

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

ВІВЧАРЕНКО Олександр Васильович

УДК 622.023.42:622.281.74

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІДВИЩЕННЯ
СТІЙКОСТІ ВИЇМКОВИХ ВИРОБОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
ПОДАТЛИВОЇ РАМНО-АНКЕРНОЇ СИСТЕМИ**

**Спеціальність: 05.15.02 – Підземна розробка родовищ
корисних копалин**

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

Дніпропетровськ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ).

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
(м. Дніпропетровськ)

БОНДАРЕНКО

Володимир

Ілліч

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних систем і технологій Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
(м. Дніпропетровськ)

ШИРІН

Леонід

Никифорович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ)

КУРНОСОВ

Сергій

Анатолійович

Захист відбудеться «__» _____ 2012 г. о ____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19, тел. (0562) 47-24-11

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Автореферат розісланий «__» _____ 2012 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03,
кандидат технічних наук, доцент

В.І. Тимошук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Проблема ресурсозбереження при відпрацьовуванні пологих пластів Донбасу є надзвичайно актуальною в сучасних умовах ведення господарської діяльності вугільних шахт. Вагомим показником собівартості вугілля, що видобувається на шахтах Західного Донбасу, є витрати на кріплення й підтримку дільничних підготовчих виробок (30-45%), які переважно проводяться по пластам з підривкою слабометаморфізованих вміщуючих порід. Шлях ресурсозбереження формулюється як удосконалювання маловитратних технологій кріплення і підтримки виробок на основі управління станом вміщуючого масиву з максимальним його залученням у роботу із протидії проявам гірського тиску. Найбільш гостро дана проблема постає перед шахтами Західного Донбасу, де слабкі шаруваті породи вуглевміщуючої товщі генерують розвиток високих навантажень на кріплення і переміщень породного контуру виробок навіть поза зоною впливу очисних робіт. Неоднорідність структури й властивостей порід по довжині виробки спричиняють зміну інтенсивності проявів гірського тиску на різних її ділянках, що додатково підсилюється змінним ступенем впливу факторів, які послабляють породу (обводненість, тріщинуватість, реологія та ін.).

З погляду ресурсозбереження в практиці кріплення підготовчих виробок шахт Західного Донбасу накопичений позитивний досвід застосування анкерного кріплення у сполученні із традиційними податливими триланковими рамними кріпленнями, в основному, серії КШПУ. Однак, така комбінація не повною мірою реалізує свої потенційні можливості, тому що рама й анкери працюють роздільно (без конструктивного зв'язку) і виконують, по суті, різні функції: анкера зміцнюють приконтурні породи, створюючи вантажонесучу залізопородну конструкцію, а рамне кріплення в процесі своєї піддатливості сприймає тиск знеміцнених нестійких порід. З'єднати два типи кріплення необхідно такими конструктивними зв'язками, які б забезпечували багатофункціональний режим опору рамно-анкерного кріплення, що автоматично адаптується до характеру проявів гірського тиску: по-перше, управління станом приконтурних порід, анкерів і рамного кріплення; по-друге, забезпечення просторово-податливого зв'язку для саморегулювання навантаження при істотній нерівномірності проявів гірського тиску за всіма трьома вимірами; по-третє, забезпечення раціонального режиму роботи рамно-анкерного кріплення, що характеризується формуванням мінімального навантаження на раму при зрушенні слабких порід вуглевміщуючої товщі, що є основою ресурсозбереження при підтримці пластових виробок.

Тому, представляється актуальною задача малозатратного управління гірським тиском у підготовчих виробках шахт Західного Донбасу за рахунок саморегулювання станом системи «масив-рама-анкер» із забезпеченням раціональних режимів опору рамно-анкерного кріплення за допомогою просторово-податливих зв'язків анкерів і рам.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ ДВНЗ «Національний гірничий університет» відповідно до «Положення концепції наукової, науково-технічної та інноваційної політики в системі вищої освіти України», затверджених колегією Міністерства від 28 березня 2001 року; планом держ-

бюджетних робіт Міністерства освіти і науки України: тема ГП-422 «Наукові основи керування просторовою системою «масив-кріплення» з урахуванням граничного і позамежного стану та уніфікованими засобами контролю газових сумішей», № держреєстрації 0109U002815; тема ГП-410 «Геомеханічне обґрунтування підземної технології інтенсивного видобування вугілля з урахуванням особливостей геологічного середовища», № держреєстрації 0108U000541; г/тема № 010177 «Обґрунтування конструкції кріплення і її раціональний режим роботи, що забезпечують повторне використання виробок», які відповідають координатному плану Міністерства освіти і науки України фундаментального напрямку «Гірничі науки».

Мета і задачі наукових досліджень. Мета роботи полягає в удосконаленні малозатратних технологій кріплення і підтримки підготовчих виробок шахт Західного Донбасу на основі рамно-анкерного кріплення із просторово-податливими механічними зв'язками анкерів і рам у єдиній вантажонесучій системі.

Для досягнення поставленої мети розв'язані такі задачі:

– розробка й обґрунтування ресурсозберігаючого принципу саморегулювання перерозподілу навантаження в рамно-анкерному кріпленні за допомогою просторово-податливих механічних зв'язків його елементів;

– обґрунтування методології підходу й розробка алгоритму проведення комп'ютерного моделювання системи «масив-рама-анкер», що характеризується істотною просторовою неоднорідністю своїх геометричних, механічних і силових параметрів;

– проведення дослідження напружено-деформованого стану (НДС) системи «масив-рама-анкер» і встановлення взаємовпливу параметрів її елементів.

– проведення шахтних випробувань саморегульованого просторово-податливого рамно-анкерного кріплення і розробка методики вибору його параметрів.

Об'єкт досліджень є геомеханічна система «масив-рама-анкер», що включає прилеглі до пластової виробки слабкі шаруваті породи, рамне кріплення, з'єднане з боковими анкерами просторово-податливими зв'язками, і комплекс анкерів у покрівлі виробки.

Предмет досліджень є силова взаємодія елементів геомеханічної системи «масив-рама-анкер».

Методи дослідження. Аналіз і узагальнення існуючих досліджень геомеханічних процесів навколо підготовчих виробок, досвіду застосування комбінованих кріплень зі зміцненням приконтурного масиву анкерами; моделювання, розрахунок і аналіз НДС просторової системи «масив-рама-анкер» за допомогою сучасних комп'ютерних програм; шахтні дослідження стану рамно-анкерного кріплення підготовчих виробок.

Основні наукові положення та результати, їх новизна.

Наукові положення

1. В умовах створення у покрівлі виробки армопородної плити високої жорсткості незалежно від структури й ступеню обводненості порід, що вміщують пласт, а також параметрів встановлення бокових анкерів і застосовуваного номе-

ра СВП рамного кріплення КШПУ, в її стійках стабільно утворюються дві області пластичного стану матеріалу (у криволінійній частині довжиною до 0,9 м і в районі опори висотою до 0,6 м), повне виключення яких досягається з'єднанням просторово-податливими зв'язками стояків рами з боковими анкерами і їх встановленням на висоті 1,8 і 0,3 м від підшви виробки довжиною 2,4 і 2,0 м відповідно. Це дозволяє в слабких породах вуглевміщуючого шаруватого масиву знизити інтенсивність напружень у стійках рами в 2,5-3,5 рази при їх встановленні з полегшеного спецпрофілю СВП-19 замість СВП-27.

2. Просторова піддатливість зв'язків стояків рами з боковими анкерами в рамно-анкерному кріпленні забезпечує, необхідний за ситуацією, перерозподіл навантаження не тільки в сусідніх рамах за довжиною виробки, але й сприяє більш рівномірному навантаженню окремо взятої рами: розходження в інтенсивності напружень у верхняку й стійках рами знижуються до 2-3 раз у напрямку більш рівномірного навантаження. Це підвищує стійкість пластової виробки за рахунок збільшення несучої здатності рамно-анкерного кріплення в 1,2-2 рази без зміни кількості встановлюваних анкерів при одночасному зниженні її загальної металоемності до 30%.

Наукова новизна одержаних результатів.

