

properties of artificial soils as calculated ones is confirmed by the results of bearing capacity simulation of the soil foundation and operating data of the ring crane.

Scientific novelty. The possibility of using the deformation characteristics of artificial soils has been confirmed experimentally on the basis of applying known classification principles in assessing the state of fill-up soils and using the experience of construction on artificial soils.

Practical importance. The results of the study allow implementing a justified approach to determining the deformation parameters of fill-up soils composed by metallurgical slags on the basis of bearing capacity verification of the soil foundation in conditions of existing structures operation if there is no or limited possibility to directly evaluate their physical and mechanical characteristics.

Keywords: *soil mass, fill-up soils, metallurgical slags, deformation properties, bearing capacity assessment*

УДК 622.268.2

© О.В. Халимендик, М.О. Вигодін, О.В. Солодянкін

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАПОВНЕННЯ ЗАКРІПНОГО ПРОСТОРУ ДЕМПФЕРНИМ ЗАБУЧУВАННЯМ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

© O. Khalymendyk, M. Vigodin, O. Solodiankin

TECHNOLOGY OF CREATING A BACKFILL BETWEEN THE SUPPORT AND ROCK CONTOUR IN THE CONSTRUCTION OF MINE WORKINGS

Мета. Удосконалення способу забучування закріпного простору гірничої виробки шляхом використання подрібненої породи від проведення гірничих виробок без її видачі на поверхню при підвищенні якості, механізації і рівня безпеки виконання робіт, а також рівномірного розподілення навантаження на кріплення.

Методика дослідження полягає у використанні комплексного підходу, що включає аналіз і узагальнення результатів теоретичних та експериментальних досліджень, існуючого світового та вітчизняного практичного досвіду.

Результати дослідження. Виконаний аналіз існуючих способів заповнення закріпного простору гірничих виробок вугільних шахт. Розроблено схему використання подрібнених вуглевмісних порід для заповнення закріпного простору гірничих виробок з метою створення демпферного забучування в системі «кріплення – масив». Запропоновано варіанти реалізації розробленої схеми. Технічне рішення за даним способом заповнення простору між кріпленням гірничої виробки і породним масивом створює наступні можливості: спрощення технологічного регламенту робіт із забучування; підвищення якості, механізації робіт і рівня безпеки; розвантаження кріплення підпорного типу від переміщень більше 0,2 м та гірського тиску здатного порушити цілісність конструкції підпільного кріплення; рівномірного розподілення навантаження на кріплення; заповнення пустот між кріпленням та породним контуром; зниження вартості гірничо-прохідницьких робіт шляхом використання породи від про-

ведення гірничих виробок; виключення необхідності використання в'язучих матеріалів; збільшення безремонтного періоду; зменшення об'єму порід, що видають на поверхню.

Наукова новизна. Виконано огляд та порівняльний аналіз підходів щодо заповнення закріпного простору між кріпленням і породним масивом та запропоновано алгоритм реалізації ефективного способу породного забучування.

Практичне значення. Технічне рішення за пропонуваним способом заповнення простору між кріпленням гірничої виробки і породним масивом може вирішити проблему якості забезпечення щільного контакту між кріпленням підпорного типу та породним контуром.

Ключові слова: *гірничі виробки, кріплення, забучування, стійкість гірничої виробки, зменшення витрат, механізація*

Вступ. Існуючий досвід успішного функціонування вугільних шахт свідчить про те, що в питаннях ефективного забезпечення стійкості гірничих виробок найбільш ваговою складовою є реалізація комплексу заходів, які в першу чергу спрямовані на створення функціональної системи «кріплення – масив», зміцнення та попередження розшарування приконтурних порід за рахунок часткового або повного заповнення закріпного простору, зміцнення масиву порід, що вміщує гірничу виробку в'язучими речовинами, анкерами або комбінованими системами кріплення [1].

