

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

ШАВАРСЬКИЙ ЯРОСЛАВ ТЕОДОЗІЙОВИЧ

УДК 622.272.2: 622.833.5

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ
ПРОЦЕСІВ ВИДОБУВАННЯ ВУГІЛЛЯ З ВЕЛЬМИ
ТОНКИХ ПЛАСТІВ**

Спеціальність 05. 15. 02 - Підземна розробка родовищ корисних копалин

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі гірничої інженерії та освіти в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпро).

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри гірничої інженерії та
освіти Національного технічного
університету «Дніпровська політехніка»
Міністерства освіти і науки України
(м. Дніпро)

**ДИЧКОВСЬКИЙ
Роман
Омелянович**

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри розробки родовищ
корисних копалин Державного вищого
навчального закладу «Донецький
національний технічний університет»
Міністерства освіти і науки України
(м. Покровськ)

**САХНО
Іван
Георгійович**

кандидат технічних наук, директор
Шахтоуправління імені Героїв Космосу
ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» ТОВ
«ДТЕК Енерго» (м. Павлоград)

**СНІГУР
Василь
Григорович**

Захист відбудеться «12» травня 2021 р. об 14-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19, тел. (0562) 47-24-11).

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19).

Автореферат розісланий «09» квітня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент

М.В. Петльований

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Сучасний стан паливно-енергетичного комплексу України, зокрема вугільної галузі, у зв'язку з проблемами, що склалися через ускладнення гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов, застосування морально застарілої техніки, спонукає до пошуку нових техніко-технологічних удосконалень ведення процесів вуглевидобутку. Виникає необхідність у розширенні загальних уявлень про напружено-деформований стан гірського масиву при інтенсифікації процесів видобування вугілля. Наявна політична ситуація в Україні та виведення із експлуатації вугільних гірничодобувних підприємств вимагає переосмислення підходів до гірничошахтної діяльності України. Причому старіння наявного гірничодобувного фонду та інші загальновідомі об'єктивні фактори вимагають здійснення переоснащення нині діючих шахт гірничодобувною технікою нового технічного рівня та застосування відповідних технологій забезпечення гірничодобувних процесів.

Наявна економічна ситуація, що склалася на шахтах України, також спонукає до пошуку внутрішніх резервів для підвищення ефективності гірничодобувних робіт. Така ситуація спостерігається на шахтах державної форми власності. На таких підприємствах нині спостерігається суттєва нестача фінансування із державного бюджету. Відповідно, це унеможливує закупку нової техніки та оновлення парку механізованих комплексів. Тому виникає необхідність переорієнтувати функціонування шахт, виходячи із принципів інтенсифікації та концентрації робіт. Роботи проводяться з використанням наявної техніки з метою максимального зниження затрат на виконання основних та супутніх операцій. Усе це спрямовано на зниження собівартості видобування кінцевої продукції та підвищення її ціни на ринку.

Саме до таких підприємств відносяться шахти західного регіону нашої країни. Тут забезпечують видобування вугілля шахти двох державних підприємств: ДП «Львіввугілля» та ДП «Волиньвугілля». Нині фактично усі підприємства на цих теренах, незважаючи на наявність запасів, знаходяться у стагнації. Відсутність дієвих рішень з реструктуризації їх діяльності може призвести до повного згорання роботи уже найближчим часом.

Відповідно, актуальним повстає питання інтенсифікації процесів вуглевидобування при обґрунтуванні відповідного технологічного забезпечення та ув'язці усіх ланок супутніх процесів гірничодобувної діяльності на тих шахтах, які мають відповідні гірничо-геологічні запаси та можливості перспективності розвитку. Такий досвід може слугувати прикладом для інших шахтарських регіонів, де іде згорання гірничодобувної діяльності. Тому обґрунтування параметрів концентрації процесів вуглевидобутку на основі встановлення закономірностей зміни напружено-деформованого стану гірського масиву є актуальним науковим завданням та вимагає нагального вирішення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» та кафедрі підземної розробки родовищ корисних копалин Криворізького національного університету згідно із Національним планом дій в галузі енергетики до 2030 р. № 687, скоригованим і затвердженим Міністерством енергетики та вугільної промисловості України в 2018 р. Він містить результати досліджень згідно із планом найважливіших держбюджетних робіт Міністерства освіти і науки України у 2017 – 2021 рр. (ГП – 489 «Наукові основи формування єдиної системи збереження та генерації енергії об'єктів паливно-енергетичного комплексу України» (№ ДР 0117U001127), ГП-503 «Геотехнологічні основи формування енергохімічних комплексів вугледобувних регіонів» (№ ДР 0120U102084) та господарчих договорів на замовлення закордонного бізнесу, що виконувалися у НТУ «Дніпровська політехніка» на період 2016 – 2017 рр. (ВФ-15 «Аналіз можливостей для експлуатації вугільних шахт у визначених гірничо-геологічних умовах і відповідність сертифікаційних центрів України стандартам ЄС», ВФ-16 «Нормування згідно стандартів ЄС елементів кріплення, що формують крок встановлення рам дільничних підготовчих виробок в зонах стабільної геодинамічної активності») та ліцензійного договору ПЛ – 10 від 15.02.2019 р.

Мета роботи – обґрунтування параметрів технології видобування вугілля з урахуванням закономірностей зміни напружено-деформованого стану гірського масиву при стовповій системі розробки вугільного пласта спареними лавами.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені наступні завдання.

1. Виконати аналіз сучасного стану гірничодобувних підприємств та їх ролі у розвитку паливно-енергетичного комплексу України.

2. Розробити методику дослідження параметрів концентрації гірничих робіт на пологих пластах.

3. Обґрунтувати характер зміни напружено-деформованого стану гірського масиву при стовповій системі розробки вугільного пласта спареними лавами.

4. Встановити закономірності силових та деформаційних параметрів навантаження механізованого кріплення при роботі спарених лав.

5. Розробити рекомендації щодо раціональних параметрів ведення гірничих робіт та способів управління покрівлею при концентрації гірничих робіт.

6. Обґрунтувати техніко-економічну ефективність запропонованих рішень на прикладі шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну.

Ідея роботи полягає у врахуванні закономірностей зміни напружено-деформованого стану гірського масиву для обґрунтування технологічних параметрів інтенсифікації процесів видобування вугілля при стовповій системі розробки спареними лавами.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси видобутку вугілля при стовповій системі розробки спареними лавами.

