

О.К. Носач
А.В. Петренко
О.Е. Кіпко
О.О. Ісаєнков

ОЦІНКА ВПЛИВУ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ ТА ГІРНИЧОТЕХНІЧНИХ ЧИННИКІВ НА СТІЙКІСТЬ ВІЙМКОВИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ШАХТИ ВП «КАПІТАЛЬНА»

Мета. Аналіз впливу гірничо-геологічних та гірничо технічних факторів на стійкість виїмкових дільничних виробок.

Методика. Аналіз досліджень стану геотехнічної системи «масив-гірничі виробки-охоронна конструкція» аналітичним шляхом, в лабораторних та виробничих умовах.

Результати. Аналіз факторів, що впливають на стійкість виїмкових виробок показав, що на перший план виступають гірничотехнічні фактори, які пов'язані з параметрами виробки (ширина виробки, форма поперечного перетину виробки, схема зведення анкерів кріплення, тип постійного кріплення виробки): швидкість посунання лави й параметри охорони виробки. Вплив великої швидкості посунання лави на механізм впливу опорного тиску на крайову частину масиву можна порівняти з накатом на нього масивної морської хвилі, широкої у підніжжя, але з меншою висотою її гребня. При високій швидкості її посунання немає яскраво вираженої ділянки або "піку" додаткових навантажень. З гірничо-геологічних факторів велике значення має тектонічна будова родовища, глибина розробки та як результат – напружений стан гірничого масиву. Фізико-механічні властивості гірських порід мають підпорядковане значення, при цьому особливо відчувається вплив шаруватості, тріщинуватості та обводненості. Залежність між конвергенцією бічних порід у пластових виробках і швидкістю посунання очисного вибою має періодичний характер. Мінімальні величини зміщень спостерігаються при кількості циклів з видобутку вугілля на добу кратній трьом. Можна припустити, що ця закономірність обумовлена впливом припливних коливань і співпадає із парними гармоніками.

Наукова новизна. На основі проведеного аналізу виявлено, що при вирішенні питання підвищення стійкості виїмкових виробок необхідно, в першу чергу звернути увагу на гірничотехнічні фактори (ширина виробки, форма поперечного перетину виробки, схема зведення анкерів кріплення,) швидкість посунання очисного вибою параметри охоронних елементів виробки на сполученні лава-штрек, пов'язав їх із гірничо-геологічними умовами, особливо з тектонічною будовою родовища та глибиною його розробки.

Практичне значення. При визначенні параметрів геомеханічної системи «масив-гірничі виробки-охоронна конструкція» необхідно враховувати параметри виробки, швидкість посунання очисного вибою, параметри охорони виробки з у зв'язкою тектонічною будовою родовища, глибини розробки та фізико-механічних властивостей гірських порід.

Ключові слова: Гірничі виробки, гірський масив, стійкість виробки, параметри виробки, швидкість посунання очисного вибою, тектонічна будова родовища, глибина розробки, фізико механічні властивості гірських порід.

Вступ.

Проведення гірничої виробки порушує рівноважний стан масиву гірських порід та приводить до перерозподілу напружень в масиві, що оточує виробку. Особливим завданням управління станом масиву гірських порід є розвиток геомеханіки стійкості виробок.

Аналіз досліджень та публікацій.

На стійкість виробок на будь-якій глибині впливає багато гірничо-геологічних та гірничо технічних факторів. В першу чергу це літологічних тип, міцність, вологість та тріщинуватість вміщуючих порід.

При дослідженні цього дуже складного питання необхідно враховувати, що тільки

одне визначення літотипу породи є недостатнім і не характеризує в повній мірі їх стійкість в шахтних умовах. Можна назвати багато випадків, коли зазвичай стійкий пісковик виявляється розпушеним, вапняк - глинистим, вилуженим, із розвинутою тріщинуватістю, комковатою структурою тощо.

Породи покрівлі й підшви вугільного пласта в межах шахтного поля змінюють свої властивості і потужність як за простяганням, так і за падінням.

Наприклад, міцний пісковик з кварцевим цементом може перейти у розпушений пісковик з карбонатним цементом, кристалічний вапняк – у глинистий вапняк, алевроліт з карбонатно-

кремнистим цементом – у алевроліт з глинистим цементом тощо.

Тому для вивчення поведінки гірських порід у виробках необхідно детальне і всебічне дослідження з урахуванням фізико-механічних властивостей, тріщинуватості, гідрогеологічних умов, наявності різких контактів у товщі, гірського тиску, впливу надробки або підробки пласта тощо.

При розвідувальних роботах детальне дослідження стійкості гірських порід не може бути здійснено у зв'язку з відсутністю надійної, перевіреної на практиці методики визначення їх стійкості. Найбільш об'єктивним критерієм у даному питанні є поведінка порід у гірничих виробках, їх реакція на певні виробничі умови: стійкість або обвалення порід при зведенні тимчасового кріплення, можливі розміри незакріпленого простору між вибієм і постійним кріпленням, здимання підосви без води і при наявності води у виробці, форма порожнин вивалів, частота перекріплення і підринок, необхідність посилення кріплення, наявність складок в покрівлі і підосві при перекріпленні, зміна поведінки контуру виробки при збільшенні перетину, висоти або ширини виробки тощо.

Фізико-механічні властивості гірських порід навіть одного літотипу залежать від структури і текстури, впливу окремих потужних шарів, об'ємної міцності, тріщинуватості, тектоніки і кліважу, шаруватості, гідрогеологічних умов тощо, тому не можуть характеризувати однозначно стійкість виробок [2].