Актуальність роботи. На сьогоднішній день при видобутку вугілля підземним способом на території України чітко простежується тенденція збільшення об'єму породи, що видається на поверхню. В першу чергу такий хід речей пояснюється включенням до відпрацювання тонких та вельми тонких вугільних пластів та загальним нелінійним зниженням стійкості порід, що вміщують виробки, які при підготовці до відпрацювання нових виїмкових ділянок мають функціонувати у все більш несприятливих гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах. При цьому зростання об'ємів породи, що вилучається з надр обумовлено також і збільшенням площі поперечного перетину і об'ємів ремонтно-поновлювальних робіт при підтриманні виробок, зокрема з усунення негативних наслідків здимання порід підосви, вивалів, тощо [2-4].

Загальну ситуацію погіршує і той факт, що на більшості діючих шахт породні відвали вже мають гранично допустимі величини за площею та об'ємами, а формування нових породних відвалів значно обмежено як відсутністю доступних площ для їх розміщення так і факторами екологічної безпеки.

З урахуванням цього, при налагодженні функціонування систем в яких частина видобутої породи залишається в шахті будуть мати місце декілька важливих аспектів, серед яких можливо виділити наступні: по-перше, буде частково розвантажено шахтний підйом і техногенний вплив на земну поверхню, по-друге, це дозволить скоротити витрати таких будівельних матеріалів як пісок та щебінь.

Зараз переважна більшість відомих способів які пов'язані із залишанням породи в шахті орієнтовані на використання породи як сумішей для заповнення закріпного простору лав або створення бутових полос. При цьому ідеї розширення області використання цієї концепції хоча і розглядаються багатьма вченими, тим не менш не знайшли вагового відображення в практичному застосу-

ванні на виробництві, в тому числі і у зв'язку зі специфічністю вимог до гірської породи як будівельного матеріалу або його компонентів.

Таким чином, даний напрям досліджень є досить актуальним і має важливе економічне та соціально-екологічне значення.

Мета роботи. Удосконалення способу забучування закріпного простору гірничої виробки шляхом використання подрібненої породи від проведення гірничих виробок без її видачі на поверхню при підвищенні якості, механізації і рівня безпеки виконання робіт, а також рівномірного розподілення навантаження на кріплення.

Основні результати роботи. З метою вдосконалення технології спорудження виробок в складних умовах, до яких відносяться і шахти Західного Донбасу, були виконані детальні дослідження закономірностей деформування породного масиву [5, 6].

Аналіз результатів виконаних досліджень дозволив виявити особливості руйнування приконтурного масиву порід, зокрема виділити два характерних періоди зміщень породного контуру гірничої виробки – періоди інтенсивних і сталих зміщень.

Так для гірничо-геологічних умов шахти ім. Героїв космосу компанії «ДТЕК Павлоградвугілля» швидкості зміщень породного контуру першого періоду характеризуються досить великими величинами. Навантаження на арки рамного кріплення фіксуються вже через деякий відносно невеликий час після його зведення. Цей період часу становить для аргілітів і алевролітів від 2 до 15 діб, для пісковиків – 25-30 діб. Згодом швидкість зміщень зменшується, наближаючись до швидкості сталого періоду.

На завершальному етапі деформування глибина поширення зруйнованих порід вглиб масиву сягає: в покрівлі виробки – 7 м і більше, в боках 3...4 м, глибина видавлювання порід підосви 1,5-2,0 м.

В умовах шахт Західного Донбасу цей процес реалізується на відстані 30-50 м від вибою.

Як приклад на рис. 1 наведено графіки характерних зміщень приконтурних порід з відповідними показниками швидкості протікання таких процесів при проведенні магістральних виробок.

Найбільш ефективним способом підвищення стійкості виробок в умовах Західного Донбасу є тампонаж закріпного простору сумішами, що твердіють. Він забезпечує спільну роботу кріплення з навколишнім масивом і підвищує несучу здатність кріплення в кілька разів.

За технологічним фактором тампонажні роботи зручніше проводити з відставанням від вибою виробки – за межами привибійного технологічного комплексу. При цьому роботи з проведення та операції з тампонажу розносяться по довжині виробки, що спрощує організацію робіт, а привибійна частина не перевантажена технологічним обладнанням.

