

УДК 622.831.3

**С.Г. Негрій, А.В. Петренко, О.С. Негрій**

*ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м.Покровськ, Україна*

## **ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК**

*Наведено результати аналізу способів забезпечення стійкості підготовчих виробок на різних етапах їх експлуатації в умовах вугільних шахт. Обґрунтовано необхідність вдосконалення та розширення області застосування деяких з них, зокрема, анкерного кріплення, технологій охорони виробок штучними охоронними конструкціями з обмеженою піддатливістю та спеціальними конструктивними особливостями.*

**Ключові слова:** стійкість підготовчих виробок, спосіб охорони, засіб охорони, вантажонесуча здатність порід

На цей час є великий комплекс наукових досліджень проявів гірського тиску в умовах глибоких шахт, який дозволяє узагальнити основні особливості процесів деформування бічних порід навколо гірських виробок, проаналізувати існуючі способи підвищення їх стійкості та визначити основні напрямки подальших досліджень в умовах ускладнення гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах.

Ускладнення умов відпрацювання вугільних пластів, як правило, пояснюють збільшенням глибини ведення гірничих робіт. Але під терміном «збільшення глибини ведення робіт» мається на увазі не тільки зниження рівня виконання робіт щодо земної поверхні, але і зумовлені ним геомеханічні, тектонічні і газодинамічні явища.

В роботі [5] обґрунтовується величина «критичної глибини» ведення гірничих робіт  $H^*$ , при перевищенні якої умови можна відносити до великих глибин. Вираз за визначенням цієї величини має вигляд

$$H^* = \frac{2R_c k_c k_w}{\gamma} \left[ \frac{(1 + \varepsilon_v^{-0.4})^2 \ln(1 + \varepsilon_v^{-0.4})}{(1 + \varepsilon_v^{-0.4})^2 - 1} \right]^2,$$

де  $R_c$  – усереднена межа міцності порід на одновісний стиск;  $k_c$  – усереднений коефіцієнт структурно-механічного послаблення;  $k_w$  – усереднений

коефіцієнт обводненості гірських порід;  $\gamma$  – об’ємна вага гірських порід;  
 $\varepsilon_v$  – середня величина об’ємного розпушення гірських порід.

Наявність тектонічних порушень є ускладнюючим фактором, врахування якого необхідне при прогнозуванні стійкості гірничих виробок, оскільки будь-яке порушення залягання порід під дією тектонічних процесів призводить до зміни напружено-деформованого стану масиву гірських порід.

Як бачимо, цей вислів враховує тільки гірничо-геологічні чинники, але, як відомо, стійкість виробок залежить і від гірничотехнічних факторів. Причому для забезпечення експлуатаційного стану виробки ми не маємо можливості впливати на гірничо-геологічні умови, але можемо цього досягти за рахунок зміни параметрів гірничотехнічних факторів, тобто удосконалення способів підвищення стійкості виробки. Це може бути як зміна параметрів кріплення виробки, часу та місця його установки, застосування заходів щодо зміцнення (знеміцнення) бічних порід й ін.

Для підготовчих виробок особливу роль відіграє опорний тиск від впливу очисних робіт. Дані виробки знаходяться, як правило, в найгірших умовах, потребують значних матеріальних і трудових витрат на ремонтні роботи та на забезпечення безпеки ведення очисних робіт, як на кінцевих ділянках лав, на сполученнях і на протяжних ділянках цих виробок, що знаходяться поза зони і в зоні впливу лави, як попереду, так і позаду неї.

Тому не випадково в роботі [12] умови експлуатації підготовчих виробок ділять на дві групи: за межами зони активного впливу очисних робіт та в зонах опорного тиску або зрушення порід в межах виробленого простору.

Стійкість підготовчої виробки необхідно розглядати на різних етапах її експлуатації по відношенню очисного вибою або вибоїв (при повторному використанні виробки) і, відповідно, до зон опорного тиску.

Хоча в роботі [25] автором вказуються 12 зон опорного тиску, ми віддамо перевагу класичному уявленню (рис. 1) [26]:

I зона – поза зоною впливу очисних робіт і виробленого простору;

II зона – в зоні впливу очисних робіт попереду лави;

III зона – в зоні впливу очисних робіт позаду лави при первинному використанні виробки;

IV зона – в зоні усталеного опорного тиску позаду лави;

V зона – в зоні впливу очисних робіт попереду другої лави (при повторному використанні виробки);

VI зона – в зоні впливу очисних робіт позаду другої лави (при повторному використанні виробки);

VII зона – в зоні повторного сталого опорного тиску позаду другої лави.

При різних системах розробки підготовчі виробки можуть підтримуватися в різних зонах, їх різній кількості і комбінаціях.

У першій зоні виробка підтримується в масиві і розглядається як одиночна, в другій - виробка піддається сильній деформації від дії лави, в третій - опорний тиск досягає свого максимуму з подальшим загасанням і стабілізацією в четвертій зоні. У разі, коли ця виробка використовується

