НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ФІЗИКИ ГІРНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

НОВІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ СТАНОМ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ СПОСОБІВ КРІПЛЕННЯ ВИРОБОК

Хорольський А.О., к.т.н.
Виноградов Ю.О., к.т.н.

Дніпро - 2021

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Обумовлена:

- по-перше, ***процес розробки родовищ включає ряд вимог до процесу освоєння***, які полягають не тільки ***у виборі економічно переважного варіанту***, але і ***найбільш надійного з точки зору гірничої технології***, адже збереження стійкості гірничого масиву дозволяє зберегти стан масиву у непорушеному вигляді, ***що мінімізує порушення водоносних горизонтів;***
- по-друге, при вирішенні задач, які супроводжують розробку родовищ корисних копалин, а це і управління станом гірничого масиву, ***на ефективність процесу впливає ряд факторів, які мало пов'язані між собою та різні за своєю природою***; при цьому, комплексно врахувати усі фактори неможливо, тому ***необхідно запропонувати універсальний підхід;***
- по-третє, ***на стадії проєктування необхідно виконати ряд вимог, які полягають у виборі екологічно переважного процесу***; якщо розглядати задачу управління станом гірничого масиву, то екологічно переважна технологія передбачає зменшення кількості матеріалів на спорудження виробок, збереження перерізу виробок, що ***дозволить зменшити негативний вплив проведення підземних робіт на стан земної поверхні***.

Якщо розглядати процес розробки родовищ, то можна стверджувати, що це комплексна проблема, яка включає не тільки обґрунтування технології, але і економічний та екологічний аналіз запропонованого рішення.

МЕТА, ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи полягає у встановленні оптимально узгоджених параметрів процесу експлуатації родовищ корисних копалин на основі розробки способу зниження водоприпливу і підвищення стійкості гірничих виробок в складних гідрогеологічних умовах з урахуванням дослідження зміни стану корисної копалини від балансових запасів до кінцевої продукції.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- ***дослідити особливості відпрацювання родовищ корисних копалин***, що дозволить визначити наявні резерви підвищення ефективності;

- дослідити основні тенденції до вирішення проблем підвищення ефективності експлуатації родовищ корисних копалин, які включають ***аналіз технологічних схем, технологій, заходів та засобів отримання запропонованих рішень***;

- провести фундаментальні дослідження у галузі фізики гірничих процесів, щодо ***моделювання геомеханічних процесів у масивах гірських порід, моделювання водопроявів у виробки на основі врахування гідрогеологічних параметрів***;

- ***розробити математичну модель фільтраційної взаємодії виробки і водоносних порід*** з урахуванням напружено-деформованого стану приконтурних порід;

- ***встановити закономірності зміни параметрів фільтрації води в гірничу виробку*** в залежності від гідрогеологічних умов її проведення і способу кріплення.

-виконати ***дослідження впливу водостійкості вміщуючих порід на стійкість виробки*** з рамним і анкерним кріпленням.

-***розробити спосіб зниження водоприпливу в гірничу виробку*** з застосуванням анкерного кріплення і виконати його апробацію в шахтних умовах.

- ***встановити зв'язок між гідрогеологічними чинниками та технологічними процесами***, які дозволяють мінімізувати негативний вплив водопритоків у виробки, визначити критерії доцільності застосування кріплення;

- ***запропонувати універсальний інструмент щодо врахування негативного впливу виробництва на довкілля***, що сприятиме урахуванню додаткових етапів ще на стадії проектування технології розробки;

- ***розробити комплексні рекомендації з визначення оптимальної технології відпрацювання родовищ корисних копалин*** та провести економічні розрахунки, щодо можливості застосування технологічних рішень.

Ідея роботи ***полягає в представленні процесу керування станом гірського масиву як складової зміни стану запасів корисної копалини від балансових до вилучених з надр з врахуванням гідрогеологічних чинників при побудові мережевої моделі, яка враховує технологічні процеси при спорудженні та експлуатації виробок.***

ФАКТОРИ ПРИ ВИБОРІ КРІПЛЕННЯ

Кінцева мета

Раціональний вибір кріплення

Фізичні параметри

Забезпечення стійкості гірничих виробок

- фільтрація води;
- зміна водоприпливу;
- розташування водоносного горизонту;
- проникність породного масиву;
- деформація виробленого простору.

Технологічні параметри

Зниження собівартості готової продукції

- доставка, зберігання матеріалів;
- організація монтажних робіт;
- узгодження роботи обладнання;
- зведення тимчасового кріплення;
- зведення постійного кріплення.

площа виробки → витрати на провітрювання;

підошва виробки → спорудження канавок

стійкість масиву → витрати матеріалу

водоприток у виробки → водовідлив

Створення наукових основ щодо проектування процесу спорудження виробок на основі оцінки і вибору параметрів розробки є <u>актуальною науковою задачею</u>.

Пошук інструментів дослідження геомеханічних параметрів масиву, а також вибір критеріїв формують ***наукову новизну та практичне значення роботи***.

Схема дослідження

Забезпечення стійкості виробленого простору → Визначення критерію ефективності

Дослідження зміни геомеханічних параметрів у залежності від типу кріплення → Формалізація етапів спорудження виробок → Урахування ризиків пов'язаних з водоприпливами → Застосування ресурсозберігаючого способу кріплення виробок

Створення моделей → Розробка нового способу боротьби з водопритоками

Створення «банку проектних рішень»

Програмна реалізація → Економічна оцінка

Методи прийняття рішень

Клас моделей	Група методів	Назва	Дослідники
інформаційні	MAI	AHP	Kursunoglu N., Onder M.
		PROMETHEE	Bogdanovic D., Nikolic D., Ilic I.
		ELECTRE	Iphar M., Alpay S.
		VIKOR	Hayati M.
		Grey-AHP	Huang, W, Cai, S.
		Fuzzy-AHP	Naghadehi, M. Z., Mikaeil, R.
		WPM	Balusa B. C., Singam J.
	дослідження операцій	прийняття рішень в умовах невизначеності	Krzak M.
		дерева прийняття рішень	Lee S., Park I.
		графи	Hrinov V., Khorolskyi A.
оптимізаційні	математичне програмування:	лінійне	Kulshreshtha M., Parikh J. K.
		квадратичне	Li P.
		цілочисельне	Bakhtavar E.
		геометричне	Erdogan, G.
		стохастичне	Dimitrakopoulos R., Ramazan S.
		динамічне	Beaulieu M., Gamache M., Гринев В.Г.
	детерміновані моделі	управління запасами	Mamaikin O.
		кореляційні моделі	Fomichov V.
		мережеві моделі	Гринев В.Г., Brazil M.
	ймовірнісні моделі	теорія ігор	Liu Q., Гринев В.Г.
		теорія надійності	Musingwini C.
		імітаційне моделювання	Vladyko O.

за цільовою функцією

Незалежно від методу прийняття рішення необхідно обрати інструмент, який дозволить утримати уявлення про стратегію управління станом гірського масиву

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ГЕОМЕХАНІЧНИМИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ЧИННИКАМИ СПОРУДЖЕННЯ ВИРОБОК

Зв'язок між гідрогеологічними чинниками та технологією спорудження виробок

Негативний вплив підземних вод	Гідрогеологічний чинник	Технологічний чинник та ризик виробництва
Зниження продуктивності прохідницького обладнання	Питомий водоприток	Зниження продуктивності прохідницького обладнання
	Ступінь обводнення порід та водопроникність	Збільшення строків будівництва та витрат
	Напір підземних вод, потужність водоносного прошарку, водопроникність	Затоплення виробок, додаткові витрати на водовідлив
Зменшення стійкості гірничих виробок	Фільтрація, ступінь водонасичення	Додаткові витрати на кріплення виробок, заходи із боротьби з пученням підошви виробок
Зменшення безпеки праці	Водоприток, водопроникність, фільтрація	Руйнування тимчасового або постійного кріплення
Погіршення роботи транспортного обладнання	Водонасичення	Ускладнення транспорту гірничої маси виробками, збільшення термінів будівництва

Встановлення зв'язку між гідрогеологічними чинниками та параметрами які визначають загальну ефективність процесу

Складова витрат у загальній вартості	Етап спорудження та експлуатації	Ризики пов'язані з водопритоками
Матеріали з, яких буде виготовлено кріплення	Початковий етап	Відсутні
Транспортні та складські витрати	Навантаження, транспорт та розвантаження кріплення	Присутні. Необхідно враховувати водопроникність
Інструменти, часові витрати	Підготовчі етапи (буріння отворів під анкери та ін.). Транспортування гірничої маси	Присутні. Слід мати уявлення про товщину водоносних прошарків масиву
Матеріали, трудомісткість	Спорудження тимчасового кріплення	Присутні. Необхідно аналізувати фільтрацію
Витрати на обслуговування, трудомісткість	Спорудження постійного кріплення та подальша експлуатація	Присутні. Аналізується водоприток у виробки

Уявлення про параметри масиву дозволяє передбачити заходи із підвищення стійкості гірничих виробок та врахувати ризики на стадії проектування. *При цьому, загальна ефективність кріплення визначається не тільки надійністю засобів підтримання виробленого простору, але і його вартістю.* ***Застосування декомпозиційного підходу дозволяє вирішити проблему, яку, на перший погляд, неможливо вирішити, для цього необхідно враховувати ризики та визначити керуючі параметри, які будуть оптимізовані.***

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ВИРОБКИ І ВОДОНОСНИХ ПОРІД В СТАЦІОНАРНІЙ ТА НЕСТАЦІОНАРНІЙ ПОСТАНОВКАХ

Блок-схема розв'язання задачі у стаціонарній постановці

Стаціонарну постановку задачі при моделюванні фільтраційної взаємодії виробки і водоносних порід слід застосовувати, коли параметри в розрахунках не зміняться в часі, або змінюються настільки мінімально, що ними можна знехтувати.

Блок-схема розв'язання задачі у нестаціонарній постановці

Для ***аналізу напружено-деформованого стану породного масиву в роботі використовуються геомеханічні параметри***, що характеризують різнокомпонентність поля напружень і розвантаження масиву від гірського тиску:

$$Q^* = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\gamma H};$$

$$P^* = \frac{\sigma_3}{\gamma H},$$

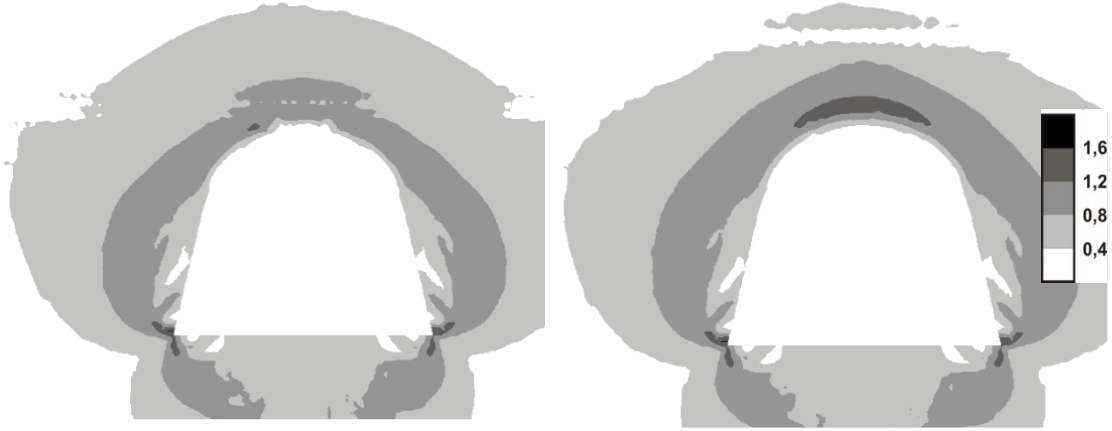
де γ – усереднена вага розташованих вище гірських порід, Н/м^3;
H – глибина проведення виробки.

В результаті проведених для перерахованих вище гірничо-геологічних умов розрахунків і за умови використання рамного кріплення ***були отримані розподіли полів напружень, значення геомеханічних параметрів і зони непружних деформацій***, що ***дозволило обґрунтувати доцільність використання кріплення різної конструкції***

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ КРІПЛЕННЯ ГІРНИЧОЇ ВИРОБКИ НА ЗМІНУ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ТА ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИКОНТУРНОГО МАСИВУ

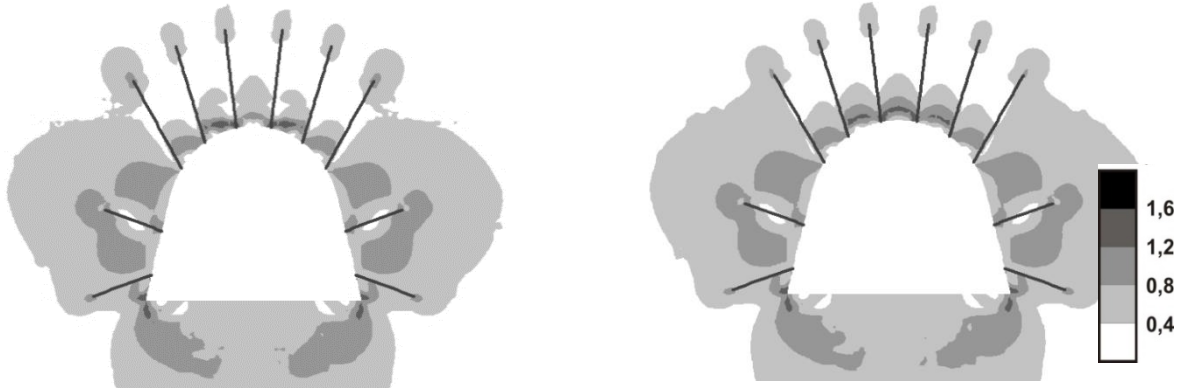
Значення параметра Q, що характеризує різнокомпонентність поля напружень, виробки з рамним кріпленням: а – l = 0,15 м; б – l = 1,35 м*

а) б)



Значення параметра Q, що характеризує різнокомпонентність поля напружень, виробки з анкерним кріпленням: а – l = 0,15 м; б – l = 1,35 м*

а) б)

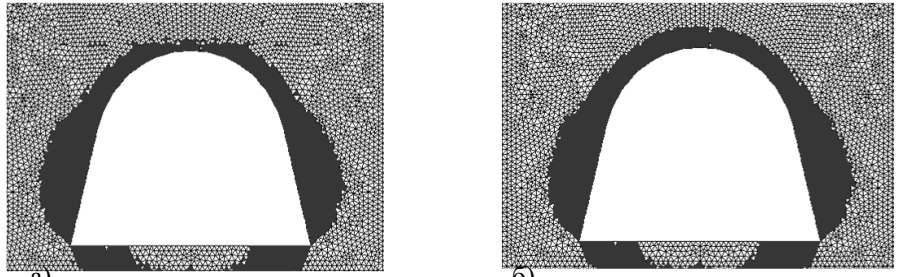


Анкерне кріплення стримує розвиток тріщинуватості, зберігає вміщуючі породи в природному, монолітному стані, підвищує стійкість гірничої виробки.

Області непружних деформацій, виробки з рамним (I), анкерним (II) кріпленням: а – l = 0,15 м; б – l = 1,35 м

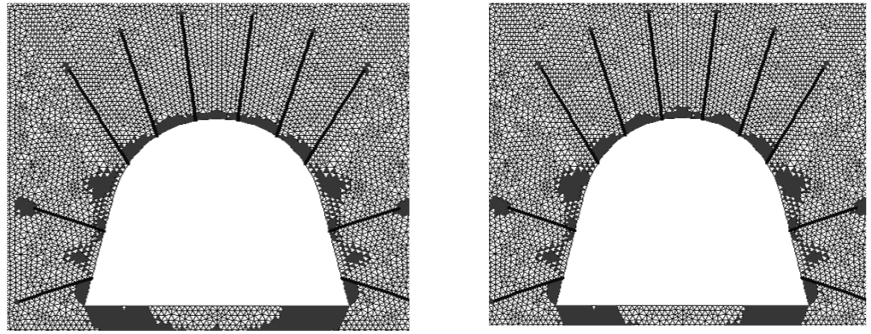
а) б)

I



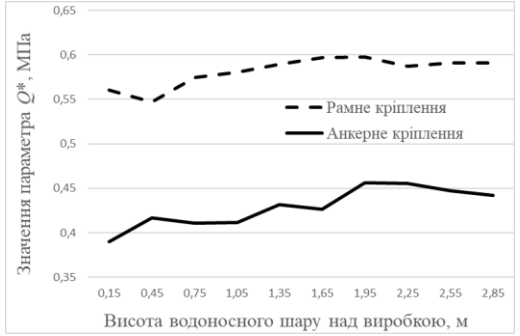
а) б)

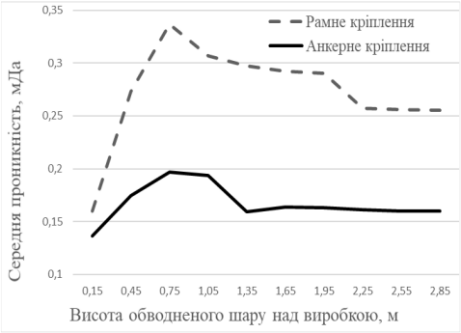
II



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

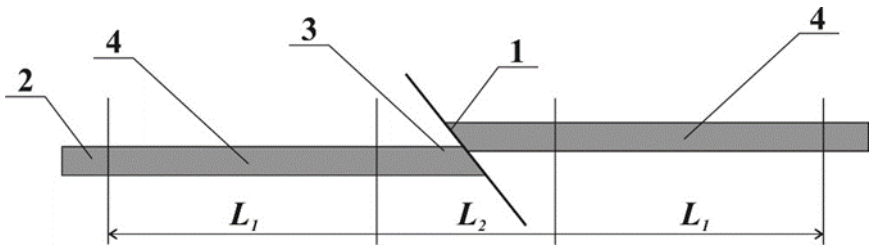
а) б)





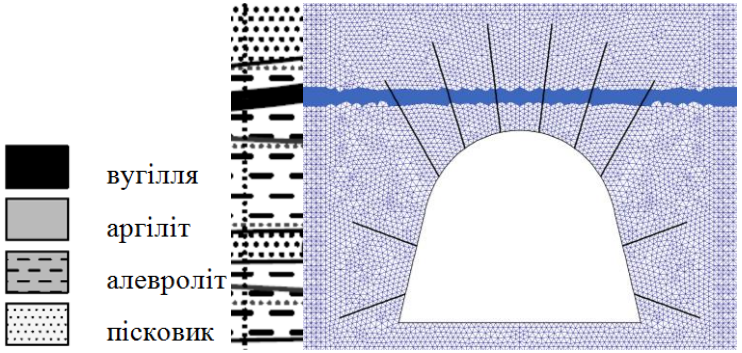
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИДУ КРІПЛЕННЯ НА ВОДОПРИПЛИВ В ГІРНИЧУ ВИРОБКУ В СКЛАДНИХ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ ПЕРЕХОДУ ТЕКТОНІЧНОГО ПОРУШЕННЯ

Приклад ділянки з тектонічним порушенням



1 - тектонічне порушення; 2 - породний шар; 3 - ділянка тектонічного порушення; 4 - ділянка впливу тектонічного порушення; L_1 - довжина ділянки впливу тектонічного порушення, L_2 - довжина ділянки тектонічного порушення.

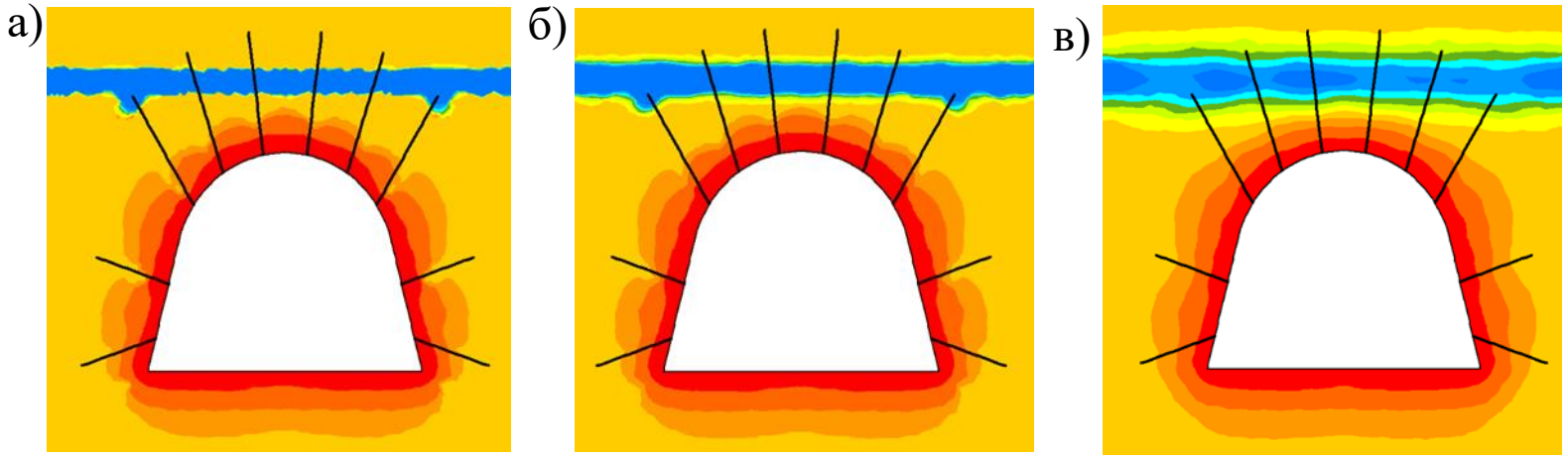
Центральний фрагмент скінченно-елементної сітки



В результаті проведеного дослідження отримано важливий науковий результат, згідно якого застосування анкерного кріплення на 25-30% знижує значення різнокомпонентності і на 25–35% – проникності в покрівлі гірничої виробки.

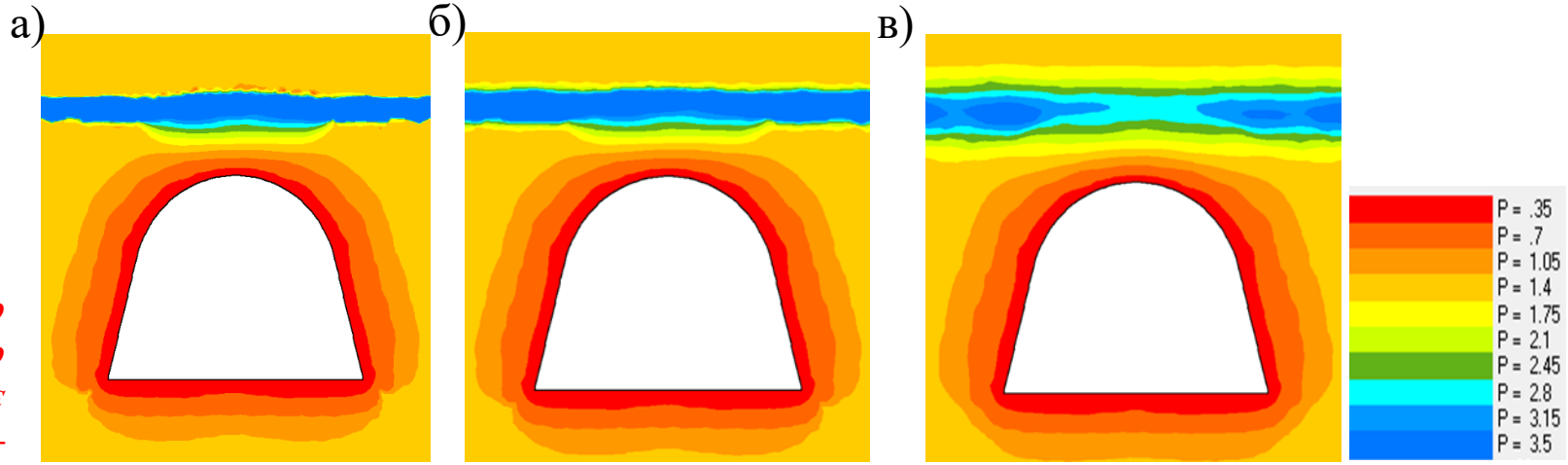
Розподіл значень тиску води у залежності від проникності k_{tect}, виробка з анкерним кріпленням

а) k_{tect} = 0; б) k_{tect} = 0,01; в) k_{tect} = 0,1.



Розподіл значень тиску води у залежності від проникності k_{tect}, виробка з рамним кріпленням

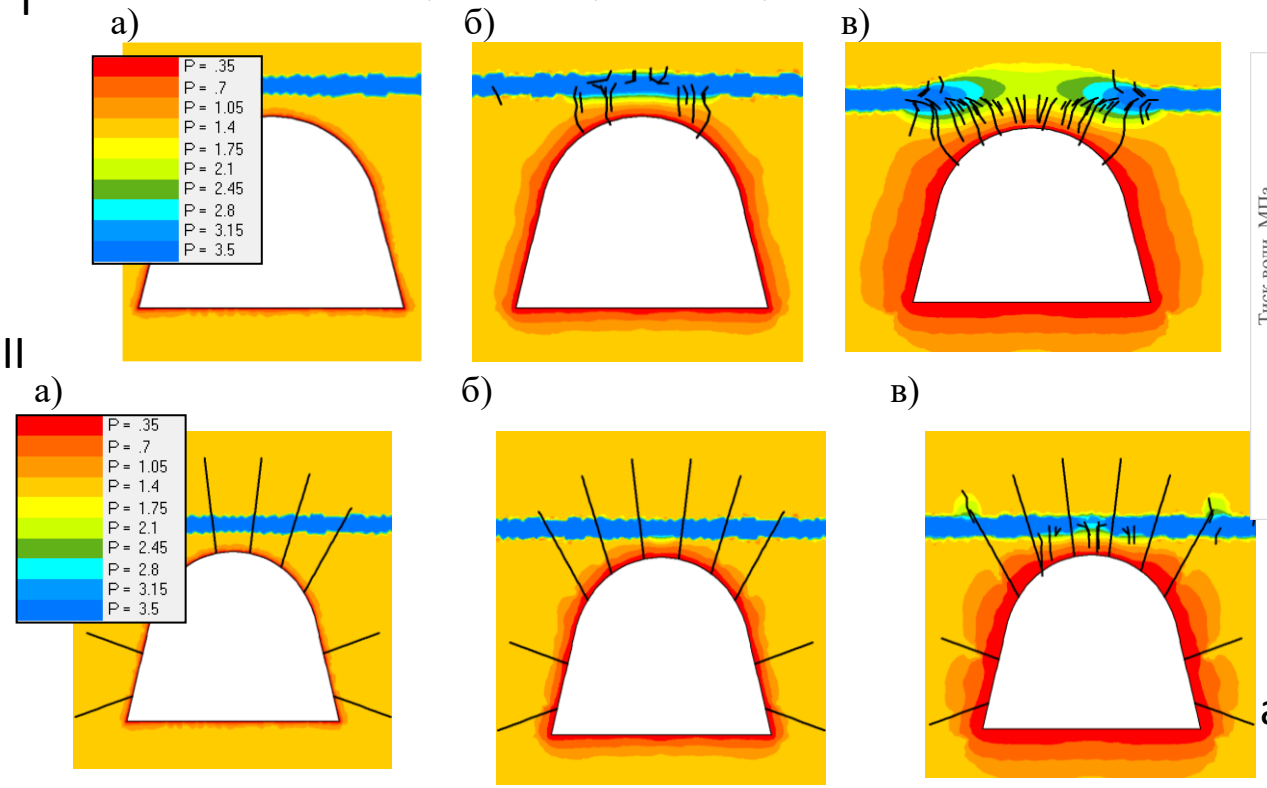
а) k_{tect} = 0; б) k_{tect} = 0,01; в) k_{tect} = 0,1.



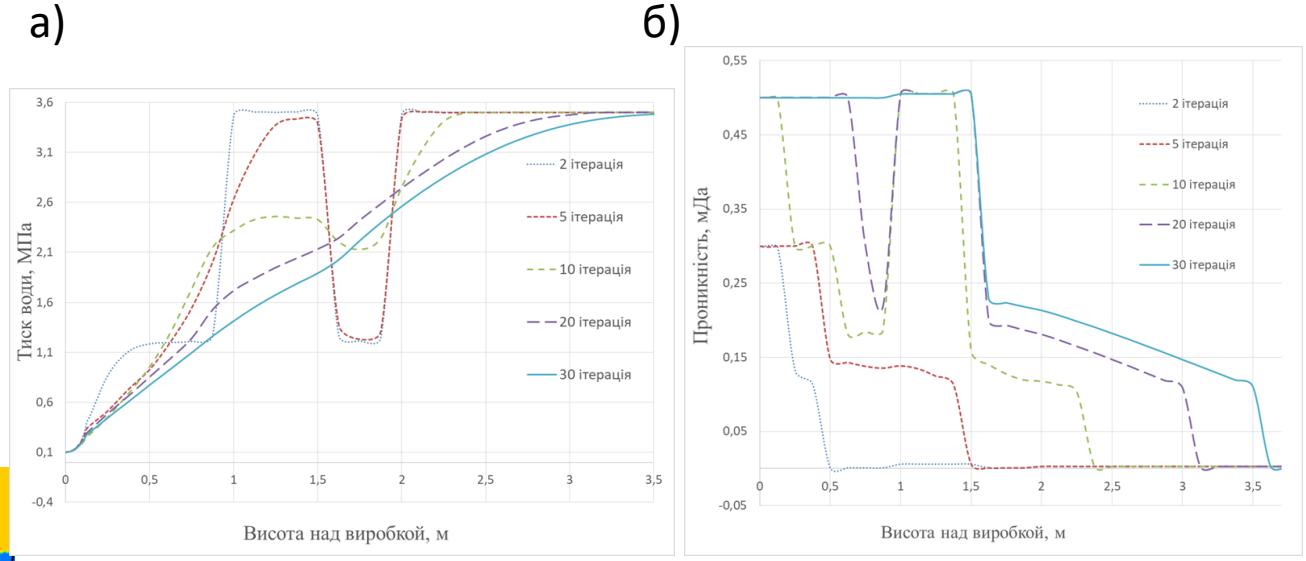
ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІРСЬКОГО МАСИВУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕХНОЛОГІЇ КРІПЛЕННЯ

Розподіл значень тиску води і напрямки руху фільтраційних потоків, виробка з рамним (I), анкерним (II) кріпленням (і – часова ітерація)

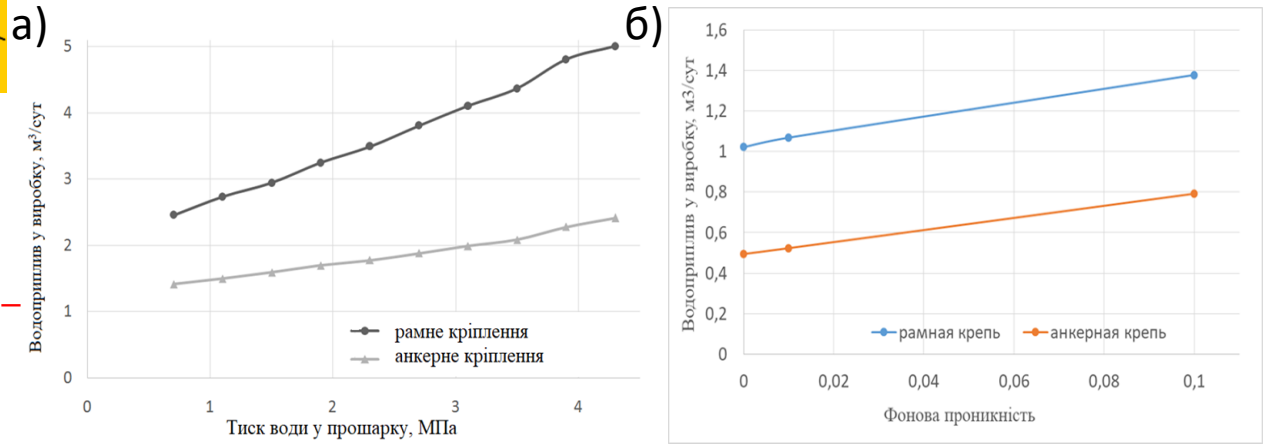
а) $i = 1$; б) $i = 5$; в) $i = 30$



Зміна величини тиску а) та проникності б) в виробку в часі



Зміна величини водопритоку а) та проникності б) в виробку в залежності від тиску води в підробленому прошарку, при рамному і анкерному кріпленні

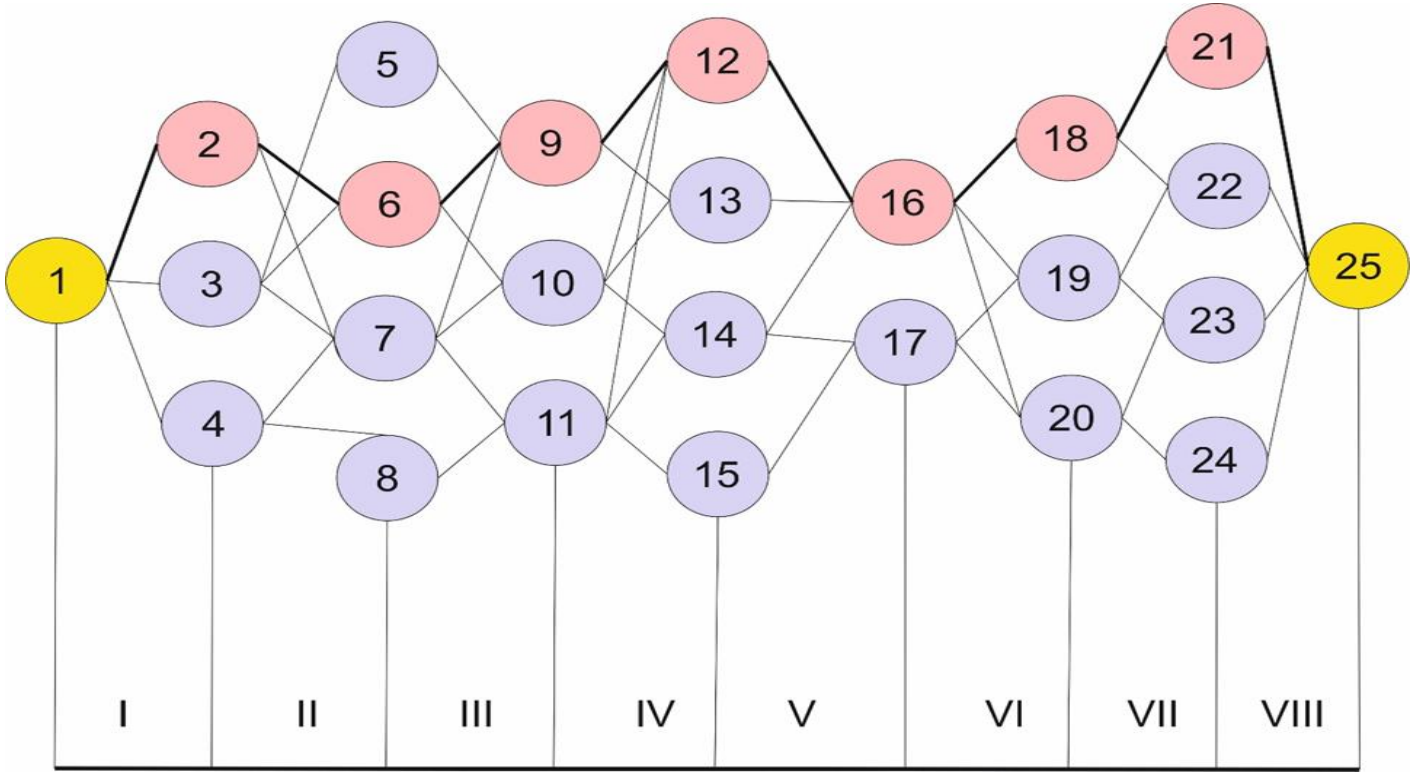


В водонестійких породах водопритік в виробку з рамним кріпленням збільшується на 66%, в виробках з анкерним кріпленням – на 20%. Використання анкерного кріплення знижує водопритік в виробку, розташовану в водостійких породах, в 2,5 рази, в водонестійких породах – в 3,4 рази.

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДНИХ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ ПРОЦЕСІВ СПОРУДЖЕННЯ ВИРОБОК

Схема прийняття рішень

Універсальна мережева модель спорудження виробки



За вершини приймаються варіанти технології, а за відстань між вершинами значення оптимізаційного параметру

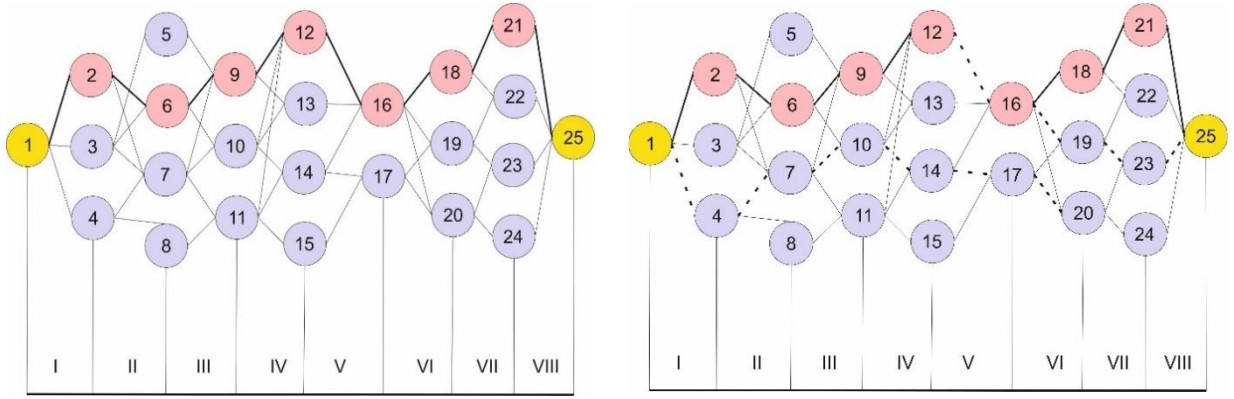
Тоді ***задача знаходження оптимального рішення зводитися до пошуку найкоротшого маршруту*** від вершини 1 (початок) до кінцевої вершини (в нашому випадку 25).

Знаходження найкоротшої відстані від початкової до кінцевої вершини, ***буде відповідати оптимальному вирішенню***.

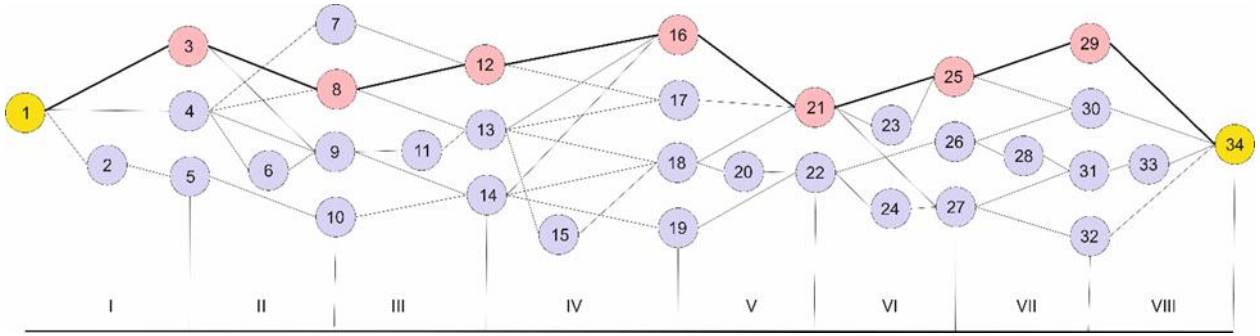
ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДНИХ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ ПРОЦЕСІВ СПОРУДЖЕННЯ ВИРОБОК В СКЛАДНИХ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Мережева модель для оптимізації параметрів спорудження виробок: а) базова модель; б) з поправкою на складні гідрогеологічні умови

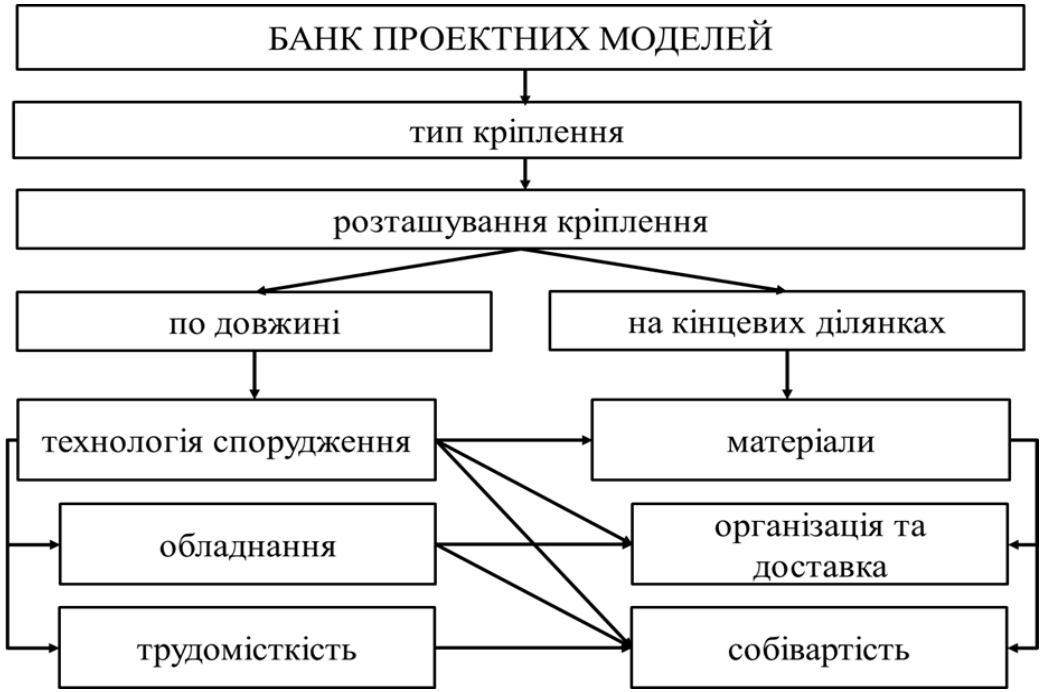
а) б)



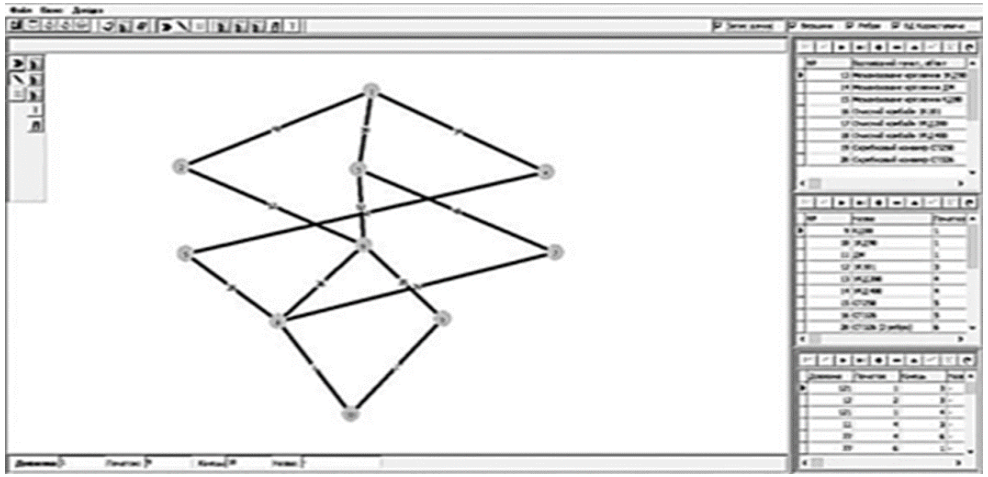
Мережева модель для оптимізації параметрів спорудження виробок в складних гідрогеологічних умовах



Банк проектних рішень

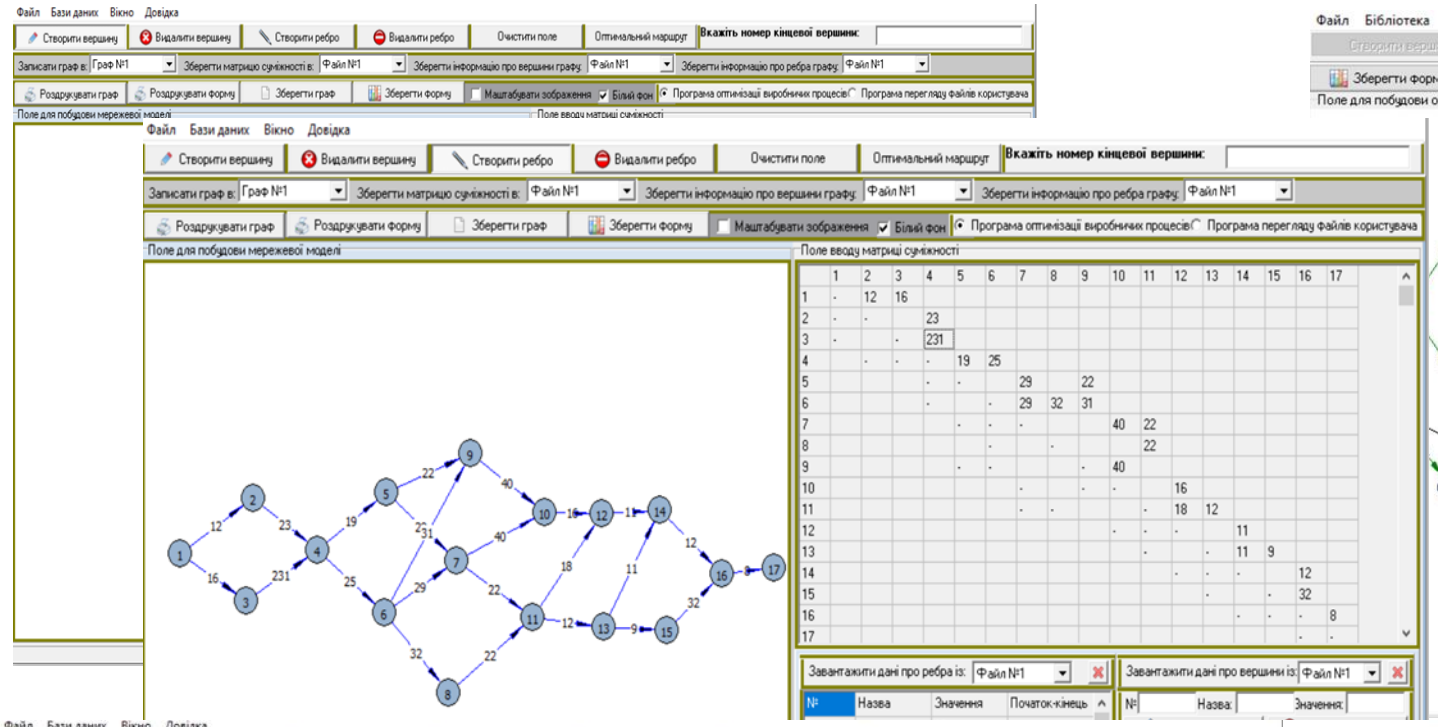


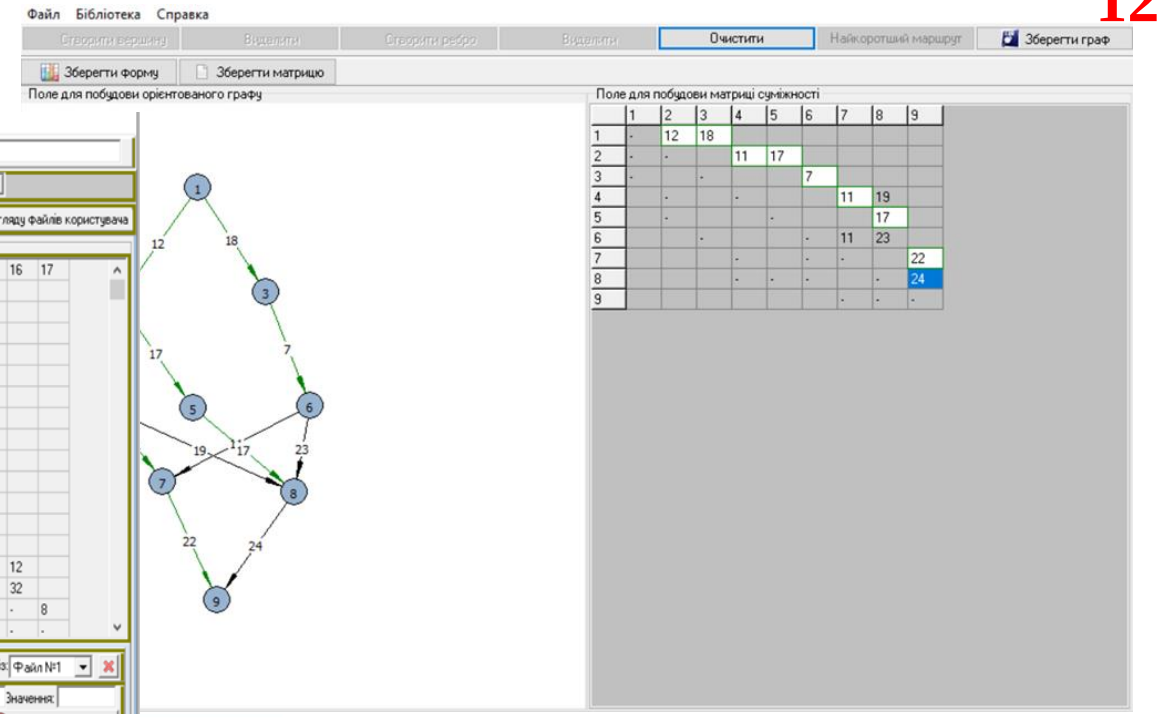
Програмна реалізація

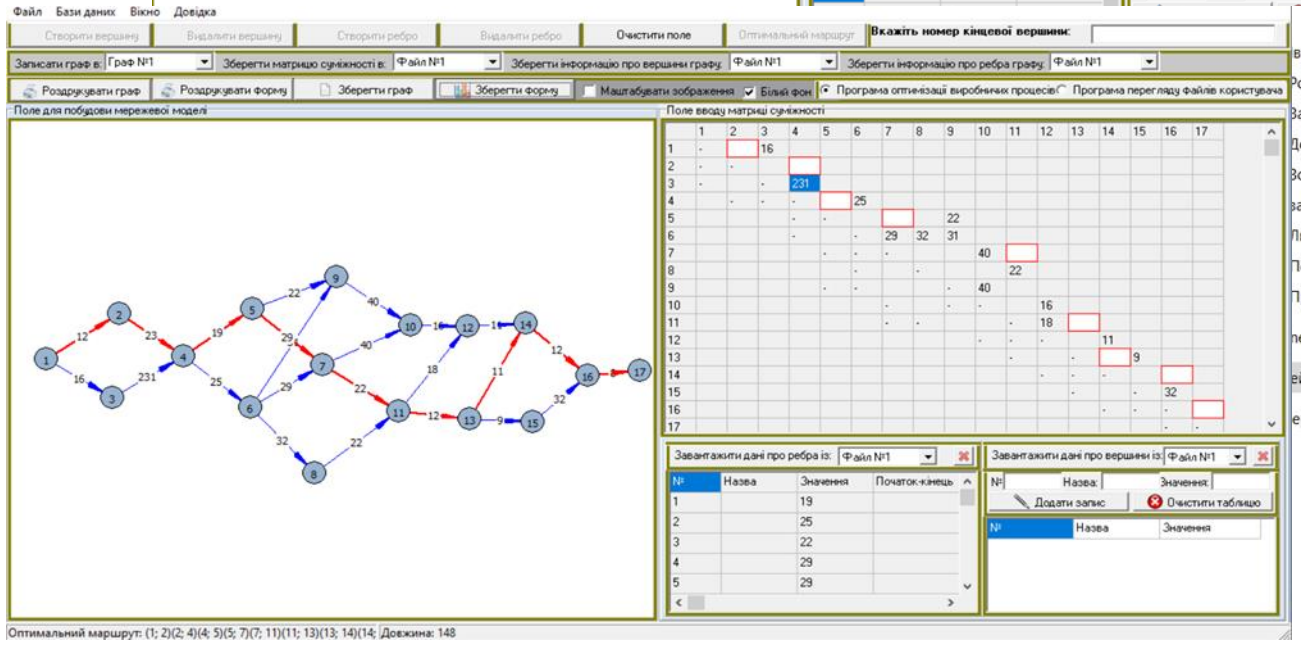


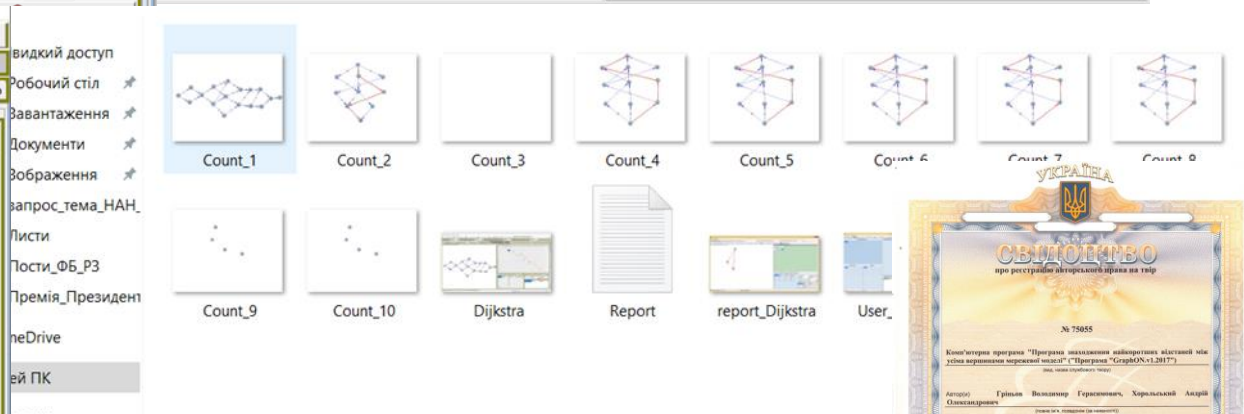
***<u>Облік поправок може бути застосований для експрес-аналізу і при обмежених ресурсах</u>**, однак більш точно процес проектування, можна провести ввівши в базову модель додаткові етапи на боротьбу з негативним впливом чинників: зміцнення масиву, спорудження водовідливних канавок та інше.*

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ





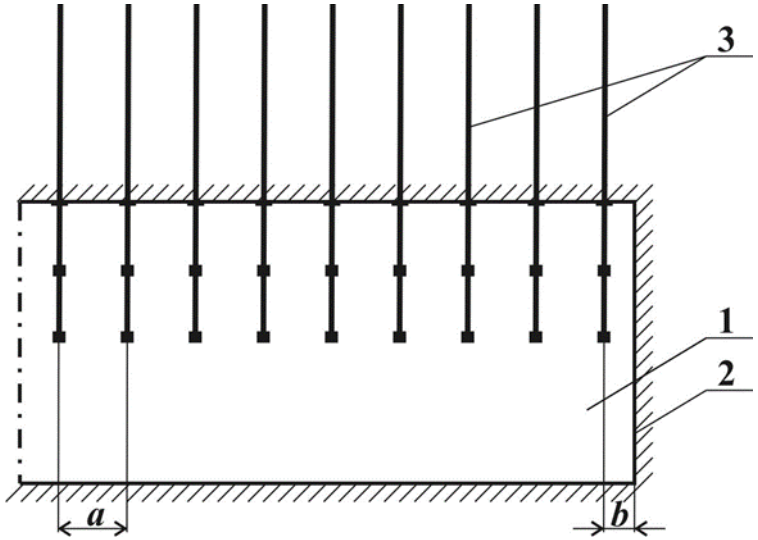




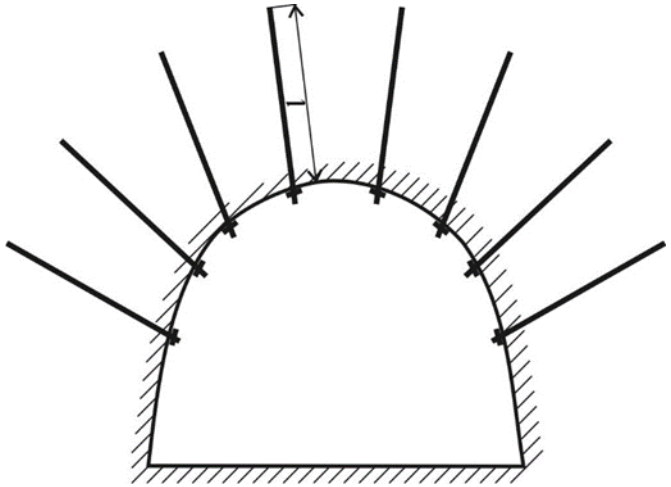
Застосування комп'ютерних технологій робить можливим впровадження запропонованих рекомендацій у процес проєктування.

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ, ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ВИРОБОК

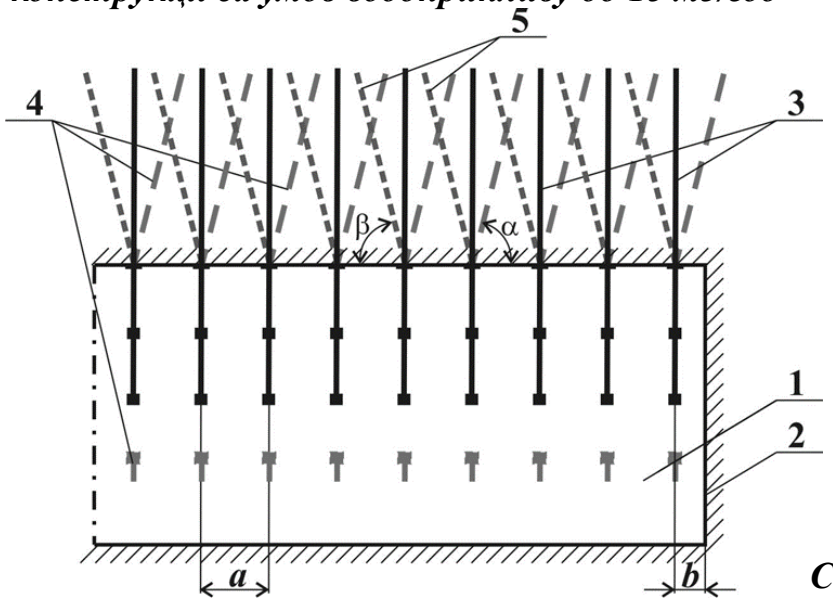
Приклад поздовжнього розрізу виробки при застосуванні простої анкерно-породної конструкції за умов водоприпливу до 5 м3/год



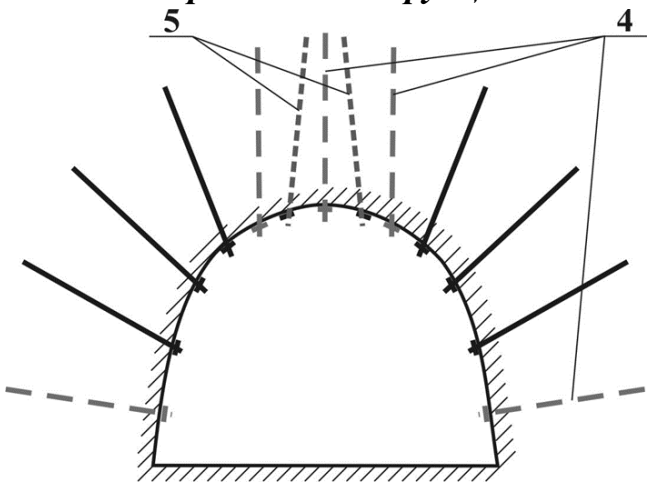
Поперечний розріз виробки при застосуванні простої анкерно-породної конструкції



Приклад поздовжнього розрізу виробки при застосуванні простої анкерно-породної конструкції за умов водоприпливу до 15 м3/год



Поперечний розріз виробки при застосуванні простої анкерно-породної конструкції

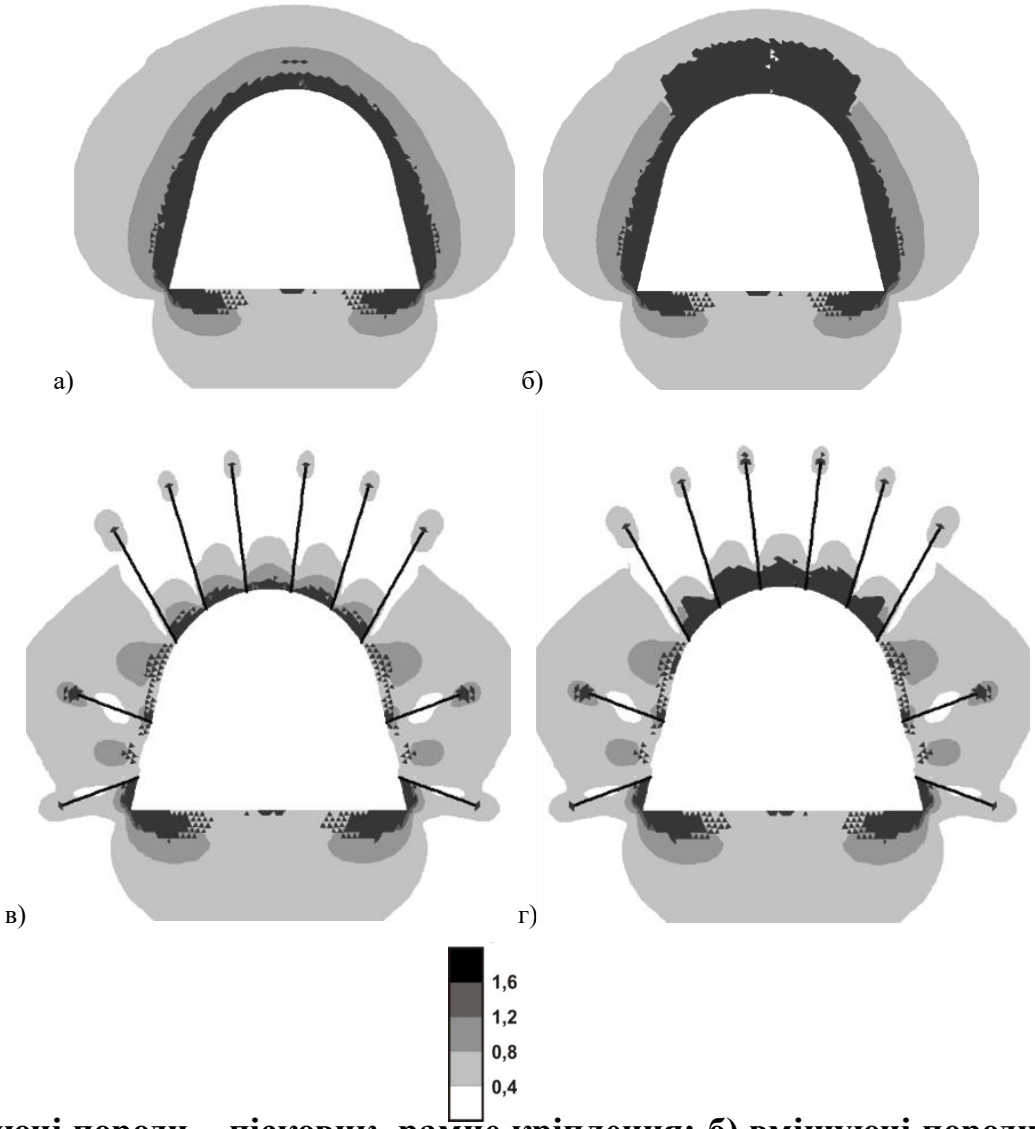


Відсутність водопроявів у відкотному квершлагу шахти «Самарська» в зоні переходу Високоамплітудного геологічного порушення Богданівський скид

Стан приконтурних порід в відкотному квершлагу шахти «Самарська» в зоні переходу високоамплітудного геологічного порушення Богданівський скид