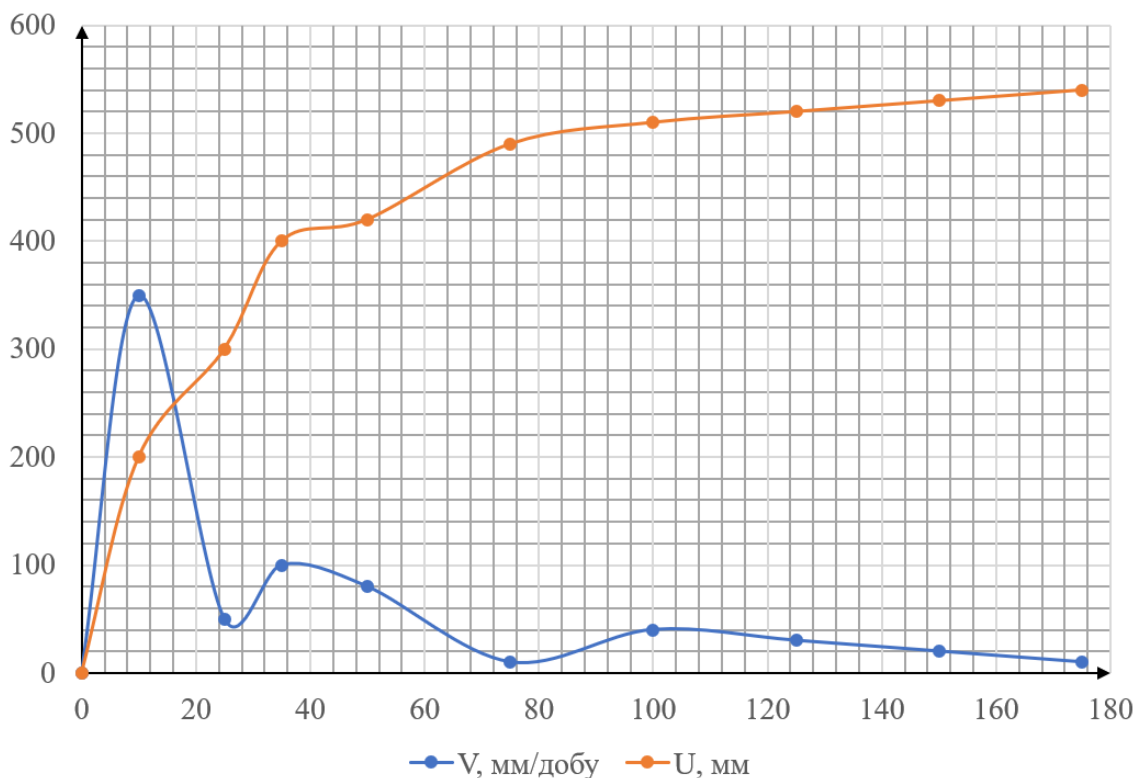


Рис. 1. Приклад фактичних зміщень порід (1) та їх швидкості (2) в підшві квершлягу №2 гор. 470 м ш. Героїв Космосу

Для збереження міцності приконтурних порід, зменшення зміщень порід на початковому етапі деформацій і швидкого створення системи «кріплення – масив», доцільно проводити заповнення закріпного простору твердіючими матеріалами безпосередньо у вибої виробки [7].

Таким чином у складних гірничо-геологічних умовах зазвичай ефективно використання тампонажу закріпного простору, котрий передбачає зміцнення породного масиву навколо гірничої виробки з використанням твердіючих сумішей (цементно-піщані, глино-цементно- піщані та ін.) [8], що дозволяє забезпечити сумісну роботу кріплення та породного масиву навколо виробки.

Однак, незважаючи на переважно позитивний досвід використання тампонажу, слід зазначити і недоліки такої технології. Так заповнення закріпного простору твердіючими сумішами і зміцнення масиву порід зазвичай проводиться за межами технологічного комплексу, тобто на відстані 30...40 м від вибою коли навколо виробки вже сформувалася значна зона зруйнованих порід, які створюють підвищене навантаження на кріплення.