– Обґрунтовані геомеханічні умови ресурсозберігаючої підтримки пластових виробок і розроблена нова комп'ютерна модель роботи рамно-анкерного кріплення із просторово-податливими зв'язками, що відрізняється від відомих комплексним відбиттям реальних конструктивно-технологічних особливостей і механічних властивостей елементів системи «масив-рама-анкер»: шаруватий вуглевміщуючий масив слабких порід моделюється по повній діаграмі деформування кожної літологічної різності; рамне кріплення серії КШПУ, анкери й податливі зв'язки повністю відповідають технічній документації і моделюються з відбиттям дійсної пружно-пластичної діаграми навантаження їх матеріалів.

– Вперше розкриті закономірності впливу на НДС системи «масив-рама-анкер» параметрів рамно-анкерного кріплення із просторово-податливими зв'язками й обґрунтовані їх раціональні значення при підтримці підготовчих виробок по пласту.

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій обумовлена: коректною постановкою і рішенням задач із використанням фундаментальних положень механіки твердого деформованого тіла, механіки гірських порід і механіки підземних споруд у сучасних комп'ютерних програмах при моделюванні геомеханічних процесів навколо пластової виробки й розрахунку НДС системи «масив-рама-анкер»; використанням апробованих методів проведення шахтних експериментів, контролем точності й похибки вимірювальної апаратури; задовільною збіжністю результатів обчислювальних і експериментальних досліджень проявів гірського тиску – розбіжність розрахункових і експериментальних значень зсувів контуру виробок склала 7,4-10,7% при зближенні покрівлі й підшви, 13,2% при зближенні боків на рівні п'яти склепіння рами й 23,4% – при зближенні боків у районі опор стояків; позитивними результатами дослідно-промислових випробувань рамно-анкерного кріплення з податливими зв'язками бокових анкерів зі стояками рами.

Наукове значення роботи полягає у розкритті процесу регулювання напружено-деформованим станом рамного кріплення за допомогою створення просторово-податливих зв'язків з бічними анкерами, що відображено у встановлених закономірностях зміни НДС системи «масив-рама-анкер» залежно від параметрів анкерного зміцнення приконтурних порід.

Практичне значення роботи полягає: в обґрунтуванні напрямку ресурсозберігаючої підтримки підготовчих виробок шляхом об'єднання рамного й анкерного кріплень просторово-податливими зв'язками в єдину вантажонесучу конструкцію із саморегуляцією під характер проявів гірського тиску; в експериментальному підтвердженні ефективності роботи рамно-анкерного кріплення зниженої металоємності в шаруватому вуглевміщуючому масиві слабких порід; у розробці науково-обґрунтованої методики вибору раціональних параметрів рамно-анкерного кріплення підготовчих виробок, проведених по пласту.

Реалізація результатів роботи. Основні положення роботи використані при створенні: методики вибору параметрів рамно-анкерного кріплення підготовчих виробок, підтримуваних у вуглевміщуючому масиві слабких порід Західного Донбасу; робочої документації кріплення пластових виробок на шахтах ВАТ «Павлоградвугілля».

Особистий внесок здобувача полягає в: аналізі й узагальненні існуючих досліджень з підтримки гірничих виробок рамно-анкерним кріпленням; обґрунтуванні ресурсозберігаючих вимог просторової піддатливості зв'язків рамного й анкерного кріплень; обґрунтуванні й розробці моделі розвитку геомеханічних процесів у системі «масив-рама-анкер»; дослідженні НДС системи, аналізі й пошуку раціональних параметрів рамно-анкерного кріплення; проведенні й аналізі шахтних досліджень і розробці методики вибору параметрів кріплення.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися й обговорювалися на III і IV Міжнародних науково-практичних конференціях «Школа підземної розробки» (Дніпропетровськ-Ялта, 2009 і 2010); Міжнародній конференції «Форум гірників-2010» (Дніпропетровськ, 2010); Міжнародних конференціях «Школа підземної експлуатації» (Краків, Польща, 2009 і 2010); XXII Всесвітньому гірничому конгресі (Стамбул, Туреччина, 2011); Технічних радах ВАТ «Павлоградвугілля» і наукових семінарах НГУ (2009-2011).

Публікації. Основні наукові положення і результати дисертаційної роботи викладені в монографії, 2 статтях у науково-технічних журналах, 7 доповідях на міжнародних конференціях і доповіді на XXII Всесвітньому гірничому конгресі.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків і переліку джерел з 71 найменування на 7 сторінках; містить 121 сторінку машинописного тексту, 39 рисунків на 28 сторінках, 1 таблиці й додатку на 10 сторінках; загальний обсяг роботи – 159 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вирішення задач ефективної підтримки підготовчих виробок вугільних шахт внесли значний вклад учені й інженерно-технічні працівники ряду наукових установ і виробничих організацій України: Бондаренко В.І., Бузило В.І., Булат А.Ф., Виноградов В.В., Зборщик М.П., Ілляшов М.О., Ковалевська І.А., Кузьменко О.М., Литвинський Г.Г., Перепелиця В.Г., Симанович Г.А., Усаченко Б.М., Халимендик Ю.М., Шашенко О.М., Ширін Л.Н., Шмиголь А.В. та ін.

Висока інтенсивність проявів гірського тиску на шахтах Західного Донбасу, що обумовлена слабкими вуглевміщуючими породами, вимагає удосконалення ресурсозберігаючих способів кріплення підготовчих виробок, відповідно до геомеханічних особливостей формування навантаження на кріплення і певною мірою управління цим процесом у плані її перерозподілу пропорційно несучої здатності елементів рамно-анкерного кріплення. З погляду маловитратної технології підтримки підготовчих виробок проаналізована робота комбінації рамного податливого кріплення серії КШПУ й сталеполімерних анкерів, яка широко застосовується на шахтах Західного Донбасу, а також інші сучасні способи кріплення, засновані на використанні ресурсозберігаючого ефекту зміцнення приконтурних порід анкерним кріпленням. Узагальнені дані на рис. 1 розкривають структуру витрат та підкреслюють актуальність цього напрямку ресурсозбереження, який дозволяє знизити собівартість видобутку вугілля до 13-19%.

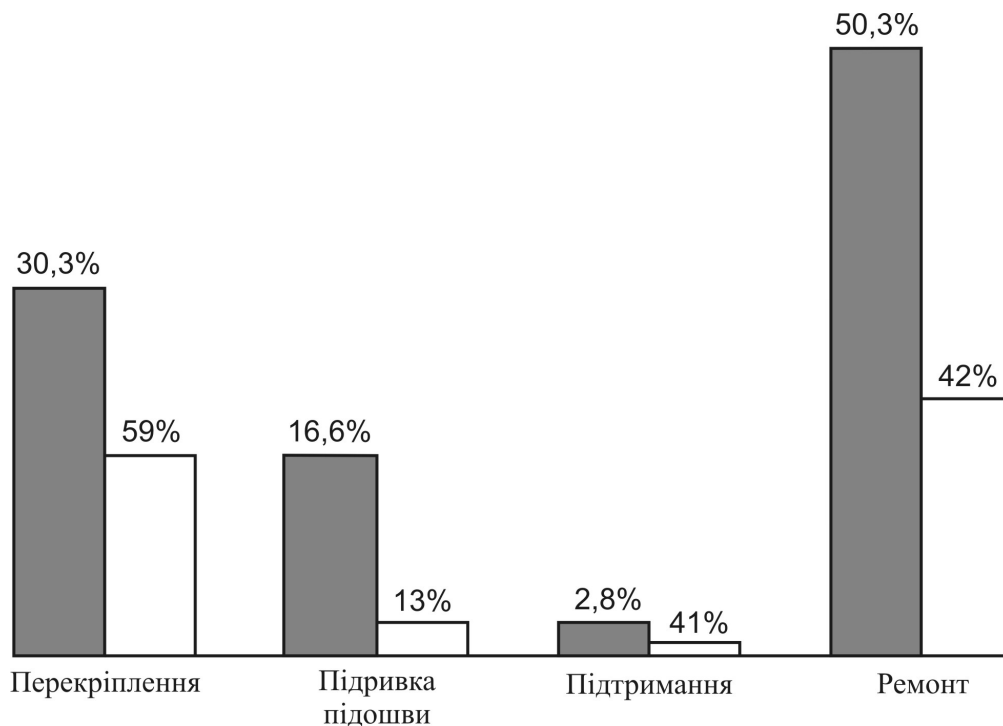


Рис. 1. Питомі витрати на підтримку експлуатаційного стану виробок шахт Західного Донбасу: ■ – разом; □ – частка кріпильних матеріалів

