

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВУГЛЕВИДОБУТКУ В СКЛАДНИХ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

А.О. Хорольський, Ю.О. Виноградов, Інститут фізики гірничих процесів Національної академії наук України, Україна

В роботі наведено результати досліджень пов'язаних зі встановленням оптимально узгоджених параметрів процесу вуглевидобування за рахунок раціоналізації процесу вибору очисного обладнання та розробки способу зниження водоприпливу і підвищення стійкості гірничих виробок в складних гідрогеологічних умовах. Встановлення закономірностей зміни параметрів фільтрації води в гірничу виробку в залежності від гідрогеологічних умов її проведення і способу кріплення дозволило запропонувати новий спосіб зниження водоприпливу з використанням анкерного кріплення.

У цільовому енергетичному балансі України вугілля – єдине джерело, яким держава забезпечена в повному обсязі, тому інтенсифікація вугледобування сприятиме набуттю енергетичної незалежності країни. Навіть зараз, при падінні темпів промислового виробництва намітилась тенденція до дефіциту, тобто окрім газової намічається і вугільна залежність, тому необхідно негайно вжити заходи зі стабілізації стану галузі та подальшої інтенсифікації процесу вугледобування. Однак, існують як об'єктивні причини у вигляді несприятливих гірничо-геологічних умов та і об'єктивні у вигляді відсутності підходів до ефективного вибору засобів механізації.

Шахти Західного Донбасу відрізняються складними гірничо-геологічними і гідрогеологічними умовами. У будові продуктивної товщі району є велика кількість водоносних горизонтів, що призводить до розмокання і обвалення приконтурних порід, загрожує безпеці і підвищує складність проведення гірничих виробок. Ефективність існуючих методів боротьби з водоприпливами недостатня, вони вимагають великих фінансових витрат, та не враховують зміни напружено-деформованого стану гірських порід навколо виробки та його впливу на фільтраційну проникність масиву. До теперішнього часу анкерне кріплення, яке запобігає розвиненню тріщинуватості навколо виробки, не розглядалося як засіб зниження водоприпливів.

Постає дилема – або зменшуємо видобуток вугілля і тим самим створюються передумови до ще більшої енергетичної залежності України від імпортованих енергоносіїв, а також непередбачуваних соціально-політичних наслідків, або в комплексі займаємось вирішенням проблем охорони праці та безпеки виробництва на вугледобувних підприємствах України, зосереджуючи на цьому напрямку необхідні та достатні організаційні зусилля, технічні заходи, наукові дослідження, розробки і обґрунтування, та спрямовуючи на їх реалізацію необхідні кошти, у тому числі із державного бюджету. Вирішити проблему підвищення техніко-економічних показників без покращення умов праці неможливо.

Окрім цього, процес інтенсифікації вуглевидобутку ускладнюється не лише розробкою заходів із забезпечення сприятливих умов праці, а й різноманіттям типів видобувної техніки. Так, наприклад, для п'яти найпоширеніших механізованих комплексів існує 42 варіанти комплектацій, проте тільки 18 з них забезпечують навантаження на видобувну дільницю на рівні 1000 т на добу., тому необхідно розробити підходи щодо вибору очисного обладнання та обґрунтувати доцільність застосування вітчизняного обладнання на шахтах Донбасу.

Незважаючи на велику кількість досліджень з вибору засобів механізації та розробки способів зниження водоприпливу і підвищення стійкості гірничих виробок в складних гідрогеологічних умовах на даний час недостатньо вивчені питання, пов'язані зі встановленням закономірностей формування рівня продуктивності видобувних комплексів, впливу технологічних факторів на добуве навантаження на вибій, граничною областю ефективного застосування засобів механізації на шахтах Донбасу. Окрім цього, недостатньо були вивчено залежність водоприпливів в гірничу виробку від напружено-деформованого стану приконтурних порід, їх проникності, від способу кріплення виробки.

Метою роботи є встановлення оптимально узгоджених параметрів процесу вугледобування та розробка способу зниження водопрпливу і підвищення стійкості гірничих виробок в складних гідрогеологічних умовах.

У відповідності до мети дослідження були сформовані наступні задачі:

- по-перше, необхідно дослідити область застосування очисного обладнання на шахтах Донбасу та визначити раціональні параметри експлуатації за потужністю пласта, довжиною лави та ін.;
- по-друге, необхідно сформулювати уявлення про механізм фільтрації рідини у гірничі виробки та запропонувати способи зі зниження водопрпливів;
- по-третє, навести рекомендації із підвищення техніко-економічних показників роботи очисних вибоїв.

Для раціоналізації параметрів застосування видобувних комплексів на шахтах Західного Донбасу було проведено комплекс досліджень пов'язаних зі встановленням впливу технологічних умов експлуатації (довжина очисного вибою, виймальна потужність пласта) на величину добового видобутку комплексного механізованого вибою (КМВ), це дозволило рекомендувати комплектації очисного обладнання, які здатні забезпечити беззбитковий рівень видобутку.

Часові рамки дослідження 2008–2013 рр., саме в цей час була здійснена спроба технічного переоснащення вугільних шахт і кількість фактичних варіантів комплектацій максимальна. За раціональний технологічний ланцюжок очисного обладнання, який складається із механізованого кріплення, очисного комбайну, забійного конвеєру будемо вважати той, який може забезпечити добову продуктивність на рівні понад 1000 т/доб. Для відтворення цих показників необхідно, щоб виконувалось дві умови: область експлуатації раціональна, а обладнання в складі видобувного комплексу має високий рівень взаємозв'язку (під взаємозв'язком розуміється узгодженість одночасних процесів у вибої з видобутку, транспортування вугілля, підтримання виробленого простору).

Однак, процес дослідження ускладнений великою номенклатурою існуючого обладнання, лише для умов Західного Донбасу існувало 57 фактичних альтернатив, які включали 10 типів механізованого кріплення, 15 типів очисних комбайнів, 12 типів забійних конвеєрів, при цьому для комплектації вибою слід обрати лише по одному типу очисного обладнання. Тому на першому етапі дослідження кількість досліджуваних механізованих комплексів з 10 скоротилась до п'яти, це пояснюється тим, що розглянуті комплекси використовувались в 85% очисних вибоїв. В результаті кількість альтернатив з 57 скоротилась до 42.

Для систематизації даних про існуючі альтернативи та рівень продуктивності використовувався прийом заснований на побудові маргінальних графів (лат. *margo* – крайовий, граничний) [1, 2] це дозволило представити дані про фактичні межі продуктивності очисного обладнання на шахтах Донбасу та обґрунтувати доцільність скорочення кількості альтернатив. Окрім цього, встановлено, що застосування типів обладнання, яке перебувало в комплектаціях з мінімальними показниками продуктивності, не ефективне і в інших комплектаціях, в той же час застосування обладнання, яке представлено в графі максимальних варіантів, сприяє підвищенню показників продуктивності КМВ. Все це свідчить про те, що точкова заміна або модернізація одного типу обладнання не сприяє загальному підвищенню показників вибою; рівень продуктивності формується сукупністю зв'язків засобів механізації, які слід розглядати як єдине ціле.

Судити про вплив довжини вибою та потужності пласта на рівень добового навантаження на основі аналізу показників роботи одного комплексу (як це робилось раніше) неможливо, тому виникла наступна задача – дослідити закономірності зміни продуктивності при різній довжині очисного вибою. Одним із рішень може бути побудова тривимірних поверхонь функції $Q = f(m, l)$, де Q – продуктивність вибою, m – потужність пласта, l – довжина вибою (рис. 1). Поверхня $Q = f(m, l)$ утворюється графіками залежності $Q = f(m)$ та $Q = f(l)$, тобто можна стверджувати, що рівень продуктивності формує сукупність технологічних факторів, а не окремий чинник [3, 4].

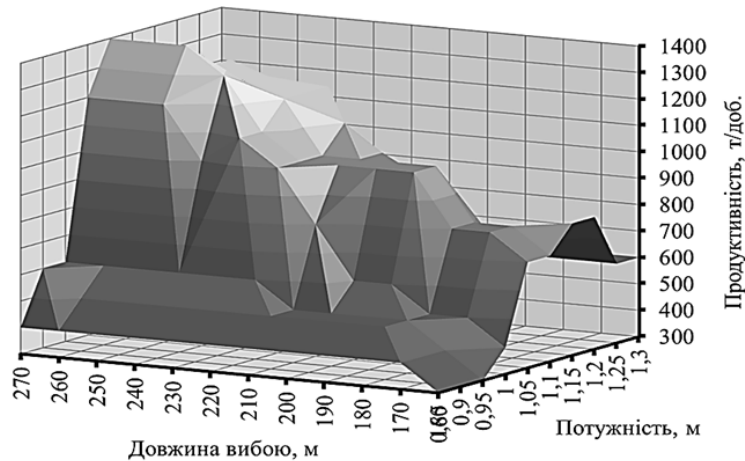


Рис. 1. Графік зміни продуктивності комплексу МКД80 в залежності від потужності пласта та довжини вибою

Враховуючі конструктивні особливості очисного обладнання та принципи компоновки вибою для деталізації дані слід було дослідити у «вузьких» діапазонах за потужністю пласта: 1,00; 1,05; 1,10 та ін.; довжиною вибою 200, 210, 220 та ін. Сукупність графіків $Q = f(m)$ та $Q = f(l)$ демонструє загальні тенденції зміни продуктивності в залежності від технологічних параметрів, дозволяє встановити раціональну область експлуатації для механізованого комплексу, може бути використана в якості експрес-методу на стадії проектування виймальної дільниці. Отримані залежності досить уніфіковані та побудовані для різних діапазонів, а не в цілому для комплексу, це дозволяє спрогнозувати зміну показників продуктивності в межах заданих параметрів дільниці з достовірністю 85–95%.

Було встановлено, що продуктивність комплексу в залежності від виймальної потужності пласта та довжини очисного вибою змінюється поліноміально. Це пояснюється тим, що для кожного комплексу існує раціональна область експлуатації (табл. 1), при цьому на пластах малої потужності 0,80–1,50 м залежності $Q = f(m)$ та $Q = f(l)$ описуються поліномом другого ступеню, тобто потенціал до збільшення довжини вибою та потужності пласта відсутній, а при потужності пласта понад 1,50 м – поліномом третього ступеню, це пояснюється тим, що існує потенціал до збільшення довжини очисного вибою.

Таблиця 1 Приріст показників добового навантаження для комплексів, які експлуатуються в межах раціональних технологічних параметрів

Тип комплексу	Приріст продуктивності ΔQ_l при раціональній довжині вибою, %			Приріст продуктивності ΔQ_m при раціональній виймальній потужності, %		
	макс.	мін.	середнє	макс.	мін.	середнє
1МКД90	17,0	13,3	15,0	13,8	8,6	10,5
МКД80	39,8	18,1	24,1	32,7	13,8	10,8
МДМ	31,2	9,2	22,6	15,4	7,9	12,6
3МКД90	7,5	3,6	4,5	11,9	10,1	11,0
3МКД90Т	5,1	10,6	8,4	23,4	15,7	18,3

Тому виник ряд задач, які полягали у встановленні пріоритетних керуючих факторів, які формують рівень продуктивності механізованого комплексу та визначити граничну ефективну область застосування механізованих комплексів на шахтах Західного Донбасу.

Встановлено, що характеристики комплексів можна узагальнити наступними характеристиками чутливість до інновацій – збільшення на понад 10% показників продуктивності від впровадження рекомендацій, керуючий фактор – оцінюється на основі порівняння приросту продуктивності за потужністю пласта та довжиною вибою; якщо ефект від раціоналізації довжини очисного вибою більший ніж від раціоналізації потужності пласта, то довжина вибою є керуючим фактором і навпаки, інноваційний потенціал – можна оцінити на основі порівняння графіків залежності продуктивності від потужності пласта та довжини вибою при експлуатації в області раціональних параметрів та без урахування рекомендацій, якщо в діапазоні фактичних показників експлуатації криві схрещуються, то потенціал вичерпано, якщо ні – то існує. В результаті цього було розроблено універсальну характеристику видобувних комплексів, яка дозволила розробити рекомендації з підвищення техніко-економічних показників роботи (табл. 2).

Таблиця 2 Комплексна характеристика найпоширеніших механізованих комплексів Донбасу

Тип комплексу	Чутливість до інновацій		Керуючий фактор	Інноваційний потенціал	
	за ΔQ_l	за ΔQ_m		за ΔQ_l	за ΔQ_m
1МКД90	чутливий	малочутливий	довжина вибою	вичерпаний	вичерпаний
МКД80	чутливий	малочутливий	довжина вибою	не вичерпаний	вичерпаний
МДМ	чутливий	чутливий	довжина вибою	не вичерпаний	вичерпаний
3МКД90	не чутливий	чутливий	потужність пласта	не вичерпаний	не вичерпаний
3МКД90Т	не чутливий	чутливий	потужність пласта	не вичерпаний	не вичерпаний

Окрім цього, було встановлено, що видобувні комплекси вітчизняного виробництва здатні забезпечити продуктивність на рівні 1000–3200 т/доб., тобто проблема інтенсифікації вуглевидобування може бути вирішена за рахунок обґрунтування раціональної області експлуатації за потужністю пласта та довжиною вибою (рис. 2).

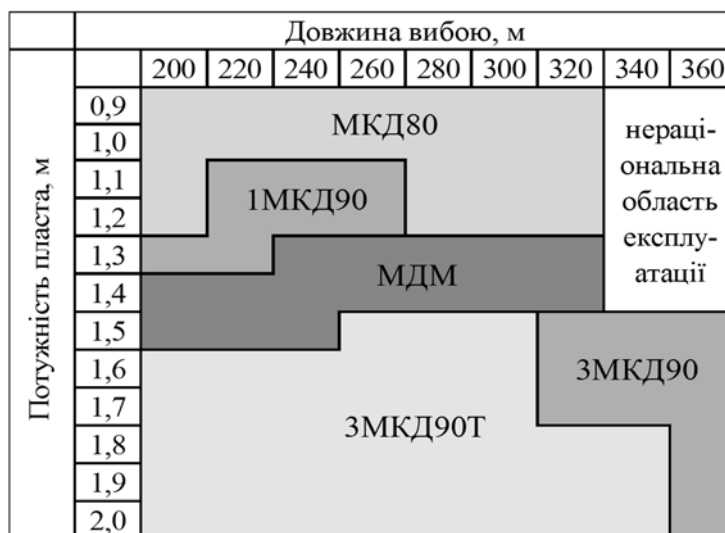


Рис. 2. Раціональна область застосування механізованих комплексів на шахтах Донбасу

Після цього проводились дослідження із обґрунтування складу видобувного комплексу. Аналіз 42 альтернатив встановив, що тільки 18 (43%) здатні забезпечити продуктивність на рівні понад 1000 т/доб., при цьому заміна або модернізація одного типу обладнання в технологічному ланцюжку «кріплення–комбайн–конвеєр» не сприяє підвищенню показників, тому видобувний комплекс слід розглядати як єдине ціле. В результаті аналізу роботи кожного видобувного комплексу встановлено, що незалежно від форми власності підприємства та його розташування існують універсальні альтернативи, які здатні забезпечити високі показники продуктивності. Дані про альтернативи, які здатні забезпечити показники продуктивності на рівні понад 1000 т/доб., можна представити у вигляді універсального графу вибору альтернатив. Для зручності раціональні альтернативи були згруповані за виймальною потужністю пласта в діапазоні 0,90–2,60 м, з кроком 0,20 м [5, 6, 7].

Результати дослідження можуть бути застосовані при оцінці пріоритетів на виготовлення техніки вітчизняними машинобудівними заводами, а також враховані при виділенні коштів на модернізацію гірничо-шахтного обладнання. Отримані дані представлені у вигляді графів, що дозволяє наочно і компактно представити інформацію про раціональні типи обладнання, область експлуатації, граничні показники продуктивності.

Для впровадження запропонованих методів у гірництво було розроблено електронний довідник з вибору очисного обладнання, який враховує рекомендації з вибору обладнання та області експлуатації. «Довідник ...» [8, 9] працює в двох режимах: в залежності від умов експлуатації користувачу буде запропоновано раціональні типи обладнання; в іншому режимі користувачу будуть запропоновані характеристики, опис, призначення типів очисного обладнання, яке міститься в базі даних програми (рис. 3).

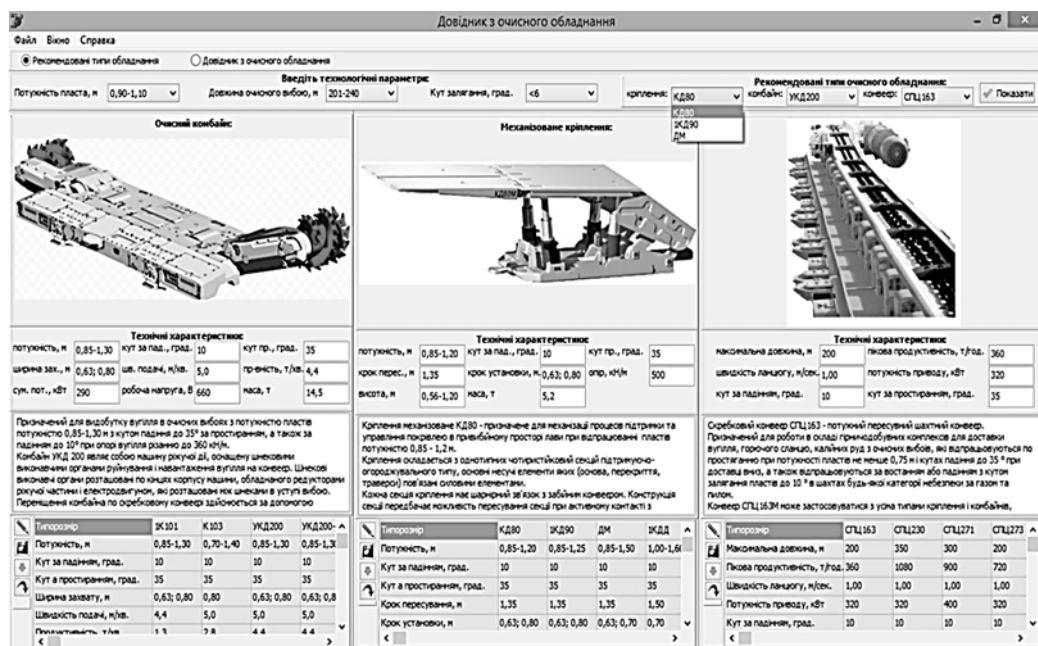


Рис. 3. Робоче вікно програми з вибору очисного обладнання

Отже, в напрямку реалізації параметрів експлуатації видобувних комплексів встановлено закономірності формування рівня продуктивності очисного вибою та обґрунтовано заходи із підвищення техніко-економічних показників, які базуються на дослідженні впливу умов експлуатації та структури видобувного комплексу на рівень видобутку. Запропонована робота створює новий підхід щодо прийняття рішень на стадії проектування. Наразі за кордоном відомі лише підходи, що базуються на застосуванні методів аналізів ієрархій (Analytic Hierarchy Process) розроблений Т. Сааті [10], в роботах М. Атаєї [М. Ataei], С. Алпайя [S. Alpay], М. Даскіна [М. Daskin] описано застосування в гірничому виробництві.

Однак, існує ряд труднощів: важливість і пріоритет критерію встановлює особа приймає рішення (ОПР) – для достовірного прийняття рішень повинна бути узгодженість між ОПР; велика вибірка і опитування не завжди гарантує правильний вибір, крім того, критерії вибору не завжди відповідають розв'язуваній задачі.

Найбільш універсальним є динамічне програмування, тому що може бути використано в імовірнісних, детермінованих, а також динамічних моделях. Єдиним недоліком описаних підходів є те, що вони не можуть бути використані в інформаційних моделях. Апробації в гірничому виробництві, описаних підходів, присвячені роботи А. Морина [А. Morin], А. Гайдара [А. Haidar], М. Бразил [М. Brazil], Д. Томаса [D. Thomas], О. Озтаса [O. Oztas], В.Г. Гріньова [11, 12].

Але для реалізації запропонованих підходів необхідно вирішити питання пов'язані з забезпеченням техніки безпеки гірничих робіт, які включають комплекс заходів із підтримання виробленого простору. Саме в цьому напрямку проводились дослідження [13, 14] із встановлення закономірностей фільтрації води в обводненому масиві, це дозволило розробити ефективні способи зниження водоприпливу та запропонувати способи кріплення виробленого простору.

Для встановлення закономірностей зміни водоприпливу в виробку в залежності від технологічних і гідрогеологічних параметрів досліджено залежність водоприпливу в гірничу виробку від способу кріплення і висоти розташування обводненого прошарку над виробкою. При розрахунках висота залягання водоносного шару l над виробкою змінювалася від 0,15 м до 2,85 м. Отримано поля напружень навколо гірничої виробки з рамним, рис. 4, і анкерним кріпленням, рис. 5. Положення водоносного шару впливає на розподіл параметра Q^* тільки поблизу покрівлі виробки, при $l = 0,15$ м. На рис. 4а і 4б можна бачити вплив водонасиченого шару, який змінює різнокомпонентність поля напружень.

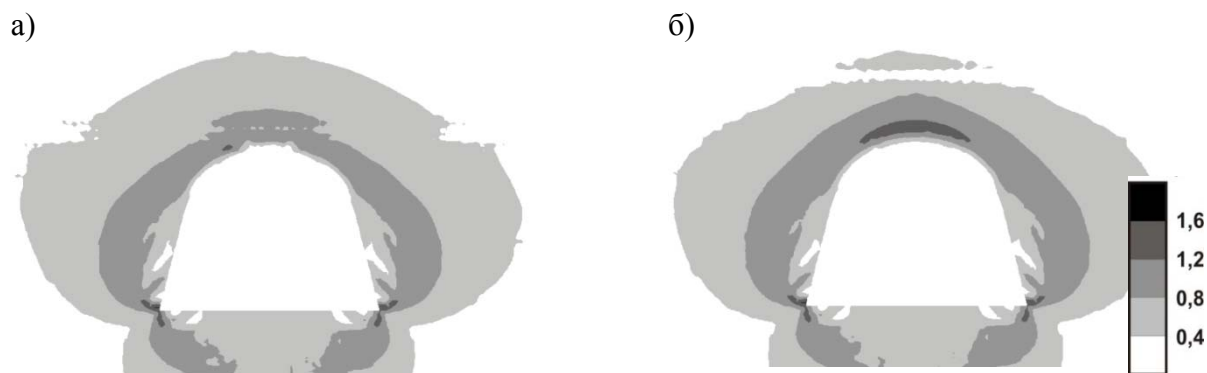


Рис. 4 Значення параметра Q^* , що характеризує різнокомпонентність поля напружень, виробки з рамним кріпленням: а – $l = 0,15$ м; б – $l = 1,35$ м

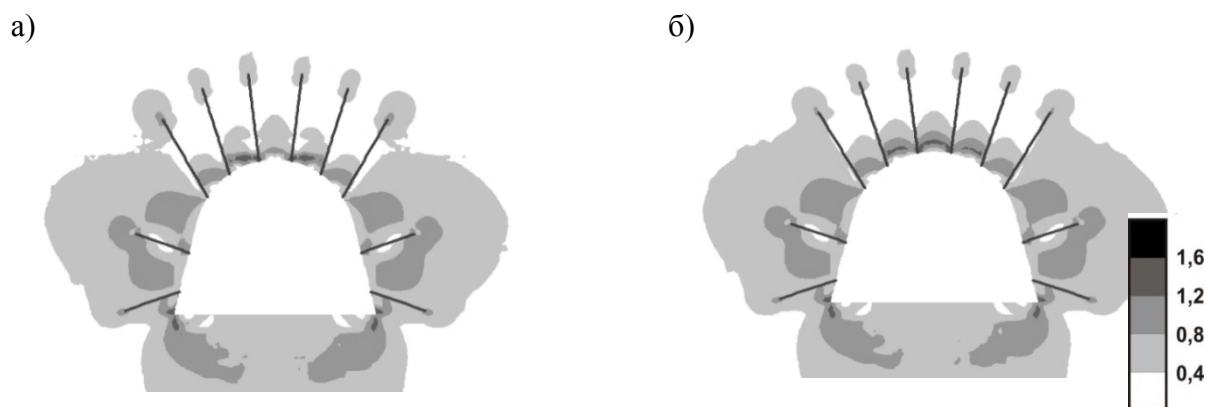


Рис. 5. Різнокомпонентність поля напружень, значення параметра Q^* , виробки з анкерним кріпленням: а – $l = 0,15$ м; б – $l = 1,35$ м

У боках і покрівлі виробки з анкерним кріпленням, рис. 5, зона підвищеної різнокомпонентності значно зменшується в порівнянні з виробкою, закріпленою рамним кріпленням, в покрівлі утворюється перекриття з непорушених, непроникних порід. Контур виробки оточує зона непружних деформацій, рис. 6, що призводить до збільшення тріщинуватості вміщуючих порід, їх розшарування і руйнування [15, 16].