Згідно з класифікацією гірничих порід вугільних пластів ДонВУГІ покрівля останніх розділяється на безпосередню і основну. Безпосередня покрівля розділяється за стійкістю на дуже нестійку, нестійку, малостійку, середньостійку та стійку. Основна покрівля за обвалення ділиться на легкообвалювальну, середньообвалювальну, важкообвалювальну, дуже важкообвалювальну та схильну до плавного прогину. Різниця класів за стійкістю залежить від часу, протягом якого може простояти без обвалення при відсутності кріплення. Дуже нестійкі породи обвалюються одразу за процесом оголення і мають назву "хибна покрівля". Решта порід класифікується за висотою нижнього шару безпосередньої покрівлі, відстанню між тріщинами в ньому, зависанням порід у

виробленому просторі, за часом до обвалення тощо. При класифікації за обваленням ознаками є конвергенція, коефіцієнт варіації конвергенції, крок первинного та наступних обвалень. Така класифікація носить чисто констатаційний характер і до попереднього визначення (прогнозу) стійкості ніякого відношення не має. Для того, щоб віднести покрівлю до якогось класу необхідно дочекатися її обвалення. Такі дослідження неможливо виконати з технологічних міркувань, вони не мають сенсу, так як отримані при цьому значення не можуть бути розповсюджені на інші ділянки покрівлі. Крім того, наведена класифікація передбачає, що стійкість і обвалюваність порід залежить напряму від міцності і потужності - чим більша міцність і потужність, тим вища стійкість і клас обвалюваності. Треба також відзначити, що розподіл покрівлі на безпосередню і основну є умовним і заснований на моделі, яка полягає в тому, що спочатку обвалюється безпосередня покрівля, а потім вищезалегаюча основна. Але визначити потужність безпосередньої покрівлі в принципі неможливо. В кожному конкретному місці вона залежить від геологічної будови, організоване обвалення здійснюється не часто, а при використанні механізованого кріплення визначення класифікаційних параметрів експериментальним шляхом практично неможливе. Що стосується стійкості порід підосви, то тут ситуація ще гірша. Нестійкість визначається за вдавлюванням кріплення в породи підосви.

Гірничі породи підосви вугільного пласта, що віднесені до стійких, при попаданні до них води, або в зону підвищеного гірського тиску миттєво стають нестійкими.

Оцінку умов експлуатації виїмкових гірничих виробок здійснюють за допомогою величини комплексного показника що враховує глибину розташування виробки, об'ємну вагу вміщуючих порід, середньозважену міцність порід покрівлі чи підосви виробки, тектонічну порушеність масиву [3].

Правильне віднесення порід до тієї чи іншої категорії напряму залежить від кваліфікації спеціаліста, що не є припустимим для практики.

Обводненість гірських порід різко зменшує їх стійкість. Дослідники вважають,

що тільки аргіліти та алевроліти здатні зменшувати свою міцність при водонасиченні вдвічі та більше разів.

Що стосується пісковиків, то коефіцієнт впливу зволоження приймається не менше 0,8, в той же час, відомі шахти й окремі ділянки, коли пористі пісковики з глинистим цементом втрачали міцність більше ніж вдвічі (шахта «Котляревська» - покрівля пласта m_3 , ш/у «Покровське» - підосва пласта d_4 , ділянка «Самарська-Капітальна» й інші), а алевроліти і аргіліти зменшують міцність на порядок (в 10 разів) [4]. Залежність міцності порід від вологості показано на рисунку 1.

В дослідженнях [5,6] стану гірських порід показано, що найбільш суттєво на стійкість породних оголень горизонтальних виробок впливають шаруватість, тріщинуватість, вологість, глибина закладення виробки, її ширина і спосіб охорони.

При міцності порід на одноосьове стискання 50-60 МПа і потужності шару більше 0,8 м породні шари зберігають стійкість протягом 2 годин, при потужності шарів 0,1-0,4 м і міцності до 40 МПа – до одної години, а при потужності шарів до 0,1 м – до 10-20 хв.

У сильно тріщинуватих породах з відстанню між тріщинами 0,01-0,2 м стійкість не перевищує 20 хв. При відстані між тріщинами 0,3-0,5 м і межі міцності 20-40 МПа - 0,5-1,5 години. При відстані між тріщинами 0,6-1 м, міцність порід 40-50 МПа, породи стійкі протягом 2-3,5 год.

При зволоженні порід пісковики з карбонатним цементом втрачають міцність на 5%, алевроліти з кременистим та карбонатно-кременистим цементом - на 14%, алевроліти з глинистим цементом 20-30%, аргіліти - 40-60%, вуглисті аргіліти - до 80%.

Треба відзначити, що міцність на відрив і на зсув при зволоженні змінюється не однаково. На рисунку 2 показано зменшення міцності на відрив і на зсув для пісковиків шахти «Стаханова» з різним цементом. Характерно, що міцність пісковиків, що не мають в своєму складі глинисто-слюди́стих мінералів, при зволоженні зростає.

Збільшення глибини розробки в породах міцністю до 45 МПа приводе до збільшення зміщень контуру виробки

в 3-3,5 рази, в породах з міцністю 45-80 МПа в 2-2,4 рази [4].

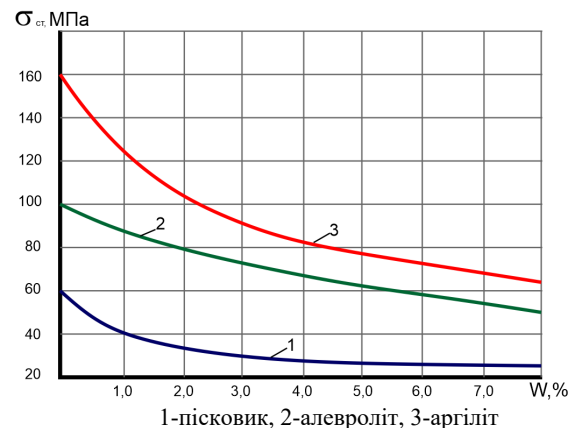


Рис. 1. Залежність межі міцності порід від вологості [4]

При збільшенні ширини виробки від 4 до 6 м зміщення у виробках збільшуються на 23-28%.

Механізм втрати стійкості виробок при сумісній дії гірського тиску і вологи розглянуто у багатьох дослідників [5,6,7]. Показано, що чим більше зона руйнувань, тим більше проникливість порід і тим сильніше фільтрація води через зруйновану зону, що прискорює процес розмокання і погіршення міцносних властивостей порід. Виникають умови самопідтримання процесу розмокання-руйнування.

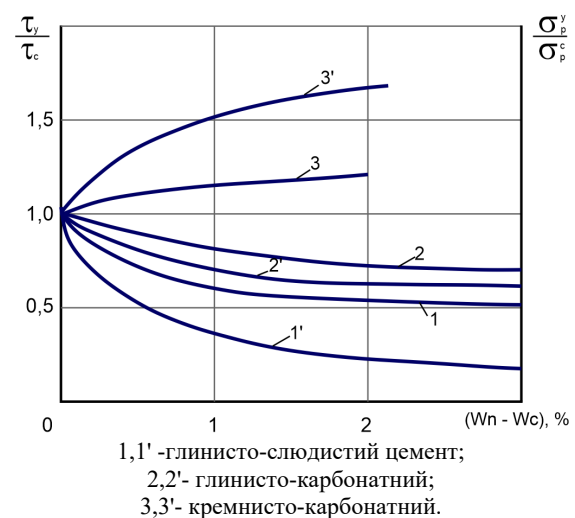


Рис. 2. Вплив водо насичення на міцність пісковиків при відриві (1-3) і зсуві (1'-3') [4]

За результатами досліджень [8,9] на стійкість виробок найбільш впливає

напружений стан і фізико-механічні властивості гірського масиву (в першу чергу співвідношення напружень в масиві і міцності порід). Нестійкість виробок часто пов'язана з тектонічною будовою шахтного поля.

На стійкість впливає напрямок виробки відносно елементів залягання і орієнтація максимальних напружень [10]. Більше 60% всіх вивалів, в тому числі при розташуванні виробок паралельно шаруватим тріщинам та куту зустрічі менше 30° , обумовлене тріщинуватістю. В залежності від орієнтації виробки відносно максимальних напружень вивали набувають склепіноподібну або еліптичну форму.

Враховуючи, що на Донбасі максимальне напруження діє в горизонтальному напрямку при азимуті 29° , і перевищує вертикальну компоненту приблизно в 1,5 рази [1, 11], для Покровського регіону цей напрямок практично співпадає з простяганням. Максимальні стискаючі напруження діють паралельно осі штреків та перпендикулярно осі лави (рис. 3). Тому всі вивали на сполученнях мають склепіноподібну форму.

Обвалення приурочені до місць і зон тектонічної порушеності з підвищеною тріщинуватістю (80% вивалів відбувається по тріщинам тектонічного типу). При цьому напрямок тріщин складає кут з напрямком осі штреків $25-30^\circ$. Найбільші Деформації розвиваються в напрямку, перпендикулярному площинам нашарування.

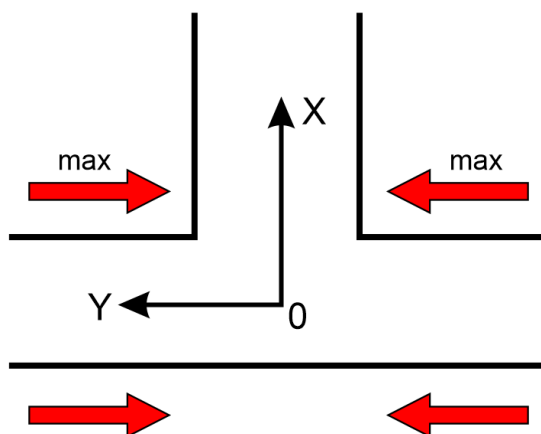


Рис. 3. Напрямок дії максимальних стискаючих напружень на сполученні лави зі штреком [4]

Домінантними факторами геомеханічних процесів, що протікають поблизу гірничих виробок, є структура, властивості і енергія гірського масиву, виступаючі як іманентні характеристики, а також фактори техногенного впливу, реалізовані в цілях управління його станом. Тому завдання управління станом геомеханічної системи "масив - гірничка виробка - охоронна споруда" підпорядкована керованому використанню властивостей породного масиву, збереженню його природної структури, дозованому звільненню енергії та регламентованому активному впливу на масив для досягнення необхідного ефекту в охороні гірничої виробки [12]. Важливим внеском у геомеханіку стійкості гірничих виробок стало поглиблення працівниками Національного гірничого університету досліджень на базі закономірності зміни стійкості масиву порід у виробках, що перетинають структурні дефекти в ньому, наприклад, у вигляді тріщинуватих зон або нашарувань. Доведено, що стійкість гірничих виробок істотно підвищується при проведенні їх з висячого боку породних шарів.

Багато дослідників відмічають залежність стійкості виробок від форми і розмірів їх перетину, оскільки величина концентрації напружень на контурі виробок залежить від кривизни контуру і співвідношення радіусу кривизни та розміру порожнини [13-16]. При цьому в [15,16] відмічається, що концентрація напружень на контурі виробки співпадає з фрактальною розмірністю.