Шахтними дослідженнями виявлено, що анкери, які зміцнюють покрівлю виробки, формують у ній вантажонесучу залізородну плиту підвищеної жорсткості, яка сприймає основну частину вертикального гірського тиску й розвантажує верхняк рами. З іншого боку, в підпошві виробки розташовується

вугільний пласт, який також характеризується підвищеною жорсткістю через більш високий (у кілька разів) опір стисканню стосовно слабких аргілітів й алевролітів, що складають безпосередню покрівлю і підшву вугільного пласта. Таким чином між двома жорсткими утвореннями слабка безпосередня покрівля вугільного пласта в боках виробки не тільки знеміцнюється під впливом концентрацій напружень, але, завдяки так званому «ефекту штампа», видавлюється у порожнину виробки, створюючи істотне бокове навантаження і деформуючи стояки рамного кріплення. Аналогічний ефект видавлювання спостерігається й у безпосередній підшві (при нижній підривці) у районі опор стояків, де роль жорсткого штампа відіграє не знеміцнений вугільний пласт. У підсумку, в підготовчих виробках шахт Західного Донбасу (в умовах підвищеної жорсткості армопородної плити в покрівлі) регулярно виникає ситуація нестійкого стану боків при недовантажених верхняках рам і відсутності спрацьовування замків піддатливості. До цього варто додати локальні збурювання проявів гірського тиску уздовж виробки, тобто, нерівномірність навантаження рам і анкерів як у поздовжньому, так і поперечному перерізах виробки.



Рис. 2. Структурно-логічна схема виконання досліджень

Ефективний вихід з негативної ситуації, що склалася, полягає в обґрунтуванні параметрів такої конструкції рамно-анкерного кріплення, яка, адаптуючись до особливостей проявів гірського тиску, володіла б здатністю до саморегульованого

перерозподілу навантаження на її окремі несучі елементи як у поперечному, так і поздовжньому перерізах підготовчих виробок відповідно до концепції розробленої структурно-логічної схеми (рис. 2), практична реалізація якої здійснена шляхом комплексного рішення основних задач дисертації, сформульованих у характеристиці роботи.

При вирішенні першої задачі на базі методів будівельної механіки й механіки підземних споруд виконаний комплекс досліджень, результати яких зводяться до наступного. Для забезпечення умов ресурсозбереження доцільне з'єднання механічними зв'язками стояків рами й бокових анкерів у єдину вантажонесучу конструкцію. При цьому подовжені стояки кріплення КШПУ одержують додаткові точки опору в місцях розташування механічних зв'язків, що різко знижує згинальний момент у рамі й підвищує її несучу здатність, що тотожно зниженню її металоємності при збереженні стійкості виробки на колишньому рівні. З іншого боку, обґрунтовано, що механічні зв'язки анкерів і рам повинні мати просторову піддатливість, тобто забезпечувати переміщення зв'язків щодо анкерів і рам (без втрати їх несучої здатності) як у поперечному, так і поздовжньому перерізах виробки. Доведено, що піддатливість зв'язків у поперечному перерізі виробки є базою досягнення рівнонавантаженості елементів рами; піддатливість у поздовжньому напрямку виробки підсилює адаптаційні властивості рамно-анкерного кріплення в плані включення в роботу з опору збурюванням гірського тиску не тільки на ділянці локальних збурювань, але й на суміжних ділянках зі стабільним навантаженням. Таким чином, завдяки просторовій піддатливості механічних зв'язків реалізується перерозподіл навантаження на елементи рамно-анкерного кріплення, що здійснюється автоматично відповідно до характеру проявів гірського тиску без впливу людського фактора. Розроблені два варіанти конструктивного рішення вузлів зв'язку рам з анкерами щодо саморегуляції процесу перерозподілу навантаження на несучі елементи рамно-анкерного кріплення.

Розробка й обґрунтування геомеханічної моделі в другій задачі досліджень (рис. 2) виконані з урахуванням наступних вимог:

- моделювання усіх літологічних різностей (на відстані не менш 15 м від контуру виробки) за повною діаграмою їх деформування від пружно-пластичного стану до стадій знеміцнення і розпушення породи й вугілля;

- відбиття порушеності контактів між сусідніми літологічними різностями навколо виробки;

- моделювання реальної геометрії рамного кріплення КШПУ й сталеполімерних анкерів і розрахунок їх НДС у пружно-пластичній постановці (рис. 3);

- відбиття усіх конструктивних особливостей вузлів кріплення просторово-податливих зв'язків бокових анкерів зі стійками рами.

- моделювання реальної робочої характеристики замка піддатливості рамного кріплення КШПУ в його імітаторі за допомогою заміни рівними за розмірами, формою й розташуванням еластичними вставками з матеріалу, який легко деформується, модуль деформації E якого прийнятий як у сталі Ст.5, а границя текучості визначається за формулою $\sigma_T^3 = 0,8P \sin \alpha / 2F$, де F – площа поперечного перерізу СВП; P – несуча здатність рами; α – кут розташування центру

замка стосовно вертикальної осі виробки.

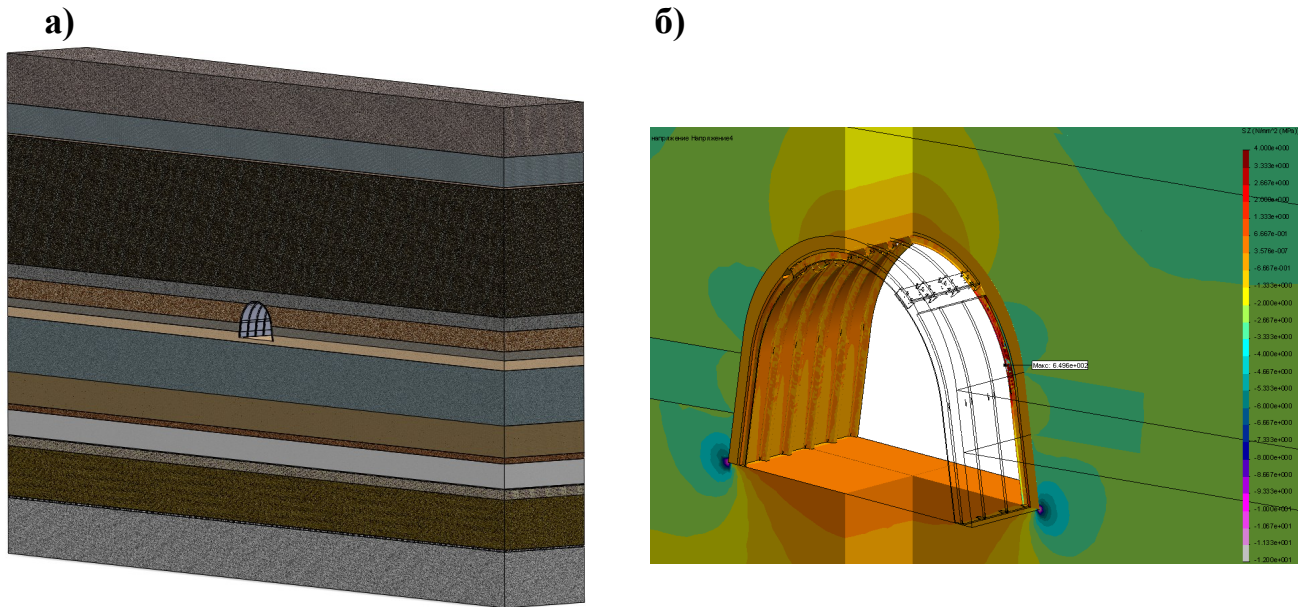


Рис.3. Просторові моделі системи «масив-рама-анкер» (а), кріплення КШПУ (б)

Третя задача досліджень вирішувалась поетапно шляхом різноманітного моделювання системи «масив-рама-анкер» у процесі пошуку за розробленою методологією раціональних параметрів рамно-анкерного кріплення із просторово-податливими зв'язками. Паралельно проводилися розрахунки НДС для двох локальних моделей, які відображають реальні конструктивні особливості зв'язків гнучких стяжок з анкерами й стояками рами, що необхідно для оцінки їх стану й обґрунтування параметрів. Така комплексність і поетапність дозволила методом послідовних наближень обґрунтувати ресурсозберігаючі параметри рамно-анкерного кріплення.