Також недоліком цього відомого технічного рішення є те, що ефективне виконання тампонажу гірничих виробок можливо тільки при своєчасній доставці великого обсягу матеріалів для твердіючих сумішей (цементу, піску, глини, тощо), однак продуктивність підйому по стволу і транспорту по гірничим виробкам зазвичай не забезпечує безперебійну поставку цих компонентів. Крім того,

після тампонажу кріплення переходить в жорсткий режим роботи та втрачає переваги податливої конструкції.

Авторами в [9] для заповнення простору між кріпленням гірничої виробки і породним масивом, що її вміщує, пропонується використовувати породу від проведення виробки.

За цим способом одразу після проведення і кріплення гірничої виробки виконують забучування пустот закріпного простору сипучим або твердіючим матеріалом в залежності від стійкості породного масиву, виду кріплення та навантаження що діє на нього. При проведенні гірничих виробок в стійких та середньої стійкості породах для забучування використовують сипучі матеріали – породу від проведення гірничих виробок фракцією більше 50 мм. При розрахунковому навантаженні на кріплення понад 0,4 МПа застосовують твердіючі матеріали на основі місцевих заповнювачів – пісок, глина, тощо, та в'язучих – цемент, фосфогіпс, тощо.

Недоліком цього відомого технічного рішення є те, що в складних гірничо-геологічних і гірничо-технічних умовах з підвищеними переміщеннями контуру породного масиву (більше 500 мм) або при значному гірському тиску використання одних лише сипучих матеріалів заявленої фракції (більше 50 мм) не забезпечує рівномірного розподілення навантаження на кріплення через відсутність достатнього зв'язку між елементами забучування.

Також через наявність значних пустот між елементами забучування виникає можливість накопичення газу у виробках що небезпечні за газом та пилом.

Використання в'язучих матеріалів, що твердіють не здатне забезпечити необхідну податливість конструкції.

Крім того, виконання забучування в переважній більшості випадків виконується вручну і має високу складність, трудомісткість та тривалість – як наслідок, при кріпленні гірничих виробок забучування закріпного простору майже не проводиться, що призводить до значного деформування приконтурного масиву порід, підвищених зміщень порід, деформування і руйнування елементів кріплення і загального погіршення стану виробки.

В основу способу, що пропонується авторами даної роботи поставлена задача удосконалення операції забучування закріпного простору гірничої виробки шляхом використання попередньо подрібненої породи (фракція 0,01-5 мм) від проведення гірничих виробок без її видачі на поверхню, підвищення якості, механізації робіт і рівня безпеки, рівномірного розподілення навантаження на кріплення, зниження вартості гірничо-прохідницьких робіт.

Задача вирішується шляхом створення демпферного шару яким виступає породне забучування в межах закріпного простору системи «кріплення – масив».

Як матеріал для забучування використовуються спеціально підготовлені місцеві породи тонкого помолу (фракція 0,01-5 мм) від проведення гірничих виробок, подрібнення та відсів якої відбувається на мобільній та/або стаціонарній шахтній підземній подрібнювально-сортувальній станції (ШПСС) завдяки

чому відпадає необхідність у транспортних роботах пов'язаних з видачею породи на поверхню і спуском матеріалів для заповнення закріпного простору. Укладання матеріалу в закріпний простір виконується за допомогою пневматичного укладальника.

На рис. 2-4 наведена загальна схема використання подрібнених вуглевмісних порід для заповнення закріпного простору гірничих виробок з метою створення демпферного забучування в системі «кріплення – масив».

Спосіб реалізується за технологічною схемою, де 1 – постійне кріплення, 2 – мобільна та/або стаціонарна шахтна підземна подрібнювально-сортувальна станція (ШПСС), 3 – загальношахтний та/або спеціальний транспортний засіб, 4 – камера зміщення пневматичної подачі (КЗПП), 5 – трубопровід подачі стисненого повітря (СП) від загальношахтної мережі та/або компресору, 6 – гнучкий трубопровід подачі матеріалу для забучування, 7 – захисний пересувний порталний маніпулятор з системою пилопригнічування.