Предмет дослідження – закономірності формування напружено-деформованого стану гірського масиву при знаходженні очисних вибоїв в одній площині з подальшим об'єднанням їх фронтальних зон опорного тиску.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань у роботі використано комплексний підхід, що містить у собі аналіз і узагальнення наукових праць та розробок у досліджуваній області, загальні та фундаментальні положення механіки гірських порід, аналітичні й експериментальні методи визначення технологічних параметрів, розрахунків і аналіз напружено-деформованого стану (НДС) породного масиву чисельними методами, економіко-математичне моделювання з використанням пакета прикладних програм.

Наукові положення, що виносяться на захист.

1. Максимум загальних напружень опорної зони (σ_{maxi}) за довжиною виймального стовпа змінюється за логарифмічною залежністю від половини довжини спарених лав (dl_0). Це дає можливість отримати дані про характер розподілу напружень попереду очисних вибоїв при їх положенні 0-0 (здвоєна лава), що забезпечить безаварійну роботу спарених лав при примусовій їх зупинці.

2. Напіввідстань між двома спареними очисними вибоями (l), яка є мірилом впливовості геомеханічної системи, описується багатозмінною функцією впливових чинників ($f(x)$, $f(m, j, \gamma, \sigma)$) та формує окремі сектори характерних напружено-деформованих характеристик гірського масиву, які при виведенні із статичної рівноваги гірничими роботами перетворюються у кінетичну енергію навантажень на кріплення підготовчих виробок. Це дає можливість встановлювати зони вздовж підготовчих виробок з відповідними силовими характеристиками кріплення для ефективного управління гірським тиском при концентрації очисних робіт одночасною роботою двох спарених лав.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

– уперше отримано залежності зміни напруженості гірського масиву з врахуванням параметрів очисної дільниці та технічних можливостей обладнання механізованих комплексів при роботі спарених лав;

– уперше встановлено залежності зміни величини напружень вздовж виймальних стовпів, встановлено характерні зони їх формування залежно від просторового розташування окремих очисних вибоїв;

– виявлено характерні зони прояву гірського тиску вздовж підготовчої виробки, що забезпечується транспортною та вентиляційною мережею для двох одночасно відпрацьованих лав;

– встановлено характер переміщень бічних порід у просторі та часі при концентрації очисних робіт на окремих ділянках шахтних полів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується коректною постановкою й рішенням задач із використанням положень механіки гірських порід, будівельної механіки,

порівнянням аналізів з нормативними документами й результатами досліджень опускання порід в очисних вибоях, проведенням обчислювальних експериментів на науково-обґрунтованих моделях методом скінченних елементів і порівнянням з аналітично-розрахунковими методами з урахуванням емпіричних залежностей, отриманих експериментальним шляхом і підтверджених науковими роботами багатьох авторів, де розбіжність складає 10 – 15%.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану гірського масиву та характеру об'єднання фронтальних зон опорного тиску та боків підготовчих виробок за довжиною виймального стовпа при стовповій системі розробки вугільного пласта спареними лавами.

Практичне значення отриманих результатів полягає у такому:

- обґрунтовано раціональну ув'язку технологічних параметрів, силових характеристик кріплення механізованих комплексів та підготовчих виробок;

- розроблено рекомендації щодо техніко-технологічного удосконалення видобування вугілля із вельми тонких вугільних пластів на шахтах ДП «Львіввугілля» при концентрації очисних робіт та одночасній роботі декількох очисних вибоїв;

- внесено доповнення до методики аналітичного визначення характеру зміни геометричних параметрів дільниць при застосуванні технологій виймання малопотужних запасів вугілля;

- розроблено математичний механізм із встановлення зональності та оцінки напружено-деформованого стану при відпрацюванні вугілля вельми тонких пластів спареними лавами;

- розроблено нові технологічні та конструктивні рішення, які дозволяють більш повно та ефективно використовувати механізовані комплекси в умовах підвищених навантажень при роботі спарених лав.

- сформовано параметри управління гірським тиском, виходячи із варіативності напружень в зоні впливу очисних та підготовчих виробок.

Реалізація результатів роботи. Отримані результати введено у розробку технологічних проєктів виймання вугілля механізованими комплексами (паспорти очисних вибоїв) на шахтах ДП «Львіввугілля», що дозволило провести концентрацію очисних робіт у вигляді одночасної роботи декількох очисних вибоїв у межах окремої ділянки шахтного поля. Це дало можливість забезпечити економічно доцільні розміри спарених лав, повноту видобування вугілля, знизити його собівартість на 6 – 11%, підвищити ефективність використання гірничодобувного обладнання та підвищити техніку безпеки в очисному вибої.

Особистий внесок автора полягає у формулюванні мети і завдань, об'єкта і предмета досліджень, ідеї роботи і наукових положень, аналізу особливостей інтенсифікації гірничих робіт при роботі спарених лав, включаючи фізичні та геометричні параметри зони опорного тиску навколо них, розробки геомеханічної симуляційної моделі досліджуваних об'єктів,

аналізу напружено-деформованого стану масиву й обґрунтування схеми кріплення, встановлення нових закономірностей, проведення економіко-математичного аналізу й визначення очікуваного економічного ефекту.

Апробація роботи. Основні наукові результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на всеукраїнських і міжнародних науково-технічних конференціях і форумах: «Форум гірників» (Дніпро, 2017 – 2019); «Фізико-хімічні геотехнології» (Дніпро, 2018 – 2019); Szkoła Eksploatacji Podziemnej (Krakow, Poland, 2017), а також на науково-технічних нарадах шахт ДП «Львіввугілля».

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 15 наукових праць, у тому числі монографія, 5 статей у фахових наукових виданнях з переліку МОН України, 3 статті у виданнях, що індексовані у наукометричній базі даних Scopus та/або Web of Science, патент на корисну модель, 5 публікацій у матеріалах закордонних і всеукраїнських конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 122 найменувань на 14 сторінках, 2 додатків на 19 сторінках. Загальний обсяг дисертації становить 156, зокрема 137 – основний текст, 30 рисунків, 6 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, відображено зв'язок роботи з науковими програмами і темами; сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження, подано наукові положення, наукову новизну та практичне значення роботи, наведено інформацію про особистий внесок здобувача, дані щодо апробації та публікації результатів досліджень.

