина відносного показника стійкості ω в ЦВУ на всіх обстежених ділянках не перевищувала 0,7, а в районі сполучень – 0,31. В цілому стан виробки на момент обстеження визнаний задовільним. Величина відносного показника стійкості ω в ЦВМ на всіх обстежених ділянках не перевищувала 0,55, а на ділянці сполучень приймала найнижчі значення – 0,27... 0,28. Стан виробки визнаний поганим. З відходом на велику глибину загальний стан виробок погіршується, інтенсивність проявів гірського тиску в цілому зростає.

3. Показано, що для обґрунтування раціональних параметрів способу підтримки сполучень та прилеглих ділянок протяжних виробок доцільно ввести таке поняття, як «зона впливу сполучення». Для комплексу похилих виробок шахти ім. В.М. Бажанова протяжність ділянок сполучень та зон їх впливу на виробку складає від 70 до 150 м.

4. Встановлено, що протяжність зони впливу вузла сполучення при односторонньому примиканні виробки складає 20...25 м, має лінійну залежність за довжиною та, за відсутності активних способів охорони, призводить до істотного зниження стійкості виробки на довжину, що в 2...3 рази перевищує початкову зону впливу.

5. Встановлено, що величина зміщень контура безпосередньо на сполученні виробок складає 60...90 см, залежність зміщень у часі носить незгасаючий характер, деформації масиву призводять до втрати стійкості конструкцій кріплення сполучень і необхідності проведення ремонтних робіт.

6. За результатами чисельного моделювання встановлено, що із збільшенням кута примикання виробок сполучення їх стійкість збільшується за степеневим законом. У зв'язку з цим, влаштовувати сполучення, слідує так, щоб кут сполучення двох виробок був максимально наближений до 90°.

7. Встановлено, що стійкість сполучень, що споруджуються безпосередньо в забої основної виробки, що проводиться, буде вище, ніж на деякій відстані від нього. Переміщення контура примикаючих виробок в першому випадку зменшуються в 1,5...2,0 рази. Також стійкість вузла сполучення знижується у міру збільшення часу його спорудження після проведення основної виробки (зі збільшенням відстані від забою основної виробки).

8. Встановлено, що при наближенні однієї виробки до іншої до більшого впливу схильна та виробка, яке наближається. При цьому зона активного впливу виробок розповсюджується на відстань до 4,5 м і зберігається аж до зближення виробок на відстань до 11,0 м.

9. Встановлено, що для умов шахти ім. В.М. Бажанова при стандартній довжині анкера 2,4 м та використанні канатних анкерів на перетині виробок, раціональним є встановлення 2 рядів анкерів з відстанню між ними 0,5 м на ділянці виробок протяжністю 20 м в обидві сторони від перетину виробок. Це дозволяє знизити зміщення контура виробок від 0,6 м до 0,3 м, попередити утворення великих зон зруйнованих порід в приконтурній частині масиву, зокрема здимання порід підшви, вівалоутворення, і усунути необхідність проведення ремонтних робіт.

10. Очікуваний економічний ефект від використання рекомендацій з підвищення стійкості сполучень магістральних протяжних виробок за рахунок виключення ремонтних робіт, пов'язаних з повним перекріпленням вузла сполучення складе 543.083 тис. грн.

Список опублікованих наукових праць здобувача за темою дисертації:

1. Раскидкин В.В. Проблемы поддержания выработок на шахте им. В.М. Бажанова / А.Б. Олексюк, В.В. Раскидкин // Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. – 2007. – Вып. № 73. – С. 182-187.
2. Раскидкин В.В. Новые принципы проектирования технологий ведения горных работ на угольных шахтах / В.И. Пилюгин, А.В. Мартовицкий, В.В. Раскидкин // Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 6. – С. 3-8.
3. Раскидкин В.В. Исследование характера взаимного влияния протяженных выработок на участке их сопряжения / С.Н. Гапеев, В.В. Раскидкин, К.В. Кравченко // Збірник наукових праць НГУ. – 2010. – № 34, Т. 1. – С. 173-180.
4. Раскидкин В.В. К вопросу об устойчивости сопряжений капитальных выработок глубоких шахт / В.В. Раскидкин // Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. 2011. – Вып. 94. – С. 180-191.

5. Раскидкин В.В. Обеспечение устойчивости сопряжений протяженных выработок шахт / А.В. Солодянкин, С.Н. Гапеев, В.В. Раскидкин // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – 2011. – № 5 (70). – С. 100-105.
6. Раскидкин В.В. Дослідження типових руйнувань конструктивних елементів металевого кріплення / В.В. Раскидкин // Перспективы освоения подземного пространства: междунар. науч. – практ. конф., 18-20 апр. 2007 г: доклады. – Днепропетровск: НГУ, 2007. – С. 35-36.
7. Раскидкин В.В. Эффективные решения по повышению устойчивости протяженных выработок с применением анкерных систем / А.В. Солодянкин, В.В. Раскидкин // Проблеми гірничої технології: регіональна наук.-практ. конф. Красноарм. індустр. інститут ДонНТУ., 26 лист. 2010 р.: матеріали. – Донецьк: Цифрова типографія, 2010. – С. 73-78.
8. Раскидкин В.В. Исследования состояния капитальных наклонных выработок и сопряжений на шахте им. В.М. Бажанова / А.Б.Олексюк, С.Н. Гапеев, В.В. Раскидкин // Форум гірників: міжнар. наук. - техн. конф., 12-15 жовт. 2011 р.: матеріали. – Дніпропетровськ: НГУ, 2011. – С. 189-193.
9. Раскидкин В.В. Численные исследования геомеханических процессов в массиве пород в окрестности сопряжений / А.В. Солодянкин, А.С. Иванов, В.В. Раскидкин // Перспективы освоения подземного пространства: междунар. науч.-практ. конф., 10-11 апр. 2012 г: доклады. – Днепропетровск: НГУ, 2012. – С. 70-76.

Особистий внесок автора в работах, опублікованих у співавторстві: [1, 5, 8] – аналіз стану сполучень протяжних виробок, формулювання наукового завдання, мети, ідеї і задач досліджень; [2, 7] – аналіз та оцінка ефективності технологій спорудження виробок з використанням анкерних систем; [3, 9] – постановка задачі, виконання чисельного моделювання, обробка і аналіз результатів; [8] – проведення натурних досліджень на ділянках сполучень протяжних виробок в шахтних умовах, узагальнення результатів.

АНОТАЦІЯ

Раскидкин В.В. Обґрунтування параметрів способу забезпечення стійкості сполучень підготовчих виробок глибоких вугільних шахт. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.04 – «Шахтне та підземне будівництво». Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2012.

Робота присвячена вирішенню актуального науково-технічного завдання підвищення стійкості вузлів сполучень і ділянок протяжних виробок, що примикають до них, що має важливе значення для надійної та безаварійної роботи вугільних шахт. Для різних умов спорудження сполучень та різних етапів їх експлуатації обґрунтовані геомеханічні моделі відповідно до моделювання з використанням метода скінчених елементів. Вперше для гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов шахти ім. В.М. Бажанова ДП «Макєвугілля»

встановлені закономірності розподілу напружень та переміщень породного контура на ділянках сполучень основних підготовчих виробок. Встановлені параметри способу підвищення стійкості сполучень основних підготовчих виробок з використанням анкерних систем кріплення та запропонований комплекс заходів щодо забезпечення їх безремонтної експлуатації.

Ключові слова: сполучення протяжних виробок, геомеханічні моделі, чисельне моделювання, напружено-деформований стан, стійкість виробки, анкерне кріплення.

АННОТАЦІЯ

Раскидкин В.В. Обоснование параметров способа обеспечения устойчивости сопряжений подготовительных выработок глубоких угольных шахт. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.04 – «Шахтное и подземное строительство». Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2012.