Але більшість дослідників вважають, що більш за все на стійкість виїмкових виробок впливають очисні роботи і розглядають цю проблему як проблему стійкості сполучення «лава-штрек» [17-21]. Тому необхідно враховувати, перш за все, гірничотехнічні фактори.

Серед гірничотехнічних факторів в першу чергу треба виділити потужність обладнання очисного вибою. Чим вища потужність обладнання, тим більша ширина штреку, що необхідна в зоні сполучення з лавою за умови розташування електромеханічного обладнання в межах сполучення лави з виїмковою виробкою. В той же час, чим більша ширина штреку, тим важче закріпити сполучення лави з ним, а наявність слабкої підосви, схильної до зривання, ще більш ускладнює проблему.

Вплив форми перетину, кута падіння пласта і глибини анкерування бокових порід на стійкість гірничої виробки розглянуто в [22, 23]. При збільшенні кута падіння від 10 до 40° нормальні і повздовшні напруження для аркової форми перетину зростають, а дотичні зменшуються. Для трапецієподібної та полігональної форм всі напруження зростають. Із зростанням довжини анкеру і збільшенням потужності порід, що легко обвалюються, нормальні напруження зростають. Дотичні до 5 м зростають, а потім знижуються.

Вплив схеми зведення анкерів на стійкість виробок детально розглянуто в [24]. Показано, що для різних гірничо-геологічних умов схема анкерування повинна бути своя.

Питаннями впливу швидкості посування очисного вибою на процес виїмання вугілля тривалий час займався ряд дослідників у галузі гірничої справи [25]. Встановлено, що зміна швидкості впливає на поведінку порід покрівлі в привибійному просторі, на режим роботи кріплення, на вибір довжини лави і спосіб управління покрівлею, обумовлює зміну організації праці.

Швидке посування вибою призводить до більш інтенсивного зміщення покрівлі, однак при цьому опускання на один метр лави зменшується. З прискоренням посування вибою тріщинуватість в породах розвивається повільніше, породи менше деформуються, завдяки чому збільшується стійкість оголених прольотів покрівлі та покращуються умови її управління. Крім того, із зменшенням швидкості посування збільшується інтенсивність віджиму вугілля.

Збільшення швидкості посування очисного вибою в 2 рази (від 0,53 до 1,17 м/добу та від 0,9 до 1,8 м/добу) призводить до зменшення опускання покрівлі на максимальній відстані від вибою при різних кріпленнях і способах виїмки на 34-41% і збільшення швидкості опускання на 34-46%.

Проведені дослідження на моделях з еквівалентних матеріалів показали зменшення на 25-30% середньої інтенсивності, величини зміщень покрівлі та навантажень на кріплення на відстані 3,6 м від вибою при збільшенні швидкості посування лави з 1,8 до 7,2 м/добу [4].

Подальше збільшення швидкості посування вибою до 15 м/добу не дає істотних змін у проявах гірського тиску.

Аналітичні дослідження [4] дозволили встановити, що зміщення покрівлі інтенсивно зменшуються при збільшенні швидкості посування очисного вибою до 2 ...3 м/добу

Досліджуючи прояви гірського тиску в лабораторних умовах, встановлено [4], що у всіх випадках зі збільшенням швидкості посування очисного вибою зміщення покрівлі, як попереду вибою, так і в привибійному просторі зменшується. Збільшення швидкості посування з 1,3 до 20,7 м/добу призвело до зменшення зміщень покрівлі і підосви пласта на відстані 4 м від вибою в 4 рази. При зміні швидкості посування очисного вибою в інтервалі 22,5-180 м/міс., спостерігається ряд змін в поведінці порід покрівлі. При малих швидкостях посування (22,5-40 м/міс.) породи безпосередньої покрівлі інтенсивно розшаровуються над привибійним простором, характер їх обвалення різкий. Зі збільшенням швидкості посування до 90-180 м/міс. розшарування відбувається менш інтенсивно. Швидкість посування вибою впливає і на обвалення порід у виробленому просторі: при швидкості посування лави 0,45-2,7 м/добу, безпосередня покрівля обвалювалась слідом за пересуванням кріплення, при швидкості 2,7-3,6 м/добу спостерігалось лише невелике зависання безпосередньої покрівлі на відстані 1-2 і рідко 3 м від вибою. Осідання основної покрівлі відбувалось регулярно через 10-13 м посування лави, незалежно від несучої здатності кріплення. Зі збільшенням швидкості посування вибою розшарування порід над привибійним простором сповільнюється, цей процес переміщується у вироблений простір, де зависаючі за кріпленням консолі породних шарів подовжуються, а висота обвалення безпосередньої покрівлі зменшується. При посуванні вибою 8,1 м/добу, обвалення безпосередньої покрівлі відбувалось на висоту 2,5 м, а при швидкості 20,7 м/добу, при тому ж кріпленні - на висоту 1,5 м. Вище зони обвалення безпосередня покрівля осідала блоками. Максимум концентрації опорного тиску зі збільшенням швидкості посування збільшується і наближається до вибою, збільшується і крок посадки основної

покрівлі. При швидкості 20,7 м/добу, опускання основної покрівлі схоже на плавний прогин. Тріщини розлому в основній покрівлі розвивалися над лінією вибою і не завжди перетинали основну покрівлю по всій потужності.

У разі перетину шару по всій потужності блок, що утворився, не встигав зміститися у бік приви́бійного простору та осідав лише в 15-20 м від вибою. При інтенсивному посуванні лави зміщення основної покрівлі над приви́бійним простором не спостерігалось.

