

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

Кафедра управління гірничим виробництвом і охорони праці

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Я.О. Ляшок
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2022 рік

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра
(освітній ступінь)

на тему «Обґрунтування та вибір організації, технології й механізації ведення очисних робіт з метою зниження травматизму та підвищення техніко-економічних показників в очисному вибої»

Виконав: студент 2 курсу, групи ОПГм-21
Спеціальності 184 «Гірництво»

Камчатний В.С.

Керівник

доцент кафедри управління гірничим виробництвом і охорони праці, доц.,
к.т.н., Ісаєнков О.О.

Рецензент

Нормоконтроль

ст. викл. кафедри управління гірничим виробництвом і охорони праці,
Браташ О.О.

*Засвідчую, що у цій роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.*

Студент _____
(підпис)

Луцьк – 2022 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра Управління гірничим виробництвом і охорони праці

Спеціальність 184 Гірництво

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Я.О. Ляшок

«__» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Камчатному В.С.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування та вибір організації, технології й механізації ведення очисних робіт з метою зниження травматизму та підвищення техніко-економічних показників в очисному вибої»

Керівник роботи Ісаєнков Олександр Олександрович, доцент кафедри управління гірничим виробництвом і охорони праці, доц., к.т.н.

затверджена наказом по університету від

2. Термін подання студентом закінченої роботи 15 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) звіт з переддипломної практики, гірничо-геологічні умови, техніко-економічні параметри: характеристика місця розташування; геологія родовища корисних копалин та шахтного поля; характеристика пластів і гірських порід; границі та розміри поля, запаси в полі; характеристика діючого підприємства; техніко-економічні показники роботи за звітний період 2021-2022 років

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити). АНАЛІЗ ДОСВІДУ ВИРОБНИЦТВА ТА НАПРЯМІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ РОЗРОБКИ ПЛАСТА, СХИЛЬНОГО ДО ГІРСЬКОГО УДАРУ, КОРОТКИМИ ВИБОЯМИ. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ УДАРОБЕЗПЕКИ ПЛАСТА З МЕТОЮ ОЦІНКИ НАПРУЖНОГО СТАНУ ВУГІЛЛЯ В ЦИЛКАХ ТА КРАЄВИХ ДІЛЬНИЦЯХ ПЛАСТА. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ З ТОЧКИ ЗОРУ ДИНАМІКИ ЯВИЩ В ГІРСЬКОМУ МАСИВІ. ДИНАМІКА ЯВИЩ ЯК СЛІДСТВО ЗМІНЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ТА ВМІСТУ МЕТАНУ ВУГІЛЛЯ ТА ГІРСЬКОГО МАСИВУ. СТАН ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМУ КОНТРОЛІ ТА ПРОГНОЗІ РОЗВИТКУ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСІВ У ПІДЗЕМНОМУ ПРОСТОРІ ШАХТ. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ І ЗАХОДІВ БОРОТЬБИ З ВИДІЛЕННЯМ МЕТАНУ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ОЧИСНОГО ВИБОЮ

5. Консультанти з роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

6. Дата видачі завдання 01 вересня 2022 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1.	АНАЛІЗ ДОСВІДУ ВИРОБНИЦТВА ТА НАПРЯМІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ РОЗРОБКИ ПЛАСТА, СХИЛЬНОГО ДО ГІРСЬКОГО УДАРУ, КОРОТКИМИ ВИБОЯМИ	<i>вересень</i>	
2.	РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ УДАРОБЕЗПЕКИ ПЛАСТА З МЕТОЮ ОЦІНКИ НАПРУЖНОГО СТАНУ ВУГІЛЛЯ В ