

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

ДЄДІЧ Іван Олександрович

УДК 622.831.3: 622.831.325.3

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ
РОЗРОБКИ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ З ПОТОЧНИМ БУРІННЯМ
ДЕГАЗАЦІЙНИХ СВЕРДЛОВИН З ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ**

05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалин

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2016

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник:

доктор технічних наук, директор проектного та науково-дослідного центру ПрАТ «Донецьксталь» (м. Київ)

АГАФОНОВ
Олександр
Васильович

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор, директор Інституту фізики гірничих процесів Національної академії наук України (м. Дніпро)

ГРІНЬОВ
Володимир
Герасимович

кандидат технічних наук, науковий співробітник відділу проблем технології підземної розробки вугільних родовищ Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (м. Дніпро)

ВЛАСЕНКО
Василь
Вікторович

Захист відбудеться «13» жовтня 2016 р. о 14³⁰ 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. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 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. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19).

Автореферат розісланий «13» вересня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03
кандидат технічних наук

М.В. Петльований

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. З огляду на енергетичну незалежність України підтримка вітчизняної вугільної промисловості набуває особливого значення, а комплексне освоєння власних газовугільних родовищ є саме тим напрямом, який дає потужний поштовх розвитку національної економіки й оперативно розв'язує низку екологічних і соціальних проблем на державному рівні, а також сприяє імпортозаміщенню енергетичних ресурсів. Підвищення навантаження на очисні вибої і комплексне освоєння газовугільних родовищ, а також конкурентно-спроможності шахтного фонду України та його відповідності сучасному рівню гірничої техніки неможливі без збільшення ефективності дегазації вугільних пластів. Тому підземну розробку вугільних пластів з високим вмістом газу метану слід розглядати як комплексну послідовність дій, що передбачає видобуток шахтного метану, залучуючи усі відомі технології дегазації вуглеметановміщуючого середовища, вирішуючи таким чином питання щодо ефективного та безпечного ведення підземних гірничих робіт.

Вітчизняні, німецькі та австралійські спеціалісти накопичили достатній досвід поточної дегазації, що здійснюється під час підробки свердловин очисними вибоями. Проте відсутнє обґрунтування щодо параметрів поточної дегазації газовугільного масиву, узгодженості її параметрів з параметрами очисних робіт. Недостатньо уваги приділено цілісності дегазаційних свердловин під час їх підробки очисними вибоями та причинам їх незадовільного стану.

Таким чином, вибір і обґрунтування раціональних параметрів технології розробки з поточним бурінням дегазаційних свердловин з земної поверхні є актуальною науково-технічною задачею.

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 Макіївського науково-дослідного інституту з безпеки робіт у гірничій промисловості, яка пов'язана з держбюджетною темою «Розроблення НПАОП. «Дегазація вугільних шахт. Правила безпечної експлуатації дегазаційних систем» (№ держреєстрації 0112U005731, 2012 р.).

Метою роботи є встановлення закономірностей деформації гірничого масиву при інтенсивному відпрацюванні вугільних пластів підземними очисними роботами для визначення раціональних параметрів поточної дегазації виїмкової ділянки свердловинами з земної поверхні.

Ідея роботи полягає в узгодженні параметрів розташування дегазаційних свердловин при поточному їх бурінні з земної поверхні зі структурними утвореннями на площі виїмкової ділянки газовугільного родовища в процесі розвитку гірничих робіт.

Об'єктом досліджень є процес взаємодії технологій інтенсивного ведення очисних робіт з видобутку вугілля і метану в зоні активних зрушень гірського масиву.

Предметом досліджень є параметри узгодження процесів вуглевидобутку й дегазації виїмкової ділянки газовугільного родовища.

Поставлена мета досягається шляхом вирішення **таких завдань досліджень**:

- встановити закономірності динаміки взаємодії стовбура дегазаційної свердловини з очисним вибоєм;
- розробити методику визначення небезпечних деформацій дегазаційних свердловин й обґрунтувати заходи з їх усунення;
- дослідити залежність дебіту дегазаційних свердловин від швидкості посування очисних вибоїв, що їх підроблюють;
- узгодити параметри дегазації й очисних робіт.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань в роботі використано комплексний підхід, що містить методи натурних інструментальних спостережень за деформаціями стовбурів дегазаційних свердловин для встановлення причин їх дострокового руйнування, структурної геології для дослідження параметрів тріщинуватості і проникності масиву гірських порід, чисельного моделювання для вивчення закономірностей перерозподілу напружень і деформацій навколо дегазаційних свердловин, а також математичної статистики для встановлення параметрів дегазації.

Наукові положення, що захищаються в дисертації:

1. Ефективна експлуатація дегазаційних свердловин, пробурених із земної поверхні, забезпечується за рахунок розташування їх за межами зони горизонтальних зміщень, що формуються в шарах вуглепородного масиву, представлених поєднанням обводнених пісковиків з водостійкими породами (аргіліти, алевроліти), величина яких визначається ступеневістю залежністю від співвідношення відстані від площини контакту зазначених шарів до вугільного пласта, що відпрацьовується, та його потужності. Це дозволяє прогнозувати небезпечні деформації свердловин та ефективно здійснювати комплексне добування вуглеводневих корисних копалин.

2. Зі зростанням швидкості посування очисного вибою загальний дебіт поверхневих дегазаційних свердловин, що підроблюються гірничими роботами, зростає за логарифмічною залежністю, а частка метану, який відводиться з виїмкової ділянки вказаними свердловинами лінійно зменшується. Це дозволяє компенсувати підтримання достатнього рівня ефективного дебіту за рахунок своєчасного введення нових свердловин.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Уперше встановлено, що руйнування дегазаційних свердловин пробурених із земної поверхні здійснюється у вигляді перерізу їх стовбурів, який виникає внаслідок зміщень суміжних породних шарів відносно один одного в площині нашарування.

2. Уперше доведено, що переріз стовбура свердловин виникає на контактах обводнених пісковиків з водостійкими підстилаючими породами (аргілітами, алевролітами).

3. Уперше встановлено, що зі зростанням швидкості посування очисного вибою загальний дебіт дегазаційних свердловин, що підроблюються, зростає згідно логарифмічної залежності.

4. Уточнено, що величина перерізу стовбурів свердловин визначається ступеневу залежністю від співвідношення відстані від площини контакту зазначених шарів до вугільного пласта, що відпрацьовується, і його потужності та обернено пропорційна швидкості осування очисного вибою.

5. Уточнено залежність проникності газувугільного масиву від напружень, обумовлених гірським тиском та положенням дегазаційної свердловини відносно виробленого простору.

6. Отримало подальший розвиток уявлення про взаємодію дегазаційної свердловини з очисним вибоєм в умовах інтенсивного відпрацювання вугільних родовищ.

Достовірність отриманих результатів та висновків підтверджується застосуванням апробованих методів досліджень, задовільним узгодженням результатів натурних вимірів (89%) з результатами чисельного моделювання перерозподілу напружень і деформацій навколо дегазаційних свердловин, а також даними, наведеними в роботах інших авторів.

Наукове значення роботи полягає у встановленні нових закономірностей руйнування стовбура дегазаційних свердловин та залежності дебіту з них метану від швидкості посування очисних вибоїв, що дозволило обґрунтувати параметри технології поточного буріння дегазаційних свердловин із земної поверхні.

Практичне значення роботи полягає у наступному:

- узгоджені параметри дегазаційних свердловин відносно границь виробленого очисними вибоєм простору і відстані між свердловинами;
- розроблено методику визначення місцеположення зсувів на контактах породних шарів та величин зрізів стовбура дегазаційної свердловини;
- розроблено номограму для визначення величини зосередженого зрізу дегазаційних свердловин при їх підробці очисними роботами;
- розроблено оригінальну конструкцію герметичної капсули, що забезпечує цілісність цифрової камери для фіксації зсуву стовбура дегазаційної свердловини;
- обґрунтовано параметри технології поточного буріння дегазаційних свердловин із земної поверхні при підземній розробці вугільних пластів.

Реалізація результатів досліджень. Раціональні параметри розташування дегазаційних свердловин впроваджено під час виконання проекту комплексного освоєння газувугільних родовищ. Параметри дегазації газувугільного родовища увійшли в проект нових галузевих вказівок НПАОП «Дегазація вугільних шахт. Правила безпечної експлуатації дегазаційних систем» та галузеві «Рекомендації по разработке проектов на поточное сооружение дегазационных скважин с поверхности земли на метаноугольных месторождениях» і використовуються на шахтах Донбасу (ш/у «Покровське», ПрАТ «Донецьксталь»).

Особистий внесок автора. Автором самостійно сформульовані мета і завдання досліджень, ідея роботи, її основні наукові положення, висновки і рекомендації, порядок лабораторних і натурних досліджень, обрані методи аналітичних досліджень. Здійснено збір і обробку статистичних даних, розроблено методику, виконані лабораторні випробування породних зразків, розроблені розрахункові схеми, математичне моделювання процесів зрушень масиву навколо лави. Автор брав безпосередню участь у впровадженні результатів досліджень у виробництво.

Апробація результатів дисертації. Основні дослідження дисертації докладалися, обговорювалися та були схвалені на засіданнях технічної ради ПрАТ «Донецьксталь» (Красноармійськ, 2014 – 2016), на міжнародних наукових конференціях «Форум гірників – 2013» (Дніпропетровськ, 2013), «Маркшейдерско-геодезическое обеспечение рационального использования охраны недр и строительства сооружений» (РФ, Новочеркаськ, 2013), «Школа підземної розробки родовищ» (Ялта, 2013; Бердянськ, 2014, 2016).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані в 15 наукових працях, з яких 6 – у спеціалізованих фахових виданнях, 2 – у виданнях, що входять до наукометричної бази даних Scopus, 2 – у патентах на винаходи, 5 – у матеріалах наукових конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 148 найменувань на 18 сторінках і 2 додатків на 14 сторінках. Містить 142 сторінки машинописного тексту, 29 рисунків і 17 таблиць. Загальний обсяг роботи – 161 сторінка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі надано загальну характеристику роботи, наведено наукові положення, їх новизна та достовірність, практична значимість наукових результатів.

Перший розділ дисертації присвячений аналізу перспектив добування метану з газовугільних родовищ, технологій їх дегазації, та параметрів дегазаційних свердловин, які буряться із земної поверхні, оскільки цей тип свердловин забезпечує найвищу якість каптованого метану (з концентрацією 95 – 99%) і застосовується як для попередньої дегазації газовугільних родовищ, так і для поточної їх дегазації під час відпрацювання запасів вугілля. Роботами вітчизняних учених (Булат А.Ф., Гриньов В.Г., Жикаляк М.В., Ілляшов М.О., Клец А.П., Лукінов В.В., Сокоренко С.С., Баранов В.А., Шевелев Г.А., Перепелиця В.Г., Приходченко В.Ф., та ін.) доведено, що видобуток вугільного метану як самостійного енергетичного ресурсу створює підвалини для комплексного використання надр і сприяє підвищенню безпеки підземного видобутку вугілля на середніх та великих глибинах, де залягають основні запаси кам'яного українського вугілля. На поточний момент підземна дегазація вичерпала свої можливості. Натомість свердловини, що пробурені з земної поверхні, мають значний резерв, про що свідчить масштабна варіація їх дебіту, межі якого змінюються від десятків тисяч до більш ніж 1 млн м³ метану.

Основний видобуток метану зі свердловин, які пробурені з земної поверхні, відбувається у зоні активних зрушень після їх підробки очисним вибоєм. З одного

боку, після підробки у газовугільній товщі створюються системи техногенної тріщинуватості та розшарування, які сприяють інтенсивній дегазації метану. Проте, з іншого боку, під дією цих деформацій стовбури свердловин руйнуються, або виникають недопустимі деформації, в результаті чого порожнина стовбура перекривається, а аеродинамічний опір збільшується, що заважає відводу вивільненого метану. На сьогодні механізм руйнування дегазаційних свердловин, пробурених із земної поверхні, не вивчено. Відсутня методика визначення небезпечних деформацій стовбура дегазаційних свердловин, що заважає вибору раціональних параметрів їх розташування відносно очисних робіт. Це обумовлює актуальність перших двох задач досліджень.

Сучасні високопродуктивні очисні вибої рухаються зі швидкістю 200 м/міс. і вище, що обумовлює виникнення нових особливостей процесу зрушень товщі, яка підроблюється, а також дегазації метану, яка супроводжує вказаний процес. Проте особливості дегазації і відведення вільного метану свердловинами, які пробурені з земної поверхні, не вивчені, що заважає використанню значних резервів ефективності цих свердловин та визначенню раціональних параметрів їх розташування відносно очисних вибоїв, які швидко рухаються. Ці закономірності є предметом третьої й четвертої задач.

У другому розділі надана характеристика об'єктів дослідження, та обґрунтовано методи досліджень, вказані їх параметри та область раціонального застосування. За об'єкт дослідження обрано ПрАТ «ШУ «Покровське», яке відпрацьовує поодинокий вугільний пласт d_4 і є самим продуктивним вугледобувним підприємством України. Річний видобуток рядового вугілля протягом багатьох років становить 5 – 7 млн т, а середньодобовий сягає 15 – 18 тис. т. При цьому метановиділення у гірничі виробки на виїмкових дільницях сягає 35 – 45 м³/хв. Таким чином актуальність дегазації вугільного пласта всіма засобами, включаючи й свердловинами з земної поверхні, є безумовною, що доведено практикою.

Вивчення ефективності дегазації здійснювалось на основі аналізу дебіту метану залежно від посування очисного вибою і відстані від вказаного вибою до вертикальної дегазаційної свердловини. Автором розроблено новий оригінальний пристрій для прямих спостережень деформацій стовбура дегазаційних свердловин. Вказані деформації фіксуються за допомогою цифрової камери, що спускається у свердловину на спеціальному тросі. Був сконструйований спеціальний водотривкий корпус та випробуваний на стенді у МакНДІ. Випробування довели, що підводну зйомку можна безпечно виконувати до глибини 800 м. Це достатньо для вивчення деформацій дегазаційних свердловин у процесі розробки переважної більшості українських газовугільних родовищ.

Найбільш ефективним методом вивчення динаміки напружено-деформованого стану дегазаційної свердловини і оточуючого її масиву у зоні активних зрушень є тривимірні чисельні комп'ютерні моделі. У даній дисертації застосовувалась сучасна потужна спеціалізована платформа FLAC3D для моделювання розподілу напружень і деформацій масиву під час посування очисного вибою, що підроблює дегазаційну свердловину. Вказаний програмний пакет враховує час протікання процесів і дає можливість моделювати послідовні задачі, коли рішення однієї задачі використовується як початкові умови для наступної.

Саме ці властивості дали можливість достовірно змоделювати початковий стан системи «масив – очисний вибій – дегазаційна свердловина». Додатково достовірність результатів моделювання забезпечена достатньою кількістю моделей.

Метановиділення виїмкових дільниць і досягнута фактична ефективність дегазації оцінювалися за результатами спостережень шахти і змінних газових зйомок. Вимірами визначалися: середня витрата газової суміші, дебіт і вміст метану в гірничих виробках і газопроводах. Спостереження виконувались з дотриманням нормативних документів. Швидкість руху повітря у виробках вимірювалася анемометрами АПР-2, вміст метану – шахтними інтерферометрами ШІ-11, автоматичними газоаналізаторами «Сигнал-7», стаціонарними датчиками АКМ і лабораторним аналізом проб газу на хроматографах «Газохром 3101» і ЛХМ-85. У дегазаційних трубопроводах вимірювали: швидкість руху газової суміші приладом LUGA, вміст метану шахтним інтерферометром ШІ-12 і розрідження U-подібним ртутним манометром.

У газовідсмоктуючому трубопроводі вимірювали: швидкість руху газової суміші анемометром АПР-2, вміст метану шахтним інтерферометром ШІ-11 і відбирали контрольні проби газу «мокрим» способом для лабораторного аналізу. У робочому просторі лави виконувалися поперечні газові зйомки для визначення припливу в нього метану з виробленого простору і газовиділення з пласта, що розробляється.

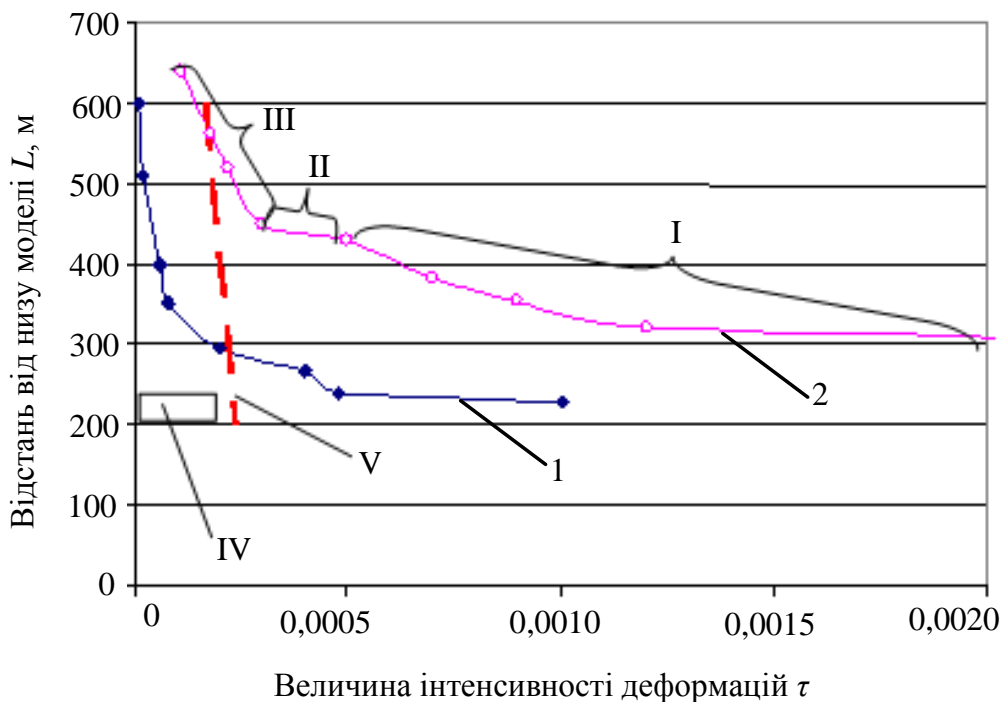
Проникність тріщинуватого масиву гірських порід у зоні впливу очисних робіт вивчалась як функція тріщинуватості, параметри якої досліджувались на основі статистично представницьких вимірів розкриття тріщин, відстані між ними, кутів та азимутів падіння. Аналіз тріщинуватості здійснювали за допомогою рівноплощинних стереографічних проекцій Каврайського.

У **третьому розділі** викладено результати дослідження ефективності застосування поточної дегазації свердловинами із земної поверхні при підземному видобуванні вугілля. Моделювання взаємодії очисного вибою і дегазаційних свердловин здійснювалось для наступних гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов. Глибина розробки становила 500 м, потужність вугільного пласта, що залягає горизонтально, складала 1,8 м. Довжина лави становила 200 м. Виїмковий стовп відпрацьовувався зворотним ходом. Монтажна камера розміщувалась на відстані 200 м від задньої границі моделі. Кут зрушення становив 70°. Ширина розрахункової області уздовж лави становила 400 м, що дало можливість розташувати бокову стінку моделі на достатній відстані від кінця мульди зрушень із урахуванням кута зрушень.

На бокових стінках моделі горизонтальні переміщення залишались незмінними, що відображало реакцію масиву. На нижній грані моделі усі компоненти переміщень також залишались незмінними. Верхня границя моделі залишалась вільною і відображала граничні умови на земній поверхні. Для врахування початкового стану системи сам процес моделювання виконувався у кілька стадій. На першій з них моделювався пружний стан вагомого недоторканого масиву і досягалась рівновага сил, що діють на гранях скінченних зон з похибкою, що не пере-

вищувала 10^{-5} . Після цього моделювали 5 послідовних посувань лави по 50 м, кожне з врахуванням напружено-деформованого стану системи після попередніх посувань, що дозволило коректно врахувати початкові стани моделі й відобразити швидкість посування лави. Це гарантувало достовірність результатів моделювання, особливо з урахуванням того, що моделювався процес руйнування товщі, який, як відомо, залежить від шляху навантаження моделі.

На рис. 1 наведено графіки розподілу інтенсивності дотичних деформацій, які є основною причиною руйнування гірського масиву під час його підробки очисними вибоями. Встановлено, що величина небезпечних деформацій зменшується зі збільшенням відстані від виробленого простору очисного вибою IV до точки, в якій визначається деформація. Рівень небезпечних деформацій V зростає по мірі відходу очисного вибою від монтажної камери. Так, після відходу лави на 200 м величина деформацій сягає 0,002 на рівні основної покрівлі пласта, що відпрацьовувався. Незважаючи на те, що амплітуда деформацій зменшується з віддаленням від виробленого простору, їх рівень виявляється достатнім для провокування зсуву по контактам повітряно-сухих аргілітів та алевролітів, що помітно з співставленням з рівнем допустимих деформацій, вказаним графіком V. За умов обводнення таких порід межа їх міцності зменшується, що збільшує ймовірність зсуву породних шарів відносно один одного.



I – V – зони деформацій масиву

Рисунок 1 – Розподіл інтенсивності дотичних деформацій по зонах при різному відході очисного вибою 40 м (1) та 200 м (2)

Аналіз стратиграфічних розрізів вуглевміщуючої товщі, що підроблювалася очисним вибоєм, дозволив встановити найбільш вірогідні ділянки, на яких ймовірність руйнування стовбура дегазаційної свердловини максимальна.

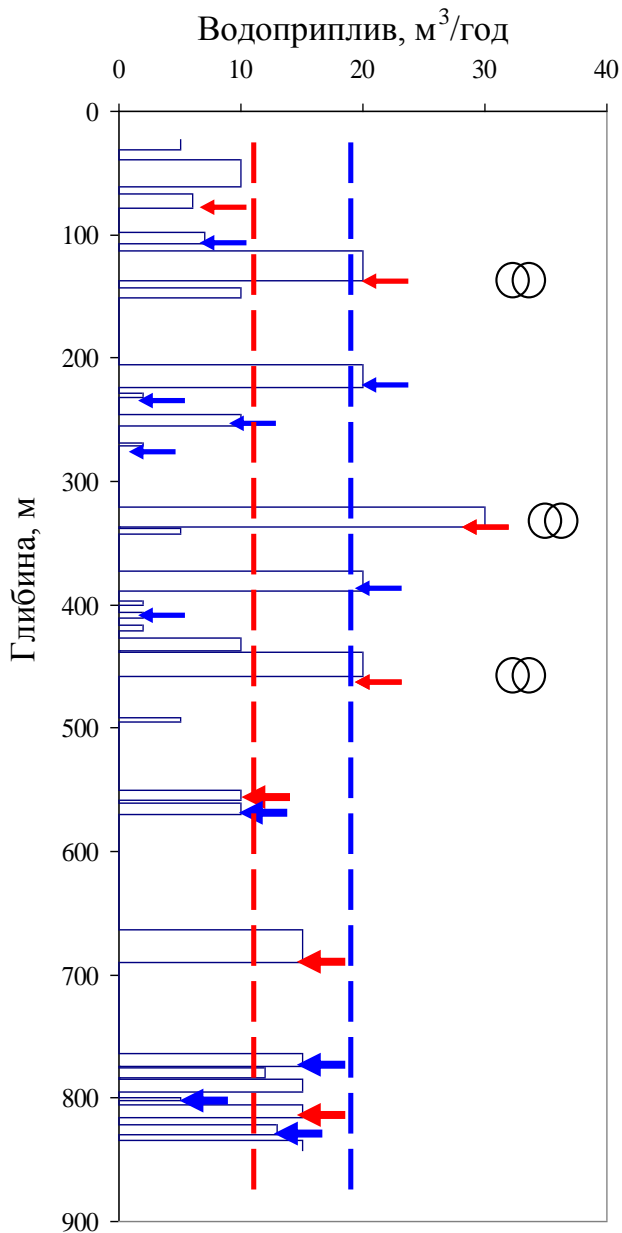


Рисунок 2 – Місцезнаходження ділянок, на яких ймовірний зсув по контактам породних шарів



Рисунок 3 – Знімок перерізу стовбура свердловини

По-перше, можливість перевищення межі міцності на зріз товщі найбільш ймовірна уздовж нашарування. По-друге, зменшення межі міцності взагалі і на зсув зокрема, відбувається, у першу чергу, на тих ділянках масиву, де залягають найслабші породи, особливо на контактах породних шарів, що мають різну міцність. По-третє, ймовірність зниження межі міцності відбувається під час розмокання порід, що містять велику кількість глинистих мінералів, особливо монтморилоніту. Такі контакти найбільш ймовірні на межах шарів аргілітів та алевролітів. Четвертий чинник зменшення міцності глинистих породи пов'язаний з наявністю водоносних шарів, що залягають безпосередньо над шарами зі значним вмістом глинистих мінералів. Встановлено, що такі ділянки приурочені до контактів подошов водоносних пісковиків і шарів аргілітів або алевролітів, що містять значну кількість глинистих мінералів (рис. 2).

За допомогою цифрової камери, розміщеної у герметичному корпусі, яка опускалася у свердловини, було встановлено, що руйнування дегазаційних свердловин, дійсно, відбувається у результаті зсувів на контактах породних шарів під дією дотичних напружень (рис. 3), що призводить до перерізування стовбура свердловин, місця яких вказані стрілками. На верхній площині нижнього породного шару чітко простежується лінія проковзування, яка залишилась у результаті зсуву одного шару відносно іншого. Масові спостереження показали, що таке проковзування відбувається виключно у площині нашарування.

Дослідження зональності концентрації метану по площі виїмкових діль-

ниць та оцінка ефективності дегазації окремими технологіями (підземними свердловинами, газовідсмоктуванням через свічки, свердловинами з поверхні) показало, що завдяки дегазаційним свердловинам, пробуреним із земної поверхні вдалось підвищити щодобовий видобуток вугілля з очисних вибоїв на 850 т. Проте ефективність поверхневих свердловин у 1,37 рази менша, ніж підземних дегазаційних свердловин і в 1,6 рази ніж ефективність свічок. Враховуючи, що коефіцієнт варіації продуктивності поверхневих свердловин сягає 108%, можна зробити висновок про значний резерв, який закладений у можливості дегазаційних свердловин, пробурених із земної поверхні.