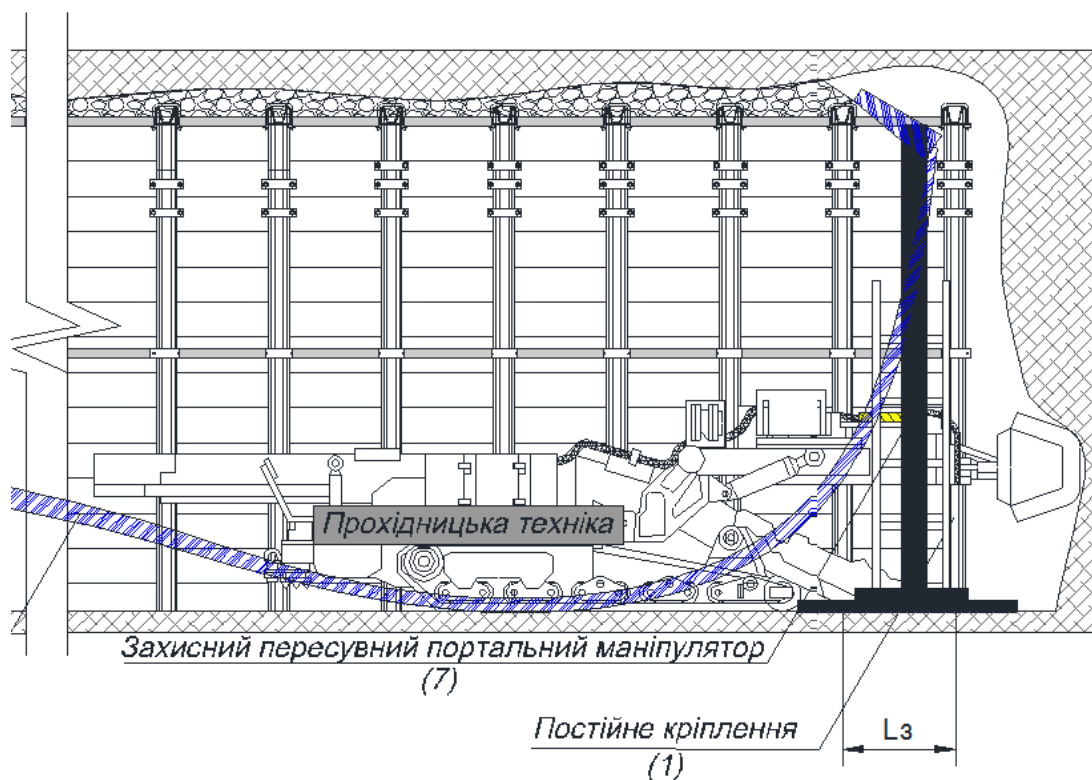


Рис. 2. Загальна схема використання подрібнених вуглевмісних порід для заповнення закріпного простору – частина 1 «Вибійна частина комплексу»