Перший розділ присвячено проблемам концентрації очисних робіт, управління станом масиву гірських порід при роботі декількох очисних вибоїв оцінки напружено-деформованого стану гірського масиву, якими займалися наукові та інженерно-технічні працівники низки інститутів та виробничих організацій України, країн ближнього та дальнього зарубіжжя. Суттєвим результатом з техніко-технологічного обґрунтування при впровадженні механізованих комплексів нового технічного рівні на одну транспортну та вентиляційну мережу, особливостей ведення очисних та підготовчих робіт з урахуванням просторового розташування окремих очисних вибоїв приділено достатньо уваги в роботах: Авершина С.Г., Батугіної І.М., Білинського О.В., Бондаренка В.І., Бочкарьова А.П., Глазкова Д.Д., Грицко В.П., Зборщика М.П., Зубова В.П., Ликова І.М., Кияшка І.А., Колоколова О.В., Кузьменка О.М., Перепелиці В.Г., Петухова І.П., Протодьяконова М.М., Савостьянова О.В., Сахно І.Г., Снігура В.Г., Халимендика Ю.М., Худіна Ю.Л., Шермана С.І., Яворського В.М. та ін.

На основі проведеного аналізу встановлено, що існуючі методики недостатньо відображають формування напружень у гірському масиві при концентрації гірничих робіт на шахтах із обмеженими запасами вугілля. Складний процес відпрацювання пологих пластів одночасно декількома

очисними вибоями, що забезпечується однією транспортною та вентиляційною системою, вимагає достеменного вивчення напружено-деформованого стану, встановлення силових параметрів механізованих комплексів та підготовчих виробок для забезпечення управління гірським тиском. Вимагає уточнення характер розподілу навантажень при ситуації, коли дві лави формують одну лінію. Крім цього, відсутні надійні методи прогнозу розвитку зони опорного тиску і недостатньо вивчений механізм поведінки порід при зміні відставання очисних вибоїв між собою.

Виходячи з наведеного, очевидним є те, що обґрунтування геомеханічних, технологічних і технічних параметрів взаємодії системи «породний масив – механізоване кріплення» при концентрації процесів видобування вугілля з вельми тонких пластів є актуальним науковим завданням, яке вимагає нагального вирішення для підвищення ефективності роботи, у першу чергу шахт державного сектора України, які розробляють вугілля із вельми тонких пологих пластів.

У другому розділі створено модель формування напружено-деформованого стану гірського масиву при концентрації гірничих робіт декількома очисними вибоями в обмежених геометричних розмірах шахтних полів, вибрано метод розрахунку напружень та методику проведення досліджень.

Заходи щодо ефективності роботи вугледобувних підприємств при інтенсифікації процесів видобутку вугілля спрямовано на застосування нових підходів з визначення раціональних параметрів кріплення підготовчих виробок та оптимальних технологічних і технічних параметрів ведення очисних робіт. З цією метою автором досліджено зміну напружено-деформованого стану гірського масиву навколо гірничих виробок та встановлено зони можливого зрушення гірського масиву.

Дослідженнями гірничо-геологічної документації шахтних полів встановлено зони, у які підпадають під можливість проведення концентрації гірничих робіт. Причому планується застосовувати наявну гірничодобувну техніку, яка є на балансі гірничодобувних підприємств ДП «Львіввугілля», ДП «Волиньвугілля» та інших шахт України, на яких розробляються вельми тонкі пологі пласти.

На основі аналізу програмних комплексів, що є базою числових методів досліджень, для відтворення складних систем гірничого виробництва вибрано програмний продукт SolidWorks. Змодельований гірський масив задавався шарами анізотропних порід, що характеризувалися різними фізико-механічними властивостями та геометричними параметрами.

Автором виділено основні задачі обчислювального експерименту та згруповано їх у чотири етапи. Вони дозволяють проаналізувати результати аналітичних, лабораторних та шахтних досліджень; встановити гірничо-геологічні, гірничо-технічні характеристики ділянки досліджень та фізико-механічні властивості досліджуваної області; побудувати й обґрунтувати параметри геомеханічної моделі «масив-кріплення»; надати практичні

рекомендації щодо виконання гірничих робіт.

Кінцевим результатом застосування програмного продукту SolidWorks стало отримання епюр розподілу полів напружень, переміщень та деформацій в досліджуваній області, встановлення гранично допустимих запасів міцності як гірського масиву, так і елементів кріплення в зоні роботи спарених лав та біля підготовчих виробок, що обслуговують ці очисні вибої.

Загальновідомо, що аналітичне моделювання передбачає певну ідеалізацію умов, замінюючи реальні умови масиву модельованими, з дотриманням принципів статичної, кінематичної та динамічної подібності. Саме тому результати таких досліджень можуть мати допустиму похибку, яка корелюється кількістю проведених досліджень. Відповідно, для визначення реальних параметрів зміни напружено-деформованого стану гірського масиву при концентрації гірничих робіт необхідно виконати перевірку отриманих результатів в натурних умовах за допомогою шахтних експериментів.

У третьому розділі, відповідно до третього та четвертого завдань дослідження, наведено результати з обґрунтування параметрів концентрації гірничих робіт при стовповій системі розробці вугільного пласта спареними лавами шляхом оцінки напруженості ділянки шахтного поля та встановлено закономірності силових та деформаційних параметрів навантаження механізованого кріплення при роботі спарених лав.

Дослідження взаємного впливу спарених лав на гірський масив, перш за все, дозволило визначити оптимальну відстань між лавами, що забезпечує мінімальне та стабільне навантаження на кріплення проміжного штреку. Величина та характер розповсюдження концентрацій напружень гірського тиску при веденні очисних робіт залежить від відстані між лавами, фізико-механічних характеристик гірського масиву, засобів технічного оснащення підготовчих та очисних вибоїв. Для дослідження характеру зміни НДС гірського масиву перед проведенням обчислювального експерименту автором було проаналізовано системи розробки вугілля спареними лавами в умовах ДП «Львіввугілля». Це дало можливість дослідити практичну величину відставання між очисними вибоями з урахуванням гірничо-геологічних та гірничо-технічних факторів.

Аналіз шахтних матеріалів (планів гірничих виробок, паспортів кріплення) при роботі очисних вибоїв у межах шахтних полів шахт «Лісова», «Зарічна», «Степова» та інших дозволив констатувати той факт, що при роботі спарених лав можливе значне випередження одного вибою над іншим. У той же час при ускладненні гірничо-геологічних умов, зміни довжини лави, фізико-механічних властивостей породовугільного масиву та його потужностей можлива ситуація, коли вибої стають в одну площину. Це призводить до негативного впливу як на елементи механізованого кріплення, так до значних деформацій дільничних штреків, що вимагає значних затрат на їх ремонт. Основними незмінними параметрами, що впливають на швидкість ведення очисних робіт, є довжина лави та ширина

захвату вугільного комбайну. Тому при проєктуванні дільничних виробок, при впровадженні системи розробки вугілля спареними лавами, найнеобхіднішим є дотримання, при можливості, однакової довжини лав. Це значно полегшує управління процесами ведення очисних робіт.

