

© Я.Т. Шаварський¹

¹ Компанія «Jarad», Сосніце, Польща

ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОЧИСНИХ ВИРОБОК НА ПОЛОГИХ ПЛАСТАХ

© Ya. Shavarskyi¹

¹ Company “Jarad”, Sosnice, Poland

THE ISSUE OF INCREASING THE EFFICIENCY OF MINING ON SLOPING LAYERS

Мета. На основі проведеного аналізу встановлено залежності, що враховують напруженість гірського масиву з метою встановлення раціональних параметрів секцій механізованого кріплення при роботі двох спарених лав.

Методика дослідження полягає в аналізі, систематизації наявного досвіду концентрації очисних робіт на шахтах, що розробляють вугілля із пластів потужністю до 1,5 м; залежно від гірничо-геологічних та гірничо-технічних умов відпрацювання вугільного пласта проводиться створення імітаційної моделі високонапруженого гірського масиву з використанням пакету прикладних програм «SolidWorks 2019». На основі отриманих приведених напружень сформовано геомеханічну модель напруженості гірського масиву для реальних умов спарених лав по пласту n⁷ однієї із шахт ДП «Львіввугілля». Дані результати дають можливість встановити основні принципи управління гірським тиском та навантаження на кріплення механізованих комплексів, що у свою чергу дозволяє ефективно відпрацьовувати запаси вугілля на відповідному техніко-технологічному та економічному рівнях.

Результати дослідження. Розглянуто сучасний стан та можливості концентрації очисних робіт на шахтах України; методи, системні інформаційні продукти та підходи щодо встановлення напружень у гірському масиві. Розроблено модель поведження гірського масиву при відпрацюванні ділянки шахтного поля спареними очисними вибоями. Встановлено основні деформаційні характеристики поведження гірського масиву залежно від гірничо-геологічних умов залягання та гірничотехнічних параметрів процесу видобування вугілля. Запропоновано напрямки удосконалення техніко-технологічного забезпечення та особливості виконання кріплення в очисних вибоях.

Наукова новизна. Відображено системні зв'язки між окремими джерелами напруженості для вибору доцільних способів управління гірським тиском при відпрацюванні вугілля із пластів до 1,5 м спареними очисними вибоями у конкретних гірничо-геологічних умовах шахти ДП «Львіввугілля».

Практичне значення. За допомогою пакету прикладних інформаційних програм «SolidWorks 2019» створено імітаційну модель ділянки шахтного поля з двома спареними лавами, проведено оцінку напружено-деформованого стану гірського масиву, що дало змогу запропонувати раціональні параметри ведення гірничих робіт і ефективно управляти гірським тиском для гірничо-геологічних умов ділянки однієї із шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну.

Ключові слова: вугільний пласт, спарена лава, методи обробки даних, пакет інформаційних прикладних програм, імітаційна модель, оцінка напружено-деформованого стану гірського масиву.

Постановка проблеми. Оцінка ефективності ведення гірничих робіт, природних та технологічних факторів, що впливають на їх ведення автором роботи проводилась шляхом аналізу практичного досвіду роботи спарених очисних вибоїв. Впровадження стовпової системи розробки вугільних пластів спареними лавами дає можливість підвищити показники з видобутку вугілля зі зниженням його собівартості, зменшити витрати на охорону та підтримку підготовчих виробок, транспорт вугілля, що впливають на ефективне використання робочих потужностей виїмкової дільниці.

При цьому досвід впровадження стовпової системи розробки спареними лавами на шахтах ДП «Львіввугілля», ДТЕК «Добропілявугілля» та «Павлоградвугілля» показав низку негативних чинників, пов'язаних з погіршенням техніко-економічних показників роботи шахти при початковому зростанні собівартості видобутку вугілля на видобувних дільницях зі спареними лавами. Варіант застосування стовпової системи розробки спареними лавами за простяганням пласта (ДП «Львіввугілля, шахта «Степова»), передбачає обладнання конвеєрним транспортом підготовчої виробки, яка є спільною для двох лав. Таке рішення зменшує часові і капітальні витрати на підготовку видобувної дільниці, але при цьому створюється низка негативних факторів з безпеки та організації гірничих робіт.

Підтримання належної довжини очисних вибоїв, їх раціональної швидкості посування та відстані між ними за умов складної адаптації технологічних систем видобувної дільниці до гірничо-геологічних та гірничо-технічних умов відпрацювання шахтного поля створює низку проблем, пов'язаних з геомеханічною ситуацією у гірському масиві, нестабільною газодинамічною ситуацією та безпечними умовами ведення гірничих робіт. Геомеханічна ситуація, перш за все, залежить від закономірностей зміни стану привибійного масиву та технологічних параметрів процесу видобутку вугілля.

Виходячи із аналізу, для визначення області використання результатів досліджень, автором роботи розроблено умови оцінки роботи спарених лав і можливості застосування технологічних рішень. Наведені умови є розробкою технології ефективного ведення гірничих робіт з попередженням можливої посадки очисних комплексів на «жорстко» при роботі спарених лав на шахтах «Лісова», «Степова» та інших гірничодобувних підприємствах Львівсько-Волинського вугільного басейну і родовищ з пологим заляганням вугільного пласта.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Напрямок підвищення ефективності виконання гірничодобувних робіт [1-5], методам математичного моделювання [2, 6-10] достатньо уваги приділено у роботах національних та закордонних науковців. Важливим елементом забезпечення моделювання гірничих робіт є застосування комп'ютерних технологій при плануванні гірничого виробництва та відтворення геомеханічної ситуації у зонах впливу підготовчих та очисних робіт [2, 7-9, 11]. Лабораторні дослідження та фізичне моделювання застосування визнаних механізмів при встановленні екологічної та економічної ситуації дають можливість за допомогою аналогового відтворення дійсності дає можливість встановити процеси, що протікають у гірському масиві при застосуванні нової гірничотехнічної ситуації чи при технологічних удосконаленнях на очисних дільницях [2, 7-12].

Застосування сучасних комплексів імітації технологічних процесів, та окремих процесів гірничого виробництва [7-9, 12-14] дозволяють суттєво наблизити проведені експерименти до натуральних умов. Застосування радикальних методів має серйозне обґрунтування, проте їхні застосування має досить обмежений обсяг [4, 6, 10, 11, 15, 16]. Поєднання процесів фізичного моделювання з сучасними можливостями інформаційної обробки результатів суттєво розширює межу застосування технологій концентрації гірничих робіт у межах окремих частин шахтних полів. Крім цього обґрунтування технологічних особливостей виконання гірничих робіт у складних гідрологічних, гірничо-геологічних та гірничо-технічних умовах дає можливість максимально повно видобувати корисні копалини, причому на економічно доцільному рівні та з дотриманням екологічної компоненти виробництва [2, 5, 12, 14, 17-19].

Таким чином, обґрунтування параметрів виконання концентрації робіт за допомогою одночасно видобування вугілля спареними лавами, із практичною перевіркою запропонованих рішень є актуальним завданням.

Постановка завдання. Метою даної роботи є встановлення силових параметрів кріплення очисних вибоїв при роботі спарених лав що у кінцевому результаті дає можливість провести концентрацію очисних робіт в межах окремих частин шахтних полів.

Викладення основного матеріалу. Збільшення концентрації ведення гірничих робіт при впровадженні стовпової системи розробки спареними лавами, з урахуванням гірничо-геологічних та гірничо-технологічних умов розробки вугільного пласта потребує обґрунтування параметрів ведення гірничих робіт, пов'язаних з прогнозуванням та управлінням геомеханічною ситуацією при зростанні динаміки видобутку вугілля і посування очисних вибоїв.

Досвід впровадження стовпової системи розробки спареними лавами, на шахті «Степова» при видобутку вугільного пласта «Сокальський» лавами №118, № 119 у 2010 р. лавами № 565, № 566 у 2015 р., та на шахті «Лісова» при веденні очисних робіт у спареній лаві №116 «біс» та №116 у 2018 р, супроводжувався виникненням геодинамічних явищ. Ці аномальні явища, як фактор динамічних змін геомеханічних напружень гірського масиву, суттєво впливали на ефективність та безпеку ведення очисних робіт.

Аналізуючи ведення очисних робіт, натурні та аналітичні дослідження проведені на шахті «Степова» у спарених лавах №118 та №119 (пл. п7) необхідно зазначити, що формування геодинамічних явищ на сполученні збірною конвеєрного штреку №119 і прилеглому очисному вибої залежить від зон опорного тиску, що формується попереду лав у привибійному масиві та навколо підготовчої виробки. За очисним вибоєм утворюється зона розвантаження, інтенсивність впливу гірського масиву на виробки буде залежати від аномальності напружень у цих зонах, що формуються під впливом змін технологічних параметрів спареної лави у просторі і часі, тобто відстані між лавами та швидкості посування очисних вибоїв.

За допомогою створеної імітаційної моделі високонапруженого гірського масиву з використанням пакету прикладних програм «SolidWorks 2019» були

отримано приведені напруження, котрі виражаються у вигляді навантажень на секції механізованого кріплення [17-20]. На основі отриманих приведених напружень сформовано геомеханічну модель напруженості гірського масиву для реальних умов спарених лав.

Відповідно до проведених досліджень максимум напружень (18 – 30 МПа) припадає на збірний конвеєрний штрек №119 у сполученні з спареними лавами при відставанні очисних вибоїв у межах від 0 до 10 м. Це обумовлює деформацію кріплення та вивали породи у площині перерізу підготовчої виробки. Збільшення швидкості посування очисних вибоїв, у зоні з приведеним діапазоном відстані (0 – 10 м) між вибоями спарених лав, призводить до зміни фізичних і геометричних параметрів опорної зони. При посуванні вибою лави з швидкістю 3 м/доб опорна зона на рівні шару порід безпосередньої покрівлі, що представлена аргілітом має довжину 27 м, з максимумом опорного навантаження рівним 21,7 МПа на відстані 11,4 м від очисного вибою. При збільшенні посування очисного вибою лави до 5 м/доб опорна зона стискається та становить 22,4 м з максимумом навантажень у 29,6 МПа на відстані 8,2 м. Нормальні навантаження у виробленому просторі змінюються у діапазоні від 1,7 до 3,3 МПа. При цьому їх максимуму у 3,3 МПа спостерігається на відстані 902 м від очисного вибою. Закономірності розповсюдження навантажень у виробленому просторі, опорній зоні у напрямку перпендикулярному очисному вибою лави, при різних швидкостях посування очисного вибою та відстані між спареними лавами 0-10 м, наведені на рис. 1.