На шахті «Прогрес» зі збільшенням швидкості посування лави збільшувався крок посадки покрівлі, зменшувався розмір зони опорного тиску і величина конвергенції порід. Зменшення зони опорного тиску відбувалося при застосуванні способу управління покрівлею частковою закладкою і призводило до зменшення конвергенції порід у приви́бійному просторі, зниження тріщиноутворення в покрівлі пласта, інтенсивності віджиму вугілля.

Наведені вище результати досліджень дозволяють зробити висновок, що збільшення швидкості посування очисного вибою веде до:

- зменшення тріщиноутворення і віджиму вугілля в приви́бійній частині пласта;
- зменшення тріщиноутворення в породах покрівлі;
- зменшення зміщення порід покрівлі;
- зменшення відстані від вибою до максимуму опорного тиску;
- збільшення кроку первинної і вторинних посадок покрівлі.

Перераховані вище фактори підвищують стійкість покрівлі в очисних вибоях, сприяють зниженню інтенсивності і в певних умовах запобігають вивалоутворенню в приви́бійному просторі лав.

Мета статті.

Метою роботи є аналіз впливу гірничо-геологічних та гірничо-технічних факторів що впливають на стійкість виробок.

Методи дослідження.

Аналіз досліджень стану геомеханічної системи «масив-гірничий виробок-охоронна

конструкція» аналітичним шляхом, в лабораторних та виробничих умовах.

Виклад основного матеріалу.

Геомеханічний процес впливу швидкості посування лави на стан пласта і покрівлі в приви́бійній зоні полягає в тому, що з її збільшенням зростає по простяганню площа опорної зони на крайову частину вугільного масиву, сприймаючи змінний вплив додаткових напружень. По збільшеній довжині опорної зони питомий тиск (напруження) розподіляється більш плавно в порівнянні з малою швидкістю посування.

Крім того, зменшується рівень пікових навантажень та їх питомого тиску на крайову частину пласта.

Вплив великої швидкості посування лави на механізм впливу опорного тиску на крайову частину масиву можна порівняти з накатом на нього масивної морської хвилі, широкої у підніжжя, але з меншою висотою її гребня. Характер епюр розподілу тимчасового опорного тиску попереду лави показує, що при високій швидкості її посування немає яскраво вираженої ділянки або "піку" додаткових навантажень (рис. 4).

Збільшення швидкості посування лави – це фактор зменшення періоду негативного впливу тимчасового опорного тиску на крайову частину вугільного пласта. Збільшення швидкості посування лави супроводжується зростанням довжин зависаючих консолей порід покрівлі над її виробленим простором. Ці консолі не істотно впливають на зростання напружень та деформацій в крайовій частині випереджаючого вуглепородного масиву.

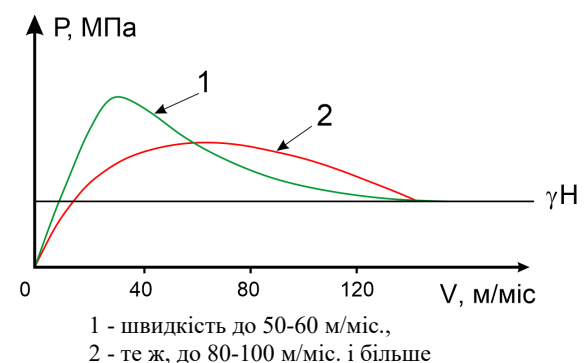


Рис. 4. Епюри розподілу опорного тиску попереду рухомої лави при різних швидкостях її посування [4]

По-перше, сучасні механізовані кріплення постійного опору, виконують одночасно і роль посадочних, володіють великим опором на лінії розлому порід покрівлі. По-друге, довгі консолі, які обламуються, навіть розділившись на блоки, сильно не обвалюються, а утворюють багато ланцюгову шарнірну систему і впорядковано осідають на обвалені породи безпосередньої покрівлі. Повне осідання обвалених консолей відбувається на великій відстані від приви́бійного простору. Тому при збільшенні швидкості посування забезпечується перенесення переважної частки негативного впливу основної покрівлі як від площини вибою вугільного масиву так і в бік виробленого простору. Практично відбувається некерований перехід від вторинних посадок основної покрівлі до плавного опускання без додаткових заходів по управлінню гірським тиском, з усіма витікаючими позитивними наслідками для забезпечення стійкості порід безпосередньої покрівлі пласта в приви́бійній зоні і зниження газодинамічної активності пласта. У разі появи у приви́бійному просторі суфлярних виділень метану швидке посування лави дозволяє зменшити час їх переходу і залишити місця витоків суфлярів у виробленому просторі.

В особливо складних умовах знаходяться виїмкові виробки на пластах, де в покрівлі залягають потужні монолітні та міцні породи. В таких випадках у зоні опорного тиску значно збільшується концентрація напружень, що знижує стійкість виїмкових виробок. При великих швидкостях посування очисних вибоїв вплив потужних породних шарів на стійкість виїмкових виробок практично не вивчено.

Треба відмітити, що залежність між зміщеннями порід у виробках і швидкістю посування вибою не така вже й проста, а має періодичний характер (рис.5).

З графіку видно, що мінімальні зміщення спостерігаються при кількості циклів на добу кратній трьом. Враховуючи, що основний період припливних коливань збоку Місяця складає 8,24 год., можна припустити, що ця закономірність обумовлена впливом припливних коливань і співпадає із парними гармоніками.