На першому етапі виконані розрахунки застосовуваного (базового) комбінованого кріплення (сполучення анкерів і рам із СВП-27 без їхнього зв'язку в єдину вантажонесучу систему), які виявили наступні особливості:

- у покрівлі виробки утворюється зона розвантаження, яка безпосередньо примикає до контуру, що спричиняє багаторазову (в 2-2,5 рази й більше) недовантаженість верхняка рами, анкерів у покрівлі й відсутність спрацьовування замків піддатливості;

- у боках виробки утворюється велика (до 1,8 м) зона підвищеного гірського тиску в породах безпосередньої покрівлі й підшві вугільного пласта (слабкий аргіліт і алевроліт) за рахунок дії «ефекту штампа» від зміцненої анкерами армопородної плити в покрівлі й цілісного вугільного пласта в підшві, що призводить до знеміцнення бокових порід і їх видавлювання в порожнину виробки; це проковує розвиток значного бокового навантаження на раму з утворенням великих областей пластичного стану у її стояках (у районі опори стояка довжиною до 0,5-0,6 м, в районі п'яти склепіння довжиною до 0,8-0,9 м) як це показано на рис. 4, а;

- зміна структури прилеглого масиву (при тих самих літотипах) і врахування (неврахування) дії факторів, які послабляють породу: реології, обводненості, тріщинуватості та ін. принципово ситуацію не змінили – стабільно спостерігається істотна нерівномірність навантаження кріплення КШПУ по його контуру.

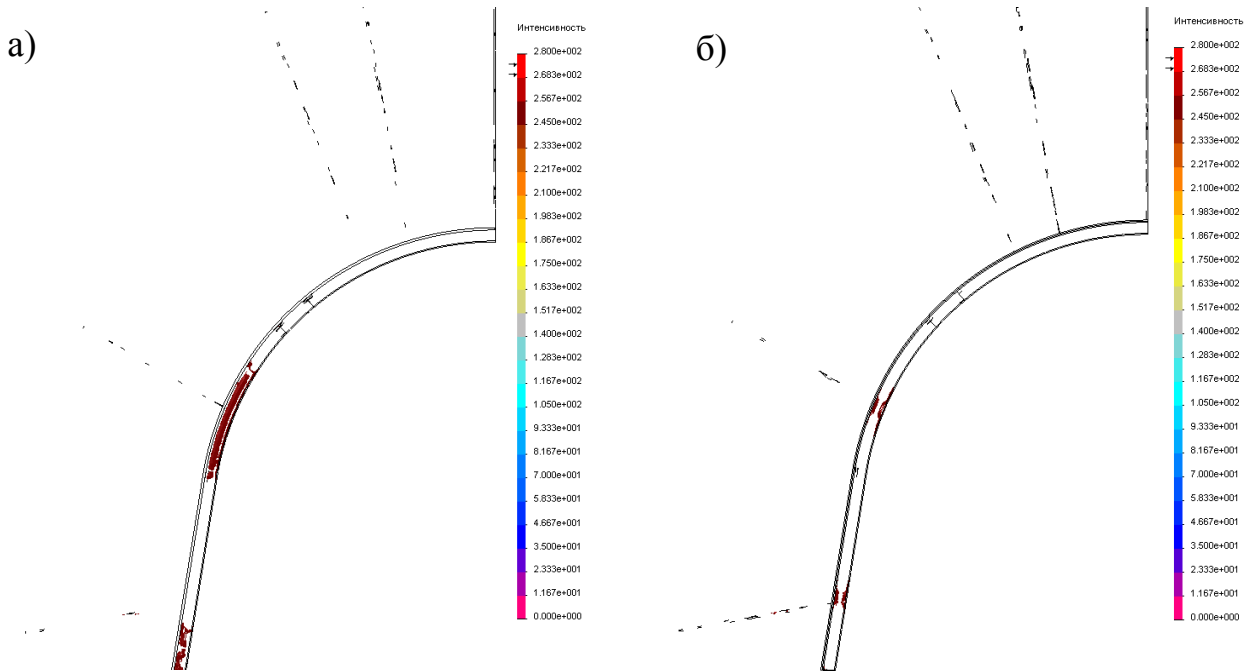


Рис. 4. Области пластичного стану матеріалу стояків кріплення КШПУ-15,0 при відсутності (а) і наявності (б) податливих зв'язків рам з боковими анкерами

На другому етапі розрахунку НДС системи здійснена подальша варіація параметрів моделі в частині не тільки структури й властивостей вуглевміщуючого масиву, але й типорозміру застосовуваного спецпрофілю, а також параметрів (кількість анкерів, координати їх місця розташування й довжина) установки анкерів. Проте, відносно істотного обмеження зон пластичного стану в стояках рам і зниження нерівномірності їх навантаження яких-небудь помітних позитивних результатів не спостерігалось. Більш того, моделювання рам з полегшених спецпрофілей СВП-22 і СВП-19 вказало на практично незмінні розміри областей пластичного стану стояків рами. Встановлено основну причину – роздільну роботу бокових анкерів і стояків рам з опору проявам гірського тиску. Тому, третій етап розрахунку НДС був присвячений конструкції рамно-анкерного кріплення із просторово-податливими зв'язками (рис. 4, б і рис. 5) при базовій схемі установки анкерів. Виявлені наступні основні зміни стану системи «масив-рама-анкер»:

– у покрівлі виробки область розвантаження віддаляється від її контуру й до висоти 1,6-2,0 м утворюється відносно однорідне поле напружень, що вказує на більш інтенсивне навантаження зміцненої породної плити; одночасно підвищується завантаження анкерів до 86% їх несучої здатності, що забезпечує

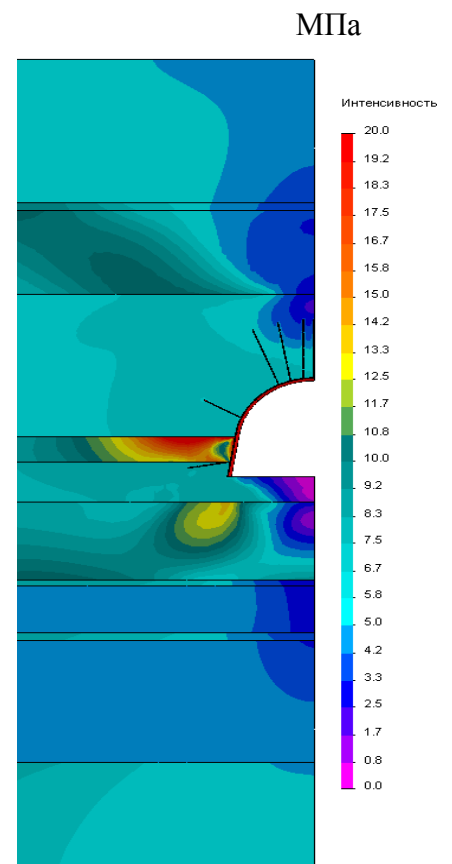


Рис. 5. Епюра приведених напружень в системі «масив-рама-анкер» при наявності просторово-податливих зв'язків бокових анкерів зі стояками рами

захист верхняка рами від вертикального гірського тиску і його стійкий стан навіть при використанні спецпрофілю СВП-19;

– області пластичного стану стояків рами практично усунуті (за винятком досить локальних обсягів дії контактних напружень у вузлах кріплення гнучких стяжок), у тому числі й для СВП-19, що обумовлено двома факторами: різким

зниженням згинальних напружень при створенні додаткових опор у вигляді гнучких стяжок (рис. 4, б); підвищенням стійкості приконтурних бокових порід (рис. 5) за рахунок більш повного навантаження бокових анкерів – тут концентрація інтенсивності σ проявляється тільки у вугільному пласті, але їх максимуми в 1,7-2,3 рази нижче опору вугілля стисканню.

Для досягнення стабільності розрахунків без зниження адекватності й вірогідності кінцевих результатів моделювання вузлів зв'язку рам з анкерами у вдосконаленому обчислювальному експерименті виконано наступне:

– на базі розрахунків макромоделі системи «масив-рама-анкер» розроблені дві локальні моделі з повною деталізацією конструктивних особливостей гнучкого зв'язку анкерів і стояків рами;

– поле напружень у приконтурних породах і на контакті з анкером і стояком рами, отримане з розрахунку НДС макромоделі, прийнято як граничні і початкові умови деформування двох локальних моделей податливого зв'язку з хвостовиком анкера й податливого зв'язку зі стояком рами.