Дослідження максимуму загальних напружень опорної зони проводилось у два етапи. На першому етапі була побудована 3D – модель гірського масиву зі змінними величинами відставання між очисними вибоями від 0 до 60 м. Для досліджень були вибрані епюри напруженості гірського масиву в об'ємній постановці. Тому аналізований об'єм гірських порід було апроксимовано за допомогою дискретних елементів довільної форми.

Під час формування моделі та проведення досліджень було зроблено інтерполяцію підпорядкованості основних чинників та встановлено характер їх взаємодії через вузли зв'язку. У практичному аспекті ці вузли становлять вершини об'ємних фігур, за допомогою яких ведеться розбивання вуглевмісної товщі на окремі елементи, як реперні точки при оцінці напруженості досліджуваних площ та об'ємів.

Забезпечення відповідності параметрів та оцінка напруженості поля на основі встановлених приведених напружень (σ_0) показують складність сприйняття візуальної інформації через масштабність отриманих геометричних та фізичних параметрів моделі. Крім цього, проведена перевірка результатів моделювання показала певну невідповідність отриманих результатів поведінки гірського масиву із реальними умовами. Тому було проведено інтерполяцію достовірності кінцевих результатів відповідності об'єктів моделі та натури. З метою інтерполяції даних було застосовано принципи оцінки напруженості гірського масиву на основі шахтних експериментальних досліджень.

Результати проведених досліджень у лаві є порівняльними зі значеннями, що були отримані за першою замірною станцією по довжині виймального стовпа, тому саме зміні напруженості поля під час руху очисних вибоїв була приділена значна увага. Встановлення максимальних загальних напружень у лаві приймалось саме за згаданою першою станцією. Загальна характеристика щодо відстаней замірних станцій по довжині виймального стовпа наступна:

- замірна станція 1 – на рівні очисних вибоїв (максимальні напруження);
- замірна станція 2 – на відстані $1/6 (l_1; +l_2)$ від площини очисного вибою;
- замірна станція 3 – на відстані $1/3 (l_1; +l_2)$ від площини очисного вибою;
- замірна станція 4 – на відстані $2/3 (l_1; +l_2)$ від площини очисного вибою.

З метою візуального представлення досліджуваної області з виокремленням параметрів, котрі необхідно встановити під час оцінки напружено-деформованого стану гірського масиву у конкретних гірничо-геологічних умовах, було наведено ескізне зображення зміни напружень для досліджуваних спарених очисних вибоїв. За основу градієнтних напружень прийнято встановлену на шахті величину $\sigma_{max0} = 190 \text{ тс/м}^2$. Дані абсолютні значення напружень також були отримані практичними

дослідженнями за замірною станцією 4. Це дає можливість вважати, що на цій відстані формується умовна зона стабілізації масиву (рис. 1).



Рисунок 1 – Ескізне відображення спарених очисних вибоїв при положенні 0-0 (здвоєна лава): X_i – змінна величина поширення зони опорного тиску, м; dl_0 – половина довжини спарених лав, м; l_1 ; l_2 – довжини лав; σ_{maxi} – змінна величина максимуму загальних напружень

Виходячи із наведеного зображення (рис. 1) зони формування напружено-деформованого стану можна зробити висновок, що встановлення фізичних та геометричних параметрів зони опорного тиску зводиться до визначення змінних параметрів X_i (величина поширення зони опорного тиску) та σ_{maxi} (величина максимуму загальних напружень) при вхідних сталих сумарних значеннях довжин лав (l_1 ; l_2). При аналізі гірничотехнічної документації встановлено, що довжини лав змінюються від 160 до 210 м. Таким чином, було отримано графік зміни максимуму загальних напружень опорної зони (σ_{maxi}) від половини довжини спарених лав (dl_0), який наведено на рис. 2.

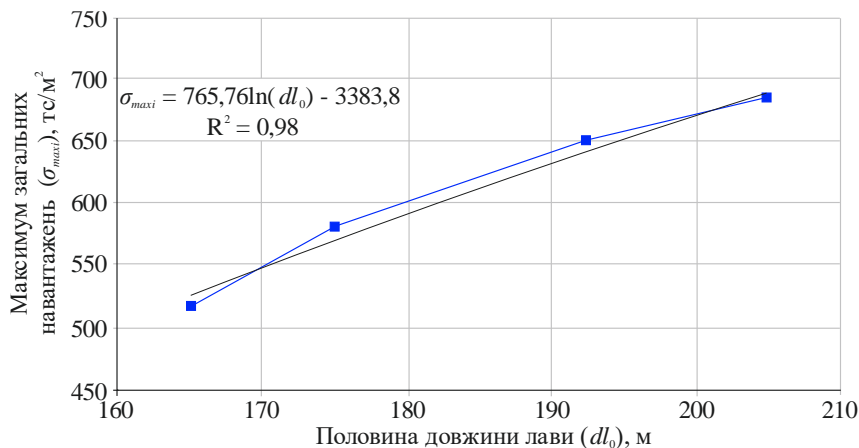


Рисунок 2 – Залежність зміни максимуму загальних напружень опорної зони (σ_{maxi}) від половини довжини спарених лав (dl_0)

На основі проведених досліджень встановлено, що максимум загальних напружень опорної зони (σ_{maxi}) за довжиною виймального стовпа змінюється за логарифмічною залежністю від половини довжини спарених лав (dl_0). Це дає можливість отримати дані про характер розподілу напружень попереду очисних вибоїв при їх положенні 0-0 (здвоєна лава), що забезпечить безаварійну роботу спарених лав при примусовій їх зупинці.

Водночас, аналізуючи поведінки гірського масиву можна, зробити висновок, що суміжний конвеєрний штрек, окрім виконання своїх технологічних функцій, виконує роль додаткової техногенної порожнини, що слугує джерелом розвантаження напружень у вуглепородному масиві для обох очисних вибоїв.

Для візуалізації загальної картини формування зони опорного тиску наведено графічні відображення зміни приведених напружень у згаданих характерних точках (замірних станціях). Оскільки значення напружень за замірною станцією 4 є сталими, то їх немає потреби відображати графічно. Отримані графічні залежності наведено на рис. 3.

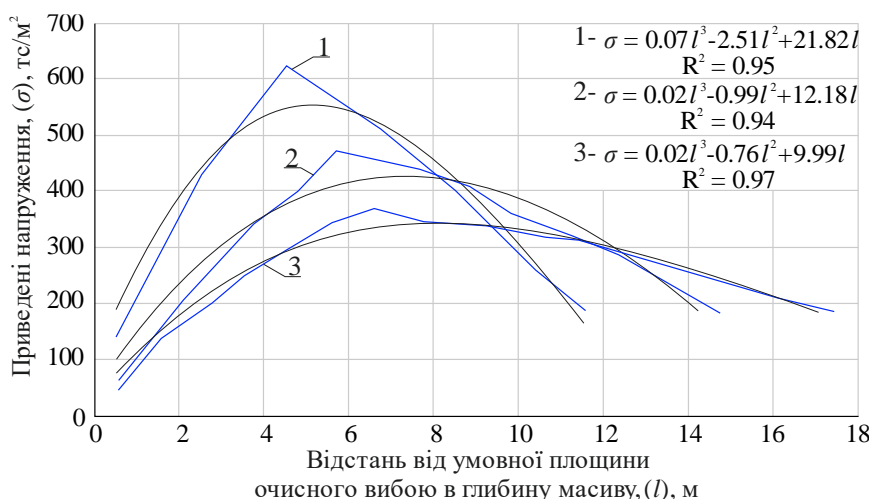


Рисунок 3 – Графічне відображення зміни приведених напружень в зоні опорного тиску спарених очисних вибоїв: 1 – замірна станція 1 (максимальні напруження); 2 – замірна станція 2; 3 – замірна станція 3

Згідно наведених на рис. 3 графіків та виходячи із встановлених залежностей зроблено висновок, що зміна просторового розповсюдження приведених напружень у загальному вигляді представлена поліноміальною залежністю 3-го ступеня:

$$y_i = a_i x^3 - b_i x^2 + c_i x \pm d_i.$$

Виходячи із сформованого розповсюдження поля приведених напружень встановлено формування максимальних напружень при відпрацюванні (рис.4). Для узагальнення отриманих результатів проведено ідеалізацію гірничо-геологічних умов. Прийнято, що наша спарена лава з обох боків знаходиться у незайманому масиві. Відповідно, область значень зміни поля приведених напружень знаходиться у межах: $y_i \in (-\infty; +\infty)$.

Початок зміни напружень від градієнтних відповідно знаходиться у деякій умовній точці простору, яку візьмемо за нульовий відлік. Від цієї точки паралельно лінії очисних вибоїв було проведено вісь абсцис. По осі ординат представлено абсолютні величини зміни приведених напружень. Відповідно на встановленій відстані від 0 (X_i) на відстань L_1 відбувається зростання напружень до максимуму (σ_{max}), далі (проміжок $L_1 - L_2$) – їх стабілізація та спадання до градієнтних (проміжок $L_2 - L_3$).

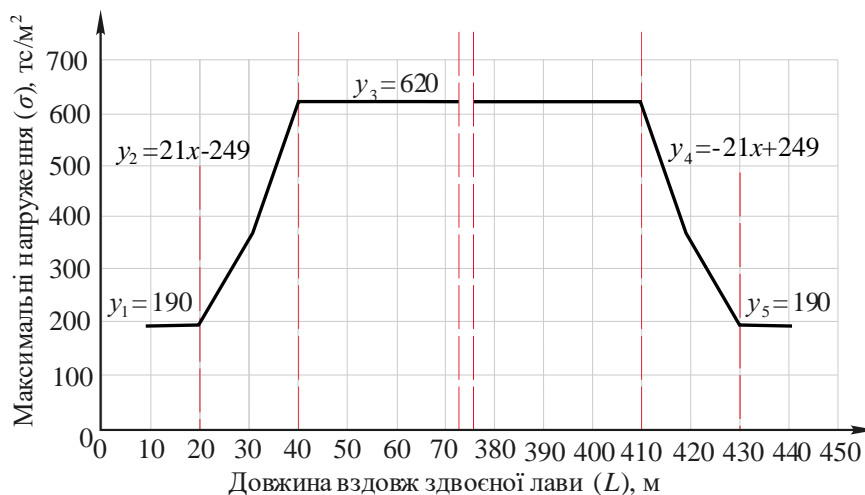


Рисунок 4 – Гістограма просторової зміни приведених напружень в зоні впливу спарених лав

У загальному вигляді зміну напруженості поля двох здвосних лав можна представити у вигляді наступних залежностей:

$$y_1 = k\gamma H \text{ при } y \in (-\infty; 0]$$

$$y_2 = aX + b \text{ при } y \in (0; L_1]$$

$$y_3 = y_{max} = \sigma_{max} \text{ при } y \in [L_1; L_2)$$

$$y_4 = -aX + b \text{ при } y \in [L_2; L_3]$$

$$y_5 = k\gamma H \text{ при } y \in (L_3; +\infty),$$

де $k\gamma H$ – величина градієнтних напружень, тс/м²; a , b – значення емпіричних коефіцієнтів, що характеризують гірничо-геологічну та техніко-технологічну ситуацію досліджуваних ділянок.

Встановлено, що максимум приведених напружень опорної зони спарених очисних вибоїв секторально змінюється за лінійними залежностями вздовж умовної лінії, що умовно розташовується паралельно лінії очисних вибоїв, при цьому вони характеризуються поступовим їх зростанням вздовж виймального стовпа, стабілізацією вздовж лав та поступовим спаданням у міру віддалення від очисних вибоїв.

У результаті проведених досліджень встановлено, що напіввідстань між двома спареними очисними вибоями (l) описується багатозмінною функцією впливових чинників ($f(x)$, $f(m, j, \gamma, \sigma)$) та формує окремі сектори характерних напружено-деформованих характеристик гірського масиву,

які при виведенні зі статичної рівноваги гірничими роботами перетворюються на кінетичну енергію навантажень на кріплення підготовчих виробок. Це дає можливість встановлювати зони вздовж підготовчих виробок із відповідними силовими характеристиками кріплення для ефективного управління гірським тиском при інтенсифікації процесів ведення очисних робіт одночасною роботою двох спарених лав.

У четвертому розділі, відповідно до поставленої п'ятого та шостого завдань дослідження, розроблено рекомендації щодо раціональних параметрів ведення гірничих робіт та способів управління покрівлею при концентрації гірничих робіт при стовповій системі розробки вугільного пласта спареними лавами, обґрунтовано техніко-економічну ефективність запропонованих рішень на прикладі шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну.

На основі аналізу розподілу та зміни нормальних та критичних навантажень в аномальних зонах навколо виробок та в надвугільній товщі видобувної ділянки спареними лавами нормальні умови ведення очисних робіт забезпечуються при відстані між лавами у діапазоні 50 – 60 м. При зменшенні відстані між очисним вибоями (< 20 м) 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.

На прикладі шахти «Степова» ДП «Львіввугілля» при відстані між лавами не менше 50 м, проведено дослідження зі зміщення шару пісковика ($R_c = 5435$ тс/м², основна покрівля) потужністю 11 м, що визначає стан нижнього шару аргіліту ($R_c = 2335$ тс/м², безпосередня покрівля) потужністю 4,9 м при довжині спарених лав (185 м, 200 м) та швидкості посування очисних вибоїв у діапазоні 4,4 – 5 м /доб (рис. 5.)

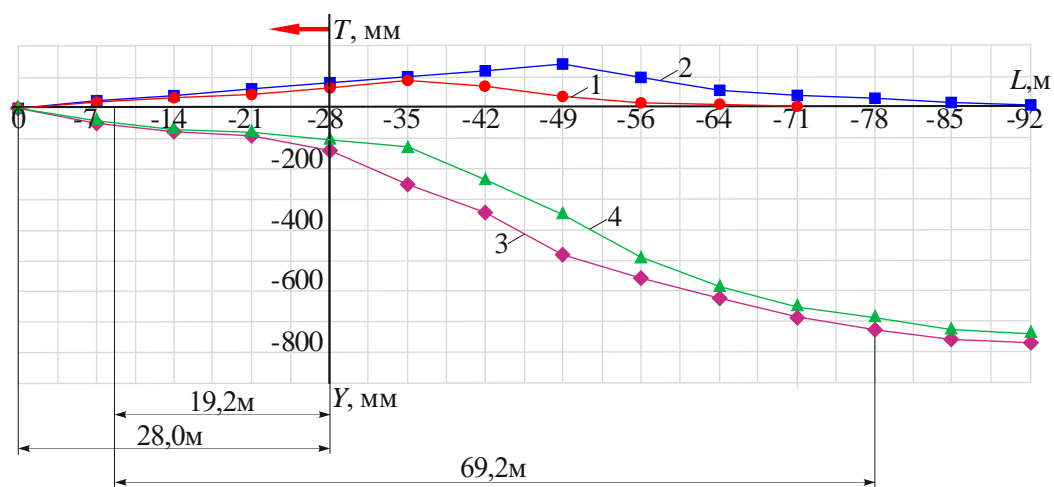


Рисунок 5 – Зміщення та горизонтальні переміщення породних шарів основної (2, 4) та безпосередньої покрівлі (1, 3) у діапазоні швидкостей посування очисного вибою 4,4 та 5,0 м/доб

Аналізуючи рис. 5 необхідно зазначити, що опускання та горизонтальні переміщення породних шарів покрівлі в опорній зоні та у площині очисного вибою практично однакові. У робочому та виробленому просторі лави за рахунок відмінності показників вертикальних зміщень між породними шарами покрівлі спостерігається їх розшарування і утворення порожнин. Водночас 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 пісковика (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 зі зростанням виробленого простору спарених лав над видобувним комплексом.

На основі отриманих результатів досліджень розроблено рекомендації до ведення очисних робіт з урахуванням гірничо-геологічних умов та гірничотехнічних умов відпрацювання вугільного пласта спареними очисними вибоями:

- відстань між спареними очисними вибоями необхідно витримувати у діапазоні 50 – 60 м;

- швидкість посування очисних вибоїв повинна бути у діапазоні 4,0 – 5,0 м/доб;

- за нормальних умов виймання вугільного пласта впродовж п'яти циклів після посадки безпосередньої покрівлі, при швидкості посування очисного вибою 4,0 м/доб та швидкості подачі очисного комбайна 2,0 м/хв в умовах зростання критичних навантажень в породах покрівлі при вийманні шостої полоси і подальшої аж до чергової посадки безпосередньої покрівлі, швидкість подачі комбайна не повинна бути більше 2,0 м/хв;

- при швидкості посування очисного вибою лави 2 м/доб опір секції кріплення не повинен перевищувати 18,4 тс/м², при критичних навантаженнях він зростає до 27,5 тс/м². Так як критичні навантаження у породах покрівлі періодично повторюються, опір секції кріплення не повинен перевищувати 32,1 тс/м²;

- при швидкості посування очисного вибою менше 3,0 м/доб швидкість подачі очисного комбайна треба приймати у діапазоні 1,8 – 2,4 м/хв;

- для ліквідації негативних геодинамічних явищ у породах покрівлі при зменшенні швидкості до 2,6 м/доб, або простоях тривалістю до 8 год і більше, очисні вибої слід розташувати під кутом 20 – 26° до осі виїмкового штреку.

Економічна ефективність запропонованих технічних рішень розраховувалась на основі порівняльного аналізу стовпових систем розробки ділянки вугільного родовища при відпрацюванні його одиночними та спареними лавами.

У загальному значенні економічний ефект можна виразити функцією:

$$E = f(C, B, Z),$$

де C – витрати на проведення підготовчих виробок, тис. грн; B – економічний ефект від реалізації видобутого вугілля, тис. грн; Z – витрати на підтримання підготовчих виробок, тис. грн.

На основі проведеної економічної оцінки прийнятих рішень встановлено:

– при стовповій системі розробки вугільного пласта спареними лавами вартість проведення підготовчих виробок порівняно з розробкою одиночними лавами, рознесеними у просторі, зменшується на 25 %;

– витрати на підтримання підготовчих виробок при стовповій системі розробки вугільного пласта спареними лавами порівняно з розробкою одиночними лавами, рознесеними в просторі з погашенням двох підготовчих, зменшується на 50 %;

– економічний ефект при роботі спарених лав порівняно з одиночними при погашенні двох підготовчих виробок складає +140,0 млн грн, при погашенні усіх підготовчих виробок + 41,0 млн грн.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі встановлених нових закономірностей зміни напружено-деформованого стану гірського масиву при стовповій системі спареними лавами вирішено нове актуальне наукове завдання з обґрунтування технологічних параметрів концентрації гірничих робіт. Це є важливим науково-практичним результатом для ефективного відпрацювання вугільних запасів на пологих пластах.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. Виконано аналіз сучасного стану гірничодобувних підприємств та їх ролі у розвитку паливно-енергетичного комплексу України. Встановлено, що відсутність наукового обґрунтування з підвищення ефективності процесу вуглевидобування при концентрації гірничих робіт шляхом відпрацювання шахтного поля спареними лавами потребує додаткового вивчення.

2. Запропоновано комплексний підхід щодо застосування методик з дослідження процесу вуглевидобування при концентрації гірничих робіт, що дозволяє визначити особливості впливу параметрів роботи спарених лав на напружено-деформований стан гірського масиву.