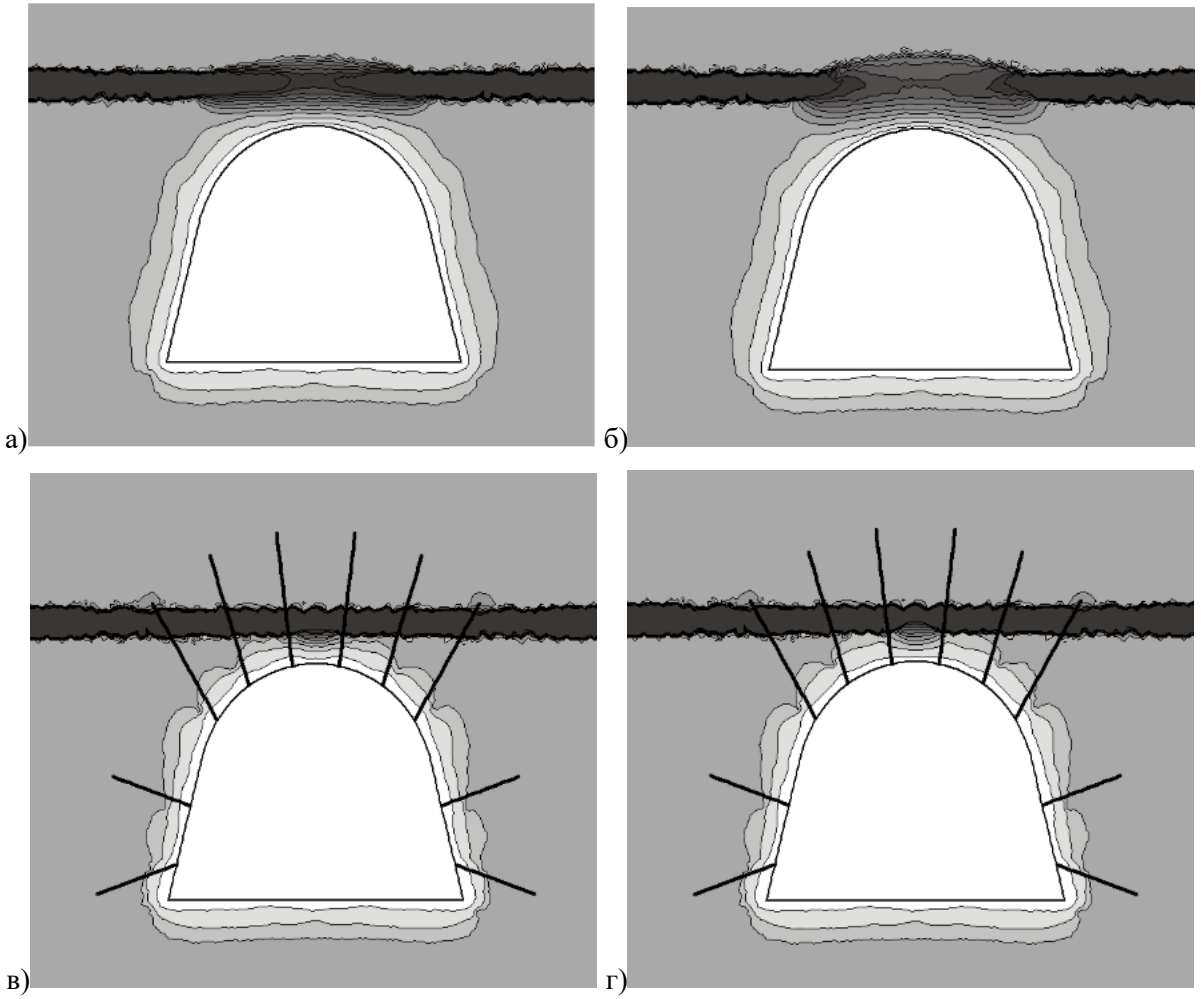
РОЗРОБКА СПОСОБУ ЗНИЖЕННЯ ВОДОПРИПЛИВУ В ГІРНИЧУ ВИРОБКУ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВОДОСТІЙКОСТІ ВМІЩУЮЧИХ ПОРІД

Розподіл значень параметра Q* і зони непружних деформацій



а) вміщуючі породи – пісковик, рамне кріплення; б) вміщуючі породи – аргіліт, рамне кріплення; в) вміщуючі породи – пісковик, анкерне кріплення; г) вміщуючі породи – аргіліт, анкерне кріплення

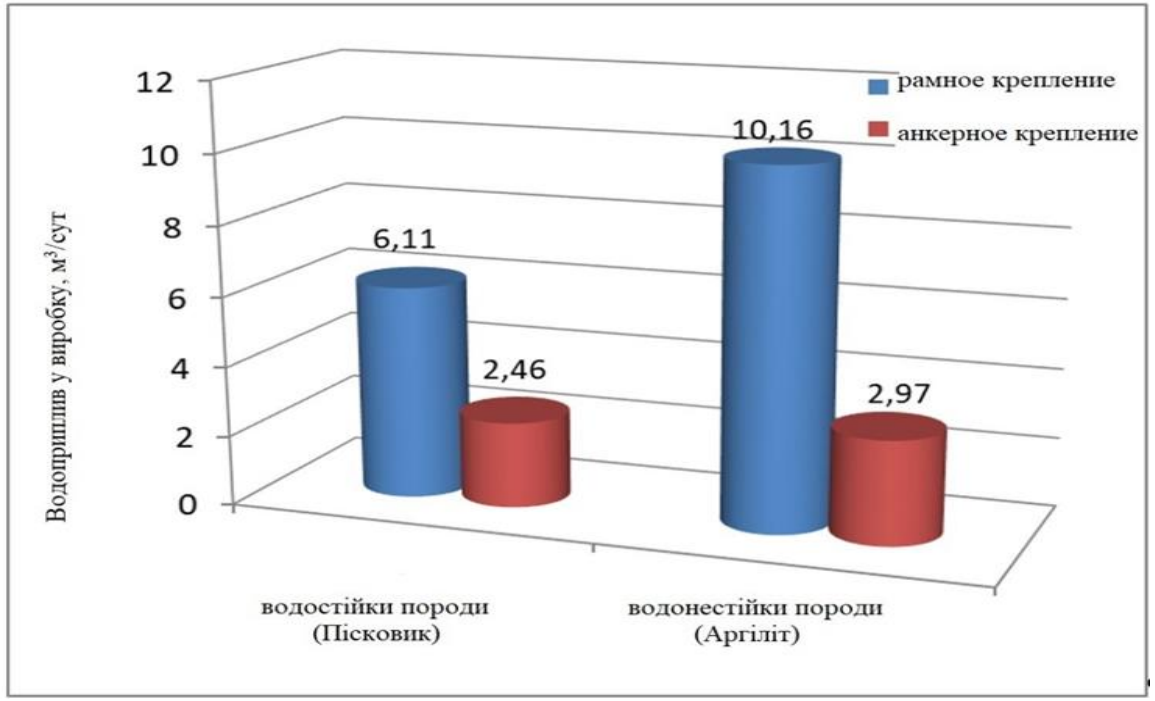
Тиск води при рамному і анкерному кріпленні



а) вміщуючі породи – пісковик, рамне кріплення;
б) вміщуючі породи – аргіліт, рамне кріплення;
в) вміщуючі породи – пісковик, анкерне кріплення;
г) вміщуючі породи – аргіліт, анкерне кріплення.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО РІШЕННЯ

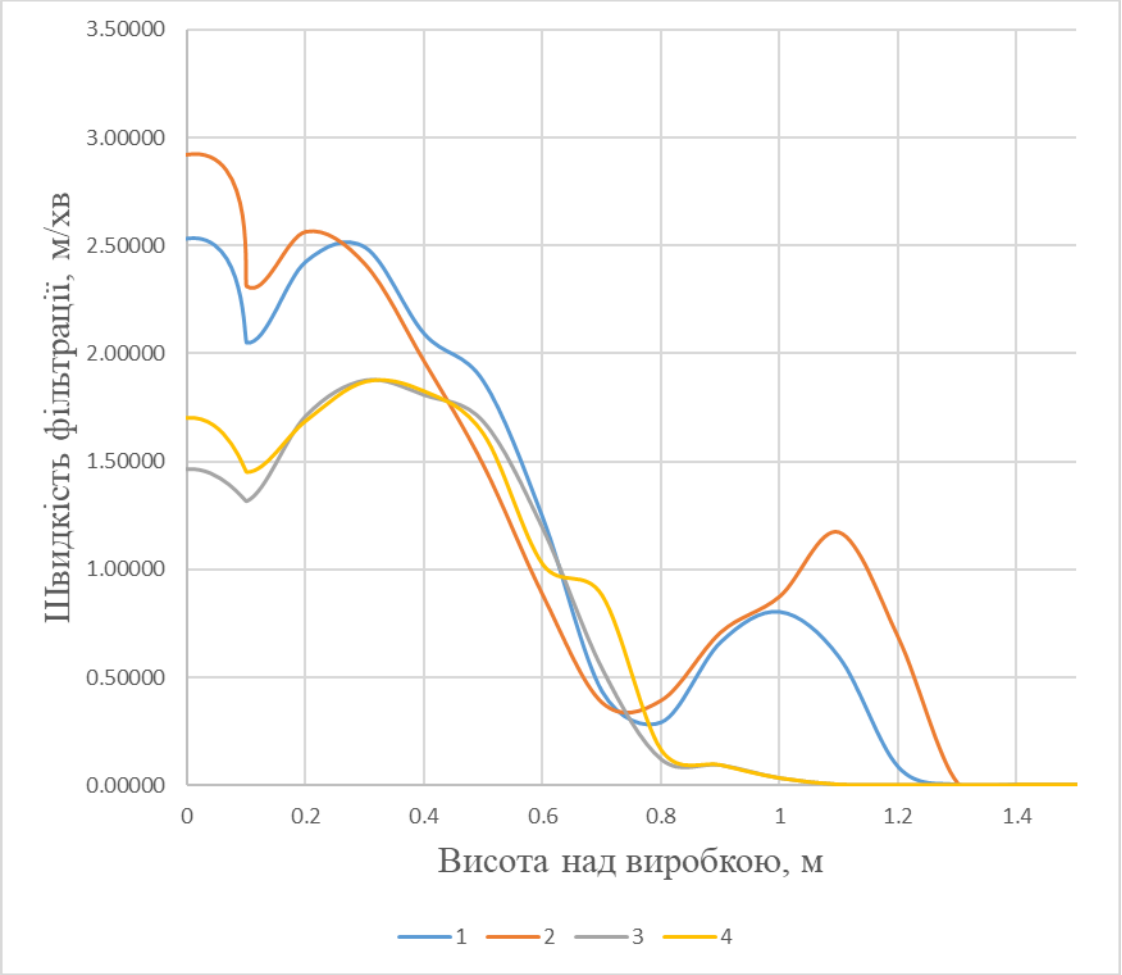
Водоприплив в виробку в породах з різною водостійкістю



Можна зробити висновок, що ***водостійкість і розмокання порід має істотний вплив на стійкість виробок***. Тому в розрахунках водоприпливу в гірничі виробки потрібно враховувати ці параметри. При водонестійких приконтурних породах, таких як аргіліти, слід використовувати анкерне кріплення. ***Анкерне кріплення зберігає приконтурні породи в природному монолітному стані, дозволяючи скоротити водоприплив в даному випадку в 3,5 рази.***

Комплексне дослідження зміни водостійкості дозволило ***перейти до розробки способу зниження водоприпливу*** із застосуванням анкерного кріплення.

Зміна швидкості фільтрації води



а) вміщуючі породи – пісковик, рамне кріплення;
б) вміщуючі породи – аргіліт, рамне кріплення;
в) вміщуючі породи – пісковик, анкерне кріплення;
г) вміщуючі породи – аргіліт, анкерне кріплення.

ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Розрахунок економічного ефекту від підвищення продуктивності видобувної дільниці E за рахунок прогнозування та виконання заходів щодо усунення негативних наслідків виконаний за такою методикою

$$E=V_{доп}\cdot C\cdot K,$$

де $V_{доп}$ – обсяг додаткового видобутку вугілля, т;

C – економічний ефект від продажу 1 тони реалізованої продукції, грн/т;

K – коефіцієнт переведення в реалізовану продукцію, що дорівнює

$$K=V_p/V_{д},$$

де $V_р$ – обсяг реалізованого вугілля, тис. т;

$V_д$,– обсяг видобутого вугілля, тис. т, визначиться за формулою

$$V_д=Q\cdot N$$

де Q – додаткове навантаження на вибій в результаті прогнозування та застосування заходів щодо усунення негативних наслідків проявів гірського тиску, т/добу.