Таким чином, забезпечена спадкоємність загального рішення макромоделі, що дозволяє, не порушуючи цілісності розрахунків, здійснювати варіацію параметрів

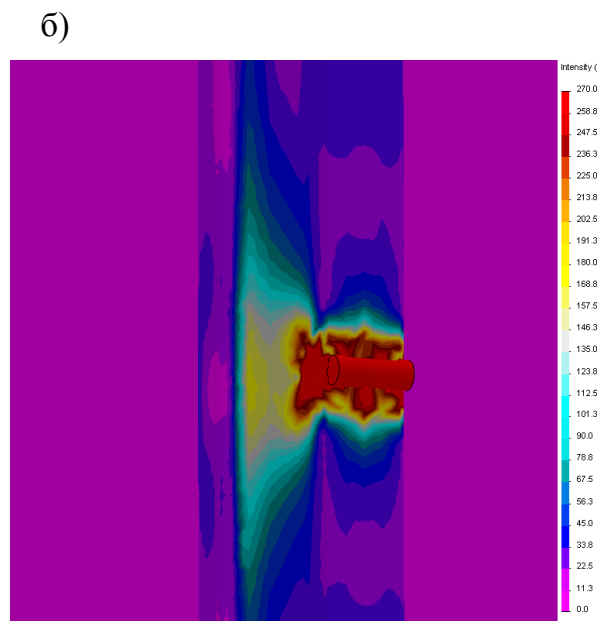
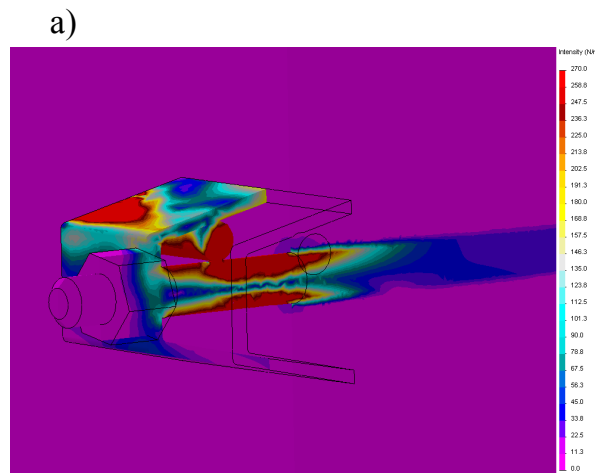


Рис. 6. Епюри наведених напружень в вузлах зв'язку гнучких стяжок з хвостовиком анкера (а) й стояком рами (б)

силової взаємодії гнучкого зв'язку з основними вантажонесучими елементами (рамою й анкером); дана варіація моделює збурювання проявів гірського тиску за довжиною виробки, коли змінюється натяг гнучких зв'язків через змінні переміщення породного контуру виробки. Перша локальна модель імітує не тільки реальну конструкцію зв'язку гнучкої стяжки із хвостовиком анкера, але й сам сталеполімерний анкер з особливостями його закріплення в шпурі й частину приконтурних порід у районі розташування анкера (рис. 6, а). Тут чітко простежується головна особливість поля σ – їх концентрація розташовується в районі устя

шпуру й у самому вузлі кріплення гнучкої стяжки із хвостовиком анкера. У породних стінках за довжиною шпура спостерігається вкрай нерівномірний розподіл σ – концентрація відбувається в усті шпура на глибину до 0,8 м; на іншій ділянці довжини практично не спостерігається вплив зусиль натягу анкера від гнучких стяжок за винятком району заглибленого торця (довжиною до 100 мм), де діють невеликі напруження $\sigma = 0,1...0,2$ МПа, що не впливають на стійкість породних стінок шпура й обумовлені винятково близькістю торця шпура до розглянутої ділянки. Аналогічний характер розподілу наведених напружень σ має місце й за довжиною арматур анкера, але з іншим їх рівнем. Концентрація $\sigma > 50...80$ МПа як і раніше розташовується в усті шпура на ділянці довжиною 50..70 мм і з наближенням до поверхні виробки напруження збільшуються до $\sigma = 170...240$ МПа, які поширюються й на виступаючий зі шпура хвостовик анкера. Така концентрація σ або близька, або відповідає розрахунковій границі текучості сталі Ст.5 ($\sigma_T = 220$ МПа).

Раніше в макромоделі з відсутністю податливих зв'язків була відзначена стабільно повторювана особливість (поза залежністю від структури й властивостей прилеглих порід масиву) епюри розподілу σ в бокових анкерах, що характеризуються більш інтенсивним навантаженням серединної частини довжини й розвантаженням арматури на заглибленому і, що більш важливо, на зовнішньому кінцях анкера.

Причина формування зазначеної епюри σ полягає в характері зміни переміщень U порід з віддаленням від контуру виробки, який має обернено пропорційну тенденцію загасання переміщень з глибиною: переміщення на контурі виробки U_k істотно перевищують такі U_z на заглибленому кінці анкера. Сталеполімерний анкер, контактуючи з породними стінками шпура за всією своєю довжиною, переміщується на величину U_c разом із приконтурними породами в порожнину виробки і його арматура зазнає розтягання завдяки різниці в зсувах $U_k - U_c$ на контурі виробки й $U_c - U_z$ на заглибленому кінці анкера. Оскільки деформаційні характеристики сталі й породи відрізняються на порядок і більше, то досить відносно невеликої різниці $U_k - U_c$ в переміщеннях масиву, щоб створити високі розтягальні напруження по осі анкера.

Спільна дія переміщень U приконтурного масиву й зусиль N від гнучких стяжок призводить до епюри $\sigma_{z,N}^{U,N}$, яка характеризується більш повним навантаженням анкера в більшій частині його довжини без розриву, що підвищує ефективність використання бокових анкерів.

Аналіз поля приведених напружень σ у вузлі кріплення гнучкої стяжки із хвостовиком анкера показують, що в бокових ділянках відрізка СВП утворюються області (30×22 мм) пластичного стану або близького до нього; це пояснюється тим, що канат під натягом прагне зайти в порожнину між арматурою анкера й полицею СВП, згинаючи її; однак, пластичного вигину полиці СВП у цілому не відбувається, тому що більша частина її довжини перебуває в домежевому стані; інші області відрізка СВП зазнають напруження $\sigma = 40...130$ МПа, тобто в кілька разів менше границі текучості сталі Ст.5. Таким чином, за підсумками виконано-

го аналізу поля напружень σ_y , σ_z і σ можна зробити висновок про стійкий стан вузла кріплення гнучкої стяжки з хвостовиком анкера.

Друга локальна модель характеризується простотою і являє собою контакт натягнутої гнучкої стяжки зі стояком рами. Аналіз НДС цього контакту виконаний за трьома компонентами напружень: σ_y , σ_x і σ . Спільну дію компонентів σ_y і σ_x відображено на епюрі наведених напружень σ (рис. 5, б). На епюрі чітко простежуються підвищені напруження в донній частині СВП стояка, які відрізняються відносно рівномірним розподілом як за шириною, так і за товщиною цієї частини СВП. Тут у наявності дія контактних напружень, що створюють максимум концентрації. Далі, з переходом у бокові стінки СВП напруження різко падають в 1,6-3,7 рази й тільки в крайових частинах на сполученні стінки з полками СВП знову зростають до максимуму; однак глибина проникнення σ_{max} становить не більше 1-1,5 мм і не викликає втрату стійкості бокової стінки СВП стояка. Таким чином, максимально навантаженим залишається тільки донна частина СВП і тільки на три діаметри каната за висотою стояка. Поява тут зон пластичного стану сталі Ст.5 не може викликати втрату стійкості поперечного перерізу стояка з СВП, а виникає перерозподіл навантаження на його сусідні ділянки. В цілому, аналіз НДС двох локальних моделей дозволяє стверджувати, що вузли кріплення й сполучення гнучкої стяжки з анкерами й стійками рамного кріплення перебувають у стійкому стані й виконують свої функції з перерозподілу навантаження на несучі елементи.