3. Встановлено, що при знаходженні очисних вибоїв в одній площині відбувається об'єднання їх фронтальних зон опорного тиску та боків підготовчих виробок. Максимум загальних напружень опорної зони (σ_{maxi}) за довжиною виймального стовпа змінюється за логарифмічною залежністю від половини довжини спарених лав (dl_0). Це дає можливість отримати дані про характер розподілу напружень попереду очисних вибоїв

при їх положенні 0-0 (здвоєна лава), що забезпечить безаварійну роботу спарених лав при примусовій їх зупинці. При цьому суміжний штрек окрім виконання своїх технологічних функцій виконує роль додаткової розвантажувальної техногенної порожнини.

4. Зміна фізичних та геометричних параметрів зони опорного тиску характеризується змінними параметрами X_i (величина поширення зони опорного тиску) та σ_{maxi} (величина максимуму загальних напружень) при вхідних сталих сумарних значеннях довжин лав (l_1, l_2). Це дає можливість спрогнозувати положення очисного вибою за довжиною виймального стовпа та забезпечити безаварійну роботу спарених лав при примусовій зупинці.

5. Напіввідстань між двома спареними очисними вибоями (l) описується багатозмінною функцією впливових чинників ($f(x), f(m, j, \gamma, \sigma)$). Вона формує окремі сектори характерних напружено-деформованих характеристик гірського масиву, які при виведенні зі статичної рівноваги гірничими роботами перетворюються у кінетичну енергію навантажень на кріплення підготовчих виробок. Це дає можливість встановлювати зони вздовж підготовчих виробок із відповідними силовими характеристиками кріплення для ефективного управління гірським тиском при концентрації очисних робіт одночасною роботою двох спарених лав.

6. Розроблено рекомендації щодо раціональних параметрів ведення гірничих робіт та способів управління покрівлею при концентрації гірничих робіт. Це дозволяє обґрунтувати застосування конструкцій і схем установки комбінованих способів тимчасового кріплення й охорони підготовчих виробок виїмкової ділянки при сполученні штреку і лави у лавовій зоні сполучення, виробленому просторі лави у зоні дії консолі зависання породних шарів покрівлі. Застосування цих впроваджень дає можливість мінімізувати вплив геомеханічних параметрів на стійкість і роботоздатність видобувної ділянки при стовповій системі розробки пласта за простяганням спареними лавами.

7. Економічний ефект при роботі спарених лав порівняно з роботою двох одиночних при погашенні двох (усіх) підготовчих виробок складає +140,0 (+41,0) млн грн.

Основні положення і результати дисертації опубліковані роботах:

1. Костенко, В.К., Бузило, В.І., Павличенко, А.В, Шаварський, Я.Т. (2014). Прогнозування газодинамічного стану гірського масиву при розробці вугільних родовищ: монографія. Д.: ТОВ «Літограф», 228 с.

2. 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>

3. Шаварський, Я.Т. (2020). До питання підвищення ефективності роботи очисних виробок на пологих пластах. Збірник наукових праць Національного гірничого університету, (61), 66-77. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/61.066>

4. Шаварський, Я.Т. (2020). Щодо питання забезпечення стійкості підготовчих виробок при розробці вугільного пласта спареними лавами. Вісті

Донецького гірничого інституту, (1), 128-139. <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-1-128-139>

5. Dychkovskiy, R.O., Lozynskiy, V.H., Saik, P.B., Dubiei, Y.V., Cabana, E.C., & Shavarskiy, Ia.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>

6. Dychkovskiy, R., Shavarskiy, J., Cabana, E. C., & Smoliński, A. (2019). Characteristic of Possible Obtained Products during the well Underground Coal Gasification. *Solid State Phenomena*, 291, 52-62. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.291.52>

7. Полулях, О.Д., Нищеряков, А.Д., Берлін, А.М., Шаварський, Я.Т., Ількевич, Ю.В. (2013) Дослідження на експериментальній вакуумно-пневматично-трибогравітаційній установці збагачення рядового вугілля шахти «Степова» ДП «Львіввугілля». *Збагачення корисних копалин*, 54 (95), 2013. 108-117.

8. Полулях, О.Д., Шаварський, Я.Т. (2013). Результати досліджень збагачення класу 6-13 мм рядового вугілля шахти «Степова» ДП «Львіввугілля» методом вакуумно-пневматичної сепарації. *Збагачення корисних копалин*. 55 (96), 67-70.

9. Полулях, О.Д., Нищеряков, А.Д., Мехальчишин, В.С., Шаварський, Я.Т., Наливайко, І.С., Патракеєв, В.М. (2013). Технологічні дослідження зниження зольності рядового вугілля шахт ДП «Львіввугілля» на вакуумно-пневматично-трибогравітаційній установці шахти «Степова». *Збагачення корисних копалин*, 54 (95), 99-108.

10. Пат. на корисну модель 87682 UA Україна. Спосіб сухого збагачення вугілля, Шаварський Я.Т. – № U2013 11642 ; заявл. 2.10.2013.

11. Shavarskiy, Ja. (2020). Double-unit longwalls as the method for mining concentration. *Materials of the International Scientific and Practical Conference «Physical and Chemical Geotechnologies – 2020»*, 16-17.

12. Шаварський, Я.Т. (2020). Аспекти аналізу ресурсного потенціалу вуглевидобувних підприємств України. В матеріалах міжнародної науково-практичної конференції «Український гірничий форум-2020» (с. 72-81). 4-5 листопада 2020 року, Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка».

13. Shavarskiy J., Falshtynskiy V., & Potempa M. (2019). Efficiency of coal mining processes intensification. *Materials of the International Scientific and Practical Conference «Physical and Chemical Geotechnologies – 2019»*, 7-8.

14. Дичковський, Р.О., Фальштинський, В.С., Руських, В.В., Шаварський, Я.Т., & Cabana, E. (2018). Щодо можливості застосування імітаційного моделювання при відтворенні гірничих робіт та технологічних процесів шахт. В матеріалах міжнародної науково-практичної конференції «Форум гірників-2018» (с. 52-61). 10-13 жовтня 2018 року. Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка».

15. Dychkovskiy, R., Falshtynskiy, V., Shavarskiy, Ya., Kosobokov, O., Cabana, E., & Smoliński, A. (2018) Possibilities of Mining Wastes Utilization

by Thermal Destruction within the Underground Gas Generator. Materials of the International Scientific and Practical Conference «Physical and Chemical Geotechnologies – 2018», 14-15.

Особистий внесок автора в роботи, опубліковані у співавторстві, полягає в наступному: [1], [6], [13] – [15] – аналіз літературних джерел, обробка та систематизація отриманих результатів; [2], [7] – [9] – формування моделей встановлення напружено-деформованого стану гірського масиву, участь у проведенні досліджень, встановлення завдань та опис результатів дослідження; [5] – розробка економічної моделі, оцінка отриманих результатів.