Для ефективного використання вказаного резерву було розроблено методику визначення місцеположення ділянок, на яких можуть руйнуватися дегазаційні свердловини під час їх підробки очисним вибоєм, та способи захисту свердловин від такого руйнування. На рис. 4 наведена номограма для визначення максимальної величини зрізу свердловини у випадку, коли її вісь перпендикулярна до нашарування. Для побудови номограми були використані результати власних досліджень інтенсивності дотичних деформацій за висотою товщі, що підроблюється, а також залучені відомі залежності міцності порід від вологості, величин деформацій товщі від швидкості посування очисного вибою, що її підроблює, та показник кратності підробки, який пропорційний відстані від виробленого простору та обернено пропорційний потужності вугільного пласта, що виймається.

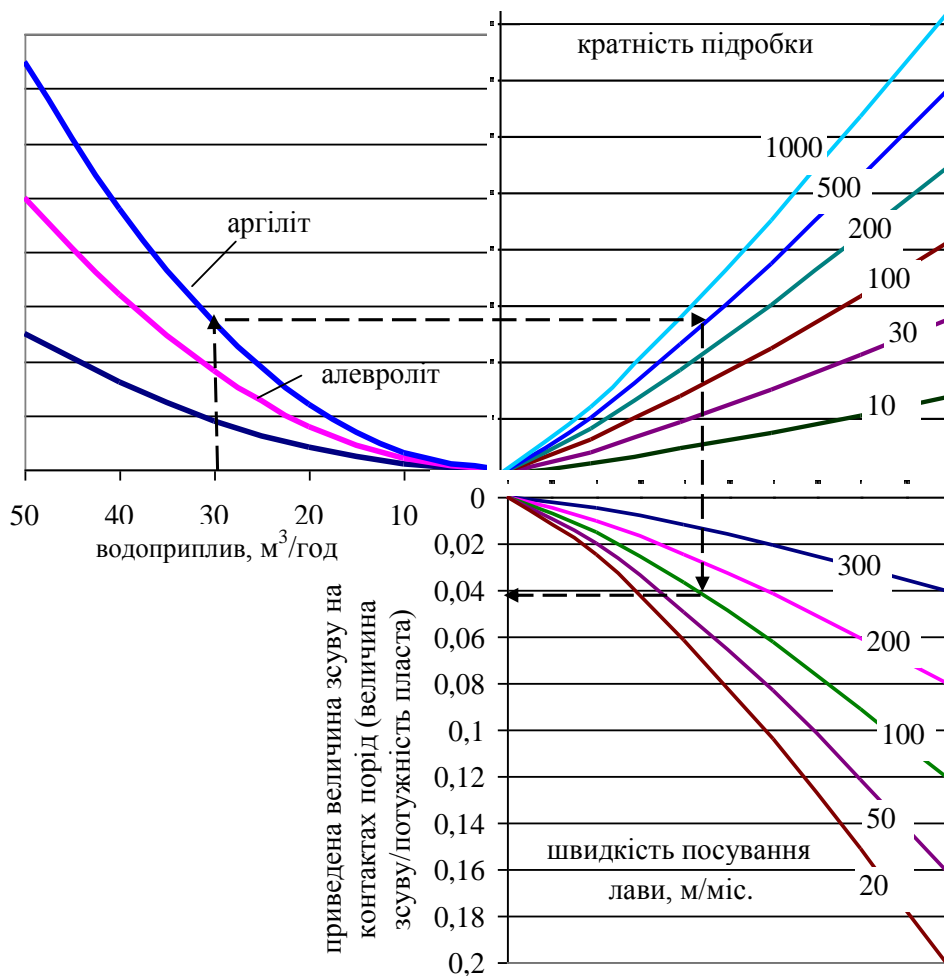


Рисунок 4 – Номограма для визначення величин зосереджених зрізів

Можливі місцеположення пошкоджень свердловин перевіряються на усіх контактах водоносних пісковиків і глинистих порід. Величина зрізу стовбура свердловини визначається залежно від водоприпливу, вмісту глинистих мінералів у породі, що залягає під пісковиком, кратності підробки та швидкості посування лави. Абсолютна величина перерізу стовбура свердловини визначається у площині, перпендикулярній нашаруванню, і приводиться до потужності вугільного пласта, який відпрацьовується. У разі, коли вказана величина перевищує допустимий рівень, необхідно застосувати спеціальні заходи для зниження або ліквідації небезпечного перерізу. На основі виконаних досліджень сформульовано перше наукове положення.

Досліджена залежність дебіту дегазаційних свердловин від швидкості посування очисних вибоїв, що їх підроблюють, на основі чого узгоджені параметри дегазації й очисних робіт. Встановлено, що дебіт дегазаційних свердловин, які пробурені з земної поверхні знаходиться у логарифмічній залежності від швидкості посування очисного вибою, що підроблює ці свердловини (рис. 5). Проте збільшення видобутку метану зі свердловин непропорційно зменшує виділення вибухонебезпечного газу у робочий простір очисного вибою. Як показали спільні дослідження ІГТМ і ПрАТ «Донецьксталь», підвищення темпів посування лави призводить до того, що частка газу з супутників і газоносних пісковиків, яка поступає у робочий простір вибою зменшується. Як наслідок, коефіцієнт корисного дебіту свердловин знижується.

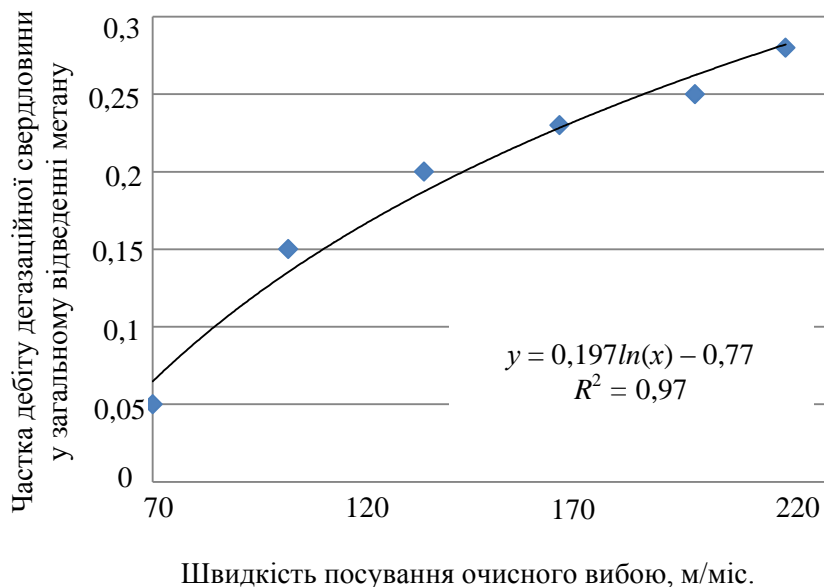


Рисунок 5 – Залежність ефективності дегазації свердловинами з земної поверхні від швидкості їх підробки очисним вибоєм

Дослідження автора показали, що коефіцієнт ефективного дебіту з робочого простору лави k зменшується зі зростанням швидкості лави v згідно обернено пропорційної залежності:

$$k = -0,0048v + 1,58,$$

де v – швидкість посування очисного вибою, м/міс.

Встановлено, що втрата ефективності дегазаційної свердловини компенсується вибором оптимальних параметрів розташування свердловин завдяки вчасному їх бурінню.

У **четвертому розділі** обґрунтовано параметри технології ведення очисних робіт високонавантажених лав і дегазації вуглегазової товщі масиву гірських порід свердловинами з земної поверхні. Для захисту дегазаційної свердловини від перерізування її стовбура на контактах водоносних пісковиків й аргілітів або алевролітів автором був розроблений і запатентований новий спосіб дегазації, який базується на застосуванні спеціальної форми дегазаційної свердловини, що буриться із земної поверхні (рис. 6). Відрізок 1 свердловини розміщується за межами небезпечних зрушень масиву у площині нашарування, що призводять до перерізування стовбура свердловини. Відрізок 2 виконується похилим з таким розрахунком, щоб пересікти найбільш небезпечну зону прогинів під гострим кутом до нашарування. Чим менше цей кут, тим менше величина перерізу внутрішньої площі свердловини, що залежить від проковзування породних шарів на контактах. Нарешті газоприймальний відрізок 3 свердловини розміщується на горизонті залягання вугільних супутників та газоносних пісковиків, що забезпечують основний притік метану у робочий простір очисного вибою.

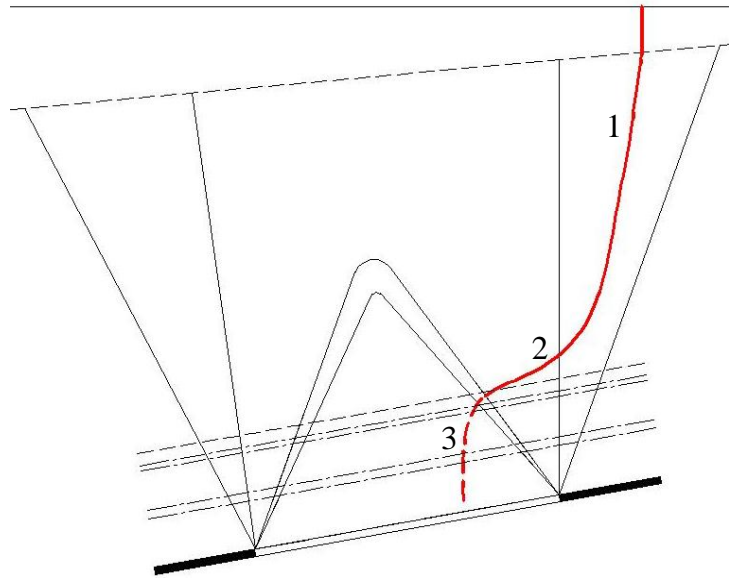


Рисунок 6 – Схема розташування дегазаційної свердловини

Підвищення швидкості посування очисного вибою є також дієвим прийомом для зменшення зсувів породних шарів відносно один одного. Встановлено, що раціонально комбінувати способи захисту дегазаційних свердловин: для збереження газопровідної ділянки дегазаційної свердловини доцільно збільшувати швидкість посування лави, або зміщувати цю ділянку убік від зони небезпечних дотичних деформацій товщі, яка підроблюється. Натомість захист перехідної ділянки, як найбільш небезпечної, здійснюється нахилом її осі до нашарування у комбінуванні з підвищенням швидкості.

Результати досліджень впроваджені у практику інтенсивного відпрацювання газовугільного родовища в умовах шахтоуправління «Покровське». Узгодження процесів і технологій комплексного освоєння газовугільного родовища виконувалось на основі вибору оптимальної відстані між видобувними свердловинами, конструкції свердловин, їх глибини, довжини ділянки перфорації газоприймальної частини, ув'язці очисних і бурильних робіт у просторі та часі, а також когенерації метаноповітряної суміші.

Завдяки вдалому поєднанню швидкісного буріння свердловин із земної поверхні та їх раціонального розташування відносно очисних вибоїв було видобуто 7,3 млн м³ метану і досягнута небувала за всю історію підприємства виробнича потужність 8,3 млн т, що перевищує показники 2011 року на 1,4 млн т. Зростання прибутку в розрахунку на рядове вугілля становить 182 млн грн в порівнянних цінах. Частка автора в економічному ефекті становить 1,7 млн грн.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена нова науково-практична задача прогнозування і вибору параметрів дегазації газувугільного масиву свердловинами з земної поверхні на основі встановлених нових закономірностей взаємодії дегазаційних свердловин і очисних вибоїв, а також залежності дебіту метану від швидкості посування лави, що дозволило з'ясувати причини руйнування стовбура свердловини під час її підробки очисним вибоєм і має велике значення для безпечного вуглевидобутку підземним способом.

Основні наукові і практичні результати, висновки та рекомендації полягають у наступному:

1. Встановлено, що головними факторами, які знижують ефективність дегазаційних свердловин, що пробурені з земної поверхні, є їх руйнування у зоні активних зрушень під час підробки очисним вибоєм, зменшення проникності масиву під дією гірського тиску, кольматації та скін-ефекту газоприйомної ділянки свердловини, а також заповнення підземними водами.

2. Доведено, що руйнування дегазаційної свердловини відбувається у вигляді перерізування її стовбура внаслідок проковзування суміжних породних пластів відносно один одного.

3. Встановлено, що цілісність дегазаційної свердловини під час підробки очисним вибоєм досягається ухиленням від перерізування її стовбура на контактах газонесних пісковиків і породних шарів водотривких аргілітів й алевролітів та нахилом осі свердловини під гострим кутом до нашарування завдяки вибору спеціальної криволінійної форми осі дегазаційної свердловини, що дозволяє зберегти високу продуктивність свердловини у зоні активних зрушень і підвищити ефективність дегазації.

4. Розроблено методика визначення максимальної величини перерізування стовбура свердловини з урахуванням стратиграфічної будови товщі, через яку буриться дегазаційна свердловина, а також залежно від водоприпливів у водостійкі шари, вмісту глинистих мінералів, кратності підробки масиву очисним вибоєм та швидкістю його посування.