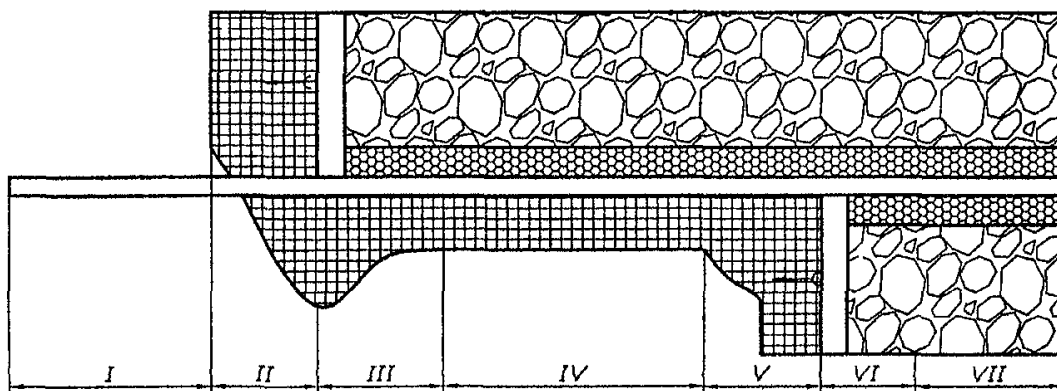


Рис. 1. Схема розміщення зон опорного тиску [26]

для відпрацювання другої лави, характер зміни опорного тиску в V, VI і VII-ій зонах схожий з зонами, відповідно, II, III і IV. Хоча в зонах VI і VII

абсолютна величина виникаючих напруг буде трохи менше, ніж в III і IV зонах, тому що в цих зонах виробка перебуває між виробленими просторами лав і охороняється в системі «засіб охорони - засіб охорони».

Обробка результатів шахтних інструментальних спостережень за станом підготовчих виробок в умовах пласта  $c_{11}$  шахти ім. М.С. Сургая (рис. 2, 3) [18] дозволила нам отримати залежності конвергенцій порід покрівлі і підшви виробок від відстані до лави в різних зонах опорного тиску (рис. 4, 5).

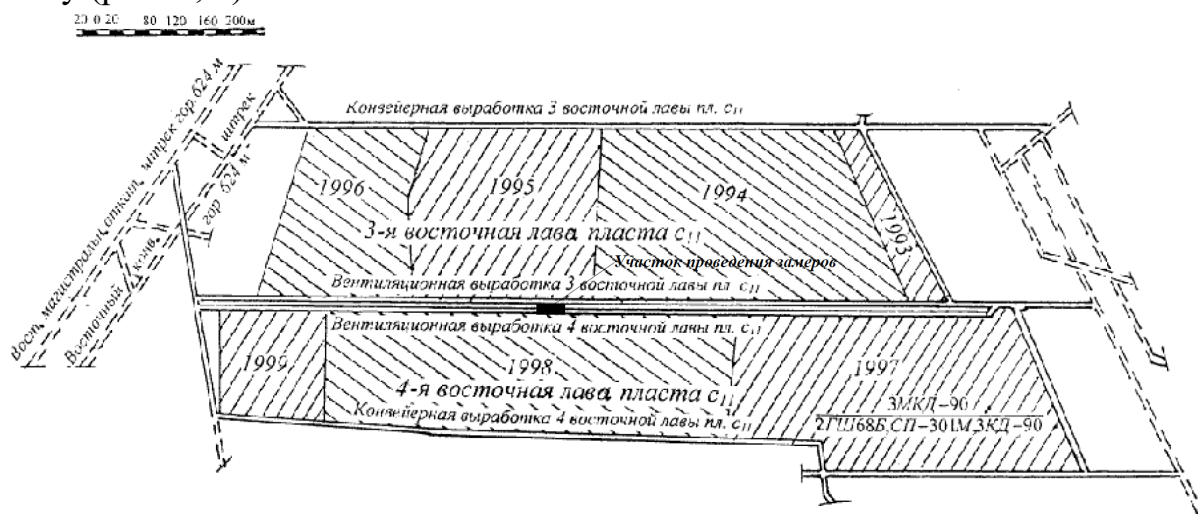


Рис. 2. Викопіювання з плану гірничих виробок по пласту  $c_{11}$  і місце розташування вимірювальної ділянки у вентиляційній виробці 4-ої східної лави

Конвеєрний хідник 5-ої східної лави підтримувався в зонах I-IV, а вентиляційний 4-ої східної - IV-VII. Ці виробки знаходилися в подібних умовах, тому можна зробити висновок про те, що їх підтримання в зоні

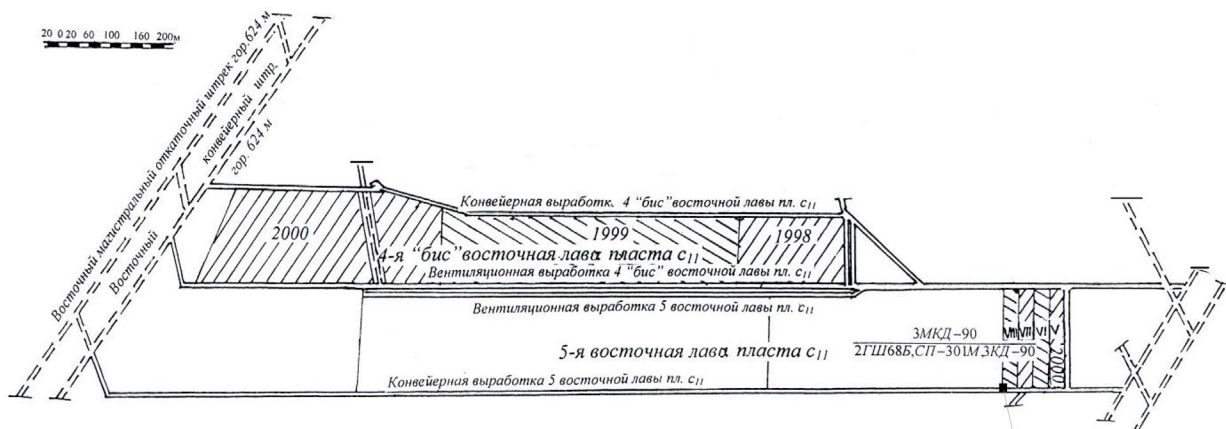


Рис. 3. Викопіювання з плану гірничих виробок по пласту  $c_{11}$  і місця розташування вимірювальної ділянки в конвеєрній виробці 5-ої східної лави

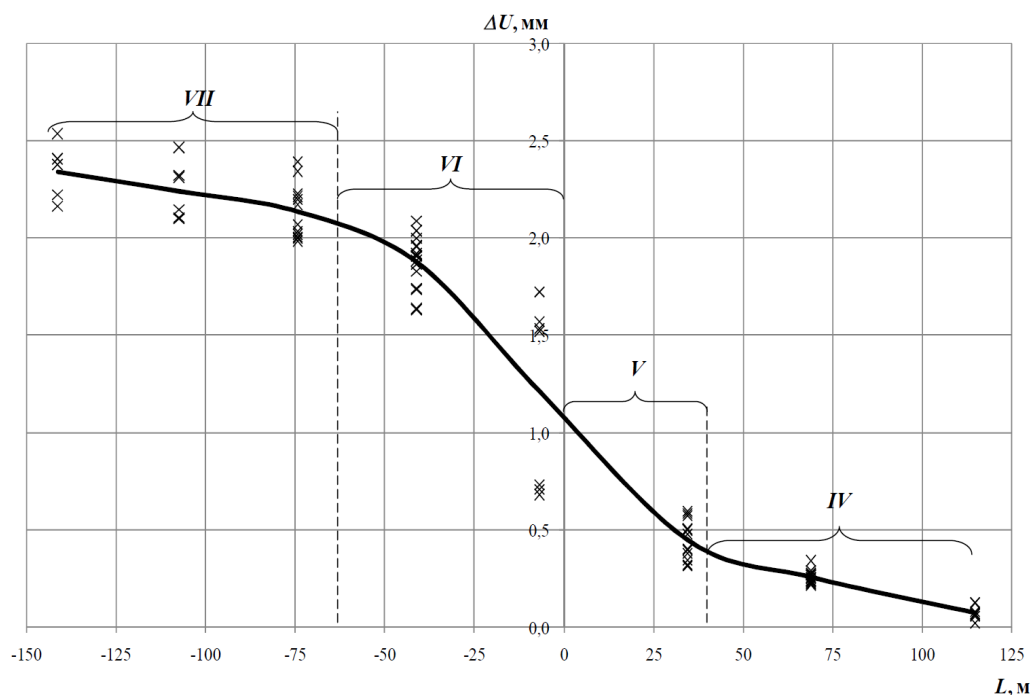


Рис. 4. Графік залежності конвергенції порід покрівлі та підосви  $\Delta U$  вентиляційного хідника 4-ої східної лави пл.  $c_{11}$  від відстані до лави  $L$  із зазначенням зон опорного тиску

впливу першої і другої лави практично однакове по величині кінцевих зсувів порід покрівлі і підосви, але в зоні тимчасового опорного тиску другої лави відзначаються великі деформації контуру виробок, що обумовлено повторним збільшенням розмірів зони зруйнованих порід навколо виробки від дії лави.

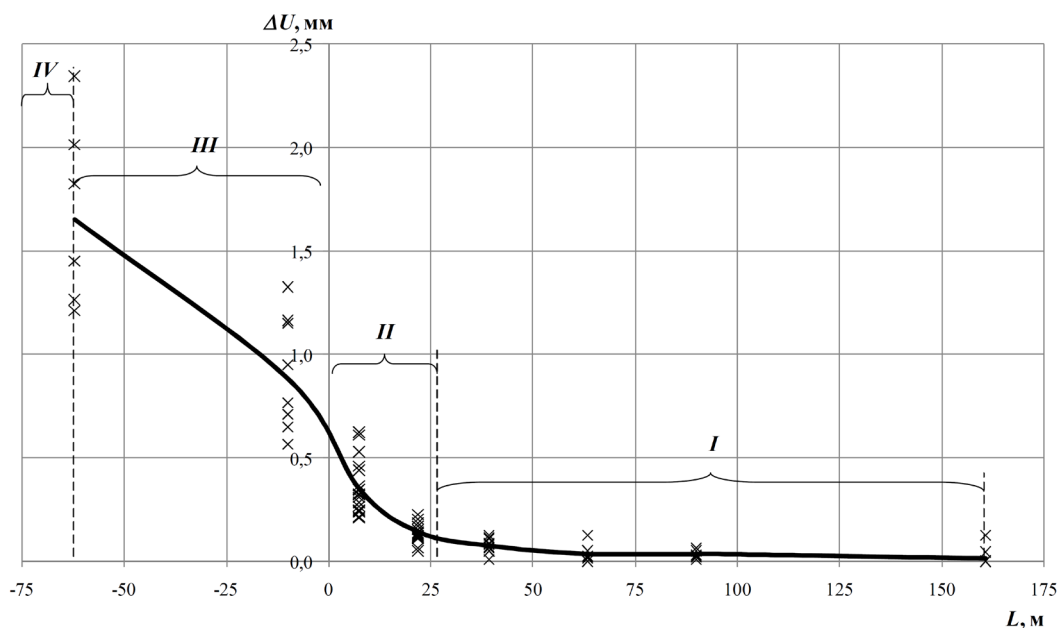


Рис. 5. Графік залежності конвергенції порід покрівлі та підосви  $\Delta U$  конвеєрного хідника 5-ої східної лави пл.  $c_{11}$  від відстані до лави  $L$  із зазначенням зон опорного тиску

Динаміка зміни напруг навколо виробки (рис. 1) супроводжується розвитком зони непружних деформацій (ЗНД), а кінетика зсувів порід на її контурі (рис. 4, 5), що проявляється у витісненні порід в порожнину виробки та деформаціями елементів кріплення у виробках (рис. 6, 7) і на прилеглих до них кінцевих ділянках лав - результатом збільшення ЗНД. Все це вказує на необхідність розробки ефективних засобів підвищення стійкості гірничих виробок або удосконалення наявних для забезпечення їх експлуатаційного і безпечного стану.

Ці засоби повинні ґрунтуватися на зменшенні напруги навколо виробок або застосуванні заходів, що пригнічують розвиток зони непружних деформацій.

Не варто абстрагуватися від впливу на стан виробок ускладнюючих факторів. Адже відомо про погіршення стану гірничих виробок при їх знаходженні в зоні впливу тектонічних порушень [1] або при раптових обваленнях покрівлі [21].

До теперішнього часу досить глибоко досліджені особливості механізму деформування гірського масиву, а також зміни форми і кількісних параметрів зони непружних деформацій навколо виробок. Детально вивчено особливості прояву опорного тиску та його вплив на деформації контуру виробок, що примикають до очисних вибоїв. Створені надійні передумови для розробки ефективних способів охорони та підтримання підготовчих виробок в складних умовах експлуатації.

Детальний розгляд всіх способів кріплення, підтримання та охорони виїмкових виробок, що застосовуються на ділянці активного впливу очисних вибоїв, вельми складний через численність і різномасштабність проведених досліджень, різномірність і несумісність отриманих при цьому позитивних і негативних результатів. Крім того, у цьому немає великої потреби.



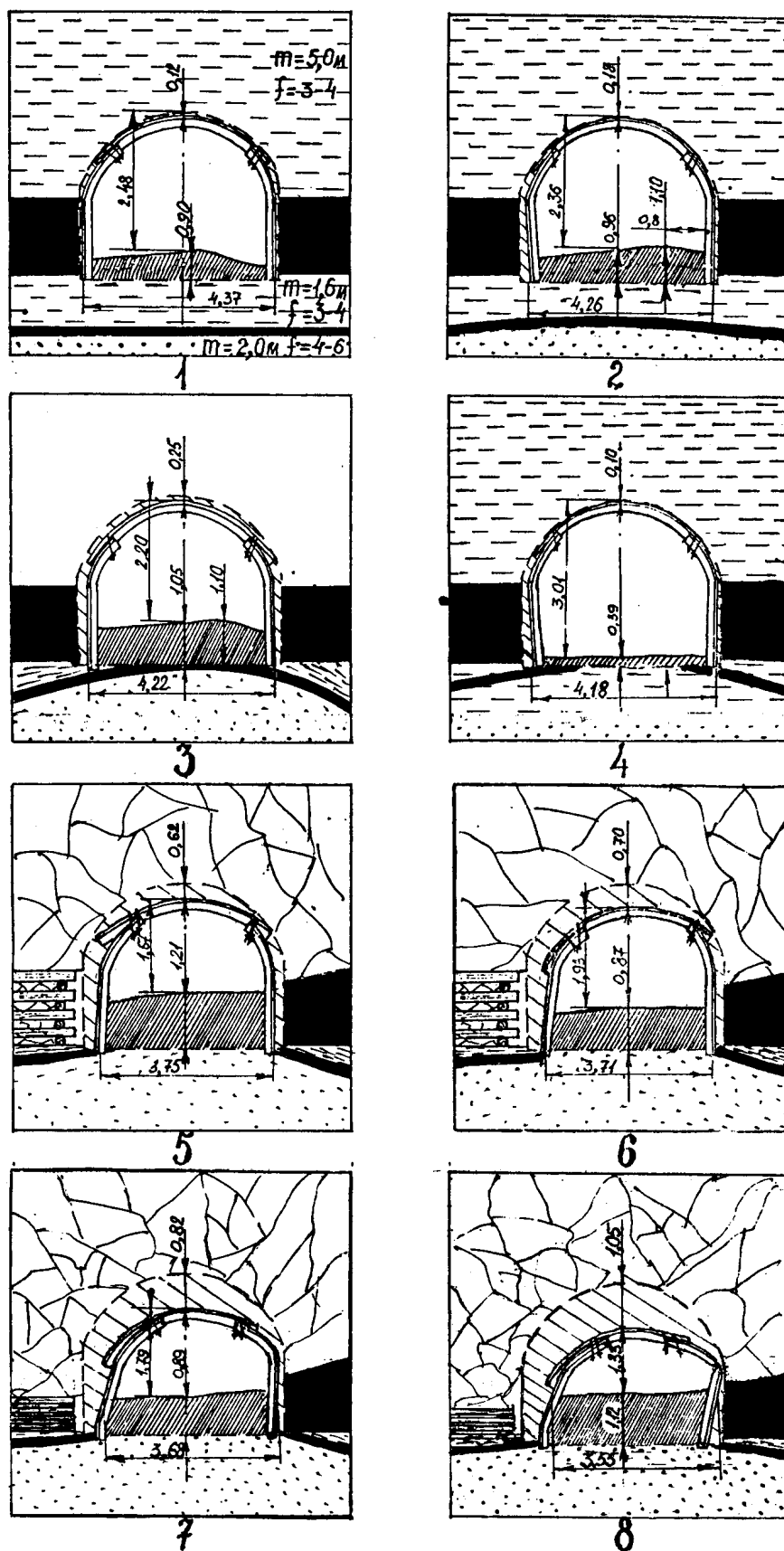


Рис. 6. Деформування контуру вентиляційного хідника 4-ої східної лави пл. с<sub>11</sub> на замірній станції № 38 в залежності від відстані до лави: 1- 101 м; 2- 44 м; 3- 14 м; 4- 2 м; 5- 12 м; 6- 19 м; 7- 43 м; 8- 94 м



Рис. 7. Фотографії стану вентиляційного хідника 4-ої східної лави пл. с<sub>11</sub>  
на сполученні його з лавою та позаду неї



Більш раціональним, з нашої точки зору, є розгляд нових і найбільш успішно застосовуваних в даний час способів і засобів підтримання виробок.

До заходів з підтримання виробок відносяться: вибір способу охорони виробки, її форми та способу проведення, засобів і способу кріплення, засобів зміцнення (знеміцнення) бічних порід, засобів охорони виробки позаду лави і посилення кріплень в процесі її експлуатації, а також заходи щодо ліквідації наслідків деформування контуру виробки і т.д.

*Кріплення* – це комплекс робіт щодо зведення гірничотехнічних конструкцій для забезпечення стійкості гірничої виробки й управління гірським тиском, *спосіб охорони* – оптимальне за фактором гірського тиску розташування гірничих виробок в шахті відносно очисних робіт, а *засоби охорони* – штучні споруди з боку очисних робіт для зменшення зсувів порід [19].

Як бачимо, способи охорони зумовлюють розміщення виробок щодо очисного вибою. Найбільш поширеним в умовах високонавантажених лав є спосіб з повторним використанням виробок від раніше відпрацьованих очисних вибоїв при комбінованих системах розробки [24]. Також в складних гірничо-геологічних умовах, на великих глибинах рекомендуються до застосування проведення виробок вприсічку до виробленого простору [23]. Проведення виробки позаду лави на межі з масивом або з випередженням очисного вибою, як правило, застосовується для транспортних виробок при суцільних системах розробки і комбінованих на основі суцільних [22]. Проведення виробок по порожніх порід доцільно в умовах великих глибин і нестійких бічних порід [19].

Дослідження по створенню стійких форм гірничих виробок інтенсивно проводилися в 60-70-ті роки минулого століття, але до цих пір вони не втратили свою актуальність. Так форми поперечного перерізу гірничих виробок, які були стійкими в одних умовах, зі збільшенням глибини ведення

гірничих робіт можуть бути віднесені до нестійких у зв'язку зі зменшенням міцності бічних порід та ступенів тріщинуватості й порушеності масиву (рис. 8). З існуючих форм найбільш поширеними для підготовчих виробок є: склепінна, трапецієвидна, прямокутна і підковоподібна (рис. 9). Найбільш стійкі (кільцева і еліптичні) не знайшли широкого застосування при підготовці виїмкових дільниць через досить велику вартість та малий термін служби цих виробок. Проте, останнім часом робляться спроби щодо створення нових стійких форм. Зокрема, варто відзначити асиметричні форми з криволінійними контурами і розташуванням сегмента з найменшим радіусом в напрямку максимальних зсувів з боку бічних порід або підковоподібні з прямолінійною частиною в покрівлі виробки для виключення порушення цілісності міцних порід покрівлі та ін.

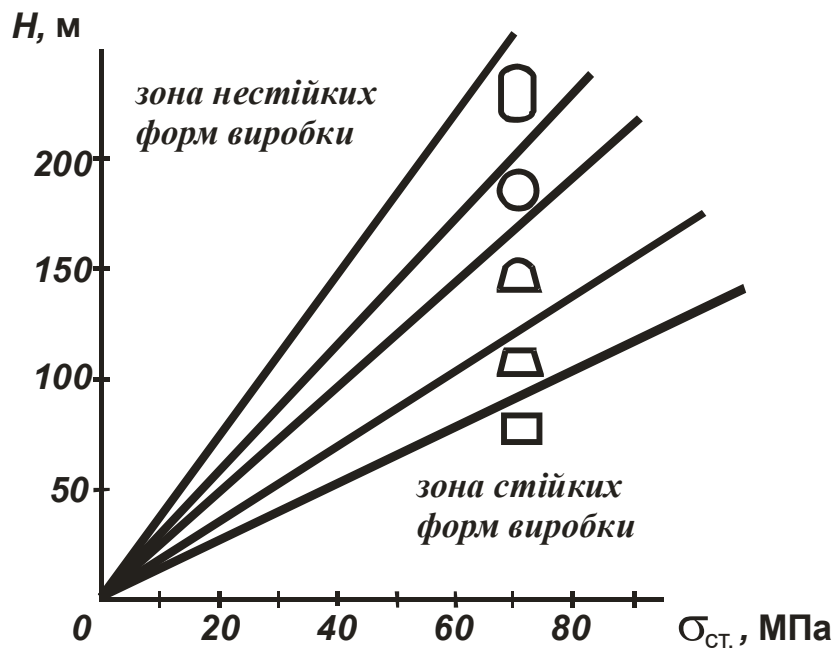


Рис. 8. Номограма для визначення стійкої форми виробки в залежності від глибини робіт  $H$  та міцності бічних порід на одновісний стиск  $\sigma_{ст}$

Для існуючих форм виробок розроблено велику кількість конструкцій кріплень, але знову-таки, для умов підготовчих виробок, в силу своєї дорожнечі, не всі конструкції доцільні до застосування. До широко застосовуваних варто віднести прямокутні і трапецієподібні металеві та дерев'яні кріплення, арочні та підковоподібні металеві, а також комбіновані.

Вони обов'язково мають бути піддатливими внаслідок впливу очисних робіт. Можуть застосовуватися як самостійно, так і спільно з додатковими підсилюючими елементами: кріпленнями посилення, анкерним кріпленням, набризкбетоном й ін.

Велика увага в даних конструкціях кріплень приділяється типу застосовуваних профілів, вузлів піддатливості і міжрамних огорож. Так, до недавнього часу, концепцією забезпечення експлуатаційного стану гірничих виробок було збільшення несучої здатності кріплень за рахунок збільшення її металоємності застосуванням «важких» профілів. Але, як показала практика, ця концепція не увінчалася успіхом, тому що економічний ефект від даних заходів не дозволив покрити витрати на їх реалізацію. Та й самі заходи не забезпечили безремонтного стану виробок. Було доведено, що збільшення несучої здатності кріплень не може істотно вплинути на геомеханічну ситуацію навколо виробки та при створенні ресурсозберігаючих технологій кріплення необхідно йти по шляху максимального залучення в роботу породного масиву [6].

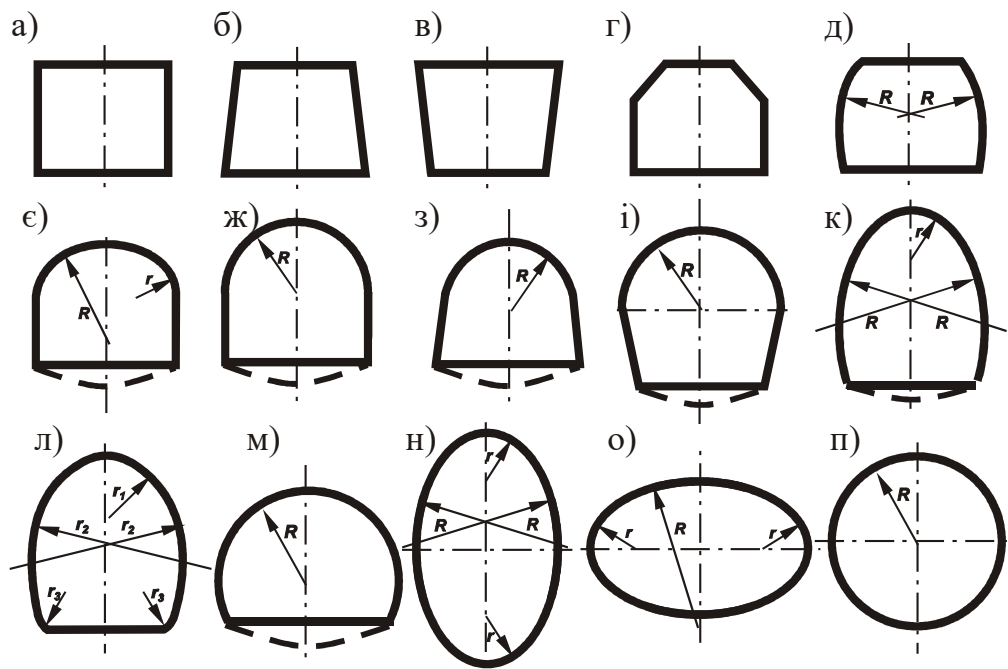


Рис. 9. Існуючі форми поперечного перетину гірничих виробок  
(а- прямокутна; б, в – трапецієподібні; г – полігональна; д- діжкоподібна;  
є, ж, з, и - склепінні з вертикальними та похилими стінками; к, л, м, -  
підковоподібні; н, о – еліптичні; п - кругова)

Саме цей підхід послужив основою розробки технологій, що передбачають застосування анкерних кріплень, способів розвантаження масиву та зміцнення порід по контуру виробки, попереднього розпору кріплення, застосування кріплень посилення та підсилюючих елементів спільно з основним кріпленням і т.д.

Запропоновано спосіб підтримання виробки [2], в основу якого покладено принцип активного силового впливу на породи безпосередньої покрівлі. Він реалізується за допомогою вдавлення гідравлічних стійок в сторону раніше зруйнованого масиву на ділянці виробки довжиною 1 - 3 м безпосередньої покрівлі, що встановлюються між рамами безпосередньо в покрівлю, а також верхня кріплення - гідравлічними стійками, встановленими по його кінцям під спеціальний кронштейн. Встановлено, що при вдавлюванні безпосередньої покрівлі з зусиллями 1,5 - 3,0 МН подальше руйнування порід покрівлі на контурі припиняється.

У зв'язку з переходом гірничих робіт на великі глибини розробки, анкерне кріплення при довговибійних системах розробки в передових вугледобувних країнах Європи застосовується як допоміжний засіб, для посилення і підвищення ефективності роботи основного кріплення.

Застосування комбінованого рамно-анкерного кріплення в виробках, що інтенсивно деформуються, дозволило, в значній мірі, зберегти стійкість виробок в зоні впливу очисних робіт [11]. Наявність в кожному анкері вузла піддатливості дозволяє узгодити роботу анкера і піддатливого рамного кріплення в режимі заданої деформації. На підставі аналізу результатів досліджень [11] запропонована раціональна схема розташування жорстких і піддатливих анкерів з урахуванням зональності прояви гірського тиску. Жорсткі анкери, взаємодіючи з породним контуром, формують в секторних зонах вантажонесучі породні блоки, а піддатливі анкери створюють в своїх зонах систему «кріплення-порода», що забезпечує підтримання виробок в зоні впливу очисних робіт в стійкому стані.

Ефективна робота кріплення підготовчої виробки, нарівні з її високою несучою здатністю і конструктивною піддатливістю, багато в чому залежить від якості тампонажу закріпного простору.

З геомеханічних способів збереження стійкості підготовчих виробок, в зоні шкідливого впливу очисних робіт, найбільшого поширення в даний час отримали способи проведення польових виробок, вприсічку до виробленого простору раніше відпрацьованих лав і по обваленим і ущільненим породам виробленого простору.

Польове проведення виробок, з різним розташуванням їх щодо елементів залягання пласта, з урахуванням подальшого впливу тимчасового фактора й очисних робіт на деформаційні процеси, що відбуваються на контурі навколо виробки, було розглянуто багатьма дослідниками і випробувано на значній кількості шахт. Польовими проводяться переважно капітальні гірничі виробки зі значним терміном служби.

Проведення підготовчих виробок вприсічку до виробленого простору раніше відпрацьованих лав, із залишенням вузьких вугільних ціликів (або без них) також знайшли широке використання [3, 20, 23]. Його ефективність полягає в можливості проведення виробок в приконтурної частини тріщинуватого масиву в зоні дії мінімальних значень залишкового опорного тиску.

У складних умовах особливу роль відіграє кріплення посилення, що дозволяє підсилити функції лінійної кріплення в зонах її інтенсивного деформування на кінцевих ділянках лав. Кріплення посилення є додатковим силовим елементом по відношенню до існуючого кріпленню виробки, який встановлюється в зонах інтенсивного прояву гірського тиску: перед очисним вибоєм, на сполученні з лавою і на ділянці виробки, що примикає до виробленого простору, де після виймання пласта відбувається інтенсивне деформування бічних порід зі значними зсувами їх в порожнину виробки.



При всіх цих способах охорони важливим залишається питання правильного вибору засобів охорони гірничих виробок позаду лави, тому що від цього безпосередньо залежить не тільки стійкість виробок, а й забезпечення безпечних умов праці робітників на кінцевих ділянках лави і безпосередньо в виробках.

До традиційних засобів охорони відносяться вугільні цілики та штучні охоронні споруди: бутові смуги, костри, бутокостри, кусти, литі смуги, тумби із залізобетонних блоків, органні ряди. Всі ці споруди не один десяток років застосовувалися в умовах вугільних шахт і досить добре зарекомендували себе в різних умовах. Але, в силу того, що ускладнилися гірничо-геологічні умови, погіршився фінансовий стан підприємств, змінилися їхні потреби в обсягах видобутку, ці засоби в певних умовах можна визнати недостатньо ефективними з точки зору забезпечення стійкості виробок, трудомісткості робіт або через дорожнечу [16].

На допомогу або на зміну прийшли нові засоби охорони, які, знову-таки, були досить ефективні, але для конкретних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов [16]. До таких «нетрадиційним» засобів охорони можна віднести цілики трикутної [13] та трапецієподібної форм, породні блоки [14], породні стійки [8], бутові смуги з армуючими елементами [17], дерев'яні стійки СКУ, стрічкові смуги з породноцементних полублоків, тумби з дерев'яно-бетонних блоків БДБ [4], газобетонні опори [7] і багато інших. Велика кількість засобів охорони ґрунтуються на використанні закономірностей формування вантажонесучих конструкцій в системі «засіб охорони - бічні породи» і, як показує практика, це дає позитивні результати. До таких варто віднести спосіб охорони виробки прямокутними жорсткими охоронними елементами, що розташовуються перпендикулярно осі виробки, з залишенням між ними компенсаційних порожнин [10], спосіб охорони з використанням смуг змінної жорсткості для створення склепіння рівноваги [15] тощо.

При всьому різноманітті заходів з підтримання підготовчих виробок на жодному підприємстві не обходяться без комплексу заходів по ремонту виробок. Практично повсюдно здійснюється перекріплення виробок, підрибок порід підшви для забезпечення їх експлуатаційного стану. Всі ці операції не можна назвати ефективними, тому що будь-яке втручання в малу геомеханічну систему «кріплення - вміщає масив» обов'язково веде до порушення усталеного рівноважного стану, інтенсифікації зсувів на контурі виробки і необхідності проведення повторного ремонту [16]. Крім того, ці операції досить трудомісткі, виконуються переважно вручну, місця ж проведення перекріплення виробок травмонебезпечні. Тому в сучасних умовах удосконалюються технології з перекріплення гірничих виробок, в тому числі технології, що ґрунтуються на використанні вантажонесучої здатності вміщуючих порід [9].

Наявний масив даних дозволяє нам зробити висновок про те, що існує достатня кількість способів охорони підготовчих виробок, з яких можна вибрати найбільш оптимальні з точки зору стійкості та витратності для певних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов. Але в деяких випадках їх впровадження потребує удосконалення та розширення області використання. Особливу увагу, на нашу думку, заслуговують способи підвищення стійкості виробок, що передбачають застосування анкерних кріплень, використання недорогих матеріалів для зведення штучних охоронних конструкцій з обмеженою піддатливістю. Також доцільне використання несучої здатності вміщуючих порід для створення вантажонесучих конструкцій спільно з кріпленнями та засобами охорони або за рахунок їх специфічних параметрів перенаправити сили, що видавлюють, від гірничих виробок.

### **Список літератури**

1. Qiangling Yao, Xuehua Li, Fan Pan, Teng Wang, and Guang Wang. Deformation and Failure Mechanism of Roadway Sensitive to Stress Disturbance and Its Zonal

Support Technology // Hindawi Publishing Corporation, Shock and Vibration, Volume 2016, Article ID 1812768, 14 pages (<http://dx.doi.org/10.1155/2016/1812768>).

2. А.с. 883469 (СССР). Способ поддержания горной выработки / Бурчаков А.С., Черняк И.Л., Юсов А.Б., Разин В.К., Гринько С.Н., Бурчаков Ю.И., Звягильский Е.Л. - Оpubл. в Б.И., 1981, № 43.

