

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ШЕСТОПАЛОВ Іван Миколайович

УДК 622.28.04: 622.268.1

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РАМНО-АНКЕРНОГО КРІПЛЕННЯ
ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ГЛИБОКИХ ШАХТ**

Спеціальність: 05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалин

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Донецьк – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі розробки родовищ корисних копалин
ДВНЗ “Донецький національний технічний університет”
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Новіков Олександр Олегович,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри «Розробка родовищ корисних копалин»

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Ковалевська Ірина Анатоліївна,
Національний гірничий університет Міністерства освіти і науки України
(м. Дніпропетровськ),
професор кафедри «Підземна розробка родовищ корисних копалин»

доктор технічних наук, професор
Антипов Ігор Владиславович,
Український державний науково-дослідний і проектно-конструкторський
інститут гірничої геології, геомеханіки та маркшейдерської справи національної
академії наук України (УкрНДМІ), (м. Донецьк),
провідний науковий співробітник

Захист відбудеться «__»_____ 2014 г. о 12⁰⁰ годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 11.052. 05
ДВНЗ “Донецький національний технічний університет”
Міністерства освіти і науки України
вул. Артема, 58, м. Донецьк, Україна, 83001; т. (062) 304-30-55).

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці
ДВНЗ “Донецький національний технічний університет”
Міністерства освіти і науки України
(вул. Артема, 58, II навч. корп., м. Донецьк, Україна, 83001; т. (062) 304-30-55).

Автореферат розісланий «__»_____ 2014 г.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 11.052.05
доктор технічних наук, професор



В.П. Кондрахін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Ефективність роботи вугільних шахт визначається собівартістю вугілля, у якій до 45 % становлять витрати на підтримання гірничих виробок. Нині до 90 % підтримуваних виробок на шахтах України закріплені металевим арковим податливим кріпленням, при цьому не менш, ніж 30 % з них деформовано та потребує ремонту. Одною з основних причин незадовільного стану виробок є недостатня несуча здатність рамного кріплення та невідповідність його технічної характеристики гірничо-геологічним умовам застосування.

Одним з перспективних напрямів покращення стану кріплення виробок є залучення у сумісну роботу з рамним кріпленням порідного масиву. У 70 % випадків це здійснюється шляхом анкерування порід покрівлі та боків виробок, що дозволяє на 30-40 % знизити зміщення порід, до 2,0 разів зменшити витрати на підтримання виробок. Як показує досвід підтримання гірничих виробок, закріплених комбінованим кріпленням, найбільш ефективно встановлювати анкерне кріплення відразу після виїмки породи у вибої виробки, проте більш, ніж у половині випадків анкери встановлюються з деяким відставанням від нього, що суттєво впливає на ефективність їх роботи. Це пов'язано з погрозою обвалення порід безпосередньої покрівлі у вибої, що потребує для забезпечення безпеки робіт першочергового встановлення рамного кріплення. Тому дослідження механізму взаємодії елементів системи «рама – оболонка з укріплених анкерами порід» та обґрунтування параметрів комбінованого кріплення з урахуванням розриву у часі між виїмкою порід та встановленням анкерів є актуальною науковою задачею.

Зв'язок роботи з науковими проблемами, планами і темами.

В останні 20 років одним з наукових напрямів ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (раніше ДПІ) є розробка та вдосконалення способів, технологій і засобів охорони та підтримання гірничих виробок глибоких шахт. Дисертаційна робота виконана в рамках досліджень: «Геомеханічне обґрунтування засобів забезпечення стійкості гірничих виробок на різних етапах їх експлуатації» (№ держ. реєстрації 0105U002290); «Розробка проекту нормативного документу з використання анкерного кріплення для забезпечення стійкості гірничих виробок глибоких шахт» (№ держ. реєстрації 0107U012803), «Розробка та впровадження нетрадиційних ресурсозбеігаючих технологій управління напружено-деформованим станом гірського масиву навколо виробок (№ держ. реєстрації 0110U001053), в яких автор брав участь як виконавець.

Метою роботи є встановлення закономірностей деформування системи «рамно-анкерне кріплення – вміщуючий масив» для обґрунтування параметрів рамно-анкерного кріплення.

Для досягнення поставленої мети у дисертації сформульовані і вирішені наступні **задачі**:

– провести лабораторні дослідження впливу посилення рамного кріплення анкерами на процес формування навколо виробки зони зруйнованих порід (ЗЗП);

– провести шахтні дослідження особливостей деформування і руйнування порід, що вміщують виробки з рамно-анкерним кріпленням;

– теоретично встановити закономірності деформування системи «рамно-анкерне кріплення – вміщуючий масив»;

– розробити способи підвищення стійкості виробок на основі комбінованого кріплення та методика розрахунку їх параметрів, провести шахтні випробування і впровадження рекомендацій з кріплення виробок комбінованим кріпленням.

Об'єктом досліджень є геомеханічні процеси у системі «порідний масив – оболонка з укріплених анкерами порід – рамне кріплення».

Предмет досліджень – параметри рамно-анкерного кріплення для підтримання підготовчих виробок глибоких шахт.

Методи досліджень. Для рішення поставлених задач використовувався комплексний метод, який включає: аналіз і узагальнення науково-технічних досліджень та літературних джерел за темою досліджень; досвід підтримання гірничих виробок; методи механіки гірничих порід; математичного моделювання геомеханічних процесів; комплекс шахтних досліджень та фізичне моделювання на еквівалентних матеріалах; методи теорії пружності, будівельної механіки, механіки твердого деформованого тіла; теорії імовірності та математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше встановлено, що ефективність використання анкерів, які встановлюються з відставанням від вибою виробки, для залучення порідного масиву у сумісну роботу з рамним кріпленням визначається розміром зони зруйнованих порід (ЗЗП), яка утворилась навколо виробки на момент встановлення анкерів. Якщо розмір ЗЗП не перевищує половини глибини анкерування, то ріст ЗЗП від контуру вглиб масиву зупиняється, а фронт руйнування переноситься на зовнішню границю області скріплених анкерами порід. При цьому коефіцієнт розпушення (k_p) у межах не зруйнованої заанкереної частини масиву не перевищує 1,02, а сумарний розмір ЗЗП на 30-40 % менше, ніж навколо виробки з рамним кріпленням.

2. Вперше теоретично встановлено та експериментально підтверджено, що допустимий розрив у часі між виїмкою породи та встановленням анкерів у складі рамно-анкерного кріплення знаходиться у ступеневій залежності від гірничо-геологічних умов спорудження виробки, її розмірів та відпору рамного кріплення. Так, в умовах, де $\gamma H / \sigma_{сж} = 0,20 \div 0,74$ при ширині виробки 4,8-5,0 м, відпорі рамного кріплення 0,05-0,10 МПа цей параметр складає від 2,0 до 8,3 діб.

3. Вперше встановлено, що НДС багат шарової порідно-анкерної оболонки, армованої за різними просторовими схемами, яка є складовою частиною системи «рама – оболонка з укріплених анкерами порід», описується залежностями від безрозмірних параметрів, які враховують зовнішнє навантаження, наведені пружні параметри оболонки, її розміри та фізико-механічні властивості гірничих порід, що дозволило диференційно розрахувати параметри рамного та анкерного кріплення.

Практичне значення роботи полягає у розробці:

- нових способів кріплення, які враховують механізм взаємодії рами та укріпленого анкерами порідного масиву;
- методики розрахунку параметрів комбінованого кріплення;
- стандарту підприємства об'єднання ДП «Добропіллявугілля» [СТП (02070826)(26319481):2010] «Методика визначення параметрів анкерних породо-армуючих систем для забезпечення стійкості гірничих виробок».

