

В.В. Руських, канд. техн. наук; **А. С. Шумов**, асп.; **Є.В. Тимошенко**, **Н.О. Передерій**

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, Дніпро, E-mail: ruskykh.v.v@ntu.one,
Shumov.An.S@ntu.one*

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАКЛАДАННЯ ПОРОДИ У ВИРОБЛЕНИЙ ПРОСТІР ОЧИСНОГО ВИБОЮ В УМОВАХ ПЛАСТА D₄ ПРАТ «ШУ «ПОКРОВСЬКЕ»

В роботі обґрунтовано параметри технології ведення гірничих робіт із залишенням породи від проведення підготовчих виробок у виробленому просторі очисного вибою.

Розроблено методику визначення раціональних параметрів системи розробки з закладанням порід від проведення підготовчої виробки у вироблений простір очисного вибою та встановлено закономірність зміни ширини породної смуги, яка закладається у вироблений простір очисного вибою, від площі перетину підготовчої виробки та потужності пласта.

Результати роботи створюють основу для проектування вугільних родовищ із закладкою породи у вироблений простір в очисному вибої в умовах пласта d₄ ПРАТ"ШУ "Покровське".

Ключові слова: шахта, вугілля, пласт, напружено-деформований стан масиву гірських порід, механізоване кріплення, закладання порід у вироблений простір.

Вступ

У сучасному світі проблема видобування вугілля без видачі породи на поверхню все більш загострює свою увагу у зв'язку з тим, що проблема охорони навколишнього середовища в останні роки набула найважливішого значення.

Протягом десятиліть на території України відбувалося накопичення негативних проявів в навколишньому середовищі, яке до теперішнього часу досягло загрозливих розмірів.

Гірничодобувні підприємства України є потужними джерелами забруднення навколишнього середовища, що завдають значний екологічний, соціальний і економічний збиток. В результаті їх діяльності екологічним порушенням піддаються земельні угіддя, водні та повітряні басейни. При підземній розробці вугільних пластів основними факторами, що суттєво погіршують екологічну обстановку вугледобувних регіонів, є видача з шахт великих обсягів породи і підріток значних площ земель і поверхневих споруд. В результаті того, що в експлуатації знаходиться велика кількість тонких і вельми тонких пластів, які відпрацьовуються з присіканням бічних порід, частина породи видається з шахт по вугільним транспортним лініям, викликаючи тим самим погіршення якості видобутого вугілля, збільшення витрат на збагачення і транспортування гірської маси.

Розробка вугільних родовищ із закладкою виробленого простору є широко поширеною технологією, але її застосування є непрактичним для застосування на вугільних шахтах. Використання закладки виробленого простору направлено на зменшення деформацій підробленого масиву гірських порід і земної поверхні, управління гірським тиском, збільшення вилучення корисної копалини з надр, створення умов для безпечного ведення гірничих робіт, зменшення викидів в атмосферу [1].

Ідея роботи полягає у застосуванні системи автоматизованого проектування для встановлення технологічних параметрів відпрацювання виїмкового стовпа з залишенням породи у виробленому просторі очисного вибою.

Метою роботи є обґрунтування параметрів технології ведення гірничих робіт із залишенням породи від проведення підготовчих виробок у виробленому просторі очисного вибою.

Виклад основного матеріалу

На ПРАТ «ШУ «Покровське» порода від проведення виробок видається на поверхню. Для залишення породи у виробленому просторі очисного вибою необхідно внести ряд змін в існуючу технологію видобутку та, як наслідок, розробити виймально-закладне обладнання.

Як показує практика, найбільш доречним обладнанням для вирішення поставленого завдання є обладнання з паралельною гідравлічною опорою видобутку-закладки, яке може реалізувати паралельні маніпуляції з видобуванням вугільних пластів та укладанням в той же час породи від проведення підготовчої виробки. Це обладнання повинно відповідати наступним вимогам:

Закладний конвеєр:

- встановлення в якості навісного обладнання на зворотній консолі секції кріплення з можливістю переміщення уздовж секції на крок пересування;

- з'єднання рештаків за допомогою замків і вушок, що забезпечують викривлення рештачного става в горизонтальній і вертикальних площинах до $\pm 3^\circ$;

- наявність випускних люків в рештачному ставі конвеєра для вивантаження породи;

- можливість виконання технічного обслуговування відповідно до інструкції експлуатації.

Секція кріплення:

- забезпечення проходу робітників до закладного обладнання та породної смуги;

- захист місця викладки закладної смуги від можливих обвалень порідпокрівлі.

На рис. 1. показано технічне рішення щодо секції кріплення з видобутку/закладки та її конструктивні особливості.

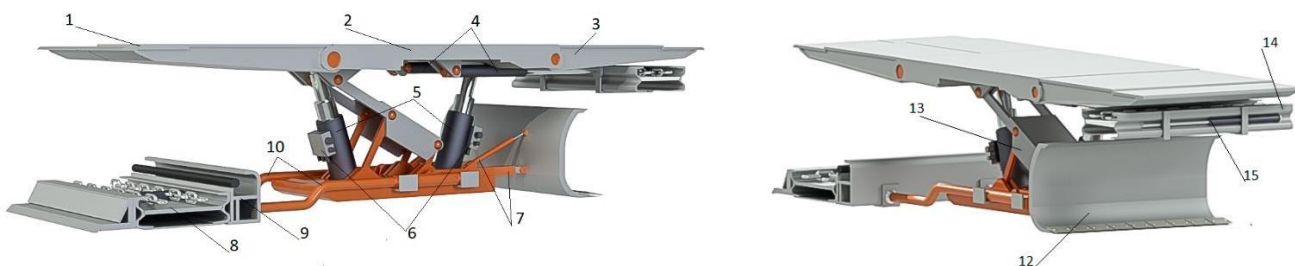


Рис. 1. Конструкція виймально-закладної секції

Секція кріплення дозволяє повністю механізувати процеси кріплення робочого простору очисного вибою, транспортування видобутого вугілля, транспортування породи уздовж виробленого простору, її розвантаження та розміщення.

Як показано на рис. 1., верхня частина гідравлічної опори для видобутку/закладки поділена на дві частини: передня верхня консоль 1 і задня верхня консоль 2. Дві консолі підтримують покрівлю з обох сторін при видобуванні вугілля та одночасному закладанні породної смуги відповідно.

Два опорні гідроциліндри 5 з'єднані із задньою верхньою балкою, що надає задній верхній балці більшої опорної сили на задню консоль, так що закладальний матеріал може бути безпосередньо засипаний у воронку через простір під задньою верхньою консоллю.

Відвал секції 12 має гідравлічне керування задля ущільнення породи, яка кріпиться на тильній стороні опори, може утрамбовувати тверду породу для ефективного її закладання (при тиску до 2 МПа). Цей гідравлічний пристрій для закладання породи є оригінальним і має інноваційний дизайн.

Двостійкова конструкція механізованого кріплення дає можливість робітникам переміщуватись уздовж секції кріплення без перешкод. Консольний конвеєр призначений для доставки та розвантаження породи уздовж очисного вибою. Розвантаження породи здійснюється завдяки люкам, які створені в рештаку конвеєра та відкриваються дистанційно, за допомогою гідроциліндрів 15.

Таким чином, після виймання вугільного пласта і пересування секцій механізованого кріплення, вироблений простір очисного вибою може бути негайно заповнений породою від проведення підготовчої виробки, до того, як у покрівлі виникнуть серйозні руйнування.

Цей ефект реалізується за допомогою наступних основних технологічних нововведень:

- надійного гідравлічного обладнання;
- достатньої кількості операційного простору в зоні закладення порід;
- достатньої потужності гідравлічного трамбування для ущільнення порід;
- постачання та транспортування породи з високою ефективністю.

Для визначення ефективності закладання породної смуги необхідно виконати порівняльний аналіз стану гірських порід при зміні способу управління покрівлею. Для цього в першу чергу розглянемо геологічну характеристику об'єкта дослідження.

На сучасних вугільних шахтах довжина очисного вибою становить від 200 до 400 м, а видобуток здійснюється комбайном або стругом. Після видобування вугільного пласта гірська порода покрівлі за гідравлічними секціями кріплення перестає бути опорою через наступні процеси [2]:

- навантаження пластового тиску концентрується на покрівлі та підшві через відсутність вугільного пласта;
- ослаблення безпосередніх шарів покрівлі та підшви в міру зближення зони закладання;
- відбувається розтріскування, особливо в безпосередніх шарах покрівлі;
- виділення газу із сусідніх пластів та пористої породи відбувається під час зняття напруги в пласті, підшві та покрівлі;
- відбувається обвалення шарів покрівлі, надалі передаючись у верхнішари;
- напруження пластів збільшуються навколо краю робочої поверхні, щовикликає ефект віджимання вугільного пласта.

Для порівняльного аналізу параметрів опорного гірничого тиску необхідно створити модель робочого тиску на гірські породи за умови взаємодії сил при повному обваленні порід покрівлі та закладці виробленого простору.

Геологічна характеристика об'єкта дослідження

Поле шахти складено породами свити пластів C_1^4 і C_2^0 покритими утвореннями третинного і четвертинного віків. Четвертинні відкладення поширені суцільним покривом і представлені суглинками і глинами з вапняками та сланцями. Потужність четвертинних відкладень змінюється в межах від 0 до 59 м, переважно 20 – 30 м. Четвертинні відкладення перекриті ґрунтовим пластом 0,30 – 0,70 м.

Відкладення неогенового віку представлені тонкозернистими пісками від 0 до 38 м, переважно потужністю 15 – 25 м. У нижній частині піски обводнені і здатні до опливання. Вище пісків залягають сарматські суглинки і глини, що іноді переходять у супіски. Потужність сарматських відкладень 4 – 11 м.

У тектонічному відношенні поле шахти розташоване в центральній частині

геологічно-промислового району між Котлинським насувом на сході і Криворізько-Павловським скидом на заході. Площа ділянки являє собою дуже пологою антиклінальну складку, витягнуту вздовж Криворізько-Павловського скиду майже в меридіанному напрямку. Внаслідок підняття і занурення складки антикліналей розпадаються на більш дрібні куполоподібні структури.

Зони дрібнення чи насувів скидів часто складаються із серії дрібних зсувів, площини скидів яких мають різне падіння під різними кутами. Дрібні тектонічні порушення послаблюють стійкість покрівлі і подошви, сприяють засміченню вугілля побічними породами.

Шахта розробляє один вугільний пласт d₄.

Таблиця 1. Характеристика вугільного пласта d₄.

Найменування показника	Пласт d ₄
Потужність пласта	0,6 – 2,0 м
Будова пласта	Просте і складне
Кут падіння, град	2° - 6°
Марка вугілля	К
Щільність вугілля, /м ³	1,33 – 1,35
Природна зольність,	9 - 34
Газоносність, м ³ /т	20 - 30
Виділення пилу, г/т	12
Схильність вугільного пилу до вибуху	Схильний
Схильність до самозаймання	Ні, крім зон геологічних порушень
Небезпека за раптовими викидами вугілля та газу	Вище ізогіпси – 593 м загрозовий по викидах, нижче – небезпечний
Небезпека по гірським ударах	Безпечний

Таблиця 2. Характеристика бічних порід

Найменування показника	Характеристика порід
1	2
Породи безпосередньої покрівлі	
Літологічний склад	Алевроліт
Потужність порід, м	4,0 - 10,15
Міцність порід	f = 4,57 - 12,02
Категорія по стійкості	Б ₃ , Б ₄
Породи основної покрівлі	
Літологічний склад	Піщаник
Потужність порід, м	0,0 - 3,0
Міцність порід	f = 3,42 - 6,34
Категорія по обваленню	A ₂

Закінчення таблиці 2

1	2
Породи безпосередньої підшви	
Літологічний склад	Алевроліт
Потужність порід, м	0,0 - 1,40
Міцність порід	$f = 3,2 - 4,1$
Породи основної підшви	
Літологічний склад	Піщаник
Потужність порід, м	5,10 - 29,40
Міцність порід	$f = 5,0 - 8,6$
Категорія по стійкості	P_2

Результати дослідження

Модель надвугільної товщі

Виробничі процеси при видобутку вугілля виконуються в породному масиві, що має істотну особливість. До початку виробництва гірничих робіт цей масив знаходиться в напруженому стані, викликаною силами гравітації (власною вагою).

При спорудженні виробки або вийманні вугілля рівноважний стан масиву порушується, в ньому утворюються аномалії розподілу напруг, які нерідко супроводжуються руйнацією гірських порід, що створює небезпеку для робітників і значні труднощі при веденні гірничих робіт.

Основні виробничі процеси, пов'язані з видобутком корисної копалини, мають фізичні, геометричні і тимчасові параметри, що впливають на стан гірських порід. При цьому виконання їх здійснюється в обмеженому просторі, розміри якого також істотно змінюють стан гірського масиву. Отже, виробничі процеси, геометричні і тимчасові параметри істотно впливають на стан гірських порід. Виробничі процеси і геометричні розміри виробок, у яких вони виконуються, спільно впливають на навколишнє середовище (гірський масив), тому вони надалі називаються технологічними параметрами.

У такий спосіб стан масиву поряд із природними чинниками визначають умови виконання гірничих робіт, які залежать від технологічних параметрів виїмкової дільниці. До них відносяться: довжина лави, розташування очисного забою в просторі, швидкість просування очисного вибою, ширина захвату і швидкість подачі комбайна, опір кріплення, спосіб керування покрівлею та ін.

Для вибору раціональних технологічних параметрів, що забезпечують безпеку робітників і ефективність роботи високопродуктивної і дорогої техніки, необхідно мати у своєму розпорядженні закономірності зміни стана гірського масиву в залежності від технологічних параметрів у конкретних гірничо-геологічних умовах.

Для моделювання стана гірських порід при веденні робіт в очисних виробках приймається пакет нежорстко затиснених балок-смужок (рис. 2), що імітує товщу порід і складається з чотирьох прошарків різноманітної потужності і літологічної різниці. Верхній шар, що залягає на заданій глибині H від денної поверхні, має високу жорсткість і значну потужність і є поро-до-мостом. На деякій відстані знаходиться основна покрівля. Між цими шарами залягають тонкошарові породи і прийняті в якості пригрузки на основну покрівлю. Між вугільним пластом і основною покрівлею розташований шар безпосередньої покрівлі.

При встановлених параметрах провадиться обчислення опускань, деформацій і переміщень прошарку породи основної покрівлі в характерних перетинах. Потім для двох перетинів (в площині забою лави та на границі лави та виробленого простору) проводиться розрахунок еквівалентних напруг зурахуванням усіх компонентів, що викликані згинаючим моментом, нормальними навантаженнями і силами тертя. Крім того, враховується зміна нормальних навантажень у площині забою лави з урахуванням ширини захвату і швидкості подачі комбайна [3].

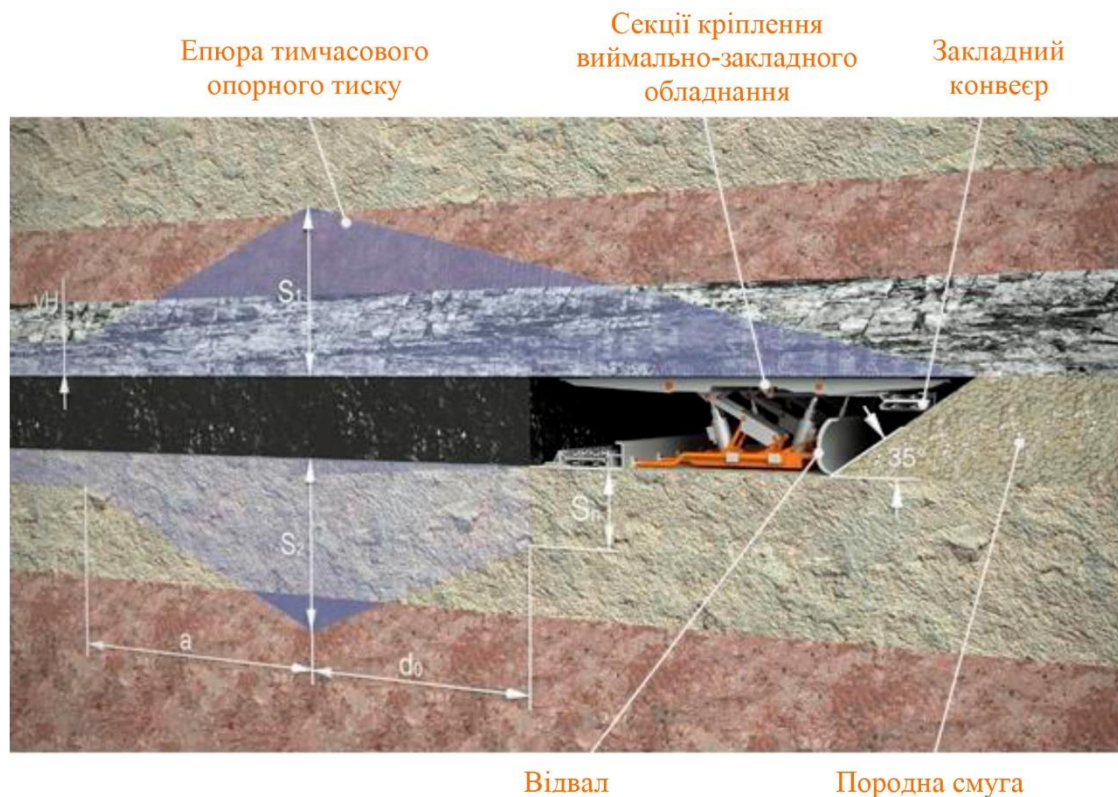


Рисунок 2. Перетин моделі надвугільної товщі

У розрахунковій схемі прийняті такі позначення: a та d_0 – геометричні параметри опорної зони, що характеризують її ширину, м; S_1 та S_2 – фізичні параметри опорної зони, що характеризують максимальне навантаження та реакцію, тс/м²; S_n – тривала міцність пласту або бічних порід, тс/м².

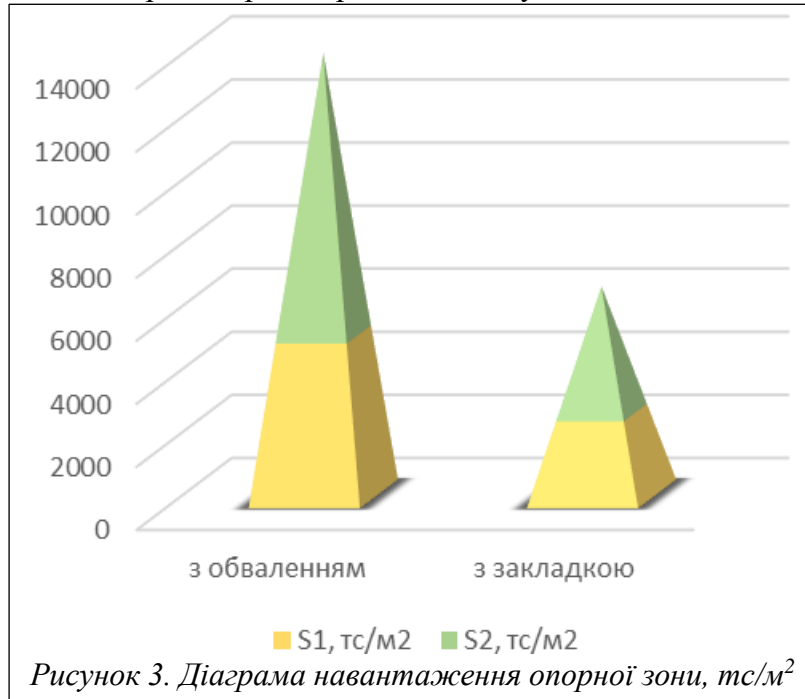
Для моделювання стану порід використовується програма MODEL, складена на мові Паскаль. У ній передбачений алгоритм розрахунку параметрів епюр навантажень для породи-моста й основної покрівлі, а також НДС порідосновної стріхи в залежності від природних факторів і технологічних параметрів.

Методика досліджень

На даний час управління покрівлею в очисних виробках здійснюється повним обваленням і рідше частковою або повною закладкою. Від способу управління покрівлею залежать вільне і максимальне опускання шарів порід, що вміщують пласт. У свою чергу, від вільного опускання залежать геометричні параметри епюр навантажень, маса порід, що зависають над масивом, і розподіл нормальних навантажень. При повному обваленні вільне опускання шарів порід складає 60% потужностей пласта, при частковій і повній закладці – відповідно до 40 і 20%. Виходячи з цього, перехід з управління покрівлею повним обваленням

на повну закладку супроводжується зменшенням маси порід, що зависають над масивом, зниженням опорних навантажень і підвищенням навантажень над виробленим простором. Крім того, це викликає зміщення максимуму до забою, внаслідок усунення зони безладного обвалення і утворення безпосередньої покрівлі, усуває формування максимуму поблизу забою.

Перехід від повного обвалення до повної закладки викликає зменшення зони розвантаження в породах підшви по глибині. Проте в цих випадках зниження навантажень в опорній зоні усуває ймовірність порушення цілісності порід попереду забою і, отже, виключає вивали порід покрівлі при вийманні вугілля. За наявності в надвугільній товщі породо-мостів



часткова або повна закладка дозволяє уникнути вторинних осідань основної покрівлі, створює сприятливіші умови підтримки виробок позаду лави і забезпечує можливість повторного використання штреків [4].

При переході на часткову або повну закладку зменшуються переміщення шарів порід надвугільної товщі відносно один одного, знижуються горизонтальні деформації і, отже, ймовірність утворення вертикальних тріщин.

Результати розрахунків згідно моделі надвугільної товщі зводимо на рис. 2 та в таблиці 3, 4.

Таблиця 3. Довжина зони опорного тиску $a+d_0$, м в залежності від способу керування покрівлею

Геометричні параметри тимчасового опорного тиску	з обваленням	із закладкою
a , м	4,2	4,3
d_0 , м	3,6	3,4

Таблиця 4. Навантаження опорної зони, тс/м² в залежності від способу керування покрівлею

Фізичні параметри тимчасового опорного тиску	з обваленням	із закладкою
S_1 , тс/м ²	5057	2575
S_2 , тс/м ²	8923	4003

Аналіз отриманих даних показав, що при приблизно однаковій довжині зони тимчасового опорного тиску навантаження опорної зони при застосуванні породної полоси зменшуються практично в 2 рази з 13980 тс/м² до 6578 тс/м². Це суттєво впливає на стан підготовчої виробки та дозволить її повторне використання без додаткових ремонтних робіт.

Обґрунтування параметрів запропонованого рішення

Для обґрунтування технологічних параметрів закладання породи від проведення підготовчої виробки у вироблений простір очисного вибою побудуємо технологічну модель за допомогою методу імітаційного моделювання.

Імітаційне моделювання застосовується в самих різних областях людської діяльності: в промисловості, на транспорті, в економіці, екології, в сферах інформаційної безпеки та послуг, а також в сферах суспільних, державних і військових відносин [4]. При цьому спектр вирішуваних завдань є досить широким, а саме:

- наукові дослідження (планування експериментів, визначення статистичних характеристик випадкових факторів, перевірка різних статистичних гіпотез);
- автоматизоване проектування;
- відпрацювання робочих режимів пілотних об'єктів;
- автоматичне керування;
- організація, оцінка, планування і прогнозування людських відносин;
- учбова діяльність;
- відтворення ігрових ситуацій.

У свою чергу, зазначеним завданням відповідають такі об'єкти імітаційного моделювання, як виробництво, IT-інфраструктури, бізнес-процеси, сервіс, ринок і конкуренція, управління проектами, логістика, дорожній, повітряний, морський рух, екологія, динаміка зростання населення, історичні процеси, інформаційна безпека та ін.

Всі технічно реалізовані і практично значущі операції моделювання мають сім різновидів, з яких три є імітаційними. В основі імітаційного моделювання приводиться визначення фізичних координат і параметрів його образів-моделей, внаслідок їх відповідного розукрупнення-деталізації. У зв'язку з цим, наприклад, виходить, що імітаційне моделювання стає єдиною можливим засобом реалізації координатно-параметричного управління складними об'єктами. Імітаційне моделювання дає нам можливість:

- розширити коло дослідницьких об'єктів – стає можливим вивчати неповторювані явища, явища минулого і майбутнього, об'єкти, які не відтворюються в реальних умовах;
- візуалізувати об'єкти будь-якої природи, в тому числі і абстрактні;
- досліджувати явища і процеси в динаміці їх розгортання;
- керувати часом (прискорювати, уповільнювати і т.д.);
- здійснювати багаторазові випробування моделі;
- отримувати різні характеристики об'єкта в числовому або графічному вигляді;
- знаходити оптимальну конструкцію об'єкта, не виготовляючи його пробних примірників;
- проводити експерименти без ризику негативних наслідків для здоров'я людини або навколишнього середовища.

Імітаційна модель проектного рішення (рис. 4) створена в системі автоматизованого проектування AutoCAD.

У технологічну схему відпрацювання вугільного пласта із закладкою породи від проведення виробки у вироблений простір очисного вибою входять: прохідницький комбайн КСП-35, прохідницький стрічковий перевантажувач ППЛ-600 з двома скидними ножами для розділення вантажопотоків вугілля та породи, виймально-закладні секції кріплення, кількість яких залежить від ширини породної смуги, транспортно-розвантажувальний конвеєр для доставки породи у вироблений простір очисного вибою.

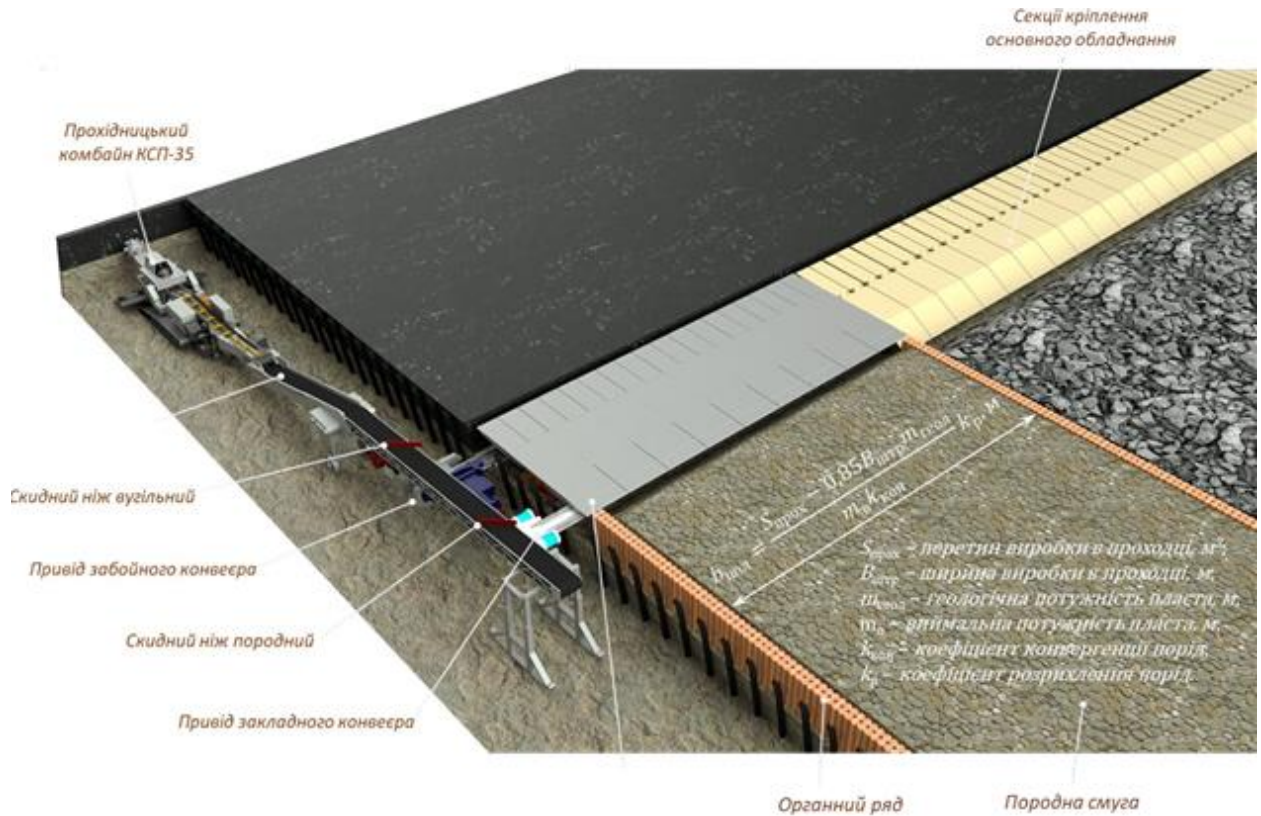


Рис. 4. Технологічна модель відпрацювання вугільного пласта

Аналіз моделі дозволив отримати ширину закладання породної смуги в залежності від перетину підготовчої виробки та потужності вугільного пласта:

$$b_{\text{пор}} = \frac{S_{\text{прох}} \cdot V_{\text{шттр}} \cdot m_{\text{геол}}}{m_{\text{в}} \cdot k_{\text{кон}}} \cdot k_{\text{р}}, \text{ м} \quad (1)$$

де $S_{\text{прох}}$ – перетин виробки в проходці, м^2 ; $V_{\text{шттр}}$ – ширина виробки в проходці, м ; $m_{\text{геол}}$ – геологічна потужність пласта, м ; $m_{\text{в}}$ – виймальна потужність пласта, м ; $k_{\text{кон}}$ – коефіцієнт конвергенції порід; $k_{\text{р}}$ – коефіцієнт розрихлення порід.

Відповідно, необхідна кількість виймально-закладних секцій становить:

$$N_{\text{секцій}} = \frac{b_{\text{пор}}}{V_{\text{секцій}}}, \text{ од} \quad (2)$$

Відобразимо залежність ширини закладання породної смуги у вигляді графіку (рис. 5).

Згідно отриманих даних, закладання породи від проведення підготовчої виробки у вироблений простір очисного вибою доцільне при потужності вугільного пласта від 1,2 до 1,8 м з перетином підготовчої виробки від 11,7 до 17,7 м^2 .

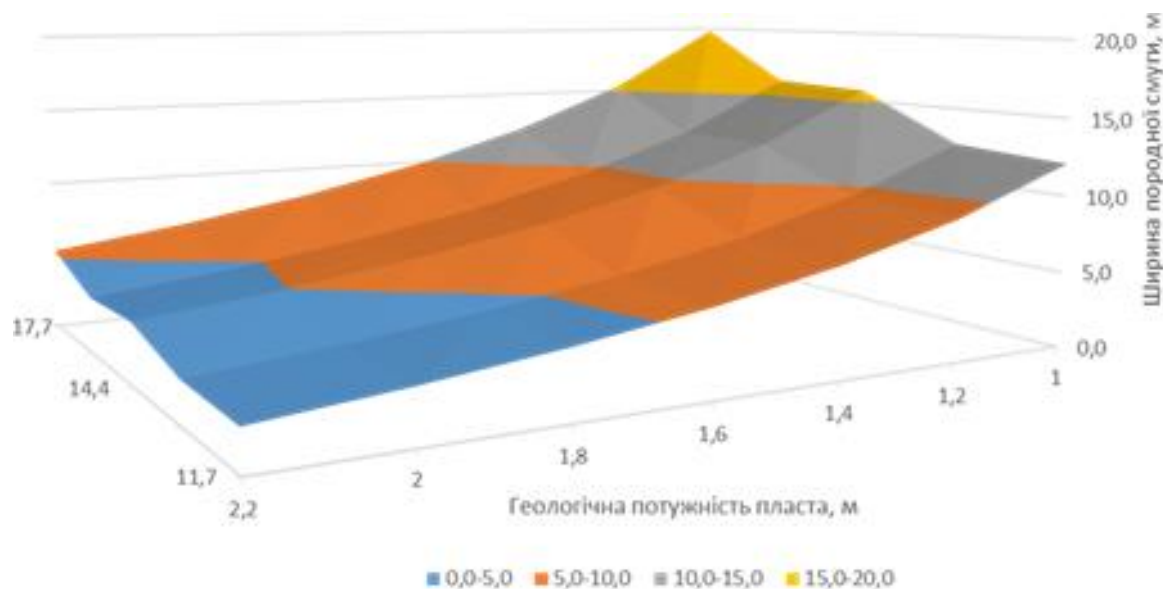


Рис. 5. Об'ємна поверхнева діаграма залежності ширини породної смуги від потужності пласта та перетину підготовчої виробки

Висновки

1. Запропонована конструкція обладнання з паралельною гідравлічною опорою видобутку-закладки, яка може реалізувати паралельні маніпуляції з видобуванням вугільних пластів та закладанням в той же час породи від проведення підготовчої виробки.

2. Згідно геологічної характеристики пласт d_4 має максимальну потужність – 2,0 м, що цілком забезпечить роботу виймально-закладного комплексу.

3. У технологічну схему відпрацювання вугільного пласта входять: прохідницький комбайн КСП-35, прохідницький стрічковий перевантажувач ППЛ-600 з двома скидними ножами для розділення вантажопотоків вугілля та породи, виймально-закладні секції кріплення, кількість яких залежить від ширини породної смуги, транспортно-розвантажувальний конвеєр для доставки породи у вироблений простір очисного вибою.

4. Аналіз параметрів тимчасового опорного тиску показав, що при приблизно однаковій довжині навантаження опорної зони при застосуванні породної полоси зменшуються практично в 2 рази з 13980 тс/м^2 до 6578 тс/м^2 . Це суттєво впливає на стан підготовчої виробки та дозволить її повторне використання без додаткових ремонтних робіт.

5. Результати роботи показали, що закладання породи від проведення підготовчої виробки у вироблений простір очисного вибою доцільне при потужності вугільного пласта від 1,2 до 1,8 м з перетином підготовчої виробки від 11,7 до 17,7 м².

V. Ruskikh, A. Shumov, Ie. Tymoshenko, N. Perederii

Dnipro University Technology, Ukraine

SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE TECHNOLOGY OF ROCK INJECTION INTO THE MINED-OUT SPACE OF THE FACE IN THE CONDITIONS OF THE D_4 PRT «SHU «POKROVSKE» FORMATION

The purpose of the work is to substantiate the parameters of the mining technology with the rock left over from preparatory workings in the mined-out space of the face.

Methodology for determining the rational parameters of the development system with the placement of rocks from the preparatory workings into the mined-out space of the face was developed and the regularity of changes in the width of the rock strip that is placed in the mined-out space of the face was established,

depending on the cross-sectional area of the preparatory workings and the thickness of the formation.

The results of the work form the basis for designing coal deposits with rock injection into the mined-out space in the working face in the conditions of the d₄ seam of Pokrovske Mining Company.

Key words: mine, coal, seam, stress-strain state of the rock mass, mechanical support, rock injection in the mined-out space.

Література

1. Огаренко Ю. Проблеми вугільної промисловості України та викиди парникових газів від видобутку й споживання вугілля. Київ: Національний екологічний центр України, 2010. 54 с.
2. Бондаренко В.І., Малашкевич Д.С., Руських В.В. Дослідження силових та деформаційних параметрів навантаження механізованого кріплення при розміщенні породи у виробленому просторі. *Українська школа гірничої інженерії-2019*: матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Бердянськ, 3–7 вересня 2019 р.. Бердянськ, 2019. С. 75–76.
3. Бондаренко В.І., Руських В.В., Малашкевич Д.С., Соцков В.А. Технологічна схема та обладнання для селективного видобутку вугілля довгими очисними вибоями. *Вісті Донецького гірничого інституту*. 2017. № 2(41). С. 19-23.
4. Huang J., Tian C., Xing L., Bian Z., Miao X. Green and Sustainable Mining: Underground Coal Mine Fully Mechanized Solid Dense Stowing-Mining Method. *Sustainability*. 2017. Vol. 9, N 88, 1418; <https://doi.org/10.3390/su9081418>.
5. Zhang J., Sun Q., Fourie A., Ju F., Dong X. Risk assessment and prevention of surface subsidence in deep multiple coal seam mining under dense above-ground buildings. *Human and Ecological Risk Assessment*. 2018. Vol. 25, N 4. P. 1–15.
6. Junker M.; Witthaus H. Progress in research and application of coal mining with stowing. *Int. J. Min. Sci. Technol.* 2013. Vol. 23. P. 7–12.
7. Harnischmacher S. Zepp H. Mining and its impact on the earth surface in the Ruhr District (Germany). *Z. Geomorphol.* 2014, Vol. 58. P. 3–22.
8. Kortnik J. Backfilling waste material composites environmental impact assessment. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* 2003. Vol. 103. P. 391–396.
9. Колоколов О.В. Технологія закладки виробленого простору в шахтах та рудниках: підручник для вузів. Дніпропетровськ: Січ, 1997. 135 с.