Крім того, як показав Черняк І.Л., гармонійний аналіз зміщень у виїмкових виробках виявляє довжину хвилі, що

дорівнює кроку обвалення основної покрівлі та інших породних шарів.



Рис. 5. Графік залежності зміщень покрівлі в лаві від швидкості посування очисного вибою [4]

Висновки.

Таким чином, аналіз численних факторів, що впливають на стійкість виїмкових виробок, показав, що на перший план виступають гірничотехнічні фактори, що пов'язані з шириною і висотою штреку, швидкістю посування лави і параметрами охорони виробки. Серед гірничо-геологічних факторів велике значення має тектонічна будова родовища і глибина розробки, які визначають напружений стан гірського масиву. Фізико-механічні властивості гірських порід мають підпорядковане значення, оскільки в масиві руйнування і розшарування йде по найбільш послабленим контактам. Особливо при цьому відчувається вплив шаруватості, тріщинуватості і обводненості.

Список літератури

1. Нікітенко О. Поля напружень та геологічна структура західного замикання Горлівської антикліналі Донбасу. Частина 1. Структурний парагенезис. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 2024, 4(103), 14-18. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.103.02>
2. Омелянович В.М. Шахтная геология угольных месторождений. М.: Недра. 1966. 217с.
3. Інструкція з забезпечення стійкості дільничних виробок для повторного використання на вугільних шахтах [URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1665-22#n14](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1665-22#n14). (дата звернення 30.04.2024)
4. Звіт з НДР «Дослідження напружено-деформованого стану і сіцностних властивостей гірського масиву в умовах ВП «Шахта Стаханова» і розробка заходів для

- підтримання виробок позаду лави. ДонНТУ: Донецьк. 2013.
5. Управління станом масиву гірських порід./ С.С. Гребонкін, В.Л. Самойлов, Ю.А. Петренко. Донецьк: ДонНТУ, 2008. 213 с
6. Соколов В.В. Влияние влажности на свойства и состояние горных пород. Известия УГГУ: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. 2009. С.140-142.
7. Сажнев Г.П., Коломиец В.А., Щербаков В.А. Механизм потери устойчивости выработки при совместном действии горного давления и влаги. URL: <http://masters.donntu.edu.ua/2005/fgtu/leonov/lib/lib1.htm> (дата звернення 15.10.2018)
8. Наумович О. В. Обгрунтування параметрів способу забезпечення стійкості підготовчих виробок глибоких вугільних шахт. Автореферат... дис. канд.техн.наук, Дніпропетровськ: Національний гірничий університет 2010. 23с.
9. Заславский Ю.З. Исследование проявлений горного давления в капитальных выработках глубоких шахт Донбасса. Недра, 1996. 180 с.
10. Бондаренко В.І., Бузило В.І., Табаченко М.М., Медяник В.Ю. Геомеханічні основи підвищення стійкості підготовчих виробок: Навчальний посібник. Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2010. 408 с.
11. Отчет DMT № S-359 NN-BS-G по проекту ОАО «Угольная Шахта «Красноармейская-западная №1» «Совершенствование системы управления горным давлением пластовых выработок при их первичном и повторном использовании» У.Ркпель, К Скиор. Красноармейск. 2007. 16с.
12. Ильяшов М.А. Эффективный резерв повышения конкурентоспособности шахтного фонда – повторное использование участковых выработок. *Уголь Украины*. 2011. №1. С.22-26.
13. Рязанцев Н.А., Рязанцев А.Н., Рязанцева Н.А. О чем свидетельствует наличие вывалов в кровле и пучение почвы. *Материалы научно-практической конференции «Проблемы гірничої технології»*. Красноармійськ: КП ДонНТУ. 2012. С.42-45
14. ДБН В.2.2-5-97. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту. Зміна №3. Київ: Укрархбудінформ. 2018. 30с.
15. Соколов В.В. Прогнозирование прочности и устойчивости горных пород по фрактальной размерности линии контура выработки. Автореферат дисс. канд. техн. наук. 2010. 16с.
16. Латышев О.Г., Соколов В.В., Матвеев А.А. Оценка коэффициента концентрации напряжений по фрактальной размерности контура горной выработки. *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*. 2009. №3. С.47-52
17. Круковский А.П. Исследование напряженного состояния горного массива вокруг выработки в зоне ее сопряжения с выработанным пространством лавы. *Геотехническая механика*. 2010. №91. С. 239-244.
18. Черватюк В.Г. Геомеханічне обгрунтування параметрів і розробка комбінованого способу підтримання покрівлі на сполученнях штрек-лава в умовах нестійких порід. дисс. канд. техн. наук Дніпропетровськ, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова, 2003. 25с.
19. А.С. 1010279 СССР, МКИЗ Е 21 D13/02 Способ поддержания сопряжения выработанного пространства с подготовительной выработкой. Черняк И.Л. и др. Оpubл. 7.004.83. Бюл. №13. 3с.
20. Демченко А.И., Ильяшов М.А. Влияние места заложения выемочных выработок на их устойчивость. *Уголь Украины*. 2004. №5. С.12-13.
21. Демин В.Ф., Саранчуков А.В., Демин В.В., Мальченко Т.В. Влияние угла падения пласта и глубины анкерования боковых пород на устойчивость горной выработки. Караганда. *Тр. КГТК*, 2012. С. 60-68.
22. Новиков А.О. Метод расчета параметров анкерных породоармирующих систем для крепления горных выработок. *Разработка рудных месторождений*. 2010. Вып. 93. С.90-95.
23. Новиков А.О. Развитие научных основ управления устойчивостью выработок с использованием анкерных систем. Автореферат дис. докт. техн. наук. Донецк: ДонНТУ. 2011. 36с.
24. Кольчик Е.И. Влияние скорости подвигания лавы на конвергенцию пород в штреке. *Геотехнології та управління виробництвом ХХІ сторіччя*. Том 1. Під загаль. ред. Булгакова Ю.Ф., Гребонкіна С.С. Донецьк: ДонНТУ, 2006. С.11-15.
25. Кольчик Е.И. Определение параметров зоны влияния очистной выемки при больших скоростях подвигания лав. *Вісті Донецького гірничого інституту*. 2007. Вип.2. С.32-36.