N – кількість вибої-днів у розрахунковому періоді.

$$C=C_П–C_{ПР}$$

де $C_П$ - вартість продажу 1 т реалізованої продукції, грн;

$C_{ПР}$ – величина змінних витрат, грн.

$$V_д= 117 \cdot 379 = 44343 \text{ т.}$$

K – коефіцієнт переведення в реалізовану продукцію

$$K= 1156 / 1204.52 = 0,9597$$

де $C_П$ = 1019,59 грн/т – вартість 1 тони реалізованої продукції;

$C_{ПР}$ = 109,75 грн/т – змінні витрати на 1 тонну реалізованої продукції.

Таким чином сумарний економічний ефект складе

$$E= 44343 \cdot (1019,59-109,75) \cdot 0,9597 = 38,72 \text{ млн грн}$$

Таким чином, економічний ефект від застосування прийнятих технологічних рішень, а також економії матеріалів складе від 9 до 12 млн грн (у залежності від методики розрахунків) на один штрек.

Техніко-економічні показники проекту

Найменування показників	Одиниця вимір.	Величина показників		Відхилення значень від проектних	
		проект	факт	±	%
Потужність шахти	тис. т	1127	1027	100	9,74
Кількість очисних вибоїв	лава	4	4	0	0,00
Навантаження на лаву	т/доб.	1140	760	380	50,00
Число робочих днів	доб.	300	300	0	0,00
Число робочих змін	змін	4	4	0	0,00
Число змін з видобутку	змін	3	3	0	0,00
Вартість основних фондів	млн. у.о.	441531	429561	11970	2,79
Списочний штат: Працівників з видобутку Робітників на очисних роботах Працівників на шахті	 чол. чол. чол.	 2030 334 2276	 2019 323 2265	 11 11 11	 0,54 3,41 0,49
Змінна продуктивність праці: Робітника на очисних роботах Робітника з видобутку вугілля	 т/міс т/міс	 4,36 0,72	 4,11 0,66	 0,25 0,06	 6,08 9,09
Річна продуктивність праці: Працівника з видобутку Працівника по шахті	 т/рік т/рік	 555,17 495,17	 508,67 453,42	 46,5 41,75	 9,14 9,21
Валові витрати	тис. у.о./рік	201009	191692	9317	4,86
Амортизаційні відрахування	тис. у.о./рік	51031	45854	5177	11,29
Валовий дохід	тис. у.о./рік	265972	242372	23600	9,74
Собівартість вугілля	у.о./т	536	536	0	0,00
Скорегований прибуток (збиток)	тис. у.о./рік	13933	4827	9106	188,65
Чистий прибуток (збиток)	тис. у.о./рік	10450	3620	6830	188,67
Загальна рентабельність виробництва	%	2,94	1,04	1,9	182,69
Розрахункова рентабельність виробництва	%	2,20	0,78	1,42	182,05
Річний економічний ефект по проекту	тис.	9430			

НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ

- ***отримано нові математичні моделі усталеної і несталої фільтрації води*** в гірничу виробку при підробці обводнених порід з урахуванням зміни проникності приконтурних порід в залежності від їх напружено-деформованого стану, що дозволило розвинути уявлення про процеси фільтрації води у виробку у напрямку дослідження анкерного кріплення як засобу боротьби з водоприпливами;
- ***вперше*** а результаті розв'язання задачі про підробку водоносного прошарку виробкою з рамним і анкерним кріпленням ***отримані значення поля напружень, зони непружних деформацій, значення коефіцієнтів проникності, тиску води, швидкостей її фільтрації і витрат в кожній точці досліджуваної області в різні моменти часу***, для різних значень пластового тиску води і висоти розташування водоносного шару;
- в результаті рішення задачі про підробіток водоносного вугільного прошарку ***отримані значення напружень, зони непружних деформацій, значення коефіцієнтів проникності, тиску води на різних часових ітераціях, показані і проаналізовані зміни фільтраційних і геомеханічних параметрів навколо виробки в плині часу для анкерного та рамного-анкерного типів кріплення***, що дозволило описати механізм активізації процесів деформування, руйнування приконтурних порід, які з часом захоплюють близькорозташовані водоносні шари, з яких починається перетікання води у виробку;
- вперше на основі дослідження фільтрації води у виробки встановлено, що водоприплив із зони перетину обводненого породного прошарку і порушеної області навколо гірничої виробки параболічно знижується зі збільшенням висоти розташування водоносного прошарку над виробкою і лінійно зростає зі збільшенням пластового тиску води, причому використання анкерного кріплення в обох випадках призводить до ***зменшення інтенсивності фільтраційного руху в 1,5-2,0 рази;***

НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ

- вперше на основі комплексного дослідження параметрів гірського масиву встановлено, що в водонестійких породах водоприплив в виробку з рамним кріпленням збільшується на 66%, в виробках з анкерним кріпленням – на 20%, таким чином ***використання анкерного кріплення знижує водоприплив в виробку, розташовану в водостійких породах, в 2,5 рази, в водонестійких породах – в 3,4 рази.***
- було ***створено новітні підходи, щодо керування станом гірського масиву***, які дозволяють забезпечити стійкість масиву, а оптимізувати витрати при спорудженні виробок у складних гідрогеологічних умовах;
- ***встановлено зв'язок між гідрогеологічними чинниками та технологічними процесами***, які дозволяють мінімізувати негативний вплив водопритоків у виробки; визначено критерії доцільності застосування кріплення; запропоновано підхід, а також програмні засоби, що дозволило мінімізувати витрати на спорудження та експлуатацію виробок.
- ***вперше проблему забезпечення стійкості виробок у складних гідрогеологічних умовах було розглянуто, через вплив несприятливих гідрогеологічних умов на ризики виробництва***, при цьому враховувались різні характеристики порід (водоприток, ступінь обводнення порід, фільтрація, ступінь водонасичення);
- ***запропоновано новітні підходи щодо вирішення багатопараметричної задачі управління станом гірського масиву шляхом дослідження зміни стану запасів від балансових до вилучених з надр.***

Наукове значення роботи ***полягає встановленні закономірностей зміни геомеханічних параметрів гірського масиву у залежності від типу кріплення на основі дослідження зміни стану корисної копалини від балансових запасів до кінцевої продукції***, що ***дозволило обґрунтувати параметри процесу експлуатації родовищ корисних копалин на основі розробки способу зниження водоприпливу і підвищення стійкості гірничих виробок в складних гідрогеологічних умовах.***

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

- виконано верифікацію розробленої математичної моделі, що дозволило ***отримати уявлення про зміну геомеханічних параметрів у залежності від типу кріплення***, для цього порівняно розрахункові і фактичні водоприпливи в Східний магістральний відкотний штрек пласта С4 ш. ім. Сташкова ШУ "Дніпровське" ПрАТ "ДТЕК Павлоградвугілля" при різних способах його кріплення;
- ***розроблені математичні моделі фільтрації води в масиві гірських порід, що деформується***, підтверджені патентом на корисну модель «Спосіб дослідження стану обводненого гірського масиву навколо гірничої виробки» (патент UA 114572);
- ***розроблено спосіб зниження водопритоку з використанням анкерного кріплення***, за допомогою якого навколо виробки створюється непроникний породно-анкерний шар; розроблений спосіб був успішно застосований на шахтах «Самарська» ВСП ШУ «Тернівське» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» і ВСП «ШУ імені Героїв Космосу» при переході високоамплітудного порушення Богданівський скид, де повністю попереджено водоприплив в небезпечній зоні;
- ***розроблено «Методику розрахунку параметрів фільтрації води навколо гірничої виробки при підробці обводнених порід з урахуванням напружено-деформованого стану породного масиву»***, яка використовується для вибору типу кріплення виробки в складних гідрогеологічних умовах на шахтах «Степова» та «Ювілейна» ВСП «ШУ Першотравенське» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»;
- було ***розроблено підходи щодо оптимізації витрат при спорудженні виробок у складних гідрогеологічних умовах*** (отримано експрес-модель та уточнену модель), ідея полягає у врахуванні гідрогеологічних чинників при побудові мережевої моделі, яка враховує технологічні процеси при спорудженні та експлуатації виробок;
- ***запропоновано структуру банку проектних рішень, який включає ряд рівнів за типами кріплення, технологією спорудження виробок***, обладнанням, матеріалами, все це дозволить значно зменшити витрати на стадії зведення виробок у складних гідрогеологічних умовах, при цьому область застосування не обмежується гірничовидобувною галуззю.

ЗНАЧИМІСТЬ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ У ПОРІВНЯННІ З КРАЩИМИ ВІТЧИЗНЯНИМИ ТА СВІТОВИМИ АНАЛОГАМИ. МАСШТАБНІСТЬ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТИ

1. Запропонована ***робота створює новий підхід щодо прийняття рішень на стадії проектування***. ***Розроблено новітні підходи щодо вирішення багатопараметричної задачі управління станом гірського масиву*** шляхом дослідження зміни стану запасів від балансових до вилучених з надр. Встановлено, що на кожному етапі зведення кріплення є свій керуючий параметр, який може бути оптимізований, при цьому інші параметри знаходяться на більш низькому ієрархічному рівні – це і є ***декомпозиційний підхід***. Урахування впливу кожного етапу на загальну ефективність процесу та прийняття єдиного вірного рішення на кожній стадії технологічного процесу дозволяють прийняти оптимальне рішення.

Науково-прикладна новизна результатів підтверджується створенням нових технологічних рішень щодо боротьби з водоприпливами, до теперішнього часу анкерне кріплення не розглядалося як засіб зниження водоприпливів, тому в даній роботі обґрунтовано можливість використання анкерного кріплення для вирішення задачі зниження водоприпливу в гірничі виробки, які проводяться в складних гідрогеологічних умовах.

Масштабність реалізації роботи підтверджується розробкою «Методика розрахунку параметрів фільтрації води навколо гірничої виробки при підробці обводнених порід з урахуванням напружено-деформованого стану породного масиву», яка впроваджена на шахтах «Степова» та «Ювілейна» ВСП «ШУ Першотравенське» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». ***Розроблений спосіб зниження водоприпливу був успішно застосований*** на шахтах «Самарська» ВСП ШУ «Тернівське» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» при проведенні відкотного квершлагу пл. С10в і ПСП «ШУ імені Героїв Космосу» при проведенні відкотного квершлагу пл. С5 при переході високоамплітудного порушення Богданівський скид, де повністю попереджено водоприплив в зазначені виробки. Новітні методи вирішення багатопараметричних задач були представлені при розробці «Рекомендації з вибору області раціональної експлуатації очисного обладнання для конкретних умов», ***які прийняті до впровадження на шахті ДП ВК «Краснолиманська».***