3. Бажин Н.П., Мельников Н.И., Нейман Л.К. и др. Рациональные способы крепления и поддержания подготовительных выработок. -Обзор/ ЦНИЭИУголь, М., 1984. 27 с.

4. Беликов, В.В. Эффективность охраны выемочных выработок на тонких и средней мощности угольных пластах тумбами из блоков / В.В. Беликов // Уголь, №3, 2009.– С. 40-42.

5. Гапєєв, С.М. Моделювання і прогноз геомеханічних процесів у виробках глибоких шахт // Автореф. докт.техн. наук., сп-ть 05.15.09, Дніпропетровськ, 2014. – 35с.

6. Заславский, Ю.З. Новые виды крепи горных выработок / Ю.З. Заславский, Е.Б. Дружко – М.: Недра, 1989. – 256 с.

7. Канин, В.А. Физико-технические основы охраны выемочных выработок в условиях неустойчивых пород / Дисс...докт. техн. наук: 05.15.02 / В.А. Канин – Донецк: УкрНДМИ НАН Украины, 2010.– 364 с.

8. Касьян М.М. Спосіб охорони підготовчих виробок. Касьян М.М., Фельдман Е.П., Хазіпов І.В., Негрій С.Г., Мокрієнко В.М. / Пат. № 54012, МПК(2010) E21D 15/00, опубл. 25.10.2010; 25.10.2010, бюл. №20/2010.

9. Касьян, М.М. Обґрунтування параметрів нової технології перекріплення виробок за допомогою методу скінчених елементів / М.М. Касьян, М.А. Овчаренко, І.Г. Сахно, Ю.А. Петренко, С.Г. Негрій // Вісті Донецького гірничого інституту. Донецьк, 2008, №2, С. 104-109.

10. Касьян, М.М. Спосіб охорони гірничих виробок / Касьян М.М., Негрій С.Г., Мокрієнко В.М., Хазіпов І.В. Пат. № 94327, МПК(2011.01) E21D 11/00 (2006.01), E21C 41/18 (2006.01), опубл. 26.04.2011; 26.04.2010, бюл. № 8– 6с.

11. Ключев А.П. Обоснование параметров крепления подготовительных выработок податливой анкерно-рамной крепью в зоне влияния очистных работ: Дисс... канд. техн. наук: 05.15.02. Донецк: ДПИ, 1989. - 212 с. 82

12. Кошелев К.В., Томасов А.Г. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок. М.: Недра, 1985. - 215 с.

13. Курченко, И.П. Надежность работы комплексно-механизированного забоя в сложных горно-геологических условиях / И.П. Курченко // Уголь Украины, №4, 1980.– С.18-19.

14. Лурий, В.Г. Новый способ охраны и поддержания выработок при бесцеликовой технологии / В.Г.Лурий, Ю.Г.Романов, К.Д. Лукин // Уголь, №10, 1989.– С. 20-21.

15. Медяник, В.Ю. Формування склепіння рівноваги над підготовчою виробкою за допомогою смуг змінної жорсткості – як спосіб її охорони і підтримки/ В.Ю. Медяник // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки, ім. М.С. Полякова НАН України: VII конференція молодих учених «Геотехнологічні проблеми розробки родовищ, 19.11.2009р.» – Д., 2009. – Вип. 81. – С. 173-183.

16. Негрей С.Г., Негрей Т.А., Курдюмов Д.Н. Поддержание выемочных выработок для обеспечения их эксплуатационного и безаварийного состояния // Вісті Донецького гірничого інституту. Донецьк, 2013, №1 (32), С.218-225.

17. Негрей, С.Г. О возможности увеличения несущей способности бутовых полос / С.Г. Негрей // Вісті Донецького гірничого інституту. Донецьк, 2011, №1, С. 179-184.

18. Негрей, С.Г. Обоснование параметров механического отпора породам почвы выемочных выработок при отработке лав обратным ходом: Дисс...канд. техн. наук: 05.15.02/ С.Г. Негрей; Донецк: ДонНТУ.– 2007.– 296 с.

19. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони (СОУ 10.1.00185790.011:2007)/ Мінвуглепром України, К., 2007.– 113с.

20. Прогрессивные паспорта крепления, охраны и поддержания подготовительных выработок при бесцеликовой технологии отработки угольных пластов. Л.: ВНИМИ. - 1985. 112 с.

21. Ресурсозберігаючі технології управління стійкістю протяжних виробок вугільних шахт / С.М. Гапєєв, Н.В. Хозяйкіна, Р.М. Терещук , В.В. Коваленко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ : НГУ, 2016. – 181 с.

22. Тупиков, Б.Т. Оценка технологии поддержания участковых выработок, проводимых за очистным забоем / Б.Т. Тупиков, В.М. Андриенко // Уголь Украины, №12, 1997.–

23. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. - Изд. 4-е дополненное. Л.: ВНИМИ. - 1986. 222 с.

24. Фомин, Е.В. Исследования проявлений горного давления при сохранении выработки для повторного использования/ Е.В. Фомин, В.И. Шапошников, Б.В. Цыплаков. // Уголь, №11, 1993.- С. 19-22.

25. Чернышов, А.В. Податливость охранных сооружений. Характер поведения и обрушения пород кровли // Горный информационно-аналитический бюлетень . 2016. №11. – С. 335-340.

26. Черняк, И.Л. Повышение устойчивости подготовительных выработок. – М.: Недра, 1993. – 256с.

Надійшла до редакції 15.04.2019