МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

СНІГУР Василь Григорович

УДК 622.023.68.001.57

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОГНОЗУ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЗДИМАННЯ ПІДОШВИ ПЛАСТОВИХ ВИРОБОК ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Спеціальність: 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2014

Дисертацією є рукопис.
Робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)	**БОНДАРЕНКО Володимир Ілліч**

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ)	**КУРНОСОВ Сергій Анатолійович**
кандидат технічних наук, депутат Верховної Ради України, заступник голови Комітету з видобутку і переробки корисних копалин (м. Київ)	**КОВАЛЬ Олександр Іванович**

Захист відбудеться «30» жовтня 2014 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19, тел. (0562) 47-24-11.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

Автореферат розісланий «26» вересня 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03
кандидат технічних наук, доцент В.І. Тимощук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Найближча й віддалена перспективи енергетичної незалежності України нерозривно пов'язані з інтенсифікацією технологічних процесів видобутку вугілля, в якій досить актуальним і важливим науково-технічним завданням є збереження великої мережі підготовчих виробок (як основних, так і дільничних) у належному експлуатаційному стані. Переважна частина таких виробок – пластові, розміщені в досить неоднорідній структурі вуглевмісного масиву з досить активним здиманням порід підошви. Так, наприклад, на шахтах Західного Донбасу щорічне підривання порід підошви сягає 80% усього обсягу ремонтно-відбудовних робіт, де задіюється до 10% штату підземних робітників. Тому у сучасних технологічних процесах видобування вугілля, що активно розвиваються, завдання оцінки стану підошви пластових виробок у режимі реального часу й прогнозування здимання для обґрунтованого прийняття технічних рішень є своєчасним і досить актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до «Стратегії розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2030 року (Вугільна промисловість), Програми «Українське вугілля», затвердженої постановою Кабінету міністрів України (№ 1205 від 19 вересня 2001 р.), і планів держбюджетних робіт Державного ВНЗ «Національний гірничий університет»: тема ГП-440 «Фізико-технічні основи енергозберігаючої технології підземної розробки тонких і вельми тонких вугільних пластів» (№ держреєстрації 0111U002810), тема ГП-450 «Наукові основи деформування просторово-неоднорідної системи «масив – кріплення» з урахуванням контролю умов праці в шахтах за пиловим фактором» (№ держреєстрації 0112U000869).

Мета роботи – прогнозна оцінка здимання підошви пластових виробок у тонкошаруватому масиві слабких порід.

Мета роботи реалізована вирішенням наступних основних завдань:

– провести аналіз структури й властивостей прилеглих породних шарів вуглевмісної товщі й обґрунтувати діапазон їх зміни для моделювання геомеханічних процесів навколо пластових виробок;

– обґрунтувати геомеханічну модель і виконати комплекс чисельних експериментів за різноманітними розрахунками напружено-деформованого стану (НДС) системи «масив – пластова виробка»;

– розкрити особливості механізму розвитку здимання підошви й установити закономірності протікання цього процесу залежно від геомеханічних факторів підтримання пластових виробок;

– розробити метод прогнозу здимання порід підошви в комплексі з критеріальними залежностями оцінки її стану.

Ідея роботи – встановлення і поділ закономірностей розвитку процесу здимання порід підошви залежно від особливостей структури й властивостей прилеглих літологічних різниць і їх використання у комбінації з аналізом напруженого стану масиву для прогнозної оцінки здимання підошви пластових виробок при мінливій гірничо-геологічній ситуації їх підтримання.

Об'єкт дослідження – геомеханічні процеси здимання підошви виробок залежно від структури й властивостей вуглевмісної товщі.

Предмет дослідження – параметри здимання підошви виробок залежно від структури й властивостей вуглевмісної товщі.

Методи досліджень. Поставлена мета досягнута на основі комплексного підходу, що містить: оцінку гірничо-геологічних умов підтримання пластових виробок; аналіз і узагальнення існуючих методів досліджень процесів здимання підошви гірничих виробок; моделювання стану системи «масив – пластова виробка» методом скінченних елементів (МСЕ); кореляційно-дисперсійний аналіз результатів багатофакторних обчислювальних експериментів; тестування результатів розрахунків.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Область стійкого стану порід підошви підготовчих виробок відповідає трьом основним схемам розвитку здимання щодо співвідношення потужності вугільного пласта й розрахункового опору стисненню прилеглих шарів на глибину не менше 6 м при експонентному зв'язку потужності безпосередньої підошви з граничною величиною її розрахункового опору стисненню і нелінійній залежності від потужності й міцності прилеглих двох породних шарів основної підошви. Це дозволяє оперативно диференціювати технічні рішення щодо забезпечення стійкості підошви пластових виробок як одного із основних факторів, що визначають їх стійкість в умовах Західного Донбасу.

2. Незалежно від структури й властивостей порід підошви величина її здимання росте зі збільшенням потужності безпосередньої підошви за експонентним законом при обернено пропорційному степеневому зв’язку з її розрахунковим опором стисненню у комбінованій нелінійній залежності від параметрів перших двох породних шарів основної підошви. Встановлена закономірність дозволяє вибирати й обґрунтовувати найбільш ефективні заходи щодо обмеження здимання підошви пластових виробок і вчасно планувати обсяги ремонтно-відбудовних робіт.

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій обумовлена: аналізом результатів багаторічних геологічних досліджень будови й властивостей вугленосної товщі порід, проявів здимання порід підошви; коректною постановкою й вирішенням задач із використанням положень механіки твердого деформованого тіла, будівельної механіки, механіки підземних споруд, механіки гірських порід, застосуванням МСЕ й кореляційно-дисперсійного аналізу; порівняльним аналізом з нормативними документами й результатами досліджень процесів здимання порід підошви.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей впливу потужності й опору стисненню порід не тільки безпосередньої, але й основної підошви пластових виробок на процес розвитку здимання при врахуванні реальної ймовірності розподілу структури за глибиною масиву; в отриманні нових критеріальних залежностей для оцінки ступеня стійкості порід підошви й поділу схем розвитку здимання підошви залежно від її структури та властивостей порід.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Уперше обґрунтовано просторову геомеханічну модель процесів зрушення вуглевмісного масиву навколо пластових виробок, що враховує ймовірність розподілу літотипів прилеглих породних шарів, їх потужності й властивос-

тей, найбільш характерних для Західного району Донбасу.

2. Розроблено новий алгоритм проведення варіантного обчислювального експерименту з розрахунку НДС неоднорідного шаруватого масиву слабких порід з урахуванням його знеміцнення і розпушення у реальному діапазоні глибин розміщення пластових виробок і типорозмірів їх перерізу, що відрізняється від відомих повним охопленням варіацій структури та властивостей порід безпосередньої й основної підошви стосовно до умов Західного Донбасу.

3. Уперше розкрито механізм і надано геомеханічне обґрунтування трьом взаємозалежним схемам розвитку здимання порід підошви пластових виробок залежно від структури та властивостей їх безпосередньої й основної підошви.

Практичне значення роботи полягає у наступному:

– обґрунтована просторова геомеханічна модель зрушення шаруватого неоднорідного масиву слабких порід навколо пластової виробки, реалізованої з застосуванням пакета сучасних комп'ютерних програм;

– розроблена методика прогнозу здимання порід підошви, що відрізняється поділом процесу здимання на три схеми, залежно від структури та властивостей порід безпосередньої й основної підошви пластової виробки.

Реалізація результатів роботи. Основні положення і результати роботи використані при створенні методики прогнозу здимання порід підошви пластових виробок і розробці документації на їх підтримання.

Особистий внесок здобувача полягає: в аналізі структури й властивостей вуглевміщуючої товщі порід Західного Донбасу; узагальненні досвіду підтримання пластових виробок й існуючих досліджень процесів здимання підошви; постановці завдань досліджень; обґрунтуванні параметрів комп'ютерної моделі; проведенні комплексу багатофакторних обчислювальних експериментів, аналізі їх результатів й побудові кореляційних залежностей; формулюванні висновків.

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертації доповідалися й обговорювалися на VI, VII та VIII міжнародних науково-практичних конференціях: «Школа підземної розробки» (Дніпропетровськ – Ялта, 2012 – 2014); «Szkola Eksplotacji Podziemnej» (Krakow, Poland, 2014); технічних радах ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» і наукових семінарах ДВНЗ «Національний гірничий університет» (2011 – 2014).

Публікації. Основні наукові положення і результати дисертаційної роботи опубліковані в 11 наукових працях, у тому числі в 3 колективних монографіях, 2 статтях у спеціалізованих наукових виданнях, 2 статтях у міжнародних збірниках, 3 статях у науково-технічних збірниках міжнародних конференцій та технологічному регламенті.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і переліку використаних джерел зі 111 найменувань на 11 сторінках; містить 150 сторінок машинописного тексту, 27 рисунків, 24 таблиці і додатки на 8 сторінках; загальний обсяг роботи 183 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Протягом багатьох десятиліть завданням прогнозування стану порід підошви (як першого етапу розробки заходів щодо боротьби зі здиманням) займалися про-

відні спеціалісти навчальних, науково-дослідних, проектно-конструкторських і виробничих організацій: НГУ, ІГТМ НАН України ім. М.С. Полякова, ДонНТУ, ДонВУГІ, ТОВ «Науково-проектний центр ДТЕК», ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», ДонДТУ, МДГУ, ВНДМІ, СПбДУ, ІГС СВ РАН, ІГС ім. О.О. Скочинського, Інституту гірничої механіки ім. М.М. Федорова та ін.

Вивчення гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов підтримання пластових виробок показує, що навіть у межах одного шахтного поля за окремо взятим пластом його підошва характеризується значною різноманітністю структури при локальній дії факторів, які послаблюють породу, що в сукупності створює умови для суттєвого коливання інтенсивності проявів гірського тиску в підошві пластових виробок. Тому різноманітність структури й властивостей прилеглих породних шарів вимагає оцінки їх стійкості за всією довжиною пластової виробки; відповідно, рекомендації щодо підвищення стійкості підошви виробки на її окремих ділянках варто розробляти диференційовано залежно від структури та властивостей порід підошви й обумовленої ними інтенсивності здимання.

Для виконання експериментальних досліджень обґрунтовано доцільність застосування методу скінченних елементів, що дозволило підвищити вірогідність розрахунків НДС шляхом:

– представлення реальної структури вуглевмісного масиву з моделюванням порушень контактів між літологічними різністями й інших поверхонь ослаблення (наприклад, тріщинуватості);

– моделювання усіх стадій повної діаграми деформування кожної літологічної різності, що складає досліджувану геомеханічну систему;

– відображення реальної форми виробки, конструктивних особливостей її кріплення КШПУ з використанням механічних характеристик у рамках пружнопластичної поведінки кріпильних матеріалів.

На основі аналізу полів розподілу компонент напружень виявлена низка закономірностей впливу на вид стану шаруватих порід підошви її структури й механічних властивостей. Зміна параметрів стану породи генерує розвиток її переміщень у порожнину виробки, тому основна увага зосереджена на проявах здимання, як результату поширення переміщень за глибиною та шириною порід прилеглої підошви пластової виробки.

Виявлена неоднозначність впливу структури й властивостей порід підошви на її НДС визначає неоднозначність проявів здимання в підошві пластової виробки. Тут використано комплексний підхід у трактуванні закономірностей: аналіз епюр переміщень підошви підкріплюється чинниками, виявленими з аналізу особливостей поля розподілу кожного компонента напружень. Наприклад, при одній і тій же структурі прилеглих порід підошви, але різних механічних характеристиках її шарів, епюри компонент напружень докорінно відрізняються одна від одної, що спричиняє різну величину здимання підошви $U_{П}$. У той же час зустрічаються варіанти, в яких значення $U_{П}$ приблизно однакові, але їх розвиток досягається принципово різними особливостями розподілу поля напружень. Тому саме комплексна методологія аналізу дозволила виявити й пояснити низку принципових схем розвитку здимання підошви в пластових виробках. Установлені закономірності розвитку здимання, які пов’язані зі структурою і властивостями прилег-

лих порід підошви вугільного пласта, не суперечать, а доповнюють і конкретизують сформовані уявлення про механізм протікання даного процесу. Аналіз НДС системи «масив – пластова виробка» дозволив виявити три загальних фактори, що генерують прояви здимання в підготовчих виробках:

– вплив розтягальних вертикальних напружень σ_y, що формують зону (за формою «переверненого» склепіння природної рівноваги) розшарування порід безпосередньої та верхньої частин основної підошви;

– видавлювання досить слабких порід, що перебувають на стадії знеміцнення й розпушення, у порожнину виробки під дією більш міцного вугільного пласта, що формує подібність зони опорного тиску в боках виробки, – так званий «ефект штампа»;

– формування у більш міцних алевролітах і піщаниках відносно невеликої потужності квазіпластичних шарнірів (під впливом розтягальних і підвищених стискуючих горизонтальних напружень σ_x), які збільшують рухливість даного шару й можуть інтенсифікувати процес здимання.

Усі перераховані фактори в тому або іншому ступені присутні постійно, однак переважна дія одного із них закладена до принципу об'єднання геомеханічних умов у чотири групи й поділ процесу здимання на відповідні варіанти розвитку, що відображають реальні гірничо-геологічні умови підтримання пластових виробок на шахтах Західного Донбасу.

Перша група умов характеризується досить стійким станом порід підошви, коли її прилеглі шари представлені різними за потужністю і механічними властивостями літологічними різностями, але вони всі мають підвищений розрахунковий опір стисненню $\sigma_{cm_i}^{П} \geq 20$ МПа з урахуванням дії факторів, що послаблюють породу. У підсумку, підняття підошви генерується винятково обмеженою областю дії розтягальних вертикальних компонент σ_y, які не здатні створити суттєві переміщення $U_П$ підошви в порожнину виробки, і в різних варіантах структури порід підошви не призводять до перевищення $U_П = 20 – 30$ мм. Тому перша група гірничо-геологічних умов не становить практичного інтересу в ракурсі планування заходів щодо боротьби зі здиманням порід підошви – за даним фактором експлуатаційний стан виробки прогнозується як цілком задовільний і в подальших дослідженнях не розглядається.

Друга група умов є прямою протилежністю першої, оскільки відображає гірничо-геологічну ситуацію, коли прилеглі породні шари підошви представлені аргілітами й алевролітами малої міцності, які, до того ж, нерідко обводнені. Потенційно це найнебезпечніша (з погляду стійкості порід підошви) група гірничо-геологічних умов; для систематизації подальших досліджень сформовані уявлення названі нами «схема I розвитку здимання». Мала міцність порід (у тому числі й через дію знеміцнюючих факторів – обводненості, тріщинуватості тощо) спочатку створює умови інтенсивного прогину породних шарів, потім підсилює вигин за рахунок підвищених горизонтальних напружень, і в результаті весь об'єм породи від однієї зони підвищеного гірського тиску (у лівому боці виробки) до іншої (у правому) переходить у граничний й позамежний стани, що характеризуються не тільки знеміцненням, але й розпушенням породи, яка, збільшуючись в об'ємі, перемі-

щується в напрямку найменшого опору, тобто у порожнину виробки. Даний висновок про формування великих зон граничного (позамежного) стану порід підошви переконливо підтверджує серія розрахунків НДС для різних варіантів структур, коли величина здимання $U_{П}$ стабільно перевищувала 300 – 400 мм за відсутності в нижніх шарах піщанику.

Суттєво відрізняється механізм розвитку здимання при досить розповсюдженій гірничо-геологічній ситуації залягання в прилеглій підошві пластової виробки алевроліту або аргіліту малої міцності й нижнього більш міцного піщанику, де основними впливовими параметрами є: $m_1^{П}$ – потужність першого шару, $m_2^{П}$ – потужність другого шару з піщанику, опір стисненню $\sigma_{ст3}^{П}$ третього шару, представленого аргілітом або алевролітом; можливий також варіант залягання піщанику в третьому шарі після аргіліту або алевроліту другого шару («схема II розвитку здимання»). У цих умовах механізм розвитку здимання суттєво перетвориться через розташування слабкого знеміцненого шару безпосередньої підошви між двома міцними шарами: зверху – вугільний пласт, знизу – жорсткий піщаник. Знеміцнений аргіліт або алевроліт має значну рухливість (подібність пластичної текучості) і під впливом «жорсткого штампа» (вугільний пласт) деформується у вертикальному й горизонтальному напрямках, чому перешкоджає цілісний і жорсткий піщаник в основній підошві. Тоді переміщення алевроліту не поширюються в глиб підошви, а їх вектор змінює напрямок від косонаправленого в глиб підошви до косонаправленого убік виробки: відбувається нібито «відображення» напрямку переміщень знеміцненого й розпушеного алевроліту від жорсткої перешкоди у вигляді піщанику достатньої потужності. Тобто, жорсткий піщаник у другому породному шарі посилює прояв здимання за рахунок створення спрямованої текучості порушеної породи в порожнину виробки. Таке уявлення про механізм протікання процесу здимання підтверджується серією розрахунків для різної структури прилеглої підошви. У цілому, можна зробити висновок, що на процес здимання (у даних умовах) основний вплив роблять два фактори: активізація переміщень слабкого аргіліту або алевроліту за рахунок жорсткої основи, представленої піщаником; обмеження жорстким піщаником переміщень нижніх породних шарів підошви.

Ще один варіант («схема III розвитку здимання») порід підошви суттєво відрізняється від розглянутих і характеризується наступною структурою: у безпосередній підошві залягають породи малої міцності, другий породний шар представлений піщаником потужністю до 1,5 – 2 м, а в третьому шарі залягає слабкий алевроліт або аргіліт. Поведінка такої структури (яка реально зустрічається у підошві пластів) із чередуванням шарів зниженої та підвищеної міцності характеризується відносно незалежним переходом кожного породного шару в граничний і позамежний стани, що підтвердили й проведені розрахунки. При досить слабких породах першого й третього шарів піщаник являє собою жорстку плиту, навантажену як з боку своєї покрівлі, так і з боку підошви, причому розподіл навантаження досить невигідний з погляду стійкості піщанику. У перерізах концентрацій напружень відбувається руйнування піщанику відносно невеликої потужності $m_2^{П} \le 1{,}5 – 2$ м і створюється з його блоків подібність розпірної системи, що, проте, має деяку реакцію опору переміщенню порід. Виникнення розпірної системи в

піщанику залежить не тільки від його потужності $m_2^{П}$, але й від потужностей першого $m_1^{П}$ і третього $m_3^{П}$ слабких породних шарів. Закономірність розвитку здимання розкривається двома факторами: підвищеною рухливістю розпірної системи в піщанику, що посилює інтенсивність переміщень першого шару в порожнину виробки; посиленням руху розпірної системи в піщанику за рахунок тичної текучості порід у третьому породному шарі. Таким чином, коли обидва фактори діють в одному напрямку, величина здимання прямо пов'язана з надлишковим об'ємом порід від розпушення, що залежить, у першу чергу, від ності першого шару.

У підсумку, результати аналізу НДС системи «масив – пластова виробка» знайшли своє логічне пояснення у запропонованому механізмі розвитку здимання, який представлений трьома принциповими схемами, оскільки єдиної поведінки різноманітної й неоднорідної структури порід підошви не може бути по самій природі геомеханічних процесів.

У процесі виконання аналізу результатів обчислювальних експериментів за варіантами рішень виявлено, що допустима (на думку більшості фахівців) величина здимання, яка не перевищує 200 – 300 мм формується, коли всі три прилеглих породних шари підошви (на глибині до 6 м) мають розрахунковий опір стисненню $R_i^{П} \geq 10$ МПа. Тому основна увага приділена умовам, коли в породах підошви, що містять хоча б один шар, $R^{П} < 10$ МПа; окремі набори варіантів розподілу $R_i^{П}$ наведено в табл. 1 і 2.

Таблиця 1

Варіанти значень розрахункового опору стисненню $R_i^{П}$
порід підошви виробки за «схемою I розвитку здимання»

Варіант		$А_{I}$	$Б_{I}$	$В_{I}$	$Г_{I}$	$Д_{I}$	$Е_{I}$
$R_i^{П}$, МПа	$R_1^{П}$	3	3	5	5	10	10
	$R_2^{П}$	5	10	3	10	3	5
	$R_3^{П}$	10	5	10	3	5	3

Таблиця 2

Варіанти значень розрахункового опору стисненню $R_i^{П}$
порід підошви виробки за «схемами II і III розвитку здимання»

Варіант		$А_{II,III}$	$Б_{II,III}$	$В_{II,III}$	$Г_{II,III}$	$Д_{II,III}$	$Е_{II,III}$
$R_i^{П}$, МПа	$R_1^{П}$	3	3	5	5	10	10
	$R_2^{П}$	30	50	50	30	30	50
	$R_3^{П}$	3	10	3	10	3	10

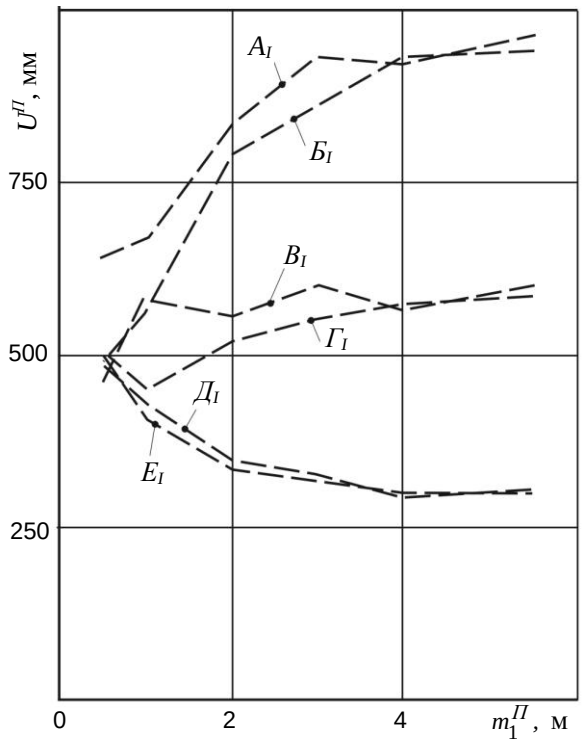

Рис. 1. Закономірності зміни величини здимання (за схемою I його розвитку) від потужності $m_1^{П}$ безпосередньої підошви для варіантів сполучень розрахункового опору стисненню $R_i^{П}$ прилеглих породних шарів за табл. 1

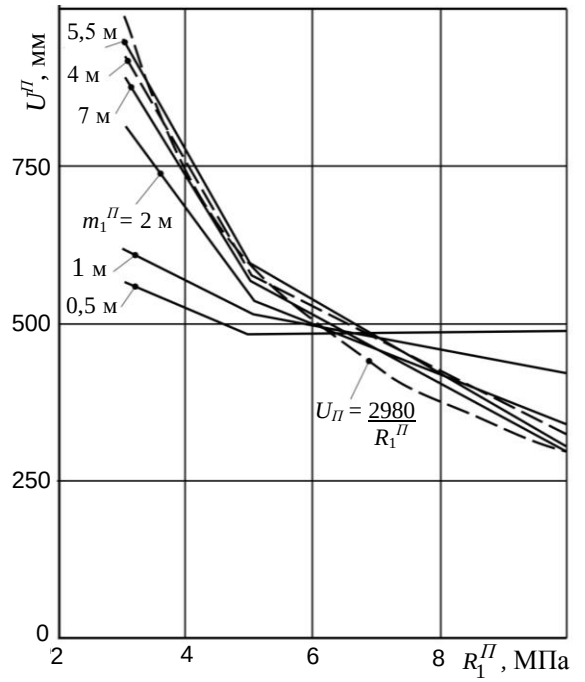

Рис. 2. Закономірності зміни величини здимання $U^{П}$ від розрахункового опору стисненню $R_1^{П}$ породи безпосередньої підошви при різній його потужності $m_1^{П}$ (схема I)

Для відносно неоднорідних слабких порід (схема I) спостерігається різний ступінь впливу параметрів $R_1^{П}$ і $m_1^{П}$ безпосередньої підошви залежно від її потужності (рис. 1): при малій потужності $m_1^{П} = 0{,}5$ м вплив $R_1^{П}$ мінімальний, а величина здимання визначається параметрами основної підошви; при підвищеній потужності безпосередньої підошви ($m_1^{П} > 4$ м) вплив основної зводиться до мінімуму, й визначальним фактором у розвитку здимання є тільки опір стисненню $R_1^{П}$; в інтервалі 0,5 м $\le m_1^{П} \le 4$ м на величину здимання впливають усі досліджувані параметри $R_i^{П}$ і $m_i^{П}$, але з різним питомим внеском у цей процес.

За встановленими закономірностями проаналізовано тенденції впливу параметрів $R_i^{П}$ і $m_i^{П}$ на величину здимання $U_{П}$, які становлять базу для прогнозування цього явища шляхом побудови кореляційних зв'язків. При $m_1^{П} > 4$ м вирішальним є тільки один параметр (крім глибини H розміщення виробки) – розрахунковий опір першого породного шару стисненню $R_1^{П}$. На рис. 2 чітко простежується обернено пропорційний зв'язок $U^{П}$ і $R_1^{П}$ при різних значеннях $m_1^{П}$: при $m_1^{П} < 2$ м обернено пропорційний зв'язок виражений менш явно, тому що тут присутній істотний вплив параметрів $R_{2,3}^{П}$ і $m_{2,3}^{П}$ породних шарів основної підошви; зі збільшенням $m_1^{П}$ цей вплив слабшає і при $m_1^{П} > 4$ м практично зникає. У даній області до закономірності зв'язку $U^{П}$ і $R_1^{П}$ інші параметри не вносять суттєвих викривлень, що спричиняє вірогідність її апроксимації рівнянням виду (пунктирна крива на рис. 3)

$$U^{П}\left(R_1^{П}\right)=\frac{2980}{R_1^{П}},\ \text{мм}. \qquad (1)$$

Для обґрунтування функції зв'язку $U^{П}$ і $m_1^{П}$ використано графіки на рис. 1, які вказують на необхідність вибору апроксимуючого рівняння, що забезпечує стабілізацію величини $U^{П}$ при $m_1^{П}>4$ м незалежно від значень інших параметрів. Тут найбільшою мірою підходить функція з одним із елементів у вигляді експоненти з аргументом $m_1^{П}$, яка асимптотично наближає рівняння $U^{П}\left(m_1^{П}\right)$ при більших $m_1^{П}$ до деякого постійного значення

$$U^{П}\left(m_1^{П}\right)=\frac{a_1}{1+a_2\,exp\left(-a_3 m_1^{П}\right)}, \qquad (2)$$

де a_1, a_2, a_3 – коефіцієнти апроксимації.

Вплив параметрів $R_{2,3}^{П}$ і $m_{2,3}^{П}$ основної підошви доцільно (за результатами серії обчислювальних експериментів) враховувати через відношення розрахункового опору стисненню $R_1^{П}$ до безпосередньої підошви, використовуючи безрозмірний параметр $П$

$$П=\frac{K_2 m_2^{П} R_2^{П}+K_3 m_3^{П} R_3^{П}}{\left(K_2 m_2^{П}+K_3 m_3^{П}\right)R_1^{П}}, \qquad (3)$$

що показує питому вагу опору стисненню $R_{2,3}^{П}$ основної підошви стосовно $R_1^{П}$ безпосередньої підошви (тут K_2 і K_3 – коефіцієнти впливу потужностей $m_{2,3}^{П}$ другого і третього породних шарів; змінюються в інтервалі $0\le K_{2,3}\le 1$. Також було встановлено, що вплив перерахованих параметрів на величину здимання суттєво залежить від потужності $m_1^{П}$ безпосередньої підошви в діапазоні $m_1^{П}<4$ м; тому простежені закономірності зв'язку здимання $U^{П}$ з узагальненим параметром $П$ для різних дис-

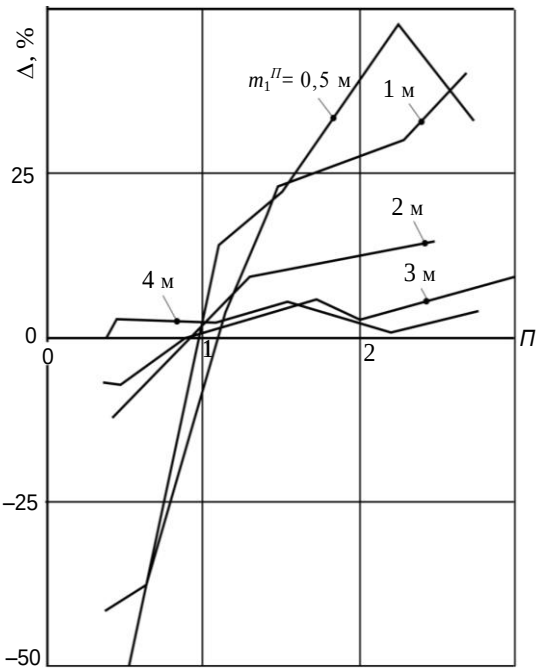

Рис. 3. Відносна зміна Δ величини здимання залежно від узагальненого параметра $П$ впливу основної підошви при різній потужності $m_1^{П}$ безпосередньої підошви

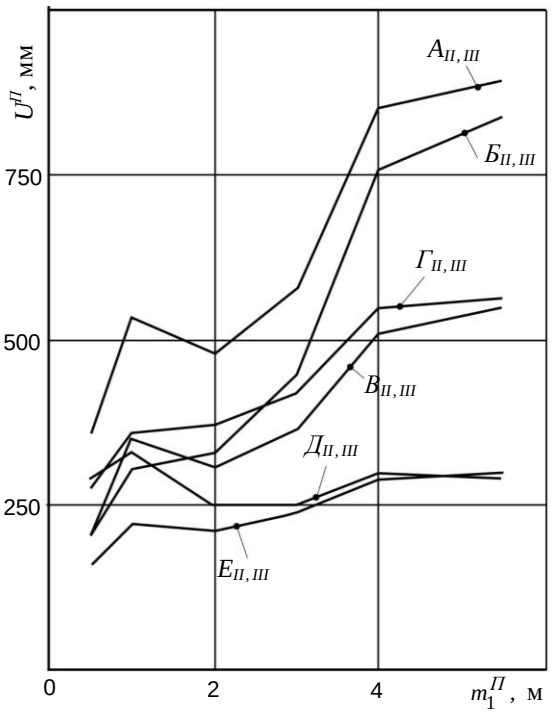

Рис. 4. Закономірності зміни величини здимання (за схемами II і III його розвитку) від потужності $m_1^{П}$ безпосередньої підошви для варіантів сполучень розрахункового опору стисненню $R_i^{П}$

кретних значень $m_1^{П}$. Крім того, найбільш інформативною величиною, що піддається впливу параметра $П$, буде не абсолютне, а відносне значення зміни здимання

$$\Delta = \frac{U_y^{П} - U^{П}}{U_y^{П}} 100\%, \qquad (4)$$

де $U^{П}$ – поточна величина здимання для конкретного значення потужності $m_1^{П}$ першого породного шару; $U_y^{П}$ – стала величина здимання при $m_1^{П} = 5{,}5$ м.

Закономірності зміни $\Delta(П)$ наведені на рис. 3 (при $K_2 = K_3 = 1$), які підтверджують раніше виявлену тенденцію зниження інтенсивності впливу основної підошви шарів при збільшенні потужності безпосередньої підошви.

При малих значеннях параметра $П$ (визначається зниженими значеннями $R_{2,3}^{П}$ у порівнянні з $R_1^{П}$) вплив породних шарів основної підошви відбувається убік збільшення здимання, що цілком зрозуміло й відповідає існуючим уявленням і нормативним методикам прогнозу; при підвищених значеннях $П$ вплив шарів основної підошви відбувається убік зниження здимання, що також не суперечить відомим дослідженням.

Досить постійний характер закономірностей $\Delta(П)$ при різних потужностях безпосередньої підошви вказує на те, що узагальнений параметр $П$ за формулою (3) цілком об'єктивно відображає вплив параметрів $m_{2,3}^{П}$ і $R_{2,3}^{П}$ основної підошви, що використано при виведенні рівнянь регресії для прогнозу здимання порід підошви пластової виробки за схемою I розвитку цього процесу.

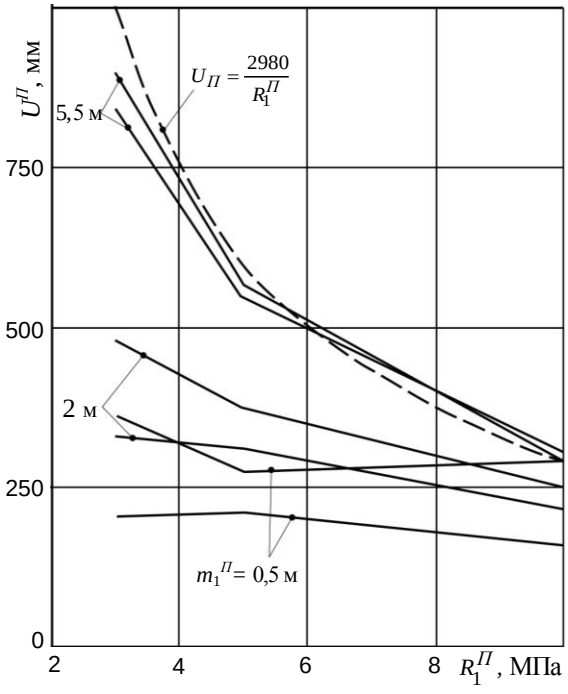

Рис. 5. Закономірності зміни величини здимання $U^{П}$ від розрахункового опору стисненню $R_1^{П}$ порід безпосередньої підошви при різній її потужності $m_1^{П}$, структурі та властивостях основної підошви (схеми II і III)

Наявність піщанику в основній підошві (схеми II і III) суттєво змінює закономірності розвитку величини здимання $U^{П}$ з ростом потужності $m_1^{П}$ безпосередньої підошви, представленої слабким аргілітом (рис. 4). Тут, на відмінність від схеми I, спостерігається стабільна закономірність зростання $U^{П}$ зі збільшенням потужності $m_1^{П}$ безпосередньої підошви незалежно від її розрахункового опору стисненню $R_1^{П}$. Зростання функції $U^{П}(m_1^{П})$ пояснюється тим, що при слабкій безпосередній підошві збільшення її потужності $m_1^{П}$ сприяє збільшенню об'єму найбільш рухливих знеміцнених порід, які при своєму переміщенні в глиб підошви (від жорсткого вугільного пласта) змінюють на-

прямок зсувів завдяки жорсткому піщанику й надлишок їх об'єму (від знеміцнення і розпушення) має один вільний напрямок руху – порожнина виробки.

Установлено, що при незначному впливі основної підошви закономірність $U^{П}\left(R_1^{П}, m_1^{П}\right)$ описується тим же рівнянням (1), що й за схемою I розвитку здимання (рис. 5, пунктирна лінія). При $m_1^{П} < 4$ м вплив основної підошви зростає, а величина здимання зменшується аж до допустимого значення $U_{прип}^{П} \le 300$ мм за рахунок більш міцного піщанику, що залягає в основній підошві.

Для опису встановленого впливу структури й властивостей основної підошви використано узагальнений параметр $П$ за формулою (3) і аналогією зі схемою I розвитку здимання.

За результатами різноманітних розрахунків установлено закономірності зв'язку величини здимання $U_{П}$ з найбільш впливовими параметрами: потужність $m_{1,2,3}^{П}$ і опір стисненню $R_{1,2,3}^{П}$ трьох прилеглих породних шарів підошви; глибина H розміщення виробки; площа $S_{св}$ у світлі поперечного перерізу виробки. Після обробки даних закономірностей методами кореляційно-дисперсійного аналізу отримано наступні рівняння регресії з досить високим коефіцієнтом множинної кореляції (0,69 – 0,76), що характеризує надійність виявлених залежностей для прогнозу величини здимання:

$$U^{П} = \frac{2980 \Phi_{I,II,III} K_H K_S}{R_1^{П} + \left(\frac{0{,}6 m_2^{П} R_2^{П} + 0{,}4 m_3^{П} R_3^{П}}{0{,}6 m_2^{П} + 0{,}4 m_3^{П}} - R_1^{П} \right) exp\left(-0{,}8 m_1^{П}\right)}, \qquad (5)$$

де $\Phi_I = 1$ – для схеми I; $\Phi_{II} = 1 + 0{,}5 exp(-1{,}2)\, m_1^{П}$ – для схеми II;

$\Phi_{III} = 1 + 0{,}5 exp(-1{,}5)\, m_1^{П}$ – для схеми III;

K_H – коефіцієнт, який враховує вплив глибини H розміщення виробки (визначається за табл. 3);

K_S – коефіцієнт впливу типорозміру перерізу виробки (визначений відповідно до робіт НГУ за табл. 4).

Не менш важливим завданням є розмежування гірничо-геологічних умов експлуатації пластових виробок за фактором необхідності (або відсутності) проведення заходів щодо боротьби зі здиманням порід підошви. Визначення областей задовільного стану підошви виробки базується на отриманих рівняннях регресії (5), а критерієм слугує умова $U_{прип}^{П} \le 300$ мм відповідно до сучасних досліджень й існуючих рекомендацій для пологих пластів Донбасу.

Таблиця 3

Значення коефіцієнта K_H урахування глибини H розміщення виробки

Середня глибина розміщення виробки, H, м	200	250	300	350	400	450	500	550	600
K_H	0,43	0,56	0,70	0,85	1,00	1,14	1,30	1,47	1,65

Таблиця 4

Значення коефіцієнта k_S впливу типорозміру перерізу виробки

Вид кріплення	Площа поперечного перерізу у світлі до осідання $S_{св}$, м^2					
КМП - А3 / k_S	9,20 / 0,74	11,20 / 0,86	13,80 / 1,00	15,50 / 1,09	18,30 / 1,23	
КШПУ / k_S	9,50 / 0,76	10,50 / 0,82	11,70 / 0,89	12,10 / 0,91	14,40 / 1,03	17,70 / 1,20

Отримано наступну залежність, яка визначає умови задовільного стану підошви:

$$R_1^{П} \geq \left[9{,}93 exp\left(0{,}8 m_1^{П}\right) \Phi_{I,II,III} K_H K_S - \frac{0{,}6 m_2^{П} R_2^{П} + 0{,}4 m_3^{П} R_3^{П}}{0{,}6 m_2^{П} + 0{,}4 m_3^{П}} \right] \left[exp\left(0{,}8 m_1^{П}\right) - 1 \right]^{-1}. \quad (6)$$

За формулою (6) для аналізу встановлених закономірностей виконано обчислення мінімальної величини розрахункового опору стисненню $R_1^{П}$ безпосередньої підошви залежно від її потужності $m_1^{П}$ (рис. 6), коли хоча б один з породних шарів основної підошви має низький опір стисненню (5 МПа).

Для розділення схем II і III розвитку здимання отримано рівняння регресії, що визначає мінімальну величину $\left(m_2^{П}\right)_{min}$ потужності піщанику, яка забезпечує його цілісність (схема II).

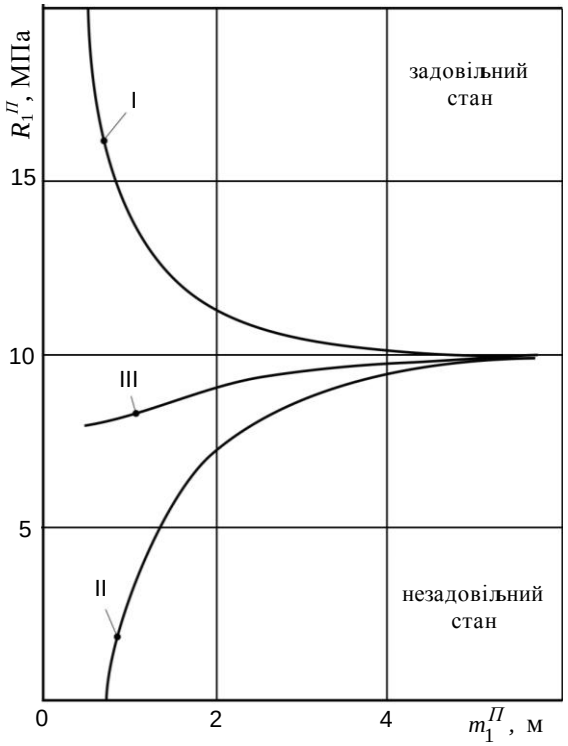

Рис. 6. Приклад прогнозу (за параметрами $R_1^{П}$ і $m_1^{П}$) області задовільного стану порід підошви пластової виробки для трьох схем I, II і III розвитку здимання

$$\left(m_2^{П}\right)_{min} \geq 3{,}6 \sqrt{\frac{1}{R_2^{П}} \left(11 \frac{m_1^{П}}{R_1^{П}} + 17 \frac{m_3^{П}}{R_3^{П}} \right)}, \text{ м}. \quad (7)$$

У результаті визначено всі основні залежності, на базі яких побудована методика прогнозу проявів здимання порід підошви в пластових виробках шахт Західного Донбасу. Встановлені залежності для визначення $U_{П}$ й оцінки ступеня стійкості порід підошви характеризуються нелінійним зв'язком (експонентним і степеневим) з параметрами $R_i^{П}$ і $m_i^{П}$ безпосередньої й основної підошви на глибину не менше 6 м і розкривають існуюче різноманіття механізму прояву здимання для об'єктивного відображення усього діапазону зміни гірничо-геологічних умов підтримання пластових виробок. Розрахунок величини здимання порід підошви та її оцінка проводиться у наступній послідовності:

– на основі гірничо-геологічного про-

гнозу виробка поділяється на ділянки з суттєво різними умовами її підтримання: зміна структури порід основної та безпосередньої підошви (літотип, потужність шарів, ступінь обводненості, інтенсивність тріщинуватості), коливання міцнісних характеристик прилеглих породних шарів. Для кожної виділеної ділянки складаються вихідні дані за параметрами: потужність шару $m_i^{П}$, опір стисненню його породи $\sigma_{cm_i}^{П}$, ступінь обводненості, інтенсивність тріщинуватості;

– визначається розрахунковий опір стисненню порід прилеглих трьох шарів підошви $R_{1,2,3}^{П}$ на глибину не менше 6 м із використанням керівних нормативних документів;

– проводиться попередня оцінка стану підошви за умови: при розрахунковому опорі стисненню порід усіх трьох прилеглих шарів не менше 10 МПа підошва досить стійка і не потрібно ніяких заходів щодо боротьби зі здиманням; при невиконанні умови $R_i^{П} \geq 10$ МПа хоча б по одному із трьох прилеглих шарів підошви проводиться подальша оцінка її стану;

– на підставі даних за структурою основної підошви визначається схема розвитку здимання: схема I – відсутність піщанику в прилеглих шарах основної підошви; схема II, III – наявність піщанику в прилеглих шарах основної підошви; схеми II або схеми III вибираються за умовою (7) шляхом порівняння граничного значення $\left(m_2^{П}\right)_{min}$ з реальною величиною потужності піщанику; остаточно оцінюється ступінь стійкості підошви за умовою (6): при значенні $R_1^{П}$ не менш розрахованого за формулою (6) стан порід підошви задовільний; при невиконанні умови (6) виникає потреба в проведенні відповідних заходів щодо забезпечення стійкості порід підошви пластової виробки; розраховується прогнозна величина $U^{П}$ підняття підошви за формулою (5) для конкретизації заходів щодо боротьби зі здиманням; наприклад, визначаються обсяги робіт з підривання підошви.

Розроблений алгоритм оцінки стану порід підошви рекомендується використовувати в поєднанні з діючим нормативним документом з вибору кріплення гірничих виробок для прийняття комплексних технічних рішень щодо їх ефективного і безпечного підтримання. Методика використана при розробці документації щодо підтримання пластових виробок на шахтах ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

ВИСНОВКИ

У дисертації, що є завершеною науково-дослідною роботою, надано нове вирішення актуальної науково-технічної задачі з розробки методики прогнозу здимання порід підошви пластової виробки, яка враховує особливості закономірностей розвитку процесу з його розподілом за факторами структури й властивостей вуглевмісної товщі порід Західного Донбасу.

Основні наукові й практичні результати полягають у наступному:

1. Розроблено стратегію підходу до прогнозної оцінки стану порід підошви за всією довжиною виробки при мінливій гірничо-геологічній ситуації, що поділена на три узагальнених варіанти, які повністю охоплюють умови підтримання пластових виробок на шахтах Західного Донбасу.

2. Встановлений визначальний вплив параметрів прилеглих породних шарів (на висоту в покрівлю й глибину в підошву до 10 – 15 м) на процес розвитку здимання в пластових виробках. Вони мають гармонійний закон розподілу як літотипів, так і потужності, що враховано побудовою широкого діапазону розрахункових варіантів геомеханічної моделі, що дозволило відобразити в максимально повному обсязі різноманіття гірничо-геологічних умов підтримання пластових виробок на шахтах Західного Донбасу.

3. Виконано комплексне обґрунтування геомеханічної моделі системи «масив – пластова виробка» у рамках реалізації головної умови – максимально достовірного відображення:

– структури та властивостей прилеглих порід покрівлі й підошви вугільних пластів у повному діапазоні їх коливань;

– точне відтворення паспорта проведення і кріплення виробки з моделюванням конструктивних особливостей елементів кріплення;

– моделювання механічних властивостей усіх елементів системи «масив – пластова виробка» за повною діаграмою деформування їх матеріалів.

4. Аналіз результатів розрахунку НДС системи виявив неоднозначність впливу на процес здимання структури й властивостей прилеглих порід підошви: з одного боку, підтверджується загальновідома тенденція зниження переміщень підошви при збільшенні опору порід стисненню; з іншого, – на процес накладається вплив значної неоднорідності властивостей; цей вплив підсилюється при великому діапазоні коливань потужності суміжних шарів і можливості руйнування малопотужного піщанику. Встановлено різні тенденції розвитку здимання зі зростанням об’ємів знеміцнюючих порід підошви, де одним з головних факторів є особливості її структури, які розкриті в розробленому механізмі протікання цього геомеханічного процесу.

5. Пояснення неоднозначних тенденцій у розвитку здимання підошви пластових виробок здійснено на основі комплексного підходу, в якому аналіз епюр переміщень підошви підкріплений чинниками, виявленими при вивченні особливостей поля розподілу кожного компонента напружень. Саме така методологія дозволила встановити три загальні фактори, які генерують постійно присутні прояви здимання, але переважна дія одного із них закладена до принципу розподілу процесу здимання на три можливих варіанти розвитку. Виявлені фактори знайшли своє логічне пояснення у запропонованому механізмі розвитку здимання, які представлені трьома принциповими схемами, що розкривають природу геомеханічних процесів у досить неоднорідній і різноманітній структурі порід підошви.

6. Виконано всебічне обґрунтування закономірностей впливу основних геомеханічних факторів (структура й властивості порід, глибина розміщення і площа перерізу виробки) на прояви здимання порід підошви пластових виробок. Для кожної з трьох установлених схем розвитку процесу здимання порід отримано кореляційні залежності для розрахунку величини здимання з досить високим коефіцієнтом множинної кореляції. Ці залежності враховують розподіл потужності й опору стисненню породних шарів за глибиною безпосередньої й основної підошви, але відрізняються простотою і доступністю використання при прогнозу-

ванні здимання підошви при різних варіантах його розвитку. Розподіл гірничо-геологічних умов за характером розвитку здимання порід доведено до критеріального рівняння, яке дозволяє чисельно визначити схему протікання процесу.

7. Доведено, що при величині розрахункового опору стисненню понад 10 МПа породи всіх трьох прилеглих шарів підошви за глибиною не менше 6 м досить стійкі, а обмежена величина здимання (до 200 – 300 мм) суттєво не впливає на експлуатаційні характеристики виробки в цілому. Встановлено межі областей задовільного та незадовільного стану порід підошви й отримано критеріальне рівняння для розподілу цих областей, що дозволяє вже на стадії проектування визначити проблемні ділянки за довжиною виробки й обґрунтувати заходи щодо обмеження або ліквідації негативного впливу здимання порід підошви.

8. За результатами досліджень розроблено методику й алгоритм прогнозу здимання порід підошви пластових виробок шахт Західного Донбасу, що дозволяють оперативно оцінити її стан і виробити технічні рішення щодо забезпечення належних експлуатаційних параметрів виробки в цілому. Тому запропоновану методику прогнозу рекомендується використовувати як доповнення до діючих нормативних документів з підтримання гірничих виробок і на її основі, здійснювати прогнозну оцінку здимання порід підошви.

9. Основні положення і результати роботи використані при розробці документації на підтримання пластових виробок на шахтах ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Економічний ефект планується отримати за рахунок виключення позапланових операцій з відновлення експлуатаційного стану виробок, що збільшує навантаження на очисні вибої. Очікуваний річний економічний ефект складає 5,1 млн грн на одну виїмкову дільницю шахти.

Основні положення і результати дисертації опубліковані в наступних роботах:

1. Снигур В.Г. Аналитико-экспериментальные исследования повышения устойчивости выемочных выработок и расчет параметров крепежной системы: монография / [Бондаренко В.И., Ковалевская И.А., Симанович Г.А., Снигур В.Г., Свистун Р.Н.]. – Д.: ЛізуновПрес, 2013. – 178 с.

2. Снігур В.Г. Проектування систем вугільних шахт, що розробляють круті та крутопохилі пласти: монографія / [В.І. Бондаренко, І.А. Ковалевська, С.С. Гребьонкін, В.Г. Снігур та ін.]. – Донецьк: «ВІК», 2012. – 311 с.

3. Снигур В.Г. Экспериментальные исследования пучения пород почвы подготовительных выработок на пологих пластах Донбасса: монография / [Бондаренко В.И., Ковалевская И.А., Симанович Г.А., Снигур В.Г.]. – Д.: ЛізуновПрес, 2014. – 224 с.

4. Технологический регламент крепления и охраны выемочных выработок на пологих пластах Донбасса: науч.-практ. пособие / [В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович, В.Г. Снигур и др.]. – Д.: ЛізуновПрес, 2013. – 106 с.

5. Снигур В.Г. Расчет пучения пород почвы пластовых выработок шахт Западного Донбасса / В.Г. Снигур // Уголь Украины. – 2014. – № 7. – С. 3 – 5.

6. Снигур В.Г. Закономерности взаимосвязи параметров углевмещающей толщи с пучением почвы пластовых выработок / И.А. Ковалевская, В.Г. Снигур, А.В. Малыхин // Розробка родовищ: щорічн. наук.-техн. зб. – Д.: ЛізуновПрес,

2014. – С. 343 – 352.

7. Снигур В.Г. Исследование особенностей формирования зоны шарнирно-блокового сдвижения надугольной толщи в окрестности очистного забоя / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, В.Г. Снигур // Школа подземной разработки: матер. VI междунар. научн.-практ. конф. – Д.: ЛізуновПрес, 2012. – С. 12 – 18.

8. Снигур В.Г. Исследование НДС почвы и крепи горной выработки на сверхглубоких горизонтах / И.А. Ковалевская, В.Г. Снигур, Р.Н. Свистун // Розробка родовищ: щорічн. наук.-техн. зб. – Д.: ЛізуновПрес, 2013. – С. 35 – 39.

9. Snigur V. Specifics of percarbonic rock mass displacement in longwalls end areas and extraction workings / I. Kovalevs'ka, O. Vivcharenko, V. Snigur // School Underground Mining: materials of VII International scientific-practical conference. – Netherlands: CRC Press/Balkema, 2013. – P. 29 – 33.

10. Snigur V. Influence of the structure and properties of coal-bearing massif on bottom heaving / V. Bondarenko, G. Symanovych, V. Chervatyuk, V. Snigur // Annual Scientific-Technical Collection "Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining". – Netherlands: CRC Press/ Balkema, 2014. – P. 5 – 11.

11. Snigur V. Features of bottom heaving development mechanism in foliated massif of poor rocks [Electronic resource] 1 electronic optical drive (427 KB; CD-ROM) / I. Kovalevska, D. Astafiev, V. Snigur [etc.] // Szkoła Eksploatacji Podziemnej-2014: materiały konferencyjne.

Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві: [1 – 4] – обґрунтування схеми зрушення надвугільної товщі, аналіз НДС порід підошви й оцінка її стійкості, встановлення закономірностей і побудова кореляційних залежностей; [6 – 11] – розробка механізму розвитку здимання, розрахунок і аналіз НДС порід підошви, геомеханічне обґрунтування методики прогнозу величини здимання підошви пластових виробок.

АНОТАЦІЯ

Снігур В.Г. Обґрунтування прогнозу та розрахунок параметрів здимання підошви пластових виробок шахт Західного Донбасу. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копали». – Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» МОН України, Дніпропетровськ, 2014.

Захищаються встановлені закономірності впливу параметрів структури та механічних властивостей порід безпосередньої й основної підошви, глибини розміщення пластової виробки та площі її поперечного перерізу на інтенсивність здимання підошви, на базі яких отримані рівняння регресії для розрахунку її величини. Ці результати отримані за масивом даних багатоваріантних розрахунків НДС шаруватого масиву слабких порід навколо пластової виробки на просторових геомеханічних моделях, що враховують інформацію з геологічних досліджень структури й властивостей вуглевмісної товщі порід Західного Донбасу, дію факторів, що послаблюють породу, а також реальні паспорти проведення і кріплення виробок. Усі розрахунки виконані в пружно-пластичній постановці за

повною діаграмою деформування гірської породи. На основі комплексного аналізу епюр повних переміщень порід безпосередньої й основної підошви та епюр кожного компонента напружень виявлена неоднозначність протікання процесу здимання залежно від структури й властивостей порід підошви пластової виробки. Для пояснення цих тенденцій розкрито механізм розвитку здимання, що згрупований у три основні схеми, які повністю охоплюють реальний діапазон зміни гірничо-геологічних умов підтримання пластових виробок. Розподіл гірничо-геологічних умов за характером розвитку здимання доведено до критеріального рівняння, що дозволяє чисельно визначити схему протікання процесу. Розроблено методику й алгоритм розрахунку здимання підошви пластових виробок, що дозволяє на стадії проектування розробити технічні рішення з підвищення їх стійкості.

Основний зміст роботи відображено у 3 колективних монографіях, 2 статтях, опублікованих в спеціалізованих наукових виданнях, 2 статтях у міжнародних збірниках, 3 статтях у науково-технічних збірниках міжнародних конференцій та технологічному регламенті.

Ключові слова: пластова виробка, слабкі шаруваті породи, здимання, переміщення, напруження, обчислювальний експеримент, прогноз, експлуатаційний стан.

АННОТАЦИЯ

Снигур В.Н. Обоснование прогноза и расчет параметров пучения почвы пластовых выработок шахт Западного Донбасса. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых». – Государственный ВУЗ «Национальный горный университет» МОН Украины, Днепропетровск, 2014.

Защищаются установленные закономерности влияния параметров структуры и механических свойств пород непосредственной и основной почвы, глубины размещения пластовой выработки и площади ее поперечного сечения на интенсивность пучения почвы, на базе которых получены уравнения регрессии для расчета ее величины. Разработана стратегия подхода к прогнозной оценке состояния пород почвы на всем протяжении выработки при меняющейся горно-геологической ситуации. Эти результаты получены по массиву данных многовариантных расчетов НДС слоистого массива слабых пород вокруг пластовой выработки на пространственных геомеханических моделях, учитывающих информацию по геологическим изысканиям структуры и свойств углевмещающей толщи пород Западного Донбасса, действие ослабляющих породу факторов, а также реальные паспорта проведения и крепления выработок. Все расчеты выполнены в упруго-пластической постановке по полной диаграмме деформирования горной породы. На основе комплексного анализа эпюр полных перемещений пород непосредственной и основной почвы и эпюр каждой компоненты напряжений выявлена неоднозначность протекания процесса пучения в зависимости от структуры и свойств пород почвы пластовой выработки. Для объяснения этих тенденций ра-

скрыт механизм развития пучения, который сгруппирован в три основные схемы, полностью охватывающие реальный диапазон изменения горно-геологических условий поддержания пластовых выработок. Проведено всестороннее обоснование закономерностей влияния основных геомеханических факторов на проявления пучения пород почвы пластовых выработок. Для каждой из трех установленных схем развития процесса пучения пород получены корреляционные зависимости для расчета величины пучения с достаточно высоким коэффициентом множественной корреляции. Эти зависимости учитывают распределение мощности и сопротивления сжатию породных слоев по глубине непосредственной и основной почвы, но отличаются простотой и доступностью использования при прогнозировании пучения почвы при разных вариантах его развития. Разделение горно-геологических условий по характеру развития пучения доведено до критериального уравнения, позволяющего численно определить схему протекания процесса. Разработаны методика и алгоритм расчета пучения почвы пластовых выработок, что позволяет на стадии проектирования разработать технические решения по повышению их устойчивости.

Основное содержание работы отражено в 3 коллективных монографиях, 2 статьях, опубликованных в специализированных научных изданиях, 2 статьях в международных сборниках, 3 статьях в материалах международных конференций и технологическом регламенте.

Ключевые слова: пластовая выработка, слабые слоистые породы, пучение, перемещение, напряжение, вычислительный эксперимент, прогноз, эксплуатационное состояние.

ABSTRACT

Snigur V.G. Substantiation of forecast and calculation parameters of bottom heaving in mine workings of Western Donbass mines. – Manuscript.

Candidate of technical sciences' dissertation on specialty 05.15.02 – "Underground mining of mineral deposits". – SHEI "National Mining University", Dnipropetrovsk, 2014.

Established regularities of parameters structure influence and mechanical properties of immediate and main bottom rocks, depth of in-seam mine working location and its cross-section area on bottom heaving intensity are defended. On the base of all these factors regression equations for value calculation are obtained. These results are achieved on the massif data of multivariant calculations of stress-strain state of massif soft foliated rocks around in-seam mine working on spatial geomechanical models that take into account information on geological investigations of structure and properties of coal-bearing strata of Western Donbass rocks, action of weakening factors and also real passport of preparation and mine workings supports. All calculations are realized in elastic-plastic position on full diagram of rock deformation. Uncertainty of bottom heaving behavior depending on rock structure and properties of in-seam mine working are identified on the basis of complex diagrams analysis of rock full displacements of immediate ad main roof and diagrams of each component. For explanation of all these tendencies, mechanism of heaving development that classified into three main schemes

and fully containing real range of changing of mine-geological conditions of in-seam mine working supporting is opened. Mine-geological conditions division on heaving development character is extending to criteria equation that allow numerically determine scheme of process behavior. Methodology and algorithm of calculation of in-seam mine workings bottom heaving that allow to develop technical solutions on its steadiness increasing at the design stage are developed.

Basic content of this work is described in 3 collective monographs, 2 articles that were published in specific scientific publications, 2 articles in international collections, 3 articles in materials of international conference and manufacturing instructions.

Key words: in-seam mine working, soft foliated rocks, heaving, displacement, stresse, computational experiment, prediction, operating condition

СНІГУР Василь Григорович

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОГНОЗУ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЗДИМАННЯ ПІДОШВИ ПЛАСТОВИХ ВИРОБОК ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

(Автореферат)

Підписано до друку 22.09.14. Формат 60х90/16.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 прим. Зам. №63

Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса,19