Результати роботи впроваджені на шахті «Добропільська», в умовах 7-го північного конвеєрного штреку пласта m_5^{16} , що дозволило у порівнянні з виробками, закріпленими тільки рамним кріпленням: зменшити зміщення контуру покрівлі у 1,7 рази, боків – у 1,5 рази, у 2,0 рази збільшити темпи проведення виробок, збільшити у 1,6 рази шаг встановлення рамного кріплення. Економічний ефект від впровадження пропонованих рекомендацій склав 4,1 млн. грн.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно сформульована наукова задача, ідея, мета та задачі досліджень; виконаний аналіз робіт за темою досліджень, обґрунтовано обрані методи досліджень. Автором проведені лабораторні, шахтні та теоретичні дослідження геомеханічних процесів у системі «порідний масив – оболонка з укріплених анкерами порід – рамне кріплення». Автор розробив технічні рішення та впроваджував результати досліджень у виробництво. Самостійно сформулював наукові положення, висновки та рекомендації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи обговорювалися і отримали схвалення на міжнародних науково-технічних конференціях: «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості» (Кривий Ріг, Україна, 2009-2013); «Форум гірників» (Дніпропетровськ, Україна, 2010); «Форум гірників» (Росія, Москва, МГТУ, 2009-2010), «Геотехнології та управління виробництвом XXI сторіччя» (Донецьк, ДонНТУ, 2009), «Геотехнології XXI сторіччя» (Донецьк, ДонНТУ, 2010) «Перспективи засвоєння підземного простору» (Дніпропетровськ, ДГІ, 2010), «Вдосконалення технології будівництва шахт та підземних споруд» (Донецьк, ДонНТУ, 2012), «XII Міжнародний симпозіум «Геотехніка»» (Глівіце-Устронь, Польща, 2008-2010), «Проблеми геомеханіки та механіки підземних споруд» (Росія, Тула, 2009, 2010), «Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Школа підземної розробки»» (Дніпропетровськ-Ялта, 2013).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 28 наукових праць (2 з яких без співавторів): одному нормативному документі, 14 статтях, опублікованих у фахових наукових виданнях затверджених МОН України (1 з яких без співавторів), 5 патентів на корисну модель України та 1 патент України на винахід. 6 статей було опубліковано у збірниках конференцій. 1 стаття опублікована у збірнику, який входить до наукометричної бази SCOPUS.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 135 найменувань на 14 сторінках

та 5 додатків на 20 сторінках. Містить 158 сторінок машинописного тексту, у тому числі 57 рисунків та 10 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 197 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Перший розділ дисертації – «Аналіз робіт, присвячених проблемі, що вирішується».

У науково-технічній літературі комбіноване кріплення на основі анкерного (анкерно-рамне та рамно-анкерне) уявляються, як посилене анкерами рамне кріплення, яке дозволяє у більшому чи у меншому ступені використати несучу здатність порід, що вміщують виробку. Незважаючи на те, що комбіноване кріплення на основі анкерного вже більше 40 років успішно використовується за кордоном, а в Україні – з 80-х років ХХ сторіччя, у практиці їх застосування накопичилась значна кількість питань.

Великий внесок у дослідження процесів деформування та руйнування порід навколо гірничих виробок, закріплених, у тому числі, й комбінованим кріпленням на основі анкерного, внесли вчені та спеціалісти вітчизняних і закордонних науково-дослідних центрів. Це роботи провідних вчених та спеціалістів України і країн СНД: Антипова І.В., Бабіюка Г.В., Борисова А.А., Булата А.Ф., Буличьова Н.С., Виноградова В.В., Глушка В.Т., Грядущего В.Б., Касьяна М.М., Ковалевської І.А., Махна Є.Я., Новікова О.О., Шашенка А.Н., Широкова А.П., Чукана В.К., Мельникова Н.І. та вчених зарубіжних країн Айзаксона Є., Ficek J., Dolinar D., Каммера В., Коста А., Molinda G., Панека Л.А., Peng S., Скотта Д., Stilborg В., Фармера Я., Якобі О. та багатьох інших.

Викладені у їх працях уявлення про взаємодію різних конструкцій кріплення (у тому числі, й анкерного) з масивом, можна звести до наступних схем.

Перша схема підходить до випадку, коли анкерне кріплення встановлюється у вибої виробки у шаруваті породи покрівлі, з яких формується вантажонесуча конструкція. В ній скріплені анкерами породи зазнають стискування, а самі анкери – розтягування.

Друга схема відноситься до випадку, коли частина нестійких порід покрівлі у межах зони непружних деформацій (ЗНД), яка формується навколо виробки, прикріплюється анкерами до більш стійких порід, що знаходяться за її межами.

Третя схема описує випадок локального укріплення міцних, але тріщинуватих порід, які вміщують виробку, що дозволяє запобігти локальні обвалення порід покрівлі (механічне укріплення).

Четверта схема заснована на уявленні, що встановлення анкерів у приконтурному масиві за просторовими схемами дозволяє керувати параметрами, які характеризують його структурно-механічні властивості, особливо на позамежній ділянці деформування. В масиві утворюються вантажонесучі конструкції, які дозволяють сумісно з кріпленням забезпечити стійкий стан виробки при мінімальних витратах на підтримання.

Викладені вище уявлення про роботу анкерного кріплення, яке є основним елементом у системі «кріплення – оболонка з укріплених порід» не враховують його вплив на геомеханічні процеси, що відбуваються у вміщуючому виробку масиві, з урахуванням ступеня їх реалізації на момент встановлення анкерів. Це, в

свою чергу, не дозволяє диференційно визначити навантаження, яке сприймається порідно-анкерною оболонкою та рамою, і, як наслідок, розробити науково-обґрунтований метод розрахунку параметрів комбінованого кріплення.

Виконаний аналіз дозволив сформулювати мету роботи і визначити задачі досліджень.

Другий розділ – «Лабораторні дослідження впливу посилення рамного кріплення анкерами на процес формування навколо виробки ЗЗП».

Дослідження проводились у два етапи. Спочатку, на структурних моделях вивчався вплив посилення рамного кріплення анкерами на стійкість виробки у залежності від розміру зони зруйнованих порід (ЗЗП), яка сформувалась навколо виробки на момент встановлення анкерів. У моделях імітувались різний розмір ЗЗП, що сформувався в околиці виробки на момент встановлення анкерів, глибина та схема анкерування. Було встановлено, що посилення рамного кріплення анкерами ефективно, якщо глибина анкерування більша розміру ЗЗП, яка сформувалась навколо виробки на момент встановлення анкерів. При глибині анкерування, яка дорівнює або менша розміру ЗЗП, вплив анкерів на стійкість виробки практично відсутній.

Для уточнення особливостей впливу посилюючого раму анкерного кріплення на процес деформування вміщуючого масиву (у тому числі, ЗНД і ЗЗП) у часі, було проведено моделювання за допомогою еквівалентних матеріалів. Імітувались різні гірничо-геологічні умови та різний ступінь реалізації геомеханічних процесів у вміщуючому масиві на момент встановлення посилюючого анкерного кріплення. Було встановлено, що найкращий технічний ефект від анкерування забезпечується у випадку, коли вони встановлюються відразу після виїмки породи у вибої. Встановлення анкерів з різним розривом у часі знижує технічну ефективність від застосування анкерного кріплення. Встановлено також, що якщо на момент встановлення анкерів розмір ЗЗП, який сформувався від контуру вглиб масиву, не перевищує половини глибини анкерування, то подальший розвиток ЗЗП поблизу контуру зупиняється, при цьому фронт руйнування переноситься за межі скріпленої анкерами оболонки. Це дозволяє у два рази знизити зміщення контуру виробки у порівнянні з виробками, які закріплені в аналогічних умовах тільки рамними конструкціями кріплення.

Третій розділ дисертації – «Шахтні дослідження особливостей деформування та руйнування порід, що вміщують виробки з рамно-анкерним кріпленням».

Дослідження проводились на 11 комплексних вимірних станціях, обладнаних у 2-х підготовчих виробках з рамно-анкерним кріпленням, на шахті «Добропільська». Аналізувались також результати досліджень, виконаних на 10 глибинних вимірних станціях у 3-х підготовчих виробках ВАТ «шахта ім. А.Ф. Засядько» інженерами технічної служби А.А. Цикра, Ю.С. Опришко.