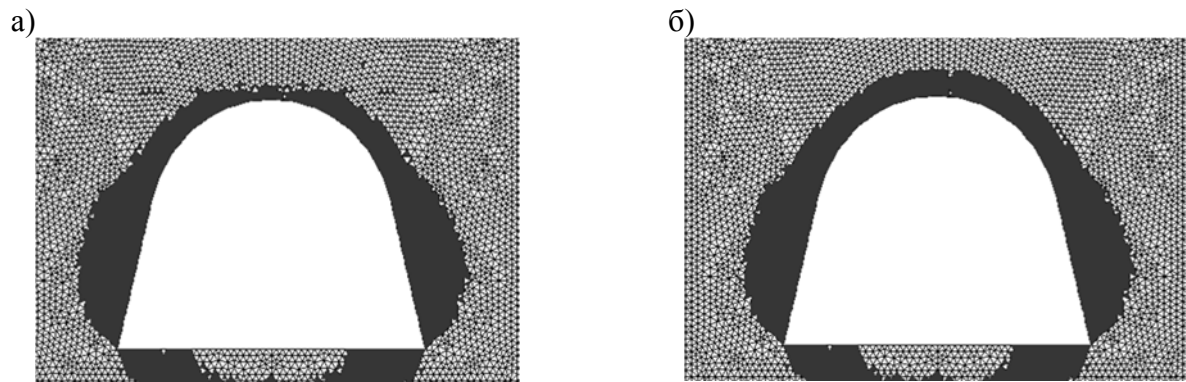


Рис. 6. Области непружних деформацій, виробки з рамним кріпленням:
а – $l = 0,15$ м; б – $l = 1,35$ м

У боках і покрівлі виробки з анкерним кріпленням зона непружних деформацій значно зменшується в порівнянні з виробкою, закріпленою рамним кріпленням (рис. 7).

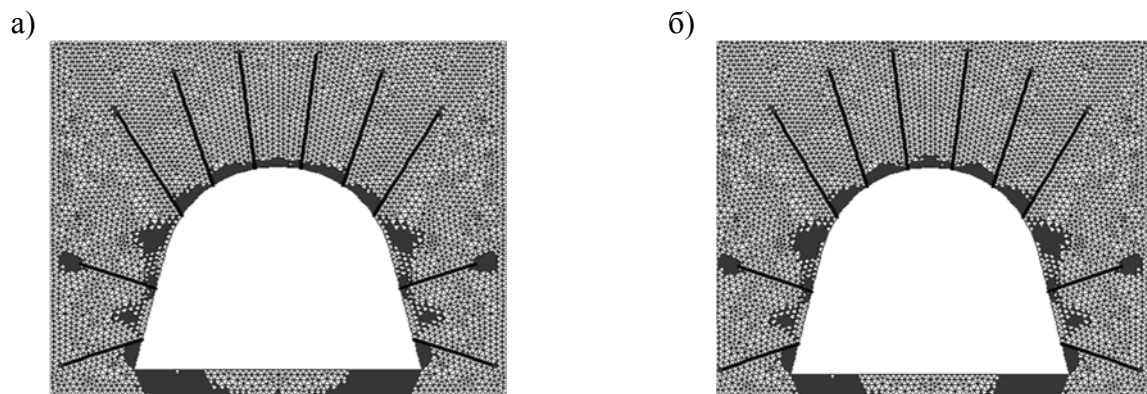


Рис. 7. Области непружних деформацій, виробки з анкерним кріпленням:
а – $l = 0,15$ м; б – $l = 1,35$ м

Зі збільшенням висоти водонасиченого прошарка інтенсивність руху фільтраційних потоків в виробку зменшується. Приплив води в виробку з рамним кріпленням припиняється при $h = 2,15$ м, в виробку з анкерним кріпленням – при $h = 0,95$ м. Графіки зміни величини водоприпливу в виробку в залежності від висоти розташування підробленого прошарку над виробкою з рамним і анкерним кріпленням показані на рис. 6.

На рис. 8 наведені результати порівняння середніх значень параметра Q^* і проникності в покрівлі виробки, на ділянці 0–3,5 м від поверхні виробки, при рамному і анкерному кріпленні. Бачимо, що різнокомпонентність поля напружень в разі використання анкерного кріплення знижується на 25–30%, рис. 8а; проникність знизилася на 25–35% при застосуванні анкерного кріплення, рис. 8б.

При збільшенні висоти водоносного прошарка над виробкою як у випадку з анкерним, так і з рамним кріпленням водоприплив в виробку знижується. При анкерному кріпленні величина водоприпливу в 2 рази нижче, коли обводнений прошарок знаходиться в межах області фільтрації. Видно, що анкерне кріплення значно знижує водоприплив в виробку при будь-яких значеннях висоти h розташування водоносного прошарка над виробкою.

Таким чином, анкерне кріплення стримує розвиток тріщинуватості, зберігає вмщуючі породи в природному, монолітному стані, підвищує стійкість гірничої виробки, навіть якщо в її покрівлі розташований обводнений вугільний прошарок. Видно, що анкерне кріплення значно знижує водопривив в виробку при будь-яких значеннях висоти розташування водоносного прошарка над виробкою [17].

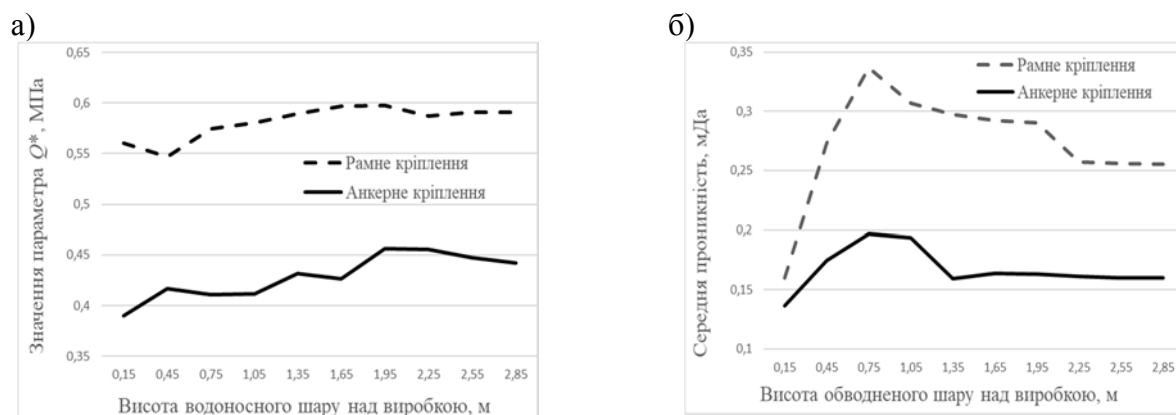


Рис. 8. Зміна значень геомеханічних і фільтраційних параметрів в покрівлі виробки при рамному і анкерному кріпленні

Встановлено, що рівень водопрививу у гірничі виробки великою мірою залежить від проникності порід, що її оточують [18]. Якщо навколо виробки знаходиться водонепроникний шар, процес фільтрації води у виробку не відбуватиметься. За умов вірно розрахованої схеми розміщення анкерів гірські породи зберігаються в природному, монолітному стані, тому фільтраційна проникність навколо виробки не збільшується з часом, при її експлуатації. Це дозволяє зменшити водопривив у виробку та уникнути витрат на її гідроізоляцію. Таким чином анкерне кріплення одночасно виконує дві функції: підтримання гірничої виробки у стійкому стані та її гідроізоляції.

Створення анкерно-породної конструкції, яку формують за рахунок просторового розташування сталевополімерних анкерів, надає можливість керувати рівнем монолітності, а отже і проникності гірських порід навколо виробки у різних гідрогеологічних умовах.

При використанні анкерного кріплення у якості гідроізоляції в сприятливих умовах слабо обводнених вмщуючих породах, у виробках з невеликим водопрививом до 5 м³/год слід застосовувати просту анкерно-породну конструкцію, яка передбачає установку анкерів в площині перетину виробки перпендикулярно поздовжній осі, у виробках із водопрививом до 5–10 м³/год, слід застосовувати посилену анкерно-породну конструкцію. Посилена конструкція передбачає установку частини анкерів з нахилом на вибій виробки, що значно посилює взаємодію між рядами анкерів, поліпшує стан покрівлі і боків виробки, протидіючи початку розвитку непружних деформацій і розшарування порід, що забезпечує більш високий рівень монолітності оточуючих порід.

У виробках із водопрививом більше 10 м³/год, застосовують потужну анкерно-породну конструкцію, яка передбачає установку частини анкерів з нахилом на вибій виробки, частини – в протилежний напрямок, що сприяє більш жорсткому обмеженню зміщень порід у виробку, зберігаючи їх природну монолітність, та забезпечує необхідний рівень проникності порід навколо виробки на період її експлуатації.

Застосування запропонованого способу дозволяє отримати значний економічний ефект за рахунок зниження витрат при переході з рамного на анкерне кріплення. Крім цього зменшуються затрати на відкачування води та ремонтні роботи по відновленню виробки після аварійних водопрививів.

Таким чином представлена робота є комплексним дослідженням у якому вирішено задачу інтенсифікації вуглевидобутку в складних гідрогеологічних умовах. Для цього було

визначено типи обладнання, які забезпечують максимальні показники продуктивності та обґрунтовано виймальну потужність пласта, довжину вибою при яких будуть відтворені задані показники. Подальша оптимізація параметрів здійснюється із застосуванням методів дискретної математики на мережевих моделях та графах [19, 20]. Слід зазначити, що дана робота створює нові засади до впровадження ресурсозберігаючих технологій підтримки виробок в складних гідрогеологічних умовах. Подальші дослідження у розвитку наведених підходів полягають у наступному:

- по-перше, при запровадженні нової технології, у нашому випадку анкерне кріплення, необхідно врахувати економічний ефект, який може бути виражений через зменшення витрат на проведення та обслуговування виробок;

- по-друге, буде оцінено кумулятивний ефект від застосування анкерного кріплення у часі, тобто оцінити переваги максимального збереження перерізу виробок, що дозволить знизити витрати на спорудження транспортних виробок, це дозволить у довгостроковій перспективі, за допомогою методів динамічного програмування, оцінити ефективність від застосування запропонованої технології;

- по-третє, на сьогодні існує понад 10 видів схем кріплення виробок анкерами та понад 20 конструкцій анкерів, при цьому вони відрізняються не тільки конструктивно, але і ступенями захисту від дії навколишнього середовища, звісно, що витрати на закріплення виробленого простору та час спорудження різні, тому маючи уявлення про механізм фільтрації рідини у вироблений простір, а також закономірності поведінки порід покрівлі можна обґрунтувати ефективні техніко-економічні рішення; застосування мережевих моделей дозволить представити усе багатоманіття варіантів кріплення виробок у вигляді впорядкованої структури, що значно знизить часові витрати на прийняття рішень.

Таким чином, врахування ефекту від збереження поперечного перерізу виробок у часі, а також техніко-економічна оцінка можливих варіантів підтримки виробок дозволяють у часі (динаміці) заощадити матеріали, знизити часові витрати на підтримку виробленого простору. Дані дослідження неможливо провести без вже наявних у авторів знань про закономірності деформації виробок у складних гідрогеологічних умовах, сучасні методи прийняття рішень та планування виробництвом, що в свою чергу створює нову область застосування технологічних аспектів фізики гірничих процесів.

Список літератури

1. Гринев В.Г. Алгоритмы оптимизации сетевых моделей для выбора рациональных технологических цепочек очистного оборудования / В.Г. Гринев, П.П. Николаев // материалы 3-й межд. науч.-техн. конф. «Техногенные катастрофы: модели, прогноз, предупреждение». – Днепропетровск. – 2013. – НГУ – С. 90 – 95.

2. Гринев В.Г. Инновационные перспективы экспугольных пластов крутого падения / В.Г. Гринев, П.В. Череповский, А.И. Деуленко. – Днепропетровск: видавництво «Пороги», 2015. – 180 с.

3. Хорольский А.А. Исследование структуры горно-шахтного оборудования с применением графов и сетевых моделей / А.А. Хорольский, В.Г. Гринев // Матеріали міжнародної конференції «Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості і транспорту 2017» (17–18 квітня 2017 р.). Дніпро: Національний гірничий університет, 2017. — С. 72–82.

4. Хорольський А.О. Вдосконалення структури технологічних ланцюжків очисного обладнання на основі оптимізації мережевих моделей / А.О. Хорольський, В.Г. Гріньов, О.П. Каліущенко // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2017» (4 – 7 жовтня 2017 р.). Дніпро : Національний гірничий університет, 2017. — С. 55–62.

5. Хорольский А.А. Выбор комплексов горно-шахтного оборудования на основе теории графов / А.А. Хорольский, В.Г. Гринев, В.Г. Сынков // Науковий вісник НТУУ «КПІ». Серія: «Гірництво». — 2016. — № 31. — С.57–64.

6. Хорольский А.А. Обоснование возможности применения классической теории графов для выбора комплексов горного оборудования /А.А. Хорольский, В.Г. Гринев, В.Г. Сынков // Матеріали міжнародної конференції «Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості і транспорту 2016» (26–27 травня 2016 р). Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2016. С. 57–64.
7. Сынков В.Г. Оценка уровня взаимосвязи очистного оборудования в составе механизированного комплекса. / В.Г. Сынков, В.Г. Гринев, А.А. Хорольский // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Інформатика, кібернетика, обчислювальна техніка»: зб. наук. праць / ДВНЗ ДонНТУ. – Красноармійськ, 2016. – Вип. 22. – С. 124–132.
8. Гринев В.Г., Хорольский А.А. Обоснование параметров выбора комплектаций очистного оборудования с учетом области рациональной эксплуатации. Вести Донецкого горного института, 2017, 1(40), 139–144.
9. Гринев В.Г., Хорольский А.А. Система поддержки принятия решений при разработке месторождений полезных ископаемых // Горно-геологический журнал. – 2017. – №. 51. – С. 18–24.
10. Saaty, T., & Shang, J. (2011). An innovative orders - of-magnitude approach to ANP-based Mutli-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. European Journal of Operational Research, 214(3), 703-715.
11. Гринев В.Г. Оценка и выбор рациональных параметров подземной разработки рудных месторождений Якутии // Автореф. ... докт. техн. наук – Новосибирск: ИГД СО РАН, 1993 – 43 с.
12. Гринев В.Г., Изаксон В.Ю., Зубков В.П. Решение горных задач на ЭВМ при освоении рудных месторождений / Новосибирск: «Наука», Сибирская издательская фирма РАН. – 1999. – 215 с.
13. Круковская В.В., Круковский А.П., Виноградов Ю.А. Математическое моделирование неустановившейся фильтрации воды в выработку с анкерной крепью // Mining of Mineral Deposits. – Днепр: НГУ, 2017. – № 11(2). – С. 21-27.
14. Молчанов А.Н., Виноградов Ю.А. Закономерности изменения параметров процесса фильтрации воды при подработке обводненных пород // Форум гірників-2017: Матеріали міжнародної конференції. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2017. – С. 144-152.
15. Виноградов Ю.А. Исследование водопритока в горную выработку в зависимости от способа ее крепления // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий збірник: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 1(15). – С. 89-95.
16. Молчанов А.Н., Виноградов Ю.А. Влияние высоты расположения обводненного пласта на устойчивость горной выработки. Материалы конференции молодых ученых «Геотехнические проблемы разработки полезных ископаемых» // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2015. – № 123. – С. 67-77.
17. Круковский А.П., Виноградов Ю.А. Розробка способу зниження водоприпливу у гірничу виробку із застосуванням анкерного кріплення // Физико-технические проблемы горного производства: Сборник научных трудов / ИФГП НАН Украины. – Днепр, 2016. – № 18. – С. 83-90.
18. Круковская В.В., Круковский А.П., Виноградов Ю.А. Исследование водопритока в горные выработки с анкерной крепью // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2015. – № 120. – С. 182–193
19. Гринев В.Г. Графы и сети для выбора горно-шахтного оборудования. Днепропетровск, 2016. – 247 с.
20. Hrinov V.G. and Khorolskyi A.A. Improving the Process of Coal Extraction Based on the Parameter Optimization of Mining Equipment. E3S Web of Conferences, Ukrainian School of Mining Engineering, 2018, 60, 00017.