Надійшла 16.07.24

References

1. Oharenko, Y. (2010). Problemy vuhilnoi promyslovosti Ukrainy ta vykydy parnykovykh haziv vid vydobutku y spozhyvannia vuhillia [Problems of the coal industry of Ukraine and greenhouse gas emissions from coal mining and consumption]. *Natsionalnyi ekolohichnyi tsentr Ukrainy* [in Ukrainian].
2. Bondarenko, V. I., Malashkevich, D. S., & Ruskikh, V. V. (2019). Doslidzhennia sylovykh ta deformatsiinykh parametriv navantazhennia mekhanizovanoho kriplennia pry rozmishchenni porody u vyroblenomomu prostori [Research on force and deformation parameters of load on mechanized support when placing rock in the worked-out space]. *Ukrainska shkola hirnychoi inzhenerii-2019 – Ukrainian School of Mining Engineering 2019* (s. 75–76). Berdiansk [in Ukrainian].
3. Bondarenko, V. I., Ruskikh, V. V., Malashkevich, D. S., & Sotskov, V. A. (2017). Tekhnolohichna skhema ta obladdnannia dlia selektyvnoho vydobutku vuhillia dovhymy ochysnymy vyboiamy [Technological scheme and equipment for selective coal mining

- with longwall mining faces]. Visti Donetskooho hirnychoho instytutu – Proceedings of Donetsk Mining Institute, 2(41), 19–23 [in Ukrainian].
- Huang, J., Tian, C., Xing, L., Bian, Z., & Miao, X. (2017). Green and Sustainable Mining: Underground Coal Mine Fully Mechanized Solid Dense Stowing-Mining Method. *Sustainability*, 9(8), 1418; <https://doi.org/10.3390/su9081418>.
 - Zhang, J., Sun, Q., Fourie, A., et al. (2018.). Risk assessment and prevention of surface subsidence in deep multiple coal seam mining under dense above-ground buildings. *Human and Ecological Risk Assessment*, 25(4), 1–15.
 - Junker, M., & Witthaus, H. (2013). Progress in research and application of coal mining with stowing. *International Journal of Mining Science and Technology*, 23, 7–12.
 - Harnischmacher, S., & Zepp, H. (2014). Mining and its impact on the earth surface in the Ruhr District. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 58, 3–22 [in Germany].
 - Kortnik, J. (2003). Backfilling waste material composites environmental impact assessment. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 103, 391–396.
 - Kolokolov, O. V. (1997). Tekhnolohiia zakladky vyrobnoho prostoru v shakhtakh ta rudnykakh [Technology of filling the worked-out space in mines and quarries]. Sich [in Ukrainian].

УДК 622.248.33

DOI: 10.33839/2708-731X-27-1-81-88

А. К. Судаков, д-р техн. наук; **М.А. Дригола**, інж.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, Дніпро, e-mail: sudakovy@ukr.net,

АНАЛІЗ УМОВ ВИНИКНЕННЯ І ЛІКВІДАЦІЇ ПОГЛИНАНЬ ПРОМИВАЛЬНОЇ РІДИНИ

В статті проведено аналіз умов виникнення та ліквідації поглинань промивальної рідини у свердловинах при їх спорудженні. Поставлені завдання вирішувалися комплексним методом дослідження, що включає аналіз і узагальнення літературних і патентних джерел, проведення аналітичних, експериментальних досліджень.

Результати аналізу і узагальнення геолого-технічної інформації знайдуть практичне застосування у навчальному процесі при підготовці фахівців з буріння свердловин та розробці нових технологій ізоляції поглинаючих горизонтів бурових свердловин.

Ключові слова: буріння свердловин, поглинаючий горизонт, ізоляція.

Вступ

Процес буріння свердловин пов'язаний з геологічними ускладненнями. Найбільш частими видами ускладнень, що порушують технологію бурових робіт, є поглинання бурових розчинів. При цьому щорічні витрати часу на буріння в загальному балансі зросли до 23 %, а фінансових коштів – до 10 %. Підтвердженням вищесказаного можуть слугувати відомості, які розглядалися авторами раніше [1].

Причини виникнення поглинань обумовлено такими факторами, як шпаристість і проникність гірської породи, міцність колектора, пластовий тиск, об'єм і якість розчину, що закачується. Поглинання пов'язане із розкриттям слабких або проникних пластів у процесі поглиблення свердловини, і являє собою рух рідини під дією надлишкового тиску зі стовбура свердловини в пласт.