Комплексна вимірна станція являла собою 3 свердловини глибиною до 7 м, пробурених у покрівлю та боки виробки, та контурний репер – у підшві виробки. Відстань між реперами у свердловинах – 0,5-1,0 м. Контрольні вимірні станції встановлювали на дільницях тих же виробок з рамним кріпленням.

Конвеєрний штрек 5-ї північної лави пласта m_4^0 проводився з двостороннім підриванням по породах з міцністю 15 – 45 МПа. Потужність пласта – 1,2 м, кут залягання порід – 10° , глибина робіт – 700 м. Виробки проводились комбайном 1П110, перетин – арковий. Перші 5 пікетів були закріплені КМП-А3/13,8 з кроком встановлення 0,5 м. На цій ділянці була встановлена контрольна вимірна станція. На решті частині виробки між рамами, які були встановлені з кроком встановлення 0,8 м, у покрівлю під металеву полосу встановлювались чотири анкери довжиною 2,4 м. Тут були обладнані 5 вимірних станцій, на ділянках, де анкерне кріплення встановлювалось з різним розривом у часі після виїмки породи у вибої (0; 0,23; 0,46; 1,14 1,81 діб). Розмір ЗЗП на станціях №1-5 на момент встановлення анкерів склав, відповідно, 0; 0,12; 0,28; 0,44 та 1,1 м. Графіки зміщень глибинних реперів та зміни коефіцієнту розпушення (k_p) між глибинними реперами у покрівлі виробки на 300 добу досліджень наведені на рис. 1-2.

Як видно з представлених графіків, на 300 добу зміщення покрівлі на контрольній станції і станціях №1-5 склали, відповідно, 437, 299, 320, 342, 373 і 410 мм. Розмір ЗЗП в місцях встановлення станцій склав, відповідно, 4,75 м, 3,5 м, 3,2 м, 3,9 м, 3,6 м і 5,0 м, при цьому загальний розмір ЗНД в покрівлі практично не відрізнявся. Середнє значення k_p склало 1,063, а на інших станціях – 1,042-1,059.

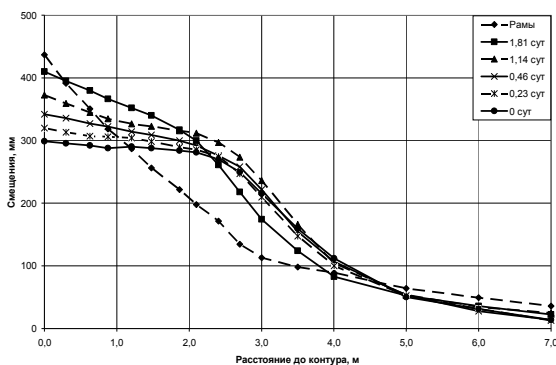


Рисунок 1 – Зміщення глибинних реперів у покрівлі на вимірних станціях

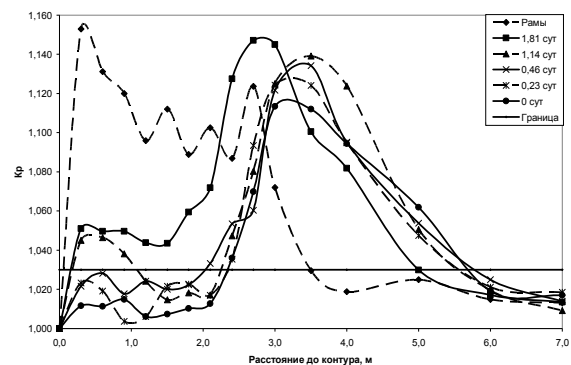


Рисунок 2 – Зміна k_p у покрівлі між реперами на вимірних станціях

На станціях №1-3 ЗЗП утворювалася за межами скріпленої анкерами ділянки, при цьому порідно-анкерна оболонка практично не зруйнувалася. На станції № 4 розмір ЗЗП від контуру вглиб масиву збільшився до 1,1 м, а на станції № 5 скріплений анкерами масив був повністю зруйнований. Аналогічні результати були отримані на вимірних станціях, встановлених в інших виробках.

Було встановлено, що при зведенні анкерів через 0-27 годин після виїмки породи розвиток деформаційних процесів від контуру вглиб масиву зупиняється, при цьому зменшуються: кінцевий розмір ЗЗП – на 41 %, а зміщення контуру – у 1,7 рази в порівнянні з контрольною ділянкою. При встановленні анкерів через 28-54 години після виїмки породи відбувається подальший розвиток ЗЗП від контуру вглиб масиву та повне руйнування створеної порідно-анкерної оболонки. Проте, за рахунок зниження

загального ступеня порушеності приконтурного масиву зміщення контуру знижуються у 1,1-1,2 рази у порівнянні з контрольною ділянкою. При встановленні анкерів з ще більшим розривом у часі зміщення порід покрівлі не відрізняються (відмінність менш, ніж 10 %) від зміщень на контрольній ділянці.

Четвертий розділ дисертації – «Аналітичні дослідження закономірностей зміни напружено-деформованого стану системи «рамно-анкерне кріплення – вміщуючий масив» виконувались у два етапи. Спочатку, з використанням положень кінетики крихкого руйнування та теорії граничної рівноваги вирішувалась задача з визначення допустимого розриву у часі між виїмкою породи і встановленням анкерів. Були отримані залежності для його розрахунку при різних гірничо-геологічних та гірничо-технічних умовах закладення виробки. Для глибини анкерування 2,2 м (довжина анкера $l_a=2,4$ м) ця залежність має вигляд:

$$t = -9,36 + 10,14R_b + 15,48 \cdot \left(\frac{\gamma H - P}{\sigma_{сж}} \right) + 0,6 \cdot R_b^2 - 27,65 \cdot R_b \cdot \left(\frac{\gamma H - P}{\sigma_{сж}} \right) + 4,133 \cdot \left(\frac{\gamma H - P}{\sigma_{сж}} \right)^2, \text{ суг} \quad (1)$$

$$R^2 = 0,92$$

де R_b – наведений радіус виробки, м; P – відпір рамного кріплення, МПа; H – глибина робіт, м; $\sigma_{сж}$ – межа міцності порід на стиснення, МПа.

На другому етапі, з використанням чисельних методів, розроблена математична модель, яка описує напружено-деформований стан (НДС) системи «рамно-анкерне кріплення – вміщуючий масив». В якості розрахункової схеми прийнята товста оболонка з трансверсально-ізотропних шарів порід, яка спирається через шар зруйнованих порід на раму. Оболонка знаходиться під дією рівномірно розподіленого навантаження q . Два краї її затиснені, а два інших – вільні. У моделі варіювались наступні параметри: кількість шарів порід i , діаметри анкерів d_a , наведені пружні характеристики анкерів та порід (модулі пружності E_a , E_n^i та зсуву G_a , G_n^i , коефіцієнти Пуассона ν_a , ν_n^i у двох напрямках, а також наведені розрахункові пружні характеристики конструкції).

При вирішенні задачі використовувався енергетичний підхід, заснований на варіації потенційної енергії системи та потенціалу зовнішнього навантаження. Повний прогин оболонки (w) має вигляд:

$$w(x, y) = \sum_{j=1}^n a_j f_j(x) g_j(y), \quad (2)$$

де a_j – невідомі коефіцієнти; $f_j(x)$, $g_j(y)$ – задані координатні функції.

Вирішувалась система лінійних алгебраїчних рівнянь, у які входять різні поєднання сум добутків координатних функцій та їх похідних різних порядків на невідомі коефіцієнти. Розрахунки виконувались за спеціально розробленою програмою. Був отриманий комплекс закономірностей, які описують НДС порідно-анкерної оболонки, армованої за різними просторовими схемами.

Залежність для визначення безрозмірного прогину порідно-анкерної оболонки зі сторони покрівлі має вигляд:

$$w/P = f(u_1, u_2, u_3)$$

$$w/P = (5,7u_1 - 0,32u_2 + 1,82u_3 + 19,41u_1u_2 + 7,29u_1u_3 + 0,31u_2u_3 - 0,03u_1u_2u_3 - 0.64) \cdot 10^{-3}, R^2=0,997 \quad (3)$$

$$\text{де } u_1 = \frac{q}{E_{np}}, u_2 = \frac{H}{R}, u_3 = \frac{t}{d_a},$$

E_{np} – наведений модуль пружності порідно-анкерної оболонки, Па;

H – глибина робіт, м; R – наведений радіус виробки, м;

t – відстань між анкерами, м;

P – периметр виробки, м.

Порівняння експериментальних та теоретичних результатів, виконаних за розробленою методикою, показали їх задовільну збіжність (максимальна розбіжність не перевищує 21 %). Розроблена математична модель дозволяє з урахуванням даних про кількість шарів, з яких складається оболонка, їх фізико-механічних властивостей і геометричних розмірів гірничої виробки розрахувати раціональні параметри комбінованого кріплення (рами та анкерної системи), які забезпечують тривалу стійкість підтримуваної виробки.

П'ятий розділ – «Розробка способів забезпечення стійкості виробок і методики розрахунку параметрів комбінованого кріплення. Шахтні випробування та впровадження рекомендацій з кріплення виробок комбінованим кріпленням».

Встановлені особливості взаємодії анкерів з порідним масивом дозволили розробити нові схеми армування порід та способи кріплення виробок, що засновані на використанні несучої здатності порідного масиву.

Запропоновані різні схеми формування у покрівлі її боках виробки порідно-анкерних конструкцій, посилених рамним кріпленням (рис. 3-4). Одна із схем (див. рис. 3, схема 4) була запатентована (спосіб просторового анкерування, деклараційний патент № 42320). Були отримані також патенти на вдосконалену конструкцію рамно-анкерного кріплення (патент № 62682) і на спосіб комбінованого кріплення виробок анкерним кріпленням (деклараційний патент № 53899), який забезпечує максимальне використання несучої здатності приконтурного масиву.

Виконані дослідження дозволили розробити методику розрахунку параметрів рамно-анкерних конструкцій кріплення, алгоритм якої представлений на рис. 5. При визначенні параметрів комбінованого (анкерно-рамного та рамно-анкерного) кріплення вперше запропоновано диференційно розраховувати його елементи з урахуванням часток навантажень, які сприймаються ними по мірі включення їх у роботу. Із загального навантаження, яке діє на систему, виділяється частка, яку сприймає оболонка

з укріплених анкерами порід, та навантаження, яке сприймає рамне кріплення. При цьому враховується характер розвитку деформаційних процесів у масиві та очікуваний ступінь руйнування вміщуючих порід, а також їх остаточна несуча здатність.

Шахтні випробування рекомендацій з кріплення виробок комбінованим кріпленням проводились в умовах 7-го північного конвеєрного штреку пл. m_5^{1B} шахти «Добропільська». Для оцінки технічної ефективності розроблених рекомендацій на контрольних (з рамним кріпленням) та експериментальних ділянках обладналися комплексні вимірні станції. Експериментальна ділянка розташовувалась між шостим та дев'яносто сьомим пікетом.

Виробка проводилась з двостороннім підриванням по породам з міцністю 15 – 45 Мпа. Потужність пласта – 1,2 м, кут залягання порід -10° . Виробка проводилась комбайном, перетин – арковий. На експериментальній дільниці (1840 м) параметри кріплення виробки були наступні: рамне кріплення – КМП-А3/13,8, шаг встановлення рам – 0,8 м, схема встановлення посилюючого анкерного кріплення - № 4, довжина анкерів – 2,4 м, щільність встановлення анкерів - $0,96 \text{ анк/м}^2$, кут нахилу анкерів до вертикальної площини – 30° з нахилом у сторону вибою. Кріплення контрольної ділянки здійснювалося металевим податливим кріпленням з щільністю встановлення 2 рами/м.

Результати досліджень оброблялись шляхом побудови графіків зміщень глибинних реперів та зміни k_p на ділянках свердловини між реперами (рис. 6, 7).

Впровадження рекомендацій з кріплення виробок комбінованим кріпленням на шахті «Добропільська» дозволило у порівнянні з виробками, закріпленими тільки рамним кріпленням: зменшити зміщення контуру покрівлі у 1,7 рази, боків – у 1,5 рази, у 2,0 рази збільшити темпи проведення виробок, збільшити у 1,6 рази шаг встановлення рамного кріплення. Економічний ефект від впровадження пропонованих рекомендацій склав 4,1 млн. грн.

Позитивні результати шахтних випробувань та впровадження конструкцій комбінованого кріплення дозволили затвердити об'єднанням ДП «Добропіллявугілля» стандарт підприємства [СТП (02070826)(26319481):2010] «Методика визначення параметрів анкерних породо-армуючих систем для забезпечення стійкості підготовчих виробок».

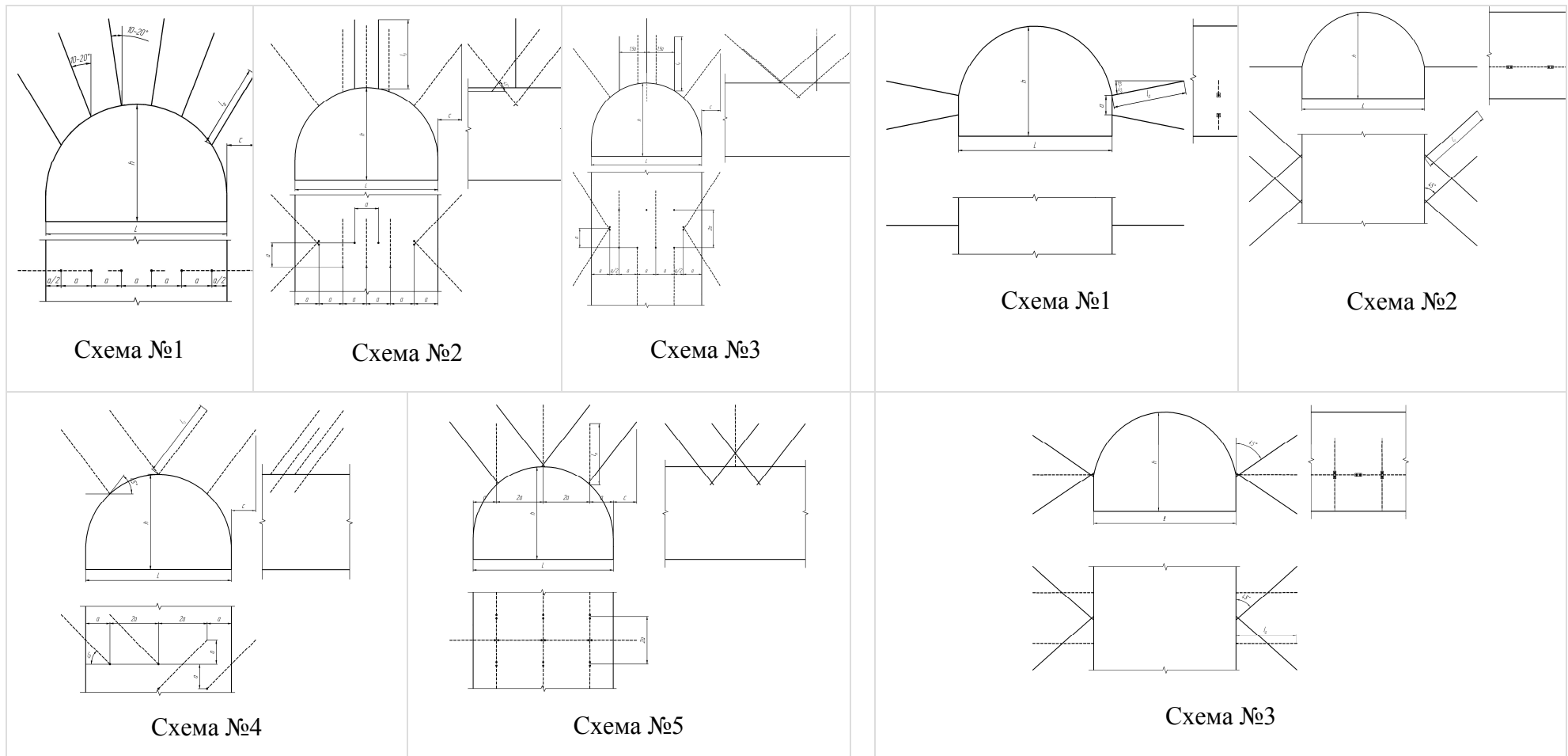


Рисунок 3 – Схеми анкерування покрівлі виробки

Рисунок 4 – Схеми анкерування боків виробки

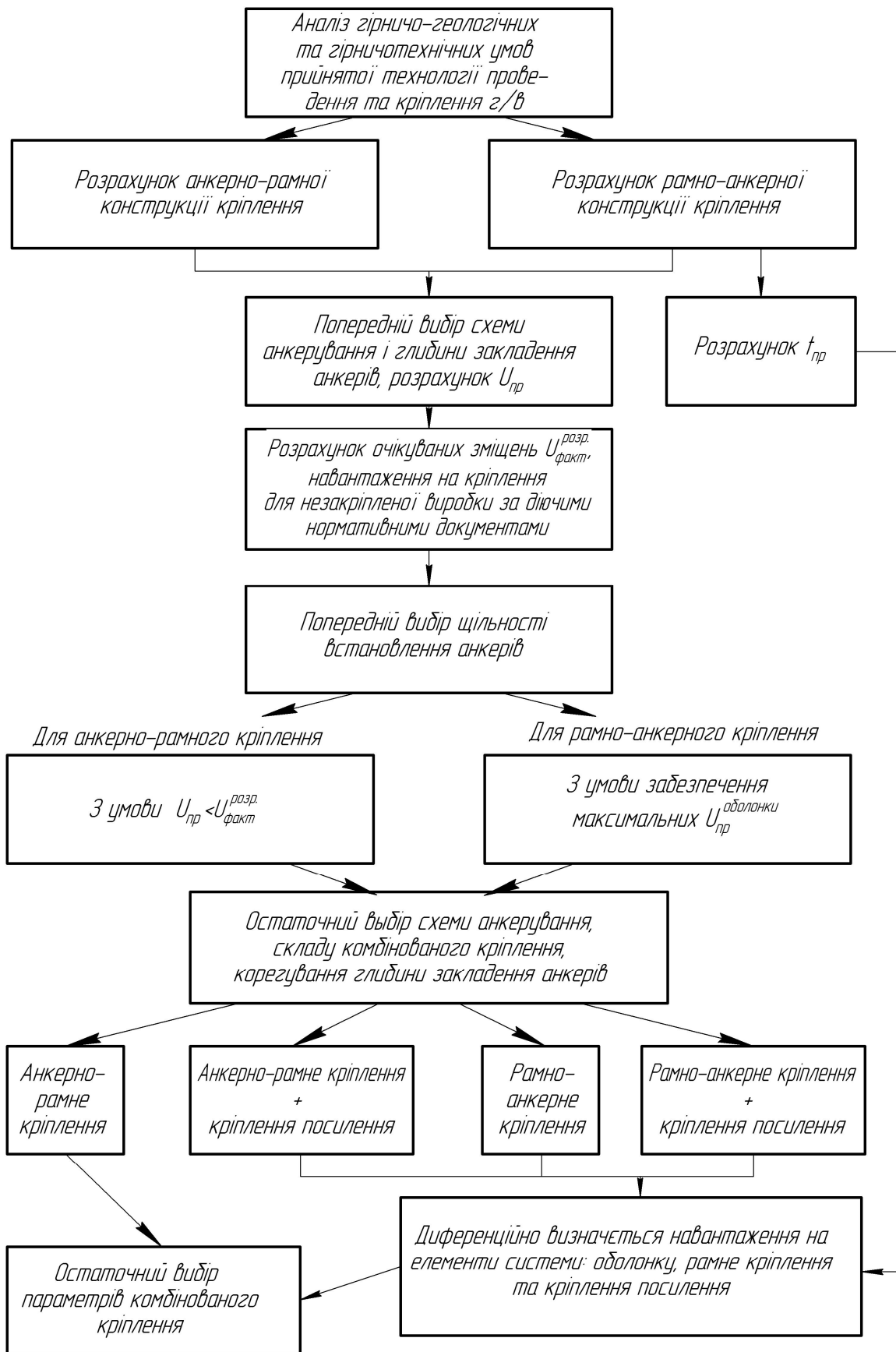


Рисунок 5 – Блок-схема до розрахунку параметрів комбінованого кріплення

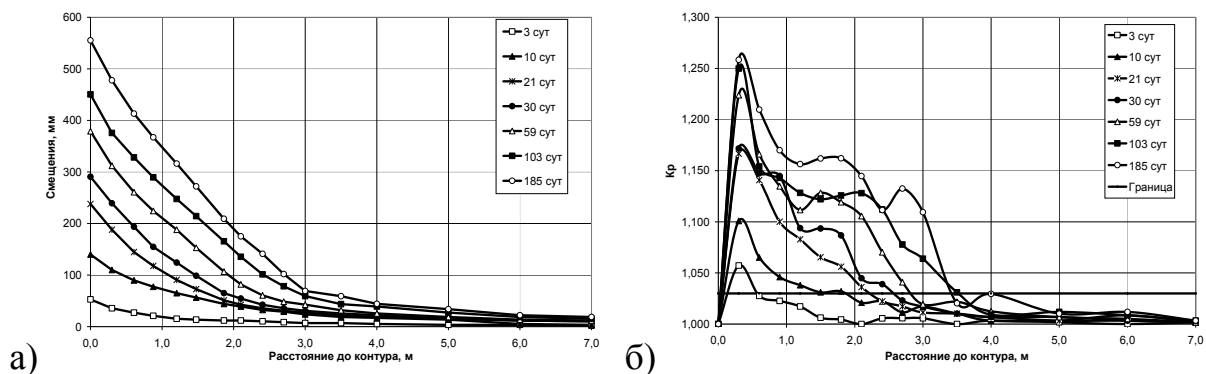


Рисунок 6 – Зміщення глибинних реперів у покрівлі виробки (а) та зміни k_p на ділянках свердловини між глибинними реперами (б) на контрольній ділянці

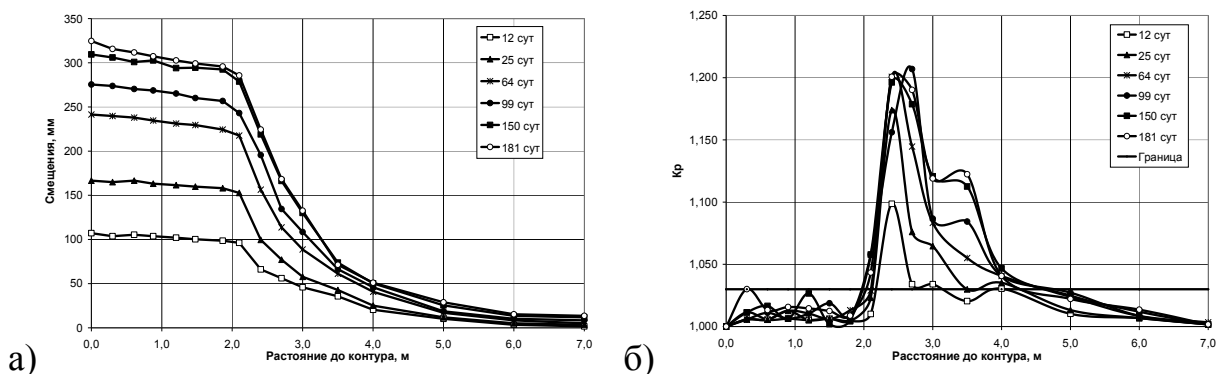


Рисунок 7 – Зміщення глибинних реперів у покрівлі виробки (а) та зміни k_p на ділянках свердловини між глибинними реперами (б) на експериментальній ділянці

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішена **актуальна науково-дослідницька задача** забезпечення стійкості підготовчих виробок глибоких шахт рамно-анкерним кріпленням на підставі теоретичного встановлення та експериментального підтвердження допустимого часу встановлення анкерного кріплення та закономірностей напружено-деформованого стану багат шарової порідної оболонки, армованої анкерами, яка є складовою частиною системи «рама – оболонка з укріплених анкерами порід», що дозволило розробити нові способи кріплення, які враховують механізм взаємодії рам та укріпленого анкерами приконтурного масиву та методику розрахунку параметрів комбінованого кріплення; отримати економічний ефект у розмірі 4,1 млн.грн.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

1. У діючих нормативних документах відсутні науково обґрунтовані рекомендації з визначення часу та місця встановлення анкерів відносно прохідницького вибою, що пов'язано з недостатньою вивченістю механізму взаємодії як складових частин комбінованого кріплення між собою, так і конструкції кріплення в цілому з вмшчючим масивом. При цьому більш, ніж у половині випадків анкери встановлюються не безпосередньо у вибої з проведення виробки, а з деяким відставанням від нього, що суттєво впливає на ефективність їх роботи.

2. Лабораторними дослідженнями (при $\gamma H/\sigma_{сж} = 0,35 \div 0,65$) встановлено, що якщо анкерне кріплення встановлюється при розмірі ЗЗП не більше половини глибини анкерування, то ріст ЗЗП зупиняється, а фронт руйнування переноситься

за межі скріпленої анкерами оболонки. Це дозволяє, за рахунок залучення приконтурного масиву у сумісну роботу з рамним кріпленням, зменшити у 2 рази зміщення контуру виробки у порівнянні з виробками, закріпленими рамним кріпленням.

3. В умовах шахти «Добропільська» встановлено, що при зведенні анкерів через 0-27 годин після виїмки породи розвиток деформаційних процесів від контуру вглиб масиву зупиняється, при цьому зменшуються: кінцевий розмір ЗЗП – на 41 %, а зміщення контуру – у 1,7 рази в порівнянні з контрольною ділянкою. При встановленні анкерів через 28-54 години після виїмки породи відбувається подальший розвиток ЗЗП від контуру вглиб масиву та повне руйнування створюваної порідно-анкерної оболонки. Проте, за рахунок зниження загального ступеня порушеності приконтурного масиву зміщення контуру знижуються у 1,1-1,2 рази у порівнянні з контрольною ділянкою. При встановленні анкерів з ще більшим розривом у часі зміщення порід покрівлі не відрізняються (відмінність менш, ніж 10 %) від зміщень на контрольній ділянці.

4. Встановлена залежність для визначення допустимого розриву у часі між виїмкою породи та встановленням анкерів, яка враховує розміри і гірничо-геологічні умови закладення виробки, а також параметри рамного кріплення.

5. Розроблена математична модель, яка описує НДС системи «рама – оболонка з укріплених анкерами порід – масив», яка представляє собою багатошарову товсту оболонку з трансверсально-ізотропних шарів порід, що знаходиться під дією рівномірно розподіленого навантаження з жорско затисненими краями у одному напрямі та вільними – у іншому. Модель дозволяє врахувати ступінь реалізації геомеханічних процесів, які відбулись у масиві на момент встановлення анкерів, а також їх розвиток у часі.

6. Встановлені закономірності зміни нормальних переміщень, максимальних нормальних і дотичних напружень, які діють у багатошаровій порідній оболонці, армованої анкерами за різними схемами та виконуючій роль кріплення у виробці з формою оголення покрівлі у вигляді півкола або параболи, при різних сполученнях безрозмірних параметрів, які враховують зовнішнє навантаження, наведені пружні та геометричні параметри оболонки та анкерного кріплення.

7. Розроблений і запатентований ряд способів підвищення стійкості виробок (спосіб опорно-анкерного кріплення, спосіб кріплення виробки комбінованим анкерним кріпленням, рамно-анкерне кріплення), які забезпечують зниження вартості та працездатності підтримання виробок у 2-3 рази.

8. Розроблена методика розрахунку параметрів комбінованого (анкерно-рамного и рамно-анкерного) кріплення, яка враховує ступінь реалізації геомеханічних процесів у вміщувачому масиві, що дозволяє диференційно визначити параметри кріплення та забезпечити за рахунок раціонального вибору схеми і параметрів анкерування мінімальні витрати матеріалів на кріплення, надійний та безпечний стан виробок протягом всього строку їх служби.

9. Шахтні випробування та впровадження рекомендацій з кріплення виробок комбінованим кріпленням на шахті «Добропільська» дозволило у порівнянні з виробками, закріпленими тільки рамним кріпленням: зменшити зміщення контуру покрівлі у 1,7 рази, боків – у 1,5 рази, у 2,0 рази збільшити

темпи проведення виробок, збільшити у 1,6 рази шаг встановлення рамного кріплення. Економічний ефект від впровадження пропонованих рекомендацій склав 4,1 млн. грн.

10 Позитивні результати шахтних випробувань та впровадження конструкцій комбінованого кріплення дозволили затвердити об'єднанням ДП «Добропіллявугілля» стандарт підприємства [СТП (02070826)(26319481):2010] «Методика визначення параметрів анкерних породо-армуючих систем для забезпечення стійкості підготовчих виробок».

Список опублікованих праць за темою дисертації:

1. **Новиков, А. О.** Исследования влияния усиления рамной крепи анкерами на процесс формирования вокруг выработки зоны разрушенных пород [Текст] / А. О. Новиков, И. Н. Шестопапов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Гірничо-геологічна» / Редкол.: Башков Є.О. (голова) та інші. – Випуск 16(206). – Донецьк. ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. – С. 173-179

2. Обоснование предельных сроков применения дополнительных мероприятий, направленных на повышение устойчивости горных выработок [Текст] / А. О. Новиков, Ю. А. Петренко, И. Н. Шестопапов, А. В. Резник // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Гірничо-геологічна» / Редкол.: Башков Є.О. (голова) та інші. – Випуск 16(206). – Донецьк. ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. – С. 179-184.

3. **Касьян, Н. Н.** Шахтные исследования особенностей деформирования и разрушения пород, вмещающих выработки с рамно-анкерной крепью [Текст] / Н. Н. Касьян, А. О. Новиков, И. Н. Шестопапов, В. И. Каменец // Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Криворізький технічний університет, 2012. – №95(1). – С. 31-35.

4. Проверка рекомендаций по расчету параметров комбинированной крепи в условиях шахты «Добропольская» [Текст] / А. О. Новиков, Ю. А. Петренко, И. Н. Шестопапов, А. В. Резник // Сб. науч. тр. ИГТМ НАНУ: «Геотехническая механика». – Днепропетровск, 2011. – №93. – С. 142-148.

5. **Новиков, А. О.** Проверка рекомендаций по расчету параметров комбинированной крепи [Текст] / А. О. Новиков, И. Н. Шестопапов // Зб. наук. пр. УкрНДМІ НАНУ.– Донецьк, 2012. – № 1 – С. 250-271.

6. **Новиков, А. О.** Математическая модель напряженно-деформированного состояния системы «рама – оболочка из скрепленных анкерных пород» [Текст] / А. О. Новиков, И. Н. Шестопапов // Известия Донецкого горного института : Донецк : ДонНТУ, 2011. – №2. – С. 11-19.

7. **Новиков, А. О.** О напряженно-деформированном состоянии системы «рама-оболочка из укрепленных анкерами пород» [Текст] / А. О. Новиков, И. Н. Шестопапов // Науковий вісник національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2012. – №6. – С.66-71.

8. **Шестопапов, И. Н.** Обоснование параметров рамно-анкерной крепи для поддержания подготовительных выработок глубоких шахт [Текст] / И. Н. Шестопапов // Гірничий вісник. Науково-технічний збірник. – Кривий Ріг: ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2013. – №96. – С. 20-23.

9. **Driban, V. A.** On the control of strata stability using frame-anchor systems [Текст] / V. A. Driban, A. O. Novikov, I. N. Shestopalov // Geomechanical Processes During Underground Mining. Proceeding of the School of underground mining, Dnipropetrovs`k/Yalta, Ukraine, 23 – 29 September 2013, CRC Press, pp.59-69.

10. **Дрибан, В. А.** О деформировании массива, вмещающего выработки с комбинированной рамно-анкерной крепью [Текст] / В. А. Дрибан, А. О. Новиков, И. Н. Шестопалов // Зб. наук. пр. УкрНДМІ НАНУ. – Донецьк, 2013. – № 12 – С.228-254.

11. **Новиков, А. О.** Исследования деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с рамно-анкерным креплением [Текст] / А. О. Новиков, В. Д. Иващенко, И. Н. Шестопалов // XIV Międzynarodowe Sympozjum “Geotechnika-Geotechnics 2010” Czesc II: zagraniczna; Materiały Naukowe. – Gliwice-Ustron, 2010. – С. 161-168.

12. **Пат. 42320 Україна, МПК Е 21 D 11/00, Е 21 D 13/00,** Спосіб кріплення гірничих виробок [Текст] / Касьян М. М., Плетнев В. А., Гладкий С. Ю., Сахно І. Г., Новіков О. О., Шестопалов І. М. ; заявитель и патентообладатель ДонНТУ. – № u200901503; заявл. 23.02.2009 ; опубл. 25.06.2009 ; бюл. № 12. – 6 с. : ил.

13. **Пат. 62682 Україна, МПК Е 21 D 21/00,** Рамно-анкерне кріплення [Текст] / Касьян М. М., Новіков О. О., Петренко Ю. А., Шестопалов І. М., Дрибан П. С., Виговський Д. Д. : заявитель и патентообладатель ДонНТУ. – № u201101509; заявл. 10.02.2011 ; опубл. 12.09.2011 ; Бюл. №17. – 6 с. : ил.

14. **Пат. 53899 Україна, МПК Е 21 D 13/00,** Спосіб комбінованого кріплення гірничої виробки анкерним кріпленням [Текст] / Касьян М. М., Новіков О. О., Петренко Ю. А., Сахно І. Г., Шестопалов І. М., Плетнев В. А., Гладкий С. Ю. : заявитель и патентообладатель ДонНТУ. – № u201003604; заявл. 29.03.2010 ; опубл. 22.10.2010 ; бюл. № 20. – 4 с. : ил.

15. **СТП (02070826) (26319481).** Методика визначення параметрів анкерних породо-армуючих систем для забезпечення стійкості гірничих виробок: [Текст]: / М. М. Касьян, Ю. А. Петренко, А. О. Новіков, И. Н. Шестопалов, І. Г. Сахно, В. А. Плетньов, С. Ю. Гладкий // Донецьк–Добропілля, 2010. – 27 с.

16. Исследование влияния схем анкерования горных пород на структурно-механические свойства вмещающего массива [Текст] / Ю. А. Петренко, А. О. Новиков, И. Н. Шестопалов, Я. О. Шажко // Геотехнологии и управление производством XXI века. Моногр. 2-х томах. – ДонНТУ, ДЦНПГО, 2006, С. 4-11.

Додаткові публікації

17. Шахтные исследования особенностей деформирования заанкерowanego массива [Текст] / А. О. Новиков, И. Г. Сахно, С. Ю. Гладкий, И. Н. Шестопалов // Międzynarodowe Konferencja, VIII SZKOŁA GEOMECHANIKI-2007, Czesc II: zagraniczna; Materiały Naukowe, Gliwice-Ustron, 2007. – pp. 119-129.

18. **Новиков, А. О.** Предельное состояние горного массива армированного пространственными анкерными системами [Текст] /

А. О. Новиков, Г. П. Стариков, И. Н. Шестопапов // Известия Донецкого горного института. – 2007. – № 2, С. 177-183.

19. **Новиков, А. О.** Исследования деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением [Текст] / А. О. Новиков, И. Н. Шестопапов // Проблеми гірничої технології: матеріали регіональної науково-практичної конференції, Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 28 листопада, 2008. –С. 38-43.

20. **Новиков, А. О.** Об особенностях деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением [Текст] / А. О. Новиков, С. Ю. Гладкий, И. Н. Шестопапов // Вісті Донецького гірничого інституту. – №1. – 2008. – С. 120-130.

21. **Новиков, А. О.** О деформировании массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением [Текст] / А. О. Новиков, И. Н. Шестопапов // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Перспективы освоения подземного пространства», Днепропетровск, ДГИ, 2009. – С. 53-58.

22. О деформировании массива в окрестности подготовительных выработок с анкерным креплением [Текст] / Н. Н. Касьян, А. О. Новиков, Ю. А. Петренко, И. Н. Шестопапов // Известия Донецкого горного института. – 2009. – № 1. – С. 70-77.

23. **Новиков, А. О.** О деформировании породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением [Текст] / А. О. Новиков, Ю. А. Петренко, И. Н. Шестопапов // Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. Кривой Рог, Криворожский технический университет – 2009, Выпуск 23. – С. 24-28.

24. **Пат. 45341 Україна, МПК Е 21 D 11/00, 13/00,** Спосіб опорно-анкерного кріплення гірничих виробок [Текст] / Касьян М. М., Новіков О. О., Петренко Ю. А., Плетнев В. А., Гладкий С. Ю., Шестопапов І. М. : заявитель и патентообладатель ДонНТУ. – № u200904430; заявл. 05.05.2009; опубл. 10.11.2009 ; Бюл. №21. – 3 с. : ил.

25. **Новиков, А. О.** Наблюдения за деформированием контура в монтажном ходе с анкерной крепью [Текст] / А. О. Новиков, С. Ю. Гладкий, И. Н. Шестопапов // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2010. – №34. – Т.2. – С. 96-100.

26. **Пат. 55763 Україна, МПК Е 21 D 20/00,** Спосіб встановлення анкера [Текст] / Касьян М. М., Новіков О. О., Петренко Ю. А., Дрипан П. С., Шестопапов І. М., Гладкий С. Ю., Виговський Д. Д. : заявитель и патентообладатель ДонНТУ. – № u201006908; Заявл. 04.06.2010; опубл. 27.12.2010; бюл. №24. – 6 с. : ил.

27. О деформировании кровли в монтажных ходах с анкерным креплением [Текст] / А. О. Новиков, С. Ю. Гладкий, И. Н. Шестопапов, Е. А. Навка // Материалы 4-й международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Перспективы освоения подземного пространства», Днепропетровск, 2010.– С.46-49.

28. Пат. 95155 Україна, МПК Е 21 D 11/00, 13/00, Спосіб опорно-анкерного кріплення гірничих виробок [Текст] / Касьян М. М., Новіков О. О., Петренко Ю. А., Плетнев В. А., Гладкий С. Ю., Шестопапов І. М. : заявитель и патентообладатель ДонНТУ. – № а200913566; заявл. 25.12.2009; опубл. 11.07.2011 ; Бюл. №13. – 4 с. : ил.

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві:

[2] – аналіз стану гірничих виробок, факторів, що впливають на їх стійкість, формулювання цілі та задач досліджень; [1,16,18] – виконання лабораторних досліджень, обробка і аналіз результатів; [6,7,24] – виконання теоретичних досліджень, обробка результатів та наукова інтерпретація експериментів; [12,13,14,25,27,29] – обґрунтування нових технічних рішень для забезпечення стійкості гірничих виробок; [3,9,10,11,17,19,20,21,22,23,26,28] – організація, участь в проведенні шахтних досліджень, обробка результатів та наукова інтерпретація експериментів; [15] – розробка методики розрахунку параметрів комбінованого кріплення на основі використання анкерних систем; [4,5] – розробка рекомендацій та організація впровадження.

АНОТАЦІЯ

Шестопапов І. М. «Обґрунтування параметрів рамно-анкерного кріплення для підтримання підготовчих виробок глибоких шахт» – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалини ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, 2014.

В умовах шахти «Добропільська» встановлено, що при зведенні анкерів з розривом у часі 0-27 годин після виїмки породи, розвиток деформаційних процесів від контуру вглиб масиву зупиняється, при цьому зменшуються: кінцевий розмір ЗЗР – до 41 %, а зміщення контуру – до 1,7 рази у порівнянні з контрольною ділянкою. При встановленні анкерів з розривом у часі 28-54 години після виїмки породи відбувається подальший ріст ЗЗР від контуру вглиб масиву та повне руйнування утвореної порідно-анкерної оболонки. Проте, зміщення контуру зменшуються у 1,1-1,2 рази у порівнянні з контрольною ділянкою. При встановленні анкерів з ще більшим розривом у часі зміщення порід покрівлі не відрізняються (різниця менше 10 %) від зміщень на контрольній ділянці.

Отриманий комплекс залежностей для визначення допустимого розриву у часі між виїмкою породи та встановленням анкерів та НДС системи «рама–оболонка з укріплених анкерами порід–масив», яка враховує ступінь реалізації геомеханічних процесів, що відбулись у масиві на момент встановлення анкерів, а також їх розвиток у часі.

Розроблені та запатентовані способи підвищення стійкості виробок з комбінованим кріпленням на основі анкерного, а також методика розрахунку параметрів комбінованого (анкерно-рамного та рамно-анкерного) кріплення, яка дозволяє диференційно визначити параметри кріплення.

Шахтні випробування та впровадження рекомендацій з використання комбінованого кріплення у виробках на шахті «Добропільська» дозволили: зменшити зміщення покрівлі у 1,7 рази, отримати економічний

ефект 4,1 млн. грн., затвердити об'єднанням «Добропіллявугілля» стандарт підприємства [СТП (02070826)(26319481):2010].

Ключові слова: рамно-анкерне кріплення, оболонка із укріплених анкерами порід, параметри, схема анкерування, зона зруйнованих порід.

АННОТАЦІЯ

Шестопалов И. Н «Обоснование параметров рамно-анкерной крепи для поддержания подготовительных выработок глубоких шахт» – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – подземная разработка месторождений полезных ископаемых ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, 2014.

Диссертация посвящена обоснованию рациональных параметров комбинированной рамно-анкерной крепи для поддержания подготовительных горных выработок.

Лабораторными исследованиями (при $\gamma_H/\sigma_{сж} = 0,35 \div 0,65$) установлено, что если анкерная крепь устанавливается при размере ЗРП не более половины глубины анкерования, то рост ЗРП прекращается, а фронт разрушения переносится за пределы скрепленной анкерами оболочки. Это позволяет, за счет вовлечения приконтурного массива в совместную работу с рамной крепью, уменьшить в 2 раза смещения контура выработки по сравнению с выработками, закрепленными рамной крепью.

В условиях шахты «Добропольская» установлено, что при установке анкеров спустя 0-27 часов после выемки породы развитие деформационных процессов от контура вглубь массива прекращается, при этом уменьшаются: конечный размер ЗРП – до 41 %, а смещения контура – до 1,7 раза по сравнению с контрольным участком. При установке анкеров спустя 28-54 часов после выемки породы происходит дальнейшее развитие ЗРП от контура вглубь массива и полное разрушение создаваемой породно-анкерной оболочки. Однако, смещения контура снижаются в 1,1-1,2 раза по сравнению с контрольным участком. При установке анкеров с еще большим разрывом во времени смещения пород кровли не отличаются (различие менее 10 %) от смещений на контрольной станции.

Установлена зависимость для определения максимального разрыва во времени между выемкой породы в забое и установкой усиливающей рамы анкерной крепи, учитывающая размеры выработки, горно-геологические условия ее заложения и параметры рамной крепи, позволяющая обеспечить положительный технический эффект от применения комбинированной рамно-анкерной крепи для поддержания выработок при следующих граничных условиях: параметр устойчивости $\gamma_H/\sigma_{сж} = 0,2-0,7$; радиус выработки при проведении $R=1,5-2,5$ м; несущая способность крепи $P=0,05-0,1$ МПа; параметр $l_a/2 = 0,75-1,45$ м; коэффициент концентрации напряжений $k=1$.

Разработана математическая модель, описывающая НДС системы «рама – оболочка из укрепленных анкерами пород – массив», расчетная схема которой

представлена в виде многослойной толстой оболочки из трансверсально-изотропных слоев, находящаяся под действием равномерно распределенной нагрузки с жестко защемленными краями в одном направлении и свободными – в другом, позволяющая учитывать степень реализации геомеханических процессов, произошедших в массиве до момента усиления рамной крепи анкерами, а также их развитие во времени

Установлены закономерности изменения безразмерных нормальных перемещений w/B , максимальных нормальных и касательных напряжений в многослойной породной оболочке, армированной анкерами по различным схемам, выполняющей роль крепи в выработке с формой в виде полуокружности или параболы, при различных сочетаниях безразмерных параметров, учитывающих внешнюю нагрузку, приведенные упругие параметры породно-анкерной оболочки, ее геометрические размеры и параметры анкерного крепления.

Разработан и запатентован ряд способов повышения устойчивости выработок (усовершенствованный способ опорно-анкерного крепления, способ крепления выработки комбинированной анкерной крепью, рамно-анкерная крепь) и методика расчета параметров комбинированных (анкерно-рамных и рамно-анкерных) крепей, позволяющая дифференцировано определить параметры крепи.

Шахтные испытания и внедрение рекомендаций по креплению выработок комбинированной крепью на шахте «Добропольская» позволили: уменьшить смещения кровли в 1,7 раза, за счет сокращения материалоемкости крепления получить экономический эффект 4,1 млн. грн. Утвержден стандарт предприятия [СТП (02070826) (26319481):2010] «Методика определения параметров анкерных породо-армирующих систем для обеспечения устойчивости горных выработок».

Ключевые слова: рамно-анкерная крепь, оболочка из укрепленных анкерами пород, параметры, схема анкерования, зона разрушенных пород .

ANNOTATION

Shestopalov I.N. «Ground of parameters of frame-anchor lining for support of the preparatory working of deep mines» – Manuscript.

Dissertation for academic degree Candidate of Technical Science, specialty 05.15.02 – “Engineering of Underground Deposits Mining”. – State higher education institution “Donetsk National Technical University” of the Ministry of Education and Science of Ukraine. – Donetsk, 2014.

It is experimentally set in the conditions of mine of «Dobropol'skaya», that erection of anchors with a break in time between the coulisse of breed and strengthening of frame lining anchors, not exceeding 27 hours, allows to stunt a growth of ZDR from a contour deep into massif. At a break in time of 27-54 hours providing integrity of the shell clamped anchors is impossible, however much displacements of breeds of roof diminish 1,3 time as compared to working, frame lining fastened only. Setting of anchors with a break in time, exceeding 54 hour, beside the purpose, as displacements of breeds of roof become practically the same, as well as in working with frame lining.

Dependence is analytically got for determination of break in time between the coulisse of breed in a coalface and setting of anchors. A mathematical model, presented as

a multi-layered, spherical shell from transversally isotropic layers, is developed, and dependences, describing a change TDS of the system «frame-shell from clamped anchors breeds-massif, are got». A model takes into account the degree of realization of geomechanical processes, произошедших in an massif in the moment of strengthening of frame lining anchors, and also their development in time.

Developed and patented methods of increase of stability of working with combined lining on the basis of anchor, providing the decline of cost of support of working in 2-3 times.

The method of calculation of parameters of frame-anchor constructions of lining is developed, taking into account the degree of realization of geomechanical processes in a containing massif, allowing differentiated to define the parameters of lining and provide the safe and safe state of working during all term of their service.

Mine tests and introduction of the offered recommendations on fastening of the preparatory working combined lining on the mine of «Dobropol'skaya» allowed to provide their protracted stability and get an economic effect in size of 4,1 million Uah due to diminishing of expenses on fastening, to confirm the association of «Dobropol'eugol'» standard of enterprise [STE (02070826)(26319481):2010].

Keywords: frame-anchor lining, shell from the breeds fixed anchors, parameters, chart of anchorage, area of the blaste.