5. Встановлено, що зі зростанням швидкості посування очисного вибою загальний дебіт дегазаційних свердловин, що підроблюються, зростає згідно логарифмічної залежності, натомість частка метану, який відводиться з виїмкової ділянки вказаними свердловинами, лінійно зменшується, що компенсується підтриманням достатнього рівня ефективного дебіту за рахунок своєчасного введення нових свердловин.

6. Встановлено, що параметри дегазації й очисних робіт визначаються на основі швидкісного потокового буріння свердловин, раціональна відстань між якими повинна узгоджуватись з крайовою частиною вугільного пласта та швидкістю посування очисного вибою. Це забезпечує не тільки ефективну дегазацію очисних робіт, але й стійке постачання газоповітряної суміші на когенераційну станцію.

7. Результати досліджень впроваджені у практиці інтенсивного відпрацювання газувугільного родовища в умовах ш/у «Покровське». Завдяки вдалому поєднанню швидкісного буріння свердловин із земної поверхні та їх раціонального розташування відносно очисних вибоїв було видобуто 7,3 млн м³ метану й досягнута рекордна виробнича потужність 8,3 млн т, що перевищує показники 2011 рік на 1,4 млн т. Зростання прибутку в розрахунку на рядове вугілля становить 182 млн грн у порівняних цінах. Частка автора в економічному ефекті становить 1,7 млн грн.

8. Практичні результати розробки автора поширюються в галузі у вигляді інструкцій і методичних рекомендацій з дегазації свердловинами з земної поверхні, що затверджені Міністерством енергетики та вугільної промисловості України. Параметри дегазації газувугільного родовища увійшли в галузеві Вказівки НПАОП «Дегазація вугільних шахт. Правила безпечної експлуатації дегазаційних систем» і використовуються на шахтах Донбасу (ш/у «Покровське», ПрАТ «Донецьксталь»).

Основні положення і результати дисертації опубліковані в наступних роботах:

Статті у виданнях, віднесених до переліку фахових видань України:

1. Дедич И.А. Особенности метанодобываемости скважин дегазации выработанного пространства действующих очистных забоев, пробуренных с поверхности / И.А. Дедич // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. – Макеевка: МакНИИ. – 2012. – №2(30). – С. 43 – 57.

2. Дедич И.А. Скоростное сооружение дегазационных скважин с поверхности / М.А. Ильяшов, О.Д. Кожушок, А.В. Агафонов [и др.] // Уголь Украины. – 2013. – № 3. – С. 35 – 37.

3. Дедич И.А. Оптимизация схемы размещения и конструкции дегазационных скважин, пробуренных с поверхности / О.Д. Кожушок, А.В. Агафонов, В.Н. Кочерга [и др.] // Уголь Украины. – 2013. – № 4. – С. 20 – 24.

4. Дедич И.А. Перспективы заблаговременной дегазации углепородного массива / А.В. Агафонов, О.Д. Кожушок, Е.А. Юшков [и др.] // Уголь Украины. – 2013. – № 12. – С. 21 – 23.

5. Дедич И.А. Обоснование методики прогноза мест разрушения стволов дегазационных скважин, пробуренных с поверхности / М.А. Ильяшов, И.А. Дедич, Е.Н. Халимендигов [и др.] // Уголь Украины. – 2014. – № 4. – С. 3 – 9.

6. Дедіч І.О. Визначення параметрів гідродинамічної стимуляції газовугільного масиву свердловинами / І.О. Дедіч, К.В. Бабенко, В.В. Назимко [та ін.] // Уголь України. – 2015. – № 11. – С. 27 – 34.

Статті, занесені у науково-метричні бази даних:

7. Дедич И.А. Прогноз сосредоточенных сдвигов стволов дегазационных скважин, пробуренных с поверхности / М.А. Ильяшов, Е.Н. Халимендииков, В.В. Назимко [и др.] // Глюкауф. – 2013. – № 3. – С. 62 – 67.

8. Diedich I. Assessment of goaf degassing wells shear due to their longwall undermining / I. Diedich, V. Nazimko / Progressive Technologies of Coal, Coalbad Methane, and Ores Mining. – The Netherlands: CRS Press/Balkema, 2014. – 137 – 140.

Патенти:

9. Пат. 104979 Україна, МПК (2014.01): E21F 7/00. Спосіб дегазації масиву гірських порід / Ілляшов М.О.; Яйцов О.О., Назимко В.В., Карасьов О.М., Дедіч І.О.; заявл. 13.06.13; опубл. 25.03.14, Бюл. № 6. – 4 с.; іл.

10. Пат. 111202 Україна, МПК E 21 F 7/00. Спосіб дегазації підроблюваного вуглепородного масиву / І.О. Дедіч, В.В. Назимко, Є.О. Юшков. – № а201314530; заявл. 04.12.13; опубл. 11.04.16, Бюл. № 7. – 5 с.; іл.

Апробації:

11. Дедич И.А. Прогноз сосредоточенных сдвигов стволов дегазационных скважин, пробуренных с поверхности / М.А. Ильяшов, И.А. Дедич, Е.Н., Халимендииков, В.В. Радченко, В.В. Назимко / Форум гірників: матеріали міжнар. конф., 2 – 5 жовт. 2013 р. – Д.: НГУ, 2013. – Т. 2. – С. 159 – 169.

12. Дедич И.А. Исследование деформаций дегазационных скважин в природных условиях / В.В. Назимко, Д.М. Никулин, И.А. Дедич // Маркшейдерско-геодезическое обеспечение рационального использования охраны недр и строительства сооружений: межвуз. сб. науч. тр. – Новочеркасск: Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ), 2013. – С. 8 – 16.

13. Дедич И.А. Метанодобываемость дегазационных скважин, пробуренных с поверхности в ПАО «Шахтоуправление «Покровское» / М.А. Ильяшов, А.В. Агафонов, И.А. Дедич // Розробка родовищ: щорічн. наук.-техн. зб. – Д.: ЛізуновПрес, 2013. – С.41 – 47.

14. Дедич И.А. Повышение устойчивости дегазационных скважин, пробуренных с поверхности при их подработке очистными забоями / В.В. Назимко, И.А. Дедич // Розробка родовищ: щорічн. наук.-техн. зб. – Д.: ЛізуновПрес, 2014. – С. 61 – 65.

Додаткові публікації:

15. Дедич И.А. Экономическая эффективность поточных технологий сооружения скважин / Е.Н. Халимендииков, Зинченко С.А., Юшков Е.А. [и др.] // Економічний вісник НГУ. – 2013. – № 3(43). – С. 116 – 120.