АНОТАЦІЯ

Шаварський Я.Т. «Обґрунтування технологічних параметрів концентрації процесів видобування вугілля з вельми тонких пластів». – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин». Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, 2021.

Дисертація присвячена обґрунтуванню раціональних параметрів технології ведення гірничих робіт єдиною системою декількох очисних вибоїв, що використовують один транспортний ланцюг та спільну вентиляційну мережу. У роботі дано нове обґрунтування раціональних параметрів технології відпрацювання вельми тонких пологих вугільних пластів для конкретних гірничо-геологічних умов Львівсько-Волинського вугільного басейну. В результаті теоретичних і промислово-експериментальних досліджень встановлено змінні геометричні параметри опорної зони попереду очисних вибоїв; виконано оцінку напружено-деформованого стану гірського масиву; встановлено необхідні силові параметри кріплення механізованих комплексів та підготовчих виробок. Запропоновані рішення впроваджено у технологічні проекти відпрацювання запасів вугілля спареними лавами на шахтах ДП «Львіввугілля». Очікуваний економічний ефект при погашенні двох (усіх) підготовчих виробок у середньому становитиме 140,0 (41) млн грн. на одну виймальну діляницю.

Ключові слова: концентрація гірничих робіт, анізотропне середовище, напружено-деформований стан, спарена лава, кріплення гірничих виробок.

АННОТАЦИЯ

Шаварский Я.Т. «Обоснование технологических параметров концентрации процессов добычи угля с весьма тонких пластов». – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – «Подземная разработка месторождений

полезных ископаемых». Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Днепр, 2021.

Диссертация посвящена обоснованию рациональных параметров технологии ведения горных работ единой системой нескольких очистных забоев, использующих одну транспортную и вентиляционную цепочку. В работе дано новое обоснование рациональных параметров технологии отработки весьма тонких пологих угольных пластов для конкретных горно-геологических условий Львовско-Волынского угольного бассейна. В результате теоретических и промышленных исследований установлено переменные геометрические параметры опорной зоны впереди очистных забоев; выполнена оценка напряженно-деформированного состояния горного массива; установлены необходимые силовые параметры крепления механизированных комплексов и подготовительных выработок. Предлагаемые решения внедрены в технологические проекты отработки запасов угля спаренными лавами на шахтах ГП «Львовуголь». Ожидаемый экономический эффект при погашении двух (всех) подготовительных выработок в среднем составит до 140 (41) млн грн. на один выемочный участок.

Ключевые слова: концентрация горных работ, анизотропная среда, напряженно-деформированное состояние, спаренная лава, крепление горных выработок.

ABSTRACT

Shavarskyi Ia.T. «Substantiation of technological parameters of concentration of coal mining processes from very thin layers». - Manuscript.

The dissertation on reception of the scientific degree of Candidate Technique Science on a specialty 05.15.02 – «Underground mining of mineral deposits». Dnipro University of Technology, Dnipro, 2021.

The dissertation is devoted to the substantiation of rational parameters of mining technology by a single system of several working faces using one transport and ventilation chain. As an example of the solution, a new substantiation of the rational parameters of the technology of mining very thin shallow coal seams for specific mining and geological conditions of the Lviv-Volyn coal basin is given in the manuscript. As a result of theoretical and industrial studies, variable geometric parameters of the reference zone in front of the working faces were established; the assessment of the stress-strain state of the rock mass is carried out; the necessary power parameters for the fastening of mechanized complexes and preparatory workings have been established.

Application of the application information package SolidWorks made it possible to adequately reflect the results of modeling the state of the rockmas in compliance with the principles of dynamic, kinematic and static similarity. An important element in creating such models was that it became possible to estimate the field strength of the selected extraction column with the scale of geometric parameters according to the conversion factors that allow to ensure identity between the corresponding dimensions of the simulated object and object-nature

(static similarity). The conducted experimental mine researches allowed to confirm the theoretical researches carried out by means of the mentioned package of information programs, results of analytical and test investigations.

It has been reported that the establishment of the physical and geometric parameters of the zone of the support vise is brought up to the value of the change parameters X_i (parameters of the expansion of the zone and the support vise) and σ_{maxi} (the value of the maximum external stress) at input stable total values of wallfaces length ($l_1; l_2$). Established a regularity for the maximum amount of stress in the support zone (σ_{maxi}) by the length of the extraction column, which varies logarithmically depending on half the length of the pair unit wallfaces (dl_0). This pattern allows to obtain data on the nature of the stress distribution in front of the working faces at their position 0-0 (double-unit wallface). That will provide without emerge operation of paired wallfaces at their compulsory or extremely stop.

According to the results of the performed researches it is established that the half-distance between two paired wallfaces (l), which is a measure of the influence of a geomechanical system is described by a multivariate function of influencing factors ($f(x), f(m, j, \gamma, \sigma)$); forms separate sectors of characteristic stress-strain characteristics of the rockmass, which, when taken out of static equilibrium by mining operations, are transformed into kinetic energy of loads for fastening of preparatory workings. Taking into account this function makes it possible to establish zones along the preparatory workings with the appropriate power characteristics of the fastening for effective control of rock pressure while intensifying the processes of extracting work by the simultaneous operation of two paired wallfaces.

The characteristic zones of rock pressure manifestation along the paired wallfaces and preparatory workings used as the transport and ventilation network for two simultaneously worked units are substantiated. Also, schemes of situational management, technical and technological support of mining operations are collected, processed and supplemented, which allow to adequately respond to structural changes in the rock mass and stress state condition.

The obtained results were introduced into the development of technological projects of coal extraction by mechanized complexes (passports of coal mining and preparatory workings support) at the mines of Join Stock Company "Lvivvuhillia", which allowed the concentration the mining processes in the form of simultaneous operation of several wallfaces within a separate section of the mine field. This made it possible to ensure economically feasible sizes of paired wallfaces (in some cases the double unite operations) and completeness of coal mining, reduce its cost, increase the efficiency of mining equipment usage and increase safety in the face.

The offered technological solutions give the possibility to obtain the expected average economic effect up to 140 (41) million UAH for one excavation area when two (all) preparatory workings are not reused.

Key words: mining concentration, anisotropic environment, stress-strain state, double-unite wallface, support of mine workings.

ШАВАРСЬКИЙ Ярослав Теодозійович

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
КОНЦЕНТРАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИДОБУВАННЯ ВУГІЛЛЯ З ВЕЛЬМИ
ТОНКИХ ПЛАСТІВ**

(Автореферат)

Підписано до друку 06.04.21. Формат 60×90/16
Папір офсет. Ризографія. Умовн. друк. арк. 1,1
Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим. Зам № 20

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19