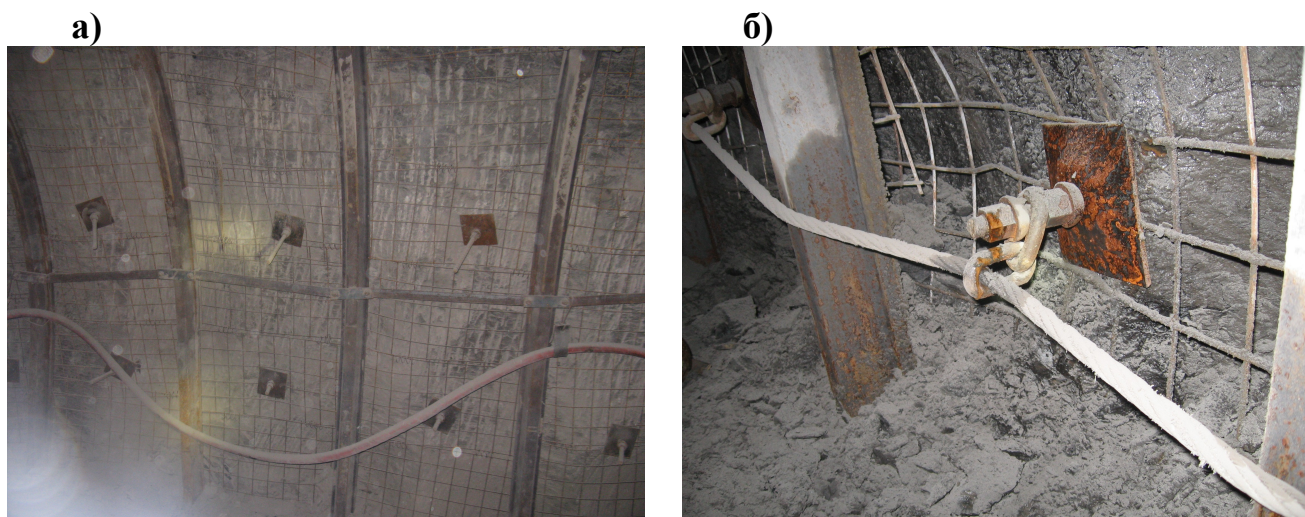


Рис. 7. Загальний вигляд збійки № 2, закріпленої рамами з СВП-19 (а) і варіанта вузлів зв'язку бокових анкерів зі стояками рамного кріплення у конвеєрному штреку (б)

Для вибору параметрів механічних зв'язків розроблена методика розрахунку, яка поєднує прогноз проявів гірського тиску (з вибором рамного кріплення) за нормативною методикою керівного документа КД 12.01.01.201-98 Мінвуглепрому України з розрахунком самих механічних зв'язків і вузлів їх кріплення на анкерах і рамах відповідно до встановлених параметрів гірського тиску. Розраху-

нок зусиль у гнучкій стяжці й вибір каната виконується за формулами

$$P = \frac{N_{max}}{2 \sin \beta}; N_{max} = \frac{\pi}{4} d_p^2 \sigma_T;$$

$$\beta = \arctg\left(2 \frac{l_1 - l_2}{L}\right); l_1 = \delta_1 + \delta_2 + \frac{d_c}{2} + U_k - U_3 - U_a;$$

$$l_2 = \delta_4 \frac{e_1 - d_a - 2d_c}{e_1 - e_2}; U_3 = \frac{U_k}{1 + 2l_a/B}; U_a = \frac{4N_{max}l_a}{\pi d_a^2 \cdot E_a},$$

де d_a , d_p і d_c – діаметр арматур анкера, хвостовика по внутрішньому різьбленню й стяжки відповідно; B – ширина виробки в проходці; e_1 , e_2 , δ_2 , δ_3 і δ_4 – геометричні розміри в розрахунковій схемі вузлів зв'язку анкерів зі стояками рами.

Заключний етап дисертації присвячений дослідно-промисловим випробуванням удосконаленої конструкції рамно-анкерного кріплення, наприклад, при проведенні збійки № 2 і конвеєрного штреку блока № 3 ВСП «Шахта «Ювілейна» (рис. 7, а). Так, виміри на реперних станціях при застосуванні рам із СВП-19 (рис. 8) підтверджують обидва наукових положення: по-перше, практично усунуто області пластичного стану стояків рами – зближення боків знизилася у 4 рази на рівні проходу людей і в 4,97 рази в районі опор стояків; по-друге, здійснено наближення до ресурсозберігаючих умов рівномірності рами – завантаження верхняка наближається до рівня зусиль у розвантажених стояках, що посереднім чином відображається у багаторазовому зниженні розбіжностей розвитку зближень боків та покрівлі підосви.

У цілому, всі виробки, які підтримуються рекомендованим рамно-анкерним кріпленням, перебувають у стійкому стані (рис. 7, б) і повністю задовольняють нормам і вимогам їх надійної та безпечної експлуатації.

Вирішення перелічених задач у повному обсязі дозволила довести наукове й практичне значення результатів досліджень у плані вдосконалення ресурсозберігаючих технологій підтримки підготовчих гірничих виробок рамно-анкерним кріпленням.

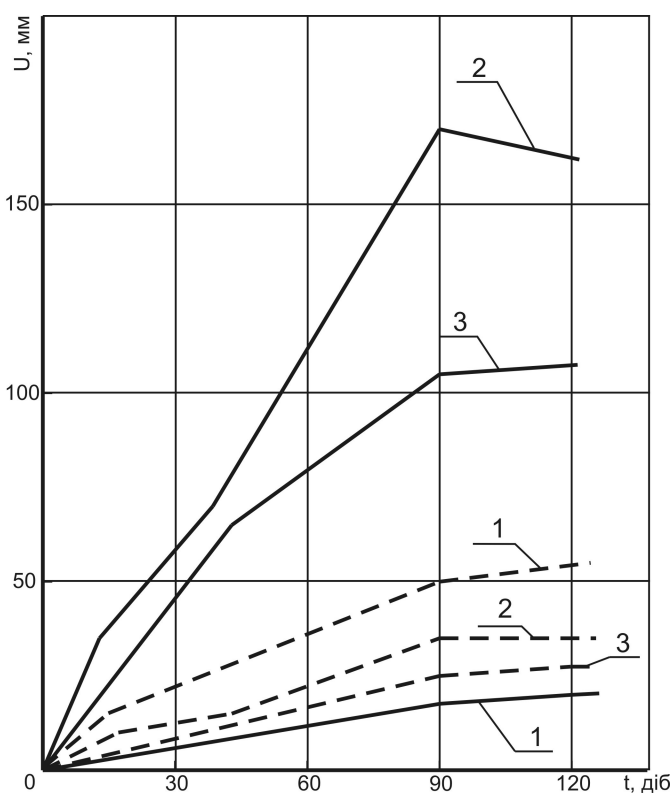


Рис. 8. Закономірності росту переміщень породного контуру виробки на протязі спостережень: рама та анкери не з'єднані гнучкими — — — — — стяжками;

запропоноване рамно-анкерне кріплення; 1 – зближення покрівлі та підосви; 2 – зближення боків на рівні 1,8-2,0 м від підосви; 3 – зближення боків на рівні 0,4-0,6 м від підосви

нням із просторово-податливими зв'язками бокових анкерів і стояків рам в умовах створення в покрівлі армопородної плити високої жорсткості.

ВИСНОВКИ

У дисертації, що є завершеною науково-дослідною роботою, подано нове рішення важливої науково-технічної задачі ресурсозберігаючого управління проявами гірського тиску в підготовчих виробках шахт Західного Донбасу за рахунок саморегулювання стану системи «масив-рама-анкер» забезпеченням адаптивних режимів опору рамно-анкерного кріплення, яке володіє з просторово-податливими зв'язками.

Основні наукові й практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Обґрунтовано принцип саморегулювання процесу перерозподілу навантаження (як у поперечному, так і поздовжньому перерізах виробки) у рамно-анкерному кріпленні за допомогою створення просторово-податливих зв'язків бокових анкерів і стояків рам, що дозволило вишукати резерви ресурсозбереження при підтримці підготовчих виробок шахт Західного Донбасу, сутність яких полягає у реалізації двох основних положень: максимальної адаптації рамно-анкерного кріплення у просторі до особливостей проявів гірського тиску й наближення до стану рівномірності всіх елементів рамно-анкерного кріплення.