References

1. Nikitenko, O. (2024). Polya napruzhen ta geologichna struktura zahidnogo zamikannya Gorlivskoyi antiklinali Donbasu. Chastina 1. Strukturnij paragenezis. Visnik Kiyivskogo nacionalnogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka. *Geologiya*, 4(103), 14-18. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.103.02>
2. Omelyanovich, V.M. (1966). Shahtnaya geologiya ugolnyh mestorozhdenij. Nedra.
3. Instruktsiia z zabezpechennia stiikosti dilnychnykh vyrobok dlia povtornoho vykorystannia na vuhilnykh shakhtakh. (2022). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1665-22#n14>.
4. Zvit z NDR «Doslidzhennia napruzhenno-deformovanoho stanu i sitsnostnykh vlastyvostei hirskoho masyvu v umovakh VP «Shakhta Stakhanova» i rozrobka zakhodiv dlia pidtrymannia vyrobok pozadu lavy. (2013). DonNTU: Donetsk.
5. Grebonkin, S.S., Samojlov, V.L., Petrenko, Yu.A. (2008). Upravlinnya stanom masivu girskih porid. Doneck: DonNTU.
6. Sokolov, V.V. (2009). Vliyanye vlazhnosti na svoistva y sostoianye hornikh porod. Yzvestiya UHHU: Materyali Mezhdunarodnoi nauchno-praktycheskoi konferentsyy molodikh uchenikh y studentov. 140-142.
7. Sazhnev, G.P., Kolomiec, V.A., Sherbakov, V.A. Mehanizm poteri ustojchivosti vyrabotki pri sovместном dejstvii gornogo davleniya i vlagi. Retrieved from <http://masters.donntu.edu.ua/2005/fgtu/leonov/lib/lib1.htm>.
8. Naumovich, O.V. (2010). Obgruntuvannya parametriv sposobu zabezpechennia stijkosti pidgotovchih vyrobok glibokih vugilnih shaht. Avtoreferat... dis. kand.tehn.nauk, Dnipropetrovsk: Nacionalnij gimichij universitet.

9. Zaslavskij Yu.Z. (1996). Issledovanie proyavlenij gornogo davleniya v kapitalnyh vyrabotkah glubokih shaht Donbassa. Nedra.
10. Bondarenko V.I., Buzilo, V.I., Tabachenko, M.M., Medyanik, V.Yu. (2010). Geomechanichni osnovi pidvishennya stikosti pidgotovchih virobok: Navchalnij posibnik. Dnipropetrovsk: DVNZ «Nacionalnij gimnichij universitet».
11. Otchet DMT № S-359 NN-BS-G po proektu OAO «Ugolnaya Shahta «Krasnoarmejskaya-zapadnaya №1» «Sovershenstvovanie sistemy upravleniya gornym davleniem plastovyyh vyrabotok pri ih pervichnom i povtornom ispolzovanii». (2007). Rkpel, U., Skior, K. Krasnoarmejsk.
12. Ilyashov, M.A. (2011). Effektivnyj rezerv povysheniya konkurentosposobnosti shahntnogo fonda – povtornoe ispolzovanie uchastkovyyh vyrabotok. *Ugol Ukrainy*, №1, 22-26.
13. Ryazancev, N.A., Ryazancev, A.N., Ryazanceva, N.A. (2012). O chem svidetelstvuet nalichie vyvalov v krovle i puchenie pochvy. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemi gimnichoyi tehnologii»*. Krasnoarmijsk: KII DonNTU, 42-45.
14. DBN V.2.2-5-97. (2018). Budinki i sporudi. Zahisni sporudi civilnogo zahistu. Zmina №3. Kiyiv: Ukrahbudinform.
15. Sokolov, V.V. (2010). Prognozirovanie prochnosti i ustojchivosti gornyyh porod po fraktalnoj razmernosti linii kontura vyrabotki. Avtoreferat diss. kand. tehn. nauk.
16. Latyshev, O.G., Sokolov, V.V., Matveev, A.A. (2009). Ocenka koefficienta koncentracii napryazhenij po fraktalnoj razmernosti kontura gornoj vyrabotki. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyy zhurnal*, №3, 47-52.
17. Krukovskij, A.P. (2010). Issledovanie napryazhennogo sostoyaniya gornogo massiva vokrug vyrabotki v zone ee sopryazheniya s vyrabotannym prostranstvom lavy. *Geotekhnicheskaya mehanika*, №91, 239-244.
18. Chervatyuk, V.G. (2003). Geomechanichne obgruntuvannya parametriv i rozrobka kombinovanogo sposobu pidderzhannya pokrivli na spoluchennyah shrek-lava v umovah nestijkih porid. diss. kand. tehn. nauk Dnipropetrovsk, Institut geotekhnichnoyi mehaniki im. M.S. Polyakova. 25.
19. Chernyak, I.L. i dr. (1983). Sposob podderzhaniya sopryazheniya vyrabotannogo prostranstva s podgotovitelnoy vyrabotkoj. A.S. 1010279 SSSR, MKIZ E 21 D13/02.
20. Demchenko, A.I., Ilyashov, M.A. (2004). Vliyanie mesta zalozeniya vyemochnyh vyrabotok na ih ustojchivost. *Ugol Ukrainy*, №5, 12-13.
21. Demin, V.F., Saranchukov, A.V., Demin, V.V., Malchenko, T.V. (2012). Vliyanie ugla padeniya plasta i glubiny ankerovaniya bokovyh porod na ustojchivost gornoj vyrabotki. *Tr. KGTK*, 60-68.
22. Novikov, A.O. (2010). Metod rascheta parametrov ankernyyh porodoarmiruyushih sistem dlya krepleniya gornyyh vyrabotok. *Razrabotka rudnyh mestorozhdenij*, 93, 90-95.
23. Novikov, A.O. (2011). Razvitie nauchnyh osnov upravleniya ustojchivostyu vyrabotok s ispolzovaniem ankernyyh sistem. Avtoreferat dis. dokt. tehn. nauk. Doneck: DonNTU.
24. Kolchik, E.I. (2006). Vliyanie skorosti podviganiya lavy na konvergenciyu porod v shreke. *Geotekhnologiya ta upravlinnya virobniictvom XXI storichchya. Tom 1. Pid zagal. red. Bulgakova Yu.F., Grebonkina S.S.* Doneck: DonNTU, 11-15.
25. Kolchik, E.I. (2007). Opredelenie parametrov zony vliyaniya ochistnoy vyemki pri bolshih skorostyah podviganiya lav. *Visti Doneckogo gimnichogo institute*, №2, 32-36.