Работа посвящена решению актуального научно-технического задания повышения устойчивости узлов сопряжений и участков протяженных выработок, примыкающих к ним, что имеет важное значение для надежной и безаварийной работы угольных шахт.

Впервые для горно-геологических и горнотехнических условий шахты им. В.М. Бажанова ГП «Макеевуголь» по результатам шахтных и численных исследований установлены закономерности распределения напряжений и перемещений породного контура на участках сопряжений основных подготовительных выработок.

Величина смещений контура непосредственно на сопряжении выработок составляет 60...90 см, зависимость смещений во времени носит незатухающий характер, деформации массива приводят к потере устойчивости конструкций крепи сопряжений и необходимости проведения ремонтных работ.

Установлено, что протяженность зоны влияния узла сопряжения при одностороннем примыкании выработки составляет 20...25 м, имеет линейную зависимость по длине и, при отсутствии активных способов охраны, приводит к существенному снижению устойчивости выработки на длину в 2...3 раза превышающую начальную зону влияния.

Для разных условий сооружения сопряжений и разных этапов их эксплуатации обоснованы геомеханические модели применительно к моделированию с использованием метода конечных элементов.

Рассмотрены вопросы устойчивости сопряжений протяженных выработок в зависимости от их конструкции (угла примыкания выработок), времени сооружения (в забое основной выработки и с отставанием от забоя), а также от направления проведения сопрягающихся выработок.

Установлено, что устойчивость сопряжений, сооружаемых непосредственно в забое основной выработки, будет выше, чем при его сооружении на неко-

тором расстоянии от забоя. Перемещения контура примыкающих выработок в первом случае уменьшаются в 1,5...2,0 раза. Также устойчивость узла сопряжения будет снижаться по мере увеличения времени его сооружения после проведения основной выработки (с увеличением расстояния от забоя основной выработки).

Установлено, что при приближении одной выработки к другой, большее влияние испытывает та выработка, которая приближается. При этом зона активного влияния выработок распространяется на расстояние до 4,5 м и сохраняется вплоть до сближения выработок на расстояние до 11,0 м.

Установлены параметры способа повышения устойчивости сопряжений основных подготовительных выработок с использованием анкерных систем крепления и предложен комплекс мероприятий по их безремонтной эксплуатации.

Ожидаемый экономический эффект от использования рекомендаций по повышению устойчивости сопряжений магистральных протяженных выработок за счет исключения ремонтных работ, связанных с полным перекреплением узла сопряжений и подрывкой пород почвы составит 543.083 тыс. грн.

Ключевые слова: сопряжения протяженных выработок, геомеханические модели, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние, устойчивость выработок, анкерное крепление выработок

ABSTRACT

Raskidkin V.V. Ground of parameters of method of providing stability of interfaces of long workings of deep coal mines. – Manuscript.

The thesis for scientific degree of Candidate of technical science by speciality 05.15.04 – “Mine and underground construction”. The State higher education institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk. – 2012.

Work is devoted the decision of important scientific and technical task of increase stability of knots of interfaces and areas of the of long workings which join to them, that has an important value for reliable and accident-free work of coal mines. For the different terms of building of interfaces and different stages of their exploitation their geomechanic models are grounded for a design with the use of finite elements method. First for the rock-geological and technical terms of mine the name of V.M. Bazhanova GP «Makeevugol'» is set conformity to the law of distributing of tensions and deformations of rock mass on the areas of interfaces of the basic of long workings. The parameters of method of increase of firmness of interfaces of the basic of long workings with the use of the anchor systems of fastening and complex of measures are set on their maintenance-free exploitation.

Keywords: interfaces of long workings, geomechanic models, numeral design, tensely-deformed state, stability of workings, anchor fastening.

Раскидкин Володимир Вікторович

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПОСОБУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
СТІЙКОСТІ СПОЛУЧЕНЬ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК
ГЛИБОКИХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

Автореферат

Підп. до друку 24.09.12. Формат 60x90/16.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 пр. Зам. №

Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19