2. Розроблено алгоритм проведення комп'ютерного моделювання макросистеми «масив-рама-анкер» і локальних систем вузлів зв'язку бокових анкерів зі стояками рами, для підвищення адекватності й вірогідності якого врахована істотна просторова неоднорідність геометричних, механічних і силових параметрів усіх елементів систем.

3. Різноманітними дослідженнями НДС комбінованого кріплення (відсутні механічні зв'язки анкерів зі стояками рами) виявлені нові фактори й установлені взаємозв'язки його стану з параметрами окремих елементів:

– верхняк рами систематично перебуває в недовантаженому стані (інтенсивність діючих напружень в 2-2,5 рази нижче розрахункової границі текучості сталі Ст.5); у той же час, у стояках рами стабільно утворюються великі області пластичного стану (у районі опори стояка довжиною до 0,5-0,6 м і в районі п'яти склепіння довжиною до 0,8-0,9 м) – у наявності істотно нерівномірне навантаження рамного кріплення по контуру;

– комплекс варіантів розрахунків НДС системи, що стосуються зміни структури прилеглого масиву і його властивостей, номера СВП і параметрів встановлення бокових анкерів, не призвели до виключення областей пластичного стану в стояках рами й зниженню ступеня нерівномірності її навантаження по контуру;

– встановлена основна причина такого явища – роздільна робота бокових анкерів і стояків рами за опором проявам гірського тиску.

4. За результатами моделювання системи «масив-рама-анкер» рамно-анкерне кріплення із просторово-податливими зв'язками бокових анкерів і стояків рами при наявності в покрівлі армопородної плити високої жорсткості найбільш доцільне в умовах підтримки підготовчих виробок шахт Західного Донбасу:

– зони пластичного стану стояків рами повністю усунуті, що обумовлено різким зниженням згинальних напружень при створенні додаткових опор у вигляді гнучких стяжок; більш того, навіть при використанні полегшеного спецпрофілю СВП-19 забезпечується більш ніж дворазовий запас міцності;

– рівень діючих напружень у верхняку рами відповідає такому ж в стояках і кріплення КШПУ перебуває у відносно рівнонавантаженому по контуру стані;

– підвищення стійкості приконтурних порід не тільки в боках, але й у покрівлі виробки обумовлено більш високою навантаженістю анкерів – до 86% від несучої здатності проти 20-35% у базовій схемі кріплення виробок.

5. Шахтними дослідженнями експериментально встановлений і отримав геомеханічне пояснення факт підвищеного гірського тиску й переміщень породного контуру в боках виробки. Домінуюче значення тут грає перевищення більш ніж в 3,5 рази переміщень порід у боках виробки над величиною зближення покрівлі й підосви, що пояснюється специфічним для Західного Донбасу процесом видавлювання слабких бокових порід, укладених між зміцненою анкерами армопородною вантажонесучою плитою підвищеної жорсткості в покрівлі й більш міцним (до 3 разів) вугільним пластом у підосві; розбіжність розрахованих і заміряних величин зближень покрівлі й підосви склала 7,4-10,7%, а горизонтальних переміщень породного контуру й результатів моделювання склала 13,2% на рівні п'яти склепіння рами й 23,4% у районі опор стояків, що є цілком задовільною похибкою для розрахунків геомеханічних процесів.

6. Оцінка стану ділянок виробки, закріпленої за базовим варіантом (але із застосуванням спецпрофілю СВП-19), і рекомендованим рамно-анкерним кріпленням, дала позитивні результати на користь останньої: обмежені переміщення породного контуру боків виробки в 4,0 рази на рівні п'яти склепіння й в 4,97 рази в районі опор стояків рам; одночасно зросло навантаження на верхняк кріплення. У підсумку, знижується рівень напружень у стійках рами, підвищується стійкість виробки при одночасному зниженні металоємності рамного кріплення до 30% (заміна СВП-27 на СВП-19).

7. Обґрунтовано технологічно просте конструктивне рішення щодо створення між рамами й анкерами механічних зв'язків, які володіють піддатливістю за всіма трьома вимірами простору, які також характеризуються мінімальними витратами матеріальних і трудових ресурсів.

8. Розроблено методику розрахунку гнучких зв'язків і здійснений вибір стяжок для умов підтримки підготовчих виробок, наприклад, блоку № 3 ВСП «Шахта «Ювілейна» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

9. Випробування рамно-анкерного кріплення із саморегульованим перерозподілом навантаження при проведенні конвеєрного штреку блоку № 3 показали високу її ефективність з тотального обмеження переміщень боків виробки. Виробка перебуває у стійкому стані за всією своєю довжиною, а переміщення породного контуру набагато нижче вертикальної й бокової конструктивної піддатливості кріплення КШПУ.

Основні положення і результати дисертації опубліковані в наступних роботах:

1. Вивчаренко А.В. Геомеханика взаимодействия анкерной и рамной крепей в единой грузонесущей системе / В.И. Бондаренко, Ю.Я. Чередниченко, И.А. Кова-

левская, Г.А. Симанович, А.В. Вивчаренко, В.В. Фомичев. – Днепропетровск: Системные технологии, 2010. – 174 с.

2. Вивчаренко О.В. Розрахунок величини вдавлювання стояків рамного кріплення у слабкі породи підосви пластової виробки / І.А. Ковалевська, О.В. Вивчаренко, В.Г.Черватюк, О.Р. Мамайкін // Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 4. – С. 30-33.

3. Вивчаренко А.В. Обоснование направления снижения металлоемкости рамно-анкерной крепи пластовой выработки в слоистом массиве слабых пород / Бондаренко В.И., Ковалевская И.А., Симанович Г.А., Вивчаренко А.В., Коваль А.И. // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 4. – С. 30-34.

4. Vivcharenko A.V. Working out and Research of the Pliable Anchor with the Elastic Lock / G.A. Simanovich, I.A. Kovalevska, A.V. Vivcharenko, V.G. Chervatyuk // Materialy Szkoły Eksploatacji Podziemnej. – Krakow: Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2009. – P. 591-597.

5. Вивчаренко А.В. Взаимосвязь НДС элементов системы «массив-крепь» с прочностными характеристиками боковых пород / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, А.В. Вивчаренко, В.В. Фомичев // Материалы III Междунар. научн.-практ. конф. «Школа подземной разработки». – Днепропетровск: «ЛізуновПрес», 2009. – С. 99-105.

6. Вивчаренко А.В. Влияние геомеханических параметров углевмещающего массива слабых пород на пучение почвы пластовой выработки /И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович, А.В. Вивчаренко, В.Г. Черватюк // Materialy Szkoły Eksploatacji Podziemnej. – Krakow: Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2010. – P. 498-506.

7. Вивчаренко А.В. Закономерности перемещений рамной крепи в зоне прохода людей и пучения пород почвы в зависимости от типоразмера пластовой выработки /А.В. Вивчаренко, Р.Н. Свистун // Материалы Междунар. конф. «Форум гірників». – Днепропетровск: НГУ, 2010. – С. 153-157.

8. Вивчаренко А.В. Интенсивная отработка тонких угольных пластов в горно-геологических условиях Западного Донбасса /А.В. Вивчаренко, А.Н. Лядецкий // Материалы III Междунар. научн.-практ. конф. «Школа подземной разработки». – Днепропетровск: «ЛізуновПрес», 2009. – С. 18-22.

9. Вивчаренко А.В. Методология компьютерного моделирования проблемы устойчивости подземных выработок / Бондаренко В.И, Ковалевская И.А., Грядущий Ю.Б., Коваль А.И., Вивчаренко А.В. // Materialy Szkoły Eksploatacji Podziemnej. – Krakow: Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2010. – P. 1131-1138.

10. Vivcharenko A. Calculation substantiation of the yield lock model of the polygonal yieldable support with elongated props by means of experiment // Kovalevska I., Fomychyov V., Vivcharenko A. // Materials of IV International scientific-practical conference “Scholl Underground Mining-2010” / “New techniques and technologies in mining”. – Netherlands: CRC Press / Balkema, 2010. – P. 83-87.

11. Vyvcharenko A.V. Optimization of frame-bolt support in the development workings, using computer modeling method / I. Kovalevska, V. Fomychev, A. Vyvcharenko // XXII World mining congress. – Turkey, Istanbul. – Volume I. – P. 267-278.

Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві: [1] – розділ 4, а також пункти 2.1 і 2.5, участь у написанні розділів 3, 6, 7 і 8; [2-11] – підготовка задач та аналіз результатів комп'ютерного моделювання, висновки.

АНОТАЦІЯ

Вівчаренко О.В. Обґрунтування параметрів підвищення стійкості виїмкових виробок із застосуванням податливої рамно-анкерної системи. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин. Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2012.

У дисертаційній роботі надано нове рішення актуальної науково-технічної задачі ресурсозберігаючого управління проявами гірського тиску в підготовчих виробках шахт Західного Донбасу за рахунок саморегулювання станом системи «масив-рама-анкер» забезпеченням адаптивних режимів опору рамно-анкерного кріплення, яке має просторово-піддатливе міжелементне з'єднання.

Захищаються встановлені закономірності інтенсивного навантаження слабких шаруватих порід боків виробки з боку двох утворень підвищеної жорсткості – зміцненої анкерами армопородної вантажонесучої плити в покрівлі й цілісного високоміцного вугільного пласта, у результаті чого активно проявляється так званий «ефект штампа», коли знеміцнені від концентрацій напружень слабкі породи в боках виробки видавлюються в її порожнину, деформуючи стояки рамного кріплення; із цієї причини виявлене стабільне утворення в стояках рами великих областей пластичного стану їх матеріалу (у районі опор стояків довжиною до 0,5-0,6 м і в районі п'яти склепіння довжиною 0,8-0,9 м) незалежно від структури прилеглих порід, площі перерізу виробки й застосовуваного номера спецпрофілю СВІІ рамного кріплення. Виявлено основну причину – роздільну роботу анкерів і рам по опору проявам гірського тиску. Доведено, що завдяки просторово-піддатливим зв'язкам анкерів і рам у єдиній вантажонесучій системі підтримується процес саморегулювання навантаження на основні несучі елементи (зміцнені породи, раму й анкери), у результаті якого вантажонесуча система в цілому наближається до ресурсозберігаючого стану рівномірності елементів, адаптуючись у просторі до збурювань гірського тиску.

Розробленим методом розрахунку параметрів рамно-анкерного кріплення, аналітичними й експериментальними дослідженнями доведена можливість зниження металоємності рамного кріплення до 30% за рахунок створення просторово-піддатливих зв'язків з анкерами.

Розроблена методика розрахунку, яка поєднує прогноз проявів гірського тиску (з вибором рамного кріплення) з розрахунком самих механічних зв'язків і вузлів їх кріплення на анкерах і рамах. Дослідно-промислові випробування удосконаленої конструкції рамно-анкерного кріплення проведені на шахтах ПАТ «Павлоградвугілля».

Ключові слова: виробка, стійкість, слабкі породи, шаруватий масив, рамно-анкерне кріплення, параметри, розрахунок, ресурсозбереження.

АННОТАЦИЯ

Вивчаренко А.В. Обоснование параметров повышения устойчивости выемочных выработок с использованием податливой рамно-анкерной системы. – На

правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2012.

Защищаются установленные закономерности интенсивного нагружения слабых слоистых пород боков выработки со стороны двух образований повышенной жесткости – упрочненной анкерами армопородной грузонесущей плиты в кровле и целостного высокопрочного угольного пласта, в результате чего активно проявляется так называемый «эффект штампа», когда разупрочненные от концентраций напряжений слабые породы в боках выработки выдавливаются в ее полость, деформируя стойки рамной крепи; по этой причине выявлено стабильное образование в стойках рамы обширных областей пластического состояния их материала (в районе опор стоек длиной до 0,5-0,6 м и в районе пяты свода длиной 0,8...0,9 м) независимо от структуры близлежащих пород, площади сечения выработки и применяемого номера спецпрофиля СВП рамной крепи. Выявлена основная причина – раздельная работа анкеров и рам по сопротивлению проявлениям горного давления. Доказано, что благодаря пространственно-податливым связям боковых анкеров и стоек рам в единой грузонесущей системе поддерживается процесс саморегулирования нагрузки на основные несущие элементы (упрочненные породы, раму и анкера), в результате которого грузонесущая система в целом приближается к ресурсосберегающему состоянию равнопрочности элементов, адаптируясь в пространстве к возмущениям горного давления.

Впервые разработана модель системы «массив-рама-анкер» с учетом полных диаграмм деформирования каждой литологической разности, а также конечно-элементного построения реальных геометрических параметров рамной крепи (включая имитаторы замков податливости), сталеполлимерных анкеров, механических связей и условий их силового взаимодействия. Комплексом вариантов расчета НДС усовершенствованной рамно-анкерной крепи доказано не только полное исключение областей пластического состояния материала в стойках рамы, но и формирование достаточно равномерного поля напряжений по ее контуру с обеспечением более, чем двукратного запаса прочности даже при использовании облегченного спецпрофиля СВП-19. Опытными промышленными испытаниями усовершенствованной рамно-анкерной крепи установлено снижение перемещений боков выработки в 4,0 раза на уровне пяты свода и в 4,97 раза в районе опор стоек рам. Разработанным методом расчета параметров рамно-анкерной крепи, вычислительными и шахтными исследованиями доказана возможность снижения металлоемкости рамной крепи до 30% за счет объединения стоек с боковыми анкерами пространственно-податливыми связями.

Разработана методика расчета, которая соединяет прогноз проявлений горного давления (с выбором рамного крепления) с расчетом самих механических связей и узлов их крепления на анкерах и рамах. Опытными промышленными испытаниями усовершенствованной конструкции рамно-анкерного крепления проведены на шахтах ПАО «Павлоградуголь».

Ключевые слова: выработка, устойчивость, слабые породы, слоистый массив, рамно-анкерная крепь, параметры, расчет, ресурсосбережение.

ANNOTATION

Vivcharenko O.V. Substantiation of stopes stability parameters increase with

use of yieldable frame-bolt system. – On the right of manuscript.

Candidate of technical sciences' dissertation on specialty 05.15.02 – Underground mining of mineral deposits. State higher educational establishment “National Mining University”, Dnipropetrovs'k, 2012.

New determination of current scientific-technical task of resource-saving management of rock pressure manifestation in the development workings of Western Donbas mines is presented due to “massif-frame-bolt” condition self-adjustment and provision of adaptive modes of frame-bolt support resistance that has spatial yieldable interelement connection.

Established laws weak layered rock's of a mine workings walls intensive load are defended from the side of two increased – reinforced by bolts of fibercrete load-bearing plate in roof and solid high-strength coal seam resulting in so-called “stamp effect”, when loosened from strain concentrations weak rocks in walls are squeezed out into its cavity and thus deforming frame support's props; for this reason, stable formation of wide areas with plastic state in the frame's props material (in the area of props with length up to 0.5-0.6 m and in area of the canopy's lower part with length of 0.8-0.9 m) regardless near located rocks, cross-cut section of the working and applied special profile of support – SVP. Major reason is revealed – separate work the bolts and frames of resistance to rock pressure manifestations. It is proved that due to spatial-yieldable connections of bolts and frames in single load-bearing system, a process of load self-control on the bearing elements is sustained (reinforced rocks, frame and bolt), consequently load-bearing system, in general, approaches resource-saving state of the elements equal strength, adapting in space to rock pressure manifestations. Possibility of frame support metal consumption to 30% due to creation of spatial yieldable connections with the bolts is proved by analytical and experimental parameters and developed frame-bolt support calculation method.

Calculation methodology loop that connects forecast of rock pressure manifestations (with frame support selection) with calculation of mechanical links and joints of their fixing on bolts and frames is developed. Experimental-industrial tests of improved bolt-frame support construction are conducted at mines of PJSC “Pavlogradugol”.

Key words: working, stability, weak rocks, layered massif, frame-bolt support, parameters, calculation, resource-saving.

ВІВЧАРЕНКО Олександр Васильович

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІДВИЩЕННЯ
СТІЙКОСТІ ВІЙМКОВИХ ВИРОБОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
ПОДАТЛИВОЇ РАМНО-АНКЕРНОЇ СИСТЕМИ**

(Автореферат)

Підписано до друку 13.02.12. Формат 60x90/16.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,0.
Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 120 пр. Зам. №

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