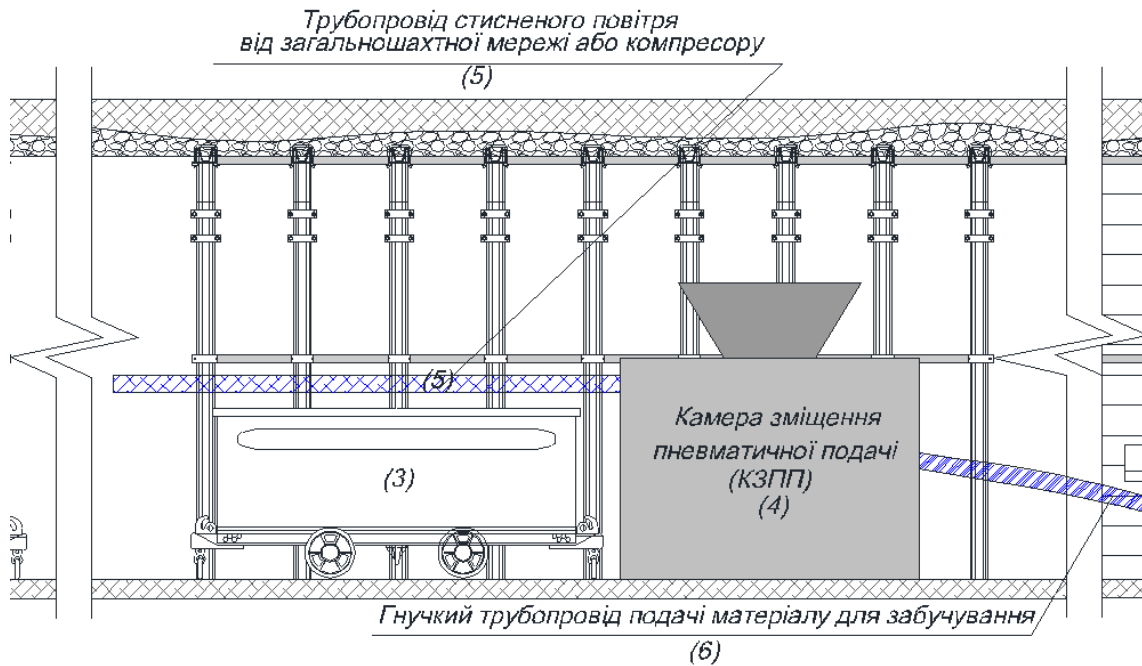


Рис. 3. Загальна схема використання подрібнених вуглевмісних порід для заповнення закріпного простору – частина 2 «Привибійний частина комплексу»

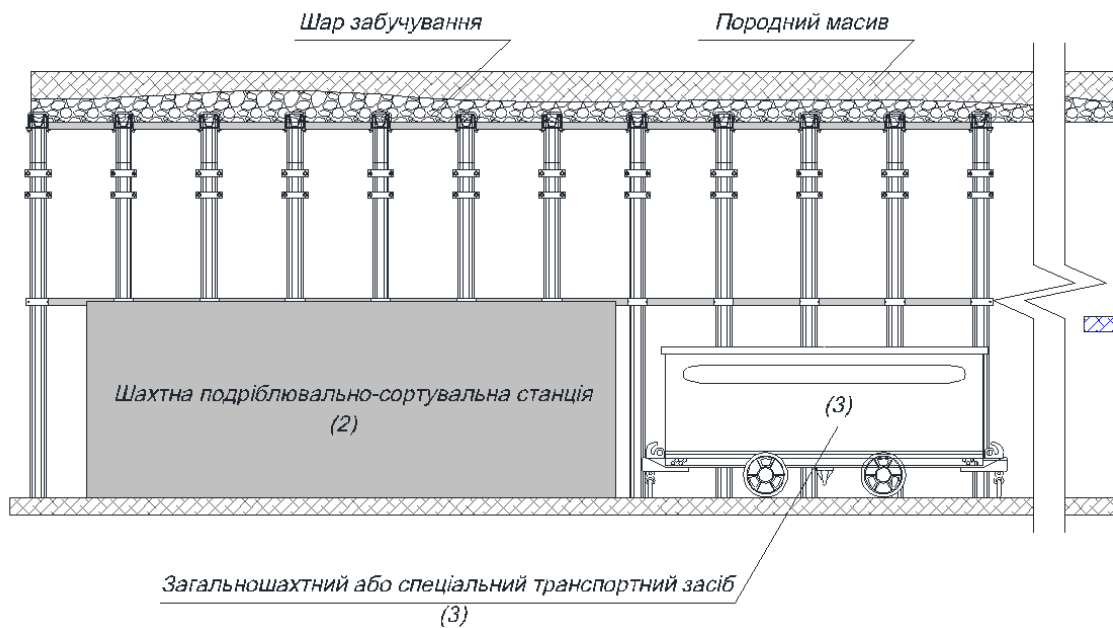


Рис. 4. Загальна схема використання подрібнених вуглевмісних порід для заповнення закріпного простору – частина 1 «Позавибійна частина комплексу»