Надійшла до редакції 05.05.2024

Рецензент канд. техн. наук, доц. Валерій КУЦЕРУБОВ

Носач Олександр Костянтинович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри розробки родовищ корисних копалин Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет» (вул. Потебні, 56, м. Луцьк, 43003, Україна)

E-mail: oleksandr.nosach@donntu.edu.ua

Петренко Андрій Віталійович – асистент кафедри розробки родовищ корисних копалин, Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет» (вул. Потебні, 56, м. Луцьк, 43003, Україна)

E-mail: andrii.petrenko@donntu.edu.ua

Кіпко Олександр Ернестович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри розробки родовищ корисних копалин, Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет» (вул. Потебні, 56, м. Луцьк, 43003, Україна)

Email: oleksandr.kipko@donntu.edu.ua

Ісаєнков Олександр Олександрович – к.т.н, доцент кафедри управління гірничим виробництвом і охорона праці, Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет» (вул. Потебні, 56, м. Луцьк, 43003, Україна)

E-mail: oleksandr.isaenkov@donntu.edu.ua

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF MINING-GEOLOGY AND MINING-TECHNICAL FACTORS ON THE STABILITY OF MINING WORKS

Purpose. Analysis of the impact of mining-geological and mining-technical factors on the stability of excavation site products.

Methods. Analysis of studies of the state of the geotechnical system "massif-mining-protection structure" analytically, in laboratory and production conditions.

Results. The analysis of the factors affecting the stability of the excavation workings showed that the mining factors associated with the parameters of the workings (width of the workings, shape of the cross-section of the workings, the scheme

of erection of support anchors, type of permanent support of the workings) come to the fore: the speed of the face movement and the parameters of the workings protection. The effect of a high speed of face advancement on the mechanism of bearing pressure on the edge part of the massif can be compared to the rolling of a massive sea wave, wide at the foot but with a lower crest height. At a high speed of its movement, there is no pronounced area or "peak" of additional loads. Among the mining and geological factors, the tectonic structure of the deposit, the depth of development and, as a result, the stress state of the rock mass are of great importance. The physical and mechanical properties of rocks are of subordinate importance, with the influence of layering, fracturing and water cut being particularly noticeable. The relationship between the convergence of side rocks in the working faces and the speed of the face advancement is periodic. The minimum displacement values are observed when the number of coal mining cycles per day is a multiple of three. It can be assumed that this pattern is due to the influence of tidal fluctuations and coincides with even harmonics.

Scientific novelty. Based on the analysis, it was found that when addressing the issue of increasing the stability of excavation workings, it is necessary, first of all, to pay attention to mining factors (width of the workings, shape of the cross-section of the workings, scheme of erection of support anchors,) the speed of advancement of the cleaning face, parameters of the protective elements of the workings at the face-strip junction, and link them to mining and geological conditions, especially the tectonic structure of the deposit and the depth of its development.

Practical implication. When determining the parameters of the geomechanical system "massif-mining-protection structure", it is necessary to take into account the parameters of the production, the speed of the cleaning pit, the protection parameters of the production with the cohesive tectonic structure of the deposit, the depth of development and the physical and mechanical properties of the rocks.

Keywords: Mining, rock massif, stability of mining, mining parameters, speed of advance of cleaning pit, tectonic structure of the deposit, depth of development, physical and mechanical properties of rocks.

Nosach Oleksandr – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Mining of mineral deposits, Donetsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

E-mail: oleksandr.nosach@donntu.edu.ua

Petrenko Andrii – assistant of the Department of Mining of mineral deposits, Donetsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

E-mail: andrii.petrenko@donntu.edu.ua

Kipko Oleksandr – Doctor of Technical Sciences, professor, Public higher education institution Donetsk National Technical University (Potebni St., 56, Lutsk, 43003, Ukraine).

Email: oleksandr.kipko@donntu.edu.ua

Isaienkov Oleksandr – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mining Management and Labour Protection, Donetsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

E-mail: oleksandr.isaienkov@donntu.edu.ua