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві: [2, 4] – обґрунтування необхідності узгодження часу буріння свердловин зі швидкістю посування очисного вибою; [3,13] – обґрунтування параметрів розташування дегазаційних свердловин відносно очисних вибоїв; [5, 7, 8] – розробка методики визначення деформацій перерізування стовбура дегазаційної свердловини; [6] – визначення параметрів зони гідродинамічної стимуляції свердловини для відновлення її продуктивності; [9, 10] – обґрунтування криволінійної форми свердловини та ефекту зменшення деформацій перерізування свердловини завдяки нахилу її осі під гострим кутом до площини нашарування; [11, 12, 14] – виконання аналізу причин руйнування дегазаційної свердловини; [15] – обґрунтування методики оцінки економічної ефективності.

АНОТАЦІЯ

Дедіч І.О. Обґрунтування параметрів технології розробки вугільних пластів з поточним бурінням дегазаційних свердловин з земної поверхні. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – підземна розробка родовищ корисних копалин. – Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» МОН України, Дніпро, 2016.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичної задачі прогнозування і вибору параметрів дегазації газувугільного масиву свердловинами з земної поверхні на основі встановлених нових закономірностей взаємодії дегазаційних свердловин і очисних вибоїв, а також залежності дебіту метану від швидкості посування лави.

Доведено, що основною причиною руйнування стовбура свердловини під час її підробки очисним вибоєм є зсув породних шарів відносно один одного, в результаті чого стовбур дегазаційної свердловини перерізається. Встановлені найбільш імовірні ділянки породної товщі, на яких виникає таке руйнування. Розроблено методику й номограму для прогнозування зсувів породних шарів. Обґрунтовано способи захисту дегазаційних свердловин від перерізування завдяки узгодженню їх параметрів з параметрами очисних робіт, включаючи темпи посування лав.

Результати досліджень увійшли в галузеві вказівки з безпечної експлуатації дегазаційних систем і впроваджені під час комплексного освоєння газувугільного родовища.

Ключові слова: технологія очисних робіт, деформації масиву, поточне буріння свердловин.

АННОТАЦИЯ

Дедич И.А. Обоснование параметров технологии разработки угольных пластов с поточным бурением дегазационных скважин с земной поверхности. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – подземная разработка месторождений полезных ископаемых. – Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» МОН Украины, Днепр, 2016.

Диссертационная работа посвящена решению научно-практической задачи прогнозирования и выбора параметров дегазации газоугольного массива скважинами с земной поверхности на основе установленных новых закономерностей взаимодействия дегазационных скважин и очистных забоев, а также зависимости дебита метана от скорости подвигания лавы. С помощью компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния подрабатываемой толщи пород и инструментального мониторинга стенок дегазационных скважин установлено, что основной причиной их разрушения является сдвиг породных слоев относительно друг друга в процессе подработки толщи очистным забоем. При этом ствол скважин перерезается, что уменьшает ее живое сечение и понижает производительность.

Установлены наиболее вероятные места стратиграфического разреза, в которых возможно разрушение скважин. Опасные участки приурочены к контактам водоносных песчаников и известняков, которые подстилаются глинисто-содержащими породами (аргиллитами и алевролитами). В пределах этих контактов глина размокает, что уменьшает сцепление и коэффициент трения. Разработана методика и построена номограмма для прогноза указанных опасных участков. Сдвиг слоев относительно друг друга увеличивается с уменьшением кратности подработки породной толщи, падением темпов подвигания очистного забоя и увеличением содержания глинистых минералов в подстилающем слое.

Установлено, что эффективная эксплуатация дегазационных скважин, пробуренных с земной поверхности, обеспечивается за счет расположения их вне зоны горизонтальных смещений, которые формируются в слоях углепородного массива, представленных сочетанием обводненных песчаников с водоустойчивыми породами (аргиллиты, алевролиты), величина которых определяется степенной зависимостью от соотношения расстояния от плоскости контакта указанных слоев до разрабатываемого угольного пласта и его мощности.

Установлена логарифмическая зависимость газовыделения из спутников и газоносных песчаников от скорости подвигания лавы. При этом, с другой стороны, доля газа из подрабатываемой толщи, которая попадает в рабочее пространство очистного забоя, падает. Эта сложная зависимость учитывается своевременным бурением дегазационных скважин с учетом темпов подвигания очистного забоя.

Разработаны и запатентованы способы защиты дегазационных скважин, которые базируются на применении специальной формы оси скважин, пересечения наиболее опасных зон расслоения под острым углом, а также регулированием скорости подвигания лавы, подрабатывающей скважину.

Рациональные параметры расположения дегазационных скважин внедрены во время выполнения проекта комплексного освоения газоугольных месторождений. Параметры дегазации газоугольного месторождения вошли в проект новых

отраслевых указаний НПАОП «Дегазация угольных шахт. Правила безопасной эксплуатации дегазационных систем» и отраслевые «Рекомендации по разработке проектов на поточное сооружение дегазационных скважин с поверхности земли на метанугольных месторождениях», а также используются на шахтах Донбасса (ш/у «Покровское», ЗАО «Донецксталь»).

Ключевые слова: технология очистных работ, деформации массива, поточное бурение скважин.

ABSTRACT

Diedich I.O. Parameters of coal seams extraction using progressing drilling of degassing wells from the surface. – Manuscript.

Thesis of the scientific degree of the Candidate of the Technical Science on specialty 05.15.02 – Underground mining of mineral deposits. – State Higher Educational Institution “National Mining University” Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2016.

The thesis deals with solving the scientific and practical problem of prediction and selection of degasing parameters using degasing wells that are drilled from the surface and then undermined with longwall face. Interaction of the wells and the longwall face has been investigated and its advance rate impact was studied for the relevant parameters of degasing selection.

Mutual sliding of adjacent rock layers is the main reason of cutting the wells. Author detected the most probable locations on the stratigraphic sequence where such cutting may emerge. New method and a special diagram have been developed to forecast the cuts locations and their magnitude. New methods were developed to prevent the well damage during its undermining using coordination of well and longwall face parameters including the rate of the face advance.

Results of investigation integrated in the coal industry regulations concerning safe use of degasing systems and have been introduced into practice during coal bed methane deposit extraction.

Keywords: coal-extraction technology, rock massif deformations, current well-drilling.

ДЄДІЧ Іван Олександрович

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ
РОЗРОБКИ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ З ПОТОЧНИМ БУРІННЯМ
ДЕГАЗАЦІЙНИХ СВЕРДЛОВИН З ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ**

(Автореферат)

Підписано до друку 02.09.16. Формат 60x90/16.
Папір офсет. Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 1,0.
Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 120 прим. Зам. №8131

Видавництво «Літограф»
Ідентифікатор видавця у системі ISBN: 2267
Адреса видавництва та друкарні:
49000, м. Дніпро, вул. Паторжинського, 29/б
тел.: (066) 369-21-55; (056) 713-57-25
E-mail: Litograf.dp@gmail.com