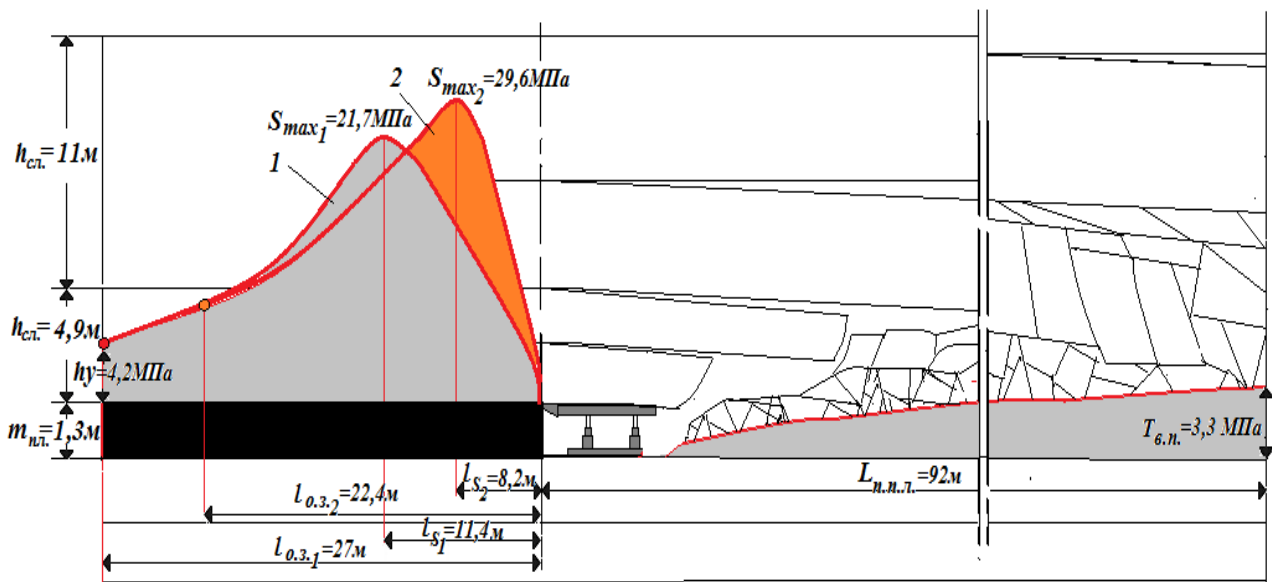


Рис. 1. Закономірності розповсюдження навантажень у виробленому просторі, опорній зоні у напрямку перпендикулярному очисному вибою лави при різних швидкостях посування: 1 – 3 м/доб, 2 – 5 м/доб, відстань між спареними лавами 0 – 10 м

При зменшенні швидкості посування очисних вибоїв або їх «простою» у аварійних ситуаціях спостерігається збільшення зсуву надробленого породного масиву. При цьому маса завислих порід зменшується, навантаження над

виробленим простором зростають. Над очисним комплексом видобувної дільниці спостерігається перерозподіл маси підроблених порід та зміна геометричних і фізичних параметрів аномальних зон гірського тиску. За цих умов, відповідно до розрахунків та інструментальних досліджень опорного тиску у лавах №118 та №119 пласта n7 в зоні впливу на зборного конвеєрного штрека №119 опорна зона розширюється та складає 34,8 м. Навантаження у виробленому просторі зростає до 5,2 МПа.

Аналізуючи розподіл та зміну нормальних і критичних навантажень в аномальних зонах навколо виробок та в надвугільній товщі видобувної дільниці спареними лавами, слід зазначити, що нормальні умови ведення очисних робіт забезпечуються при відстані між лавами у діапазоні 50 – 60 м. Зменшення відстані між очисним вибоями від 20 до 0 м призводить до погіршення умов ведення гірничих робіт. Відбувається активне обвалення безпосередньої та основної покрівлі, що призводить до посадки кріплення лави на «жорстко» та деформації кріплення підготовчих виробок прилеглих до зони впливу очисних робіт. Стан порід покрівлі знаходиться у прямій залежності від швидкості посування очисного вибою, ширини захвату та швидкості подачі виїмкової машини та реакції кріплення. Періодичність та нерівномірність зміщення шарів порід покрівлі супроводжується різким збільшенням зони зміщень.

Відповідно до аналітичних досліджень виконаних [17,18, 21] розрахункове зміщення шару пісковика ($R_c = 53,3$ МПа, основна покрівля) потужністю 11 м, що визначає стан нищелижачого шару аргіліту ($R_c = 22,9$ МПа, безпосередня покрівля) потужністю 4,9 м при довжині спарених лав №118 ($l_{л}=180$ м) та №119 ($l_{л}=200$ м) та швидкості посування очисних вибоїв у діапазоні 4,4 – 5 м /доб та відстані між лавами не менше 50 м, представлено на рис. 2.

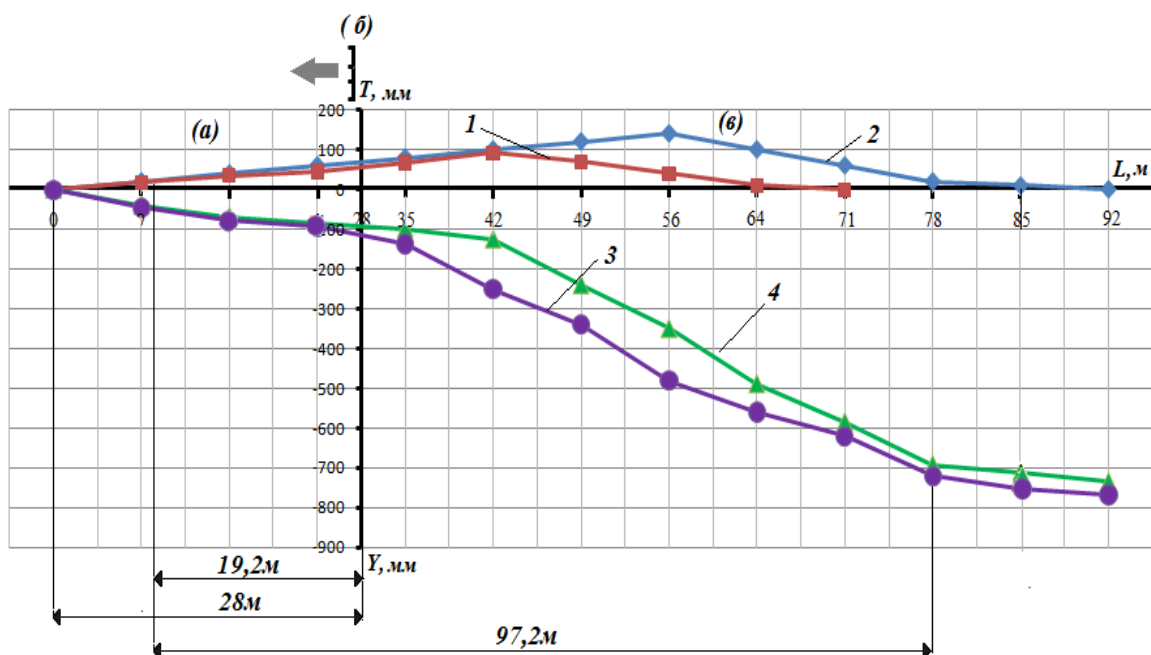


Рис. 2. Зміщення та горизонтальні переміщення породних шарів основної (2, 4) та безпосередньої покрівлі (1, 3) у діапазоні швидкостей посування очисного вибою 4,4 та 5,0 м/доб

Аналізуючи рис. 2 необхідно зазначити, що опускання та горизонтальні переміщення породних шарів покрівлі в опорній зоні (а) та у площині очисного вибою (б) практично однакові. У робочому та виробленому просторі лави (в) за рахунок різності показників вертикальних зміщень між породними шарами покрівлі спостерігається їх розшарування і утворення порожнин. Треба зазначити на рис. 2 наведені результати розрахунку динаміки зсувів шарів основної покрівлі, що відображає аномальні показники геомеханічної ситуації у очисних вибоях спарених лав за умов відставання вибоїв не менше 50 м. При зменшенні відстані між лавами спостерігається зростання геодинамічних явищ пов'язаних з швидким роздавлюванням породного шару безпосередньої покрівлі. Зростання дотичних навантажень та реактивного моменту у геометричній точці перегину потужного шару пісковіку (основна покрівля) і різкому переходу потенціальної енергії шару у кінетичну, призводить до обвалення порід – посадки кріплення лави на «жорстко». З часом спостерігається збільшення зміщення масиву підроблених порід, що пов'язано з зростанням виробленого простору спарених лав над видобувним комплексом.

У просторі й часі відбувається перерозподіл маси підроблених, обумовлюючи зміни фізичних та геометричних параметрах аномальних зон гірського тиску. Нормальні навантаження за мірою посування очисного вибою з боку породної товщі покрівлі змінюються. Геомеханічна ситуація навколо видобувної ділянки погіршується, що пов'язано з умовами завантаження безпосередньої покрівлі з боку вищележачого масиву порід. Опорне навантаження сягає геометричної точки перегину X, де кривизна згину змінює свій знак.

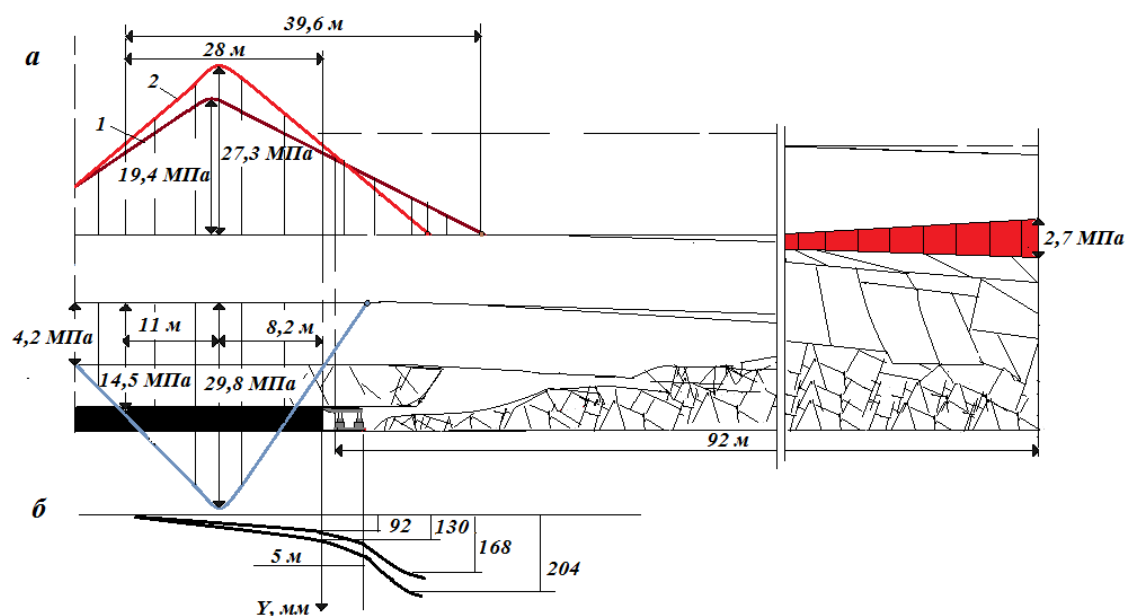


Рис. 3 Навантаження в опорній зоні шару порід основної покрівлі (пісковик) (а) при швидкості посування очисного вибою 4 – 5 м/доб та безпосередньої покрівлі (б): 1 – навантаження в опорній зоні основної покрівлі при нормальних зміщеннях; 2 – навантаження при критичних зміщеннях

На рис. 3 геометрична точка перегину шару основної покрівлі розташована на відстані $X = 39,6$ м від початку координат опорної зони при швидкості посування

очисного вибою 5 м/доб, за таких умов спостерігається зростання зміщень породних шарів основної покрівлі, що впливає на стан нищележачих порід покрівлі. Границя опорної зони на рівні породного шару змінює своє положення при цьому опорне навантаження зростає у інтервалі від 19,4 до 27,3 МПа. Збільшення зміщень шарів основної покрівлі відбувається через кожні 6 – 8 м (при ширині захвату комбайна КД-90 у 0,63 м). Характерна періодичність зміни зміщень породних шарів безпосередньої покрівлі, де критичні зміщення виникають під дією навантаження з боку породних шарів основної покрівлі спостерігається через кожні 2 – 3 м.

В умовах нормальних навантажень при швидкості посування очисних вибоїв спарених лав у інтервалі від 4,0 до 5,0 м/доб та відстані між ними у 50 – 60 м, зміщенні породного шару покрівлі над вибоями лав складає 54 – 60 мм. При зменшенні відстані між очисними вибоями у 20 м зростають критичні навантаження. Зміщення шару покрівлі у площині вибою сягає 95 – 130 мм, на границі привибійного простору 168 – 204 мм. При цьому критичні зміщення над очисним вибоєм для шарів безпосередньої покрівлі більше нормальних на 20 – 29 %, для шарів основної покрівлі 24 – 33 %. Зі збільшенням швидкості посування очисних вибоїв зміщення порід зменшуються над вибоєм і виробленому просторі лав.

Додаткові сили навантаження від вищележащої товщі та момент критичних зміщень, мають вплив на породні шари безпосередньої покрівлі і обумовлюють виникнення вертикальних тріщин та зрізу нижнього шару порід покрівлі над очисним вибоєм. На рис. 4 представлені залежності зміни додаткових сил навантаження та моменту критичних зміщень породних шарів покрівлі.

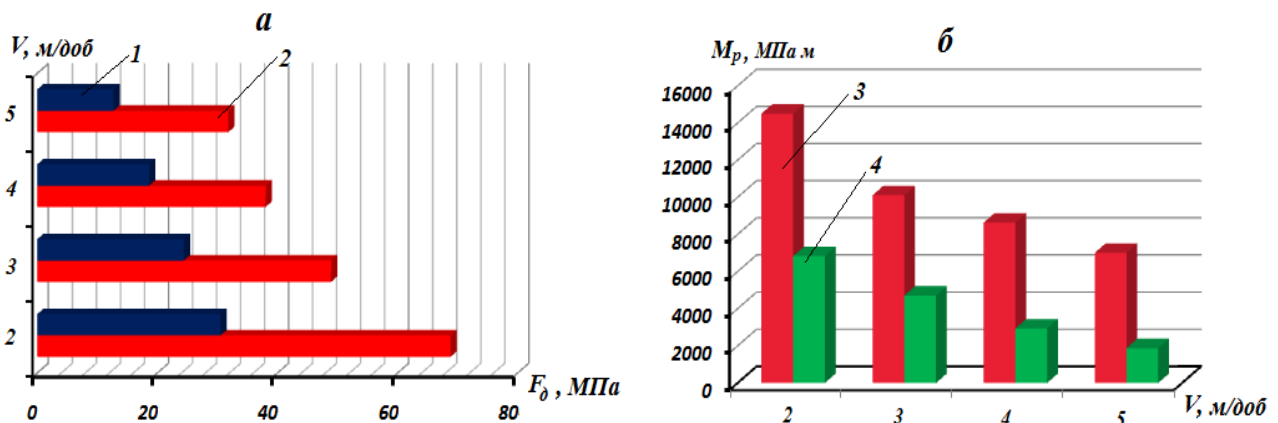


Рис. 4. Графіки зміни додаткових сил навантаження (а) і моменту критичних зміщень (б) породних шарів покрівлі: 2, 3 – породних шарів основної покрівлі потужністю 11 м; 1, 4 – породних шарів безпосередньої покрівлі потужністю 4,9 м

Для обґрунтованості технологічних параметрів очисної виїмки, розраховуються дотичні напруження в шарах порід покрівлі залежно від швидкості посування очисного вибою лави та технологічних параметрів виїмки вугільного пласта. При вийманні вугілля відбувається переміщення максимуму

навантажень опорної зони ближче до очисного вибою (рис. 4), що обумовлює зростання реакцій навантаження у площині вибою.

Дотичні напруження в шарах порід безпосередньої покрівлі залежно від швидкості подачі очисного комбайна та опору кріплення при швидкості посування вибою 5 м/доб призводить до виникнення вертикальної тріщинуватості (рис. 5).

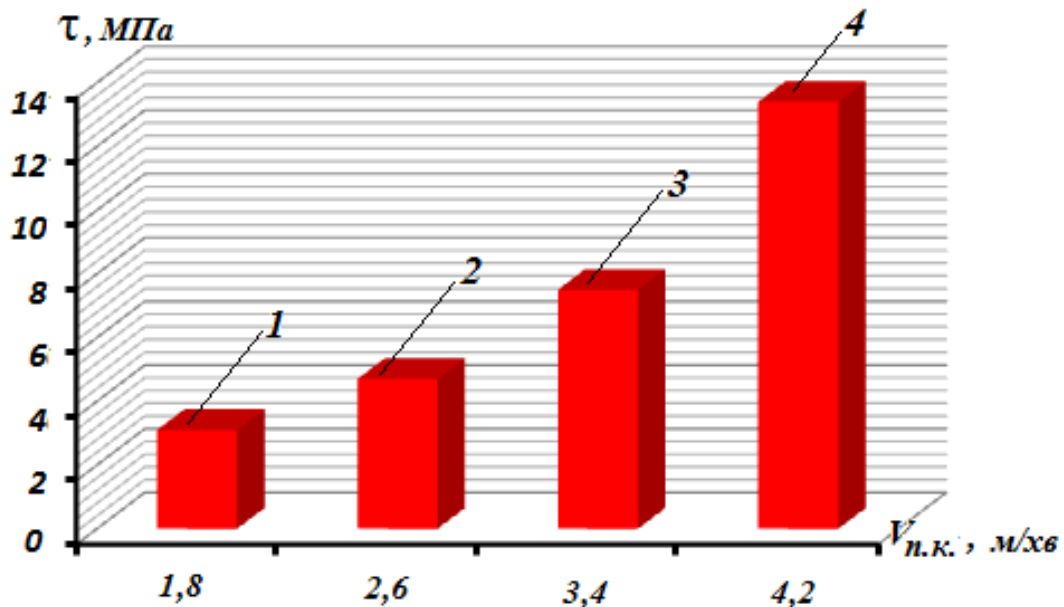


Рис. 5. Залежність зміни дотичних напружень порід безпосередньої покрівлі залежно від швидкості подачі очисного комбайна та реакції опору кріплення:
1 1,95-1,89; 2 1,98-1,92; 3 2 – 1,94; 4 2,5 - 2.2

Оцінюючи міцність порід на сколювання згідно даних рис. 5 при швидкості посування очисного вибою у діапазоні 3,0 – 5,0 м/доб, можна констатувати факт уповільнення утворення техногенних вертикальних тріщин у породних шарах покрівлі. При швидкостях посування вибою 2 м/доб і менше руйнування у породному шарі збільшується.

Згідно даних наведених на рис. 5 дотичні напруження у породних шарах безпосередньої покрівлі потужністю 4,9 м не змінюється в умовах заданої опірності кріплення робочого простору лави. Необхідно зазначити, що уповільнення та відсутність вертикальної тріщинуватості порід покрівлі має місце при швидкості посування вибою 3,0 м/доб та більше. Для запобігання обвалень порід у робочий простір лави при швидкості посування вибою 2,0 м/доб швидкість подачі комбайна не повинна перевищувати 1,0 м/хв.

Зміщення порід основної покрівлі, при веденні очисних робіт, по периметру лави представлені ізолініями на рис. 6.

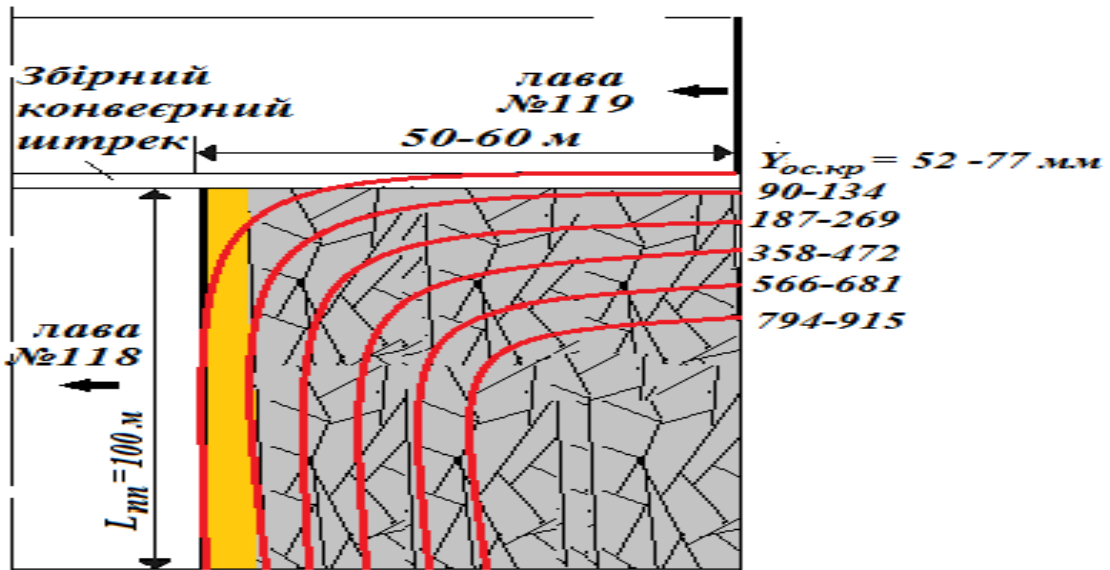


Рис. 6. Ізолінії зміщення породних шарів основної покрівлі на прикладі видобувної ділянки шахти «Степова» ДП «Львівугілля»

Висновок. Аналізуючи результати розрахунку зміщень, які виконані з урахуванням гірничо-геологічних умов та технологічних параметрів ведення очисних робіт у просторі та часі, можна зазначити, що за даних умов адаптивність і керованість геомеханічною ситуацією на видобувній ділянці при видобутку вугільного пласта спареними лавами забезпечується з утриманням відстані між очисними вибоями у діапазоні 50 – 60 м.

Проведена практична перевірка отриманих результатів показала, що несуча здатність елементів підготовчого та очисного кріплення достатні для забезпечення стійкості виробок на час видобування вугілля зі спарених лав на очисній ділянці. Проведені заходи також підтверджують економічну доцільність запропонованих заходів.

Перелік посилань

1. Півняк, Г.Г., Бешта, О.С., Шашенко, О.М., Кузьменко, О.М., Фальштинський, В.С., Табаченко, М.М., Солодянкін, О.В., & Балахонцев, О.В. (2010). *Тенденції розвитку технологій та систем енергозбереження при видобуванні енергетичної сировини*. Національний гірничий університет.
2. Дичковський, Р.О. (2009). *Високомеханізоване виймання тонких вугільних пластів в зонах структурних змін гірського масиву Львівсько-Волинського басейну*. Національний гірничий університет.
3. Abramkin, N.I., Dorodnyi, A.V., & Bukharbaiev, I.U. (2019). Analysis of the integrated technology of high-performance development of reserves of excavation sites of coal mines. *Ugol*, (1-2019(1114)), 40-45.
<http://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-1-40-45>
4. Prusek, S., Lubosik, Z., Rajwa, S., Walentek, A., & Wrana, A. (2017). Geotechnical monitoring of rock mass and support behaviour around the UCG georeactor: Two case studies in Polish coal mining industry. *International Conference on Ground Control in Mining*, 321-328.

5. Півняк, Г.Г., Бешта, О.С., Пілов, П.І, Кузьменко, О.М., Шкрабець, Ф.П., Табаченко, М.М., Фальштинський, В.С., Саллі, С.В., Остапчук, О.В., Пілова, К.П., Ковров, О.С., Авдющенко, А.С., & Чуріканова О.Ю. (2011). *Екологічна та економічна складові використання геотехнічних систем України*. Національний гірничий університет.
6. Falshtynskiy, V.S., Dychkovskiy, R.O., Saik, P.B., Lozynskiy, V.H., & Cabana, E.C. (2017). Formation of thermal fields by the energy-chemical complex of coal gasification. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 36-42.
7. Hoek E. (1987). *Practical Rock Engineering*. Institution of Mining and Metallurgy.
8. Pivnyak, G., Dychkovskiy, R., Smirnov, A., & Cherednichenko, Y. (2013). Some aspects on the software simulation implementation in thin coal seams mining. *Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems*, 1-10.
<https://doi.org/10.1201/b16355-2>
9. Dychkovskiy, R., Falshtynskiy, V., Ruskykh, V., Cabana, E., & Kosobokov, O. (2018). A modern vision of simulation modelling in mining and near mining activity. *E3S Web of Conferences*, (60), 00014.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000014>
10. Falshtynskiy V, Dychkovskiy R, Lozynskiy V, Saik P. (2015). Analytical, laboratory and bench test researches of underground coal gasification technology in National Mining University. *New Developments in Mining Engineering*, 97-106.
11. Pivnyak, G., Dychkovskiy, R., Bobyliov, O., Cabana, E. C., & Smoliński, A. (2018). Mathematical and Geomechanical Model in Physical and Chemical Processes of Underground Coal Gasification. *Solid State Phenomena*, 277, 1–16.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.277.1>
12. Дичковський, Р.О. (2013). *Наукові засади синтезу технологій відобування вугілля із тонких та надтонких пластів у слабометаморфізованих породах працювання*. Національний гірничий університет.
13. Pivnyak, G.G., & Shashenko, O.M. (2015). Innovations and safety for coal mines in Ukraine. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (6), 118-121.
14. Dychkovskiy, R., Vladyko, O., Maltsev, D., & Cáceres Cabana, E. (2018). Some aspects of the compatibility of mineral mining technologies. *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, 33(4), 73-82.
<https://doi.org/10.17794/rgn.2018.4.7>
15. Lozynskiy, V., Dychkovskiy, R., Saik, P., Falshtynskiy, V. (2018). Coal Seam Gasification in Faulting Zones (Heat and Mass Balance Study). *Solid State Phenomena*, (277), 66-79.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.277.66>
16. Falshtynskiy, V., Lozynskiy, V., Saik, P., Dychkovskiy, R., & Tabachenko, M. (2016). Substantiating parameters of stratification cavities formation in the roof rocks during underground coal gasification. *Mining of Mineral Deposits*, 10(1), 16–24.
<https://doi.org/10.15407/mining10.01.016>
17. Dychkovskiy, R., Avdiushchenko, A., Lozynskiy V. (2017) Some Economic Indicators of Coal Mining from Thin Seams. *Trans Tech Publication Ltd: Advanced Engineering Forum: Sustainable Development of Industrial Regions*, 13-21. Retrieved from <https://www.scientific.net/AEF.22.13>
18. Dychkovskiy, R.O., Lozynskiy, V.H., Saik, P.B., Dubiei, Y.V., Cáceres Cabana, E., & Shavarskiy, I.T. (2019). Technological, lithological and economic aspects of data geometrization in coal mining. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 22-28.
<https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-5/4>
19. Dychkovskiy, R., Shavarskiy, I., Saik, P., Lozynskiy, V., Falshtynskiy, V., & Cabana, E. (2020). Research into stress-strain state of the rock mass condition in the process of the operation of double-unit longwalls. *Mining of Mineral Deposits*, 14(2), 85-94.
<https://doi.org/10.33271/mining14.02.085>
20. КД 12.01.201-98 «Технологические схемы разработки пологих пластов на шахтах Украины, Додаток А (1998).

21. Shavarskyi, I. (2020). The issue of ensuring the sustainability of preparatory workings in the development of coal seams by double-unite wallfaces. *Journal of Donetsk Mining Institute*, (1), 128–139.
<https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-1-128-139>

АННОТАЦИЯ

Цель. На основе проведенного анализа установлены зависимости, учитывающие напряженность горного массива с целью установления рациональных параметров секций механизированной крепи при работе двух спаренных рядов.

Методика исследований заключается в анализе, систематизации имеющегося опыта концентрации очистных работ на шахтах, разрабатывающих уголь на пластах мощностью до 1,5 м; в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий создается имитационная модель высоконапряженного горного массива с использованием пакета прикладных программ «SolidWorks 2019». На основе полученных приведенных напряжений сформирована геомеханическая модель напряженности горного массива для реальных условий спаренных лав по пласту n_7^H одной из шахт ГП «Львовуголь». Данные результаты дают возможность установить основные принципы управления горным давлением и нагрузку на крепь механизированных комплексов. Это позволяет эффективно обрабатывать запасы угля на соответствующем технико-технологическом и экономическом уровнях.

Результаты исследования. Рассмотрено современное состояние и возможности концентрации очистных работ на шахтах Украины; методы, системные информационные продукты и подходы по установлению напряжений в горном массиве. Разработана модель поведения горного массива при отработке участка шахтного поля спаренными очистными забоями. Установлены основные деформационные характеристики поведения горного массива в зависимости от горно-геологических условий залегания и горнотехнических параметров процесса добычи угля. Предложены направления совершенствования технико-технологического обеспечения и особенности выполнения крепления в очистных забоях.

Научная новизна. Отражены системные связи между отдельными источниками напряженности для выбора целесообразных способов управления горным давлением при отработке угля на пластах до 1,5 м спаренными очистными забоями в конкретных горно-геологических условиях шахты ГП «Львовуголь».

Практическое значение. При помощи пакета прикладных информационных программ «SolidWorks 2019» создана имитационная модель участка шахтного поля с двумя спаренными лавами, проведена оценка напряженно-деформированного состояния горного массива, что позволило предложить рациональные параметры ведения горных работ и эффективно управлять горным давлением для шахтного участка Львовско-Волынского угольного бассейна.

Ключевые слова: угольный пласт, спаренная лава, обработка данных, пакет информационных программ, имитационная модель, оценка напряженно-деформированного состояния горного массива

ABSTRACT

Purpose. Based on the analysis, the dependences that take into account the intensity of the rock mass in order to establish the rational parameters of the sections of mechanized fastening during the operation of two paired wallfaces.

Research methods are presented in the analysis, systematization of the existing experience of concentration of mining in coal mines on seams with a thickness up to 1.5 m; depending on the geological and mining conditions, a simulation model of the overburden rock mass is proposed using the SolidWorks 2019 application package. Based on the obtained reduced stresses, a geomechanical model of the rock mass was formed for the real conditions of paired lavas in the n_7^n seams in the mine of the SE "Lvivuhilla". These results make it possible to establish the basic principles of rock pressure control and the load on the lining of mechanized complexes. This allows you to efficiently develop coal reserves at the appropriate technical, technological and economic levels.

Findings. The current state and possibilities of concentration of mining at mines of Ukraine are considered; also as methods, system information products and approaches to setting stresses in the rock mass. A model of the rock mass behavior during extracting the mine field by paired wallfaces has been developed. The main deformation characteristics of the rock mass management depending on the mining and geological conditions of occurrence and mining parameters of the coal mining process are established. The directions of improvement of technical and technological maintenance and features of execution of fastening in wallfaces are offered.

Scientific originality. System influence between separate sources of stresses for a choice of expedient ways of management of rock pressure at extraction the coal seams to 1,5 m by paired wallfaces in concrete mining and geological conditions of mine of SE "Lvivuhilla" are reflected.

Practical implications. With the help of the package of applied information programs "SolidWorks 2019" a simulation model of the minefield with two paired wallfaces was created, the stress-strain state of the rock mass was assessed, which allowed to offer rational parameters of mining operations and effectively manage rock pressure for mining and geological conditions on the mines of the Lviv-Volyn coal deposit.

Keywords: *coal seam, paired wallface, data processing methods, information application package, simulation model, assessment of stress-strain state of the rock mass.*