Роботи виконуються в такій послідовності. На початку виконують проведення підземної гірничої виробки на величину заходки (L₃). Далі у вибої виробки встановлюють постійне кріплення 1. До цього моменту вже подрібнена порода необхідної кондиції з ШПСС 2 загальношахтними та/або спеціальними транспортними засобами 3 доставляється до місця встановлення камери зміщення пневматичної подачі КЗПП 4, до якої підведено трубопровід подачі стисненого повітря СП від загальношахтної мережі або компресору 5. Після заван-

таження матеріалу для забучування в КЗПП за допомогою стисненого повітря через гнучкий трубопровід подачі матеріалу для забучування б подається до місця укладки. Пневматична укладка матеріалу в закріпний простір виконується знизу-верх після зведення постійного кріплення на всю заходку. Для полегшення укладання матеріалу в міжрамний простір використовується захисний переувний порталний маніпулятор з системою пілопригнічування 7 та/або його аналог.

Висновки. Технічне рішення за даним способом заповнення простору між кріпленням гірничої виробки і породним масивом може вирішити проблему якості забезпечення щільного контакту між кріпленням підпорного типу та породним контуром.

Використання даного способу дає можливість:

- значного спрощення технологічного регламенту робіт із забучування;
- підвищення якості, механізації робіт і рівня безпеки;
- розвантаження кріплення підпорного типу від переміщень більше 0,2 м та гірничого тиску здатного порушити цілісність конструкції підпірного кріплення;
- рівномірного розподілення навантаження на кріплення;
- заповнення пустот між кріпленням та породним контуром;
- зниження вартості гірничо-прохідницьких робіт шляхом використання породи від проведення гірничих виробок;
- виключення необхідності використання в'язучих матеріалів;
- збільшення безремонтного періоду;
- зменшення об'єму порід, що видають на поверхню.

Крім того, використання сипучого матеріалу фракцією 0,01–5 мм дозволяє фактично виключити утворення порожнин, що суттєво зменшить можливість накопичення газів при забезпеченні більш рівномірного розподілення навантаження на підпірне кріплення.

Перелік посилань

1. Солодянкін, А.В., Гапеев, С.Н., Выгодин, М.А., Воронин, С.А., Снигур, В.Г., Мкртчян, С.В. (2016). Совершенствование технологии заполнения закрепного пространства при сооружении капитальных выработок шахт Западного Донбасса. *Вісті Донецького гірничого інституту* №2(39), 10-18.
2. Халимендик, О.В., Сторчак, Г.Г., Халимендик, О.В., Пустовий, В.В. (2013). Шляхи забезпечення тривалої стійкості протяжних гірничих виробок в умовах несиметричних навантажень при використанні рамного металевго кріплення. *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*: Науково-виробничий журнал «Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського». Кременчук: КрНУ. Випуск 2(12), 157-165.
3. Григорьев, А.Е., Терещук, Р.Н., Шашенко, Е.А. (2014.) К обоснованию выбора рамно-анкерного крепления подземных горных выработок по стоимостному фактору. *Вісті Донецького гірничого інституту* №1(34)-2(35). Донецьк: ДонНТУ, 9–15.

4. Grigoriev, O., Tereschuk, R., Tokar, L. (2015). Assessment of economic efficiency AMS-A (anchor-meshwork-shotcreting) support structure in terms of coal mines. *Theoretical and practical solutions of mineral resources mining. New developments in mining engineering.* – CRC Press/Balkema, 85-89.
5. Шашенко, А.Н., Солодянкин, А.В., Смирнов, А.В. (2015). *Пучение пород почвы в выработках угольных шахт.* Днепропетровск: ЛизуновПрес., 256 с.
6. Сдвижкова, Е.А., Халимендик, А.В., Мартовицкий, А.В., Панченко, В.В. (2011). Моделирование геомеханических процессов в породном массиве при встречном движении забоев лавы и штрека в условиях шахты «Степная» ПАО «ДТЭК «Павлоградуголь». *Збірник наукових праць «Проблеми гірського тиску» №19.* Донецьк: ДНТУ, 96-108
7. Шашенко, А.Н., Солодянкин, А.В., Поздняков, М.А., Пилюгин, В.И. (2012). Технология заполнения закрепного пространства торкрет-ангидритом для капитальных выработок шахт Западного Донбасса. *Форум гірників-2012: Матеріали міжнар. конференції.* – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 94-98.
8. Коваленко, В.В., Гаркуша, В.С. (2014). Особенности использования шахтной породы в качестве замены части заполнителя при приготовлении торкретбетона. *Уголь Украины 12/2014.* Киев: Институт УкрНИИ проект, 38-42.
9. Козловский, Е.А. (1985). *Горная энциклопедия. Том 2. Геосфера – Кенай.* Москва: Советская энциклопедия, 575 с.

АННОТАЦИЯ

Цель. Совершенствование способа забутовки закрепного пространства горной выработки путем использования измельченной породы от проведения горных выработок без ее выдачи на поверхность при повышении качества, механизации и уровня безопасности выполнения работ, а также равномерного распределения нагрузки на крепь.

Методика исследования заключается в использовании комплексного подхода, включающего анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований, существующего мирового и отечественного практического опыта.

Результаты исследования. Выполнен анализ существующих способов заполнения закрепного пространства горных выработок угольных шахт. Разработана схема использования измельченных углевмещающих пород для заполнения закрепного пространства горных выработок с целью создания демпферной забутовки в системе «крепь – массив». Предложены варианты реализации разработанной схемы. Техническое решение по данному способу заполнения пространства между крепью горной выработки и породным массивом создает следующие возможности: упрощение технологического регламента работ по забутовке; повышение качества, механизации работ и уровня безопасности; разгрузки крепи подпорного типа от перемещений более 0,2 м и горного давления способного нарушить целостность конструкции подпорной крепи; равномерного распределения нагрузки на крепь; заполнения пустот между крепью и породным контуром; снижение стоимости горно-проходческих работ путем использования породы от проведения горных выработок; исключение необходимости использования вяжущих материалов; увеличение безремонтного периода; уменьшение объема пород, выдаваемых на поверхность.

Научная новизна. Выполнен обзор и сравнительный анализ подходов по заполнению закрепного пространства между крепью и породным массивом и предложен алгоритм реализации эффективного способа породной забутовки.

Практическое значение. Техническое решение по предлагаемому способу заполнения пространства между крепью горной выработки и породным массивом может решить проблему качества обеспечения плотного контакта между крепями подпорного типа и породным контуром.

Ключевые слова: горная выработка, крепь, забутовка, устойчивость горной выработки, уменьшение расходов, механизация

ABSTRACT

Purpose. Improvement of the backfilling method of the fixed mining area by using crushed rock from the mine workings without its issuance to the surface with the improvement of quality, mechanization and safety level of work performance, and distribution of the load on the support.

The methodology. The research method consists of using a complex approach, including analysis and generalization of the theoretical results and experimental research, the existing world practical experience.

Findings. The analysis of existing ways of filling the fixed mine workings space of coal mines is made. A scheme has been developed for the use of crushed coal-bearing rocks to fill the fixed space of mine workings with the aim of creating a damper in the "support-massif" system. Variants of realization developed scheme are offered. The technical solution for this method of filling the space between the support of the mine workings and the rock mass provides with the following possibilities: simplification of the technological schedule of work on backstopping; improving the quality, mechanization of work and the safety level; unloading the support of the retaining type from displacements more than 0.2 m and the rock pressure capable disrupting the integrity of the retaining structure; uniform distribution of load on the support; filling of voids between the support and the rock contour; decrease in the cost of mining and tunneling works by using rock from mining workings; elimination of the need to use binders; an increase of the maintenanceless period; reduction in the volume of rocks produced on the surface.

The originality. The review and comparative analysis of the approaches to filling the fixed space between the support and the rock mass are proposed and an algorithm for realizing the effective method of rock backfilling is proposed.

Practical implications. The technical solution for the proposed method of filling the space between the support of the mine workings and the rock mass can solve the problem of the quality of ensuring a tight contact between the retainers of the retaining type and the rock contour.

Keywords: mine workings, support, backfilling, stability of working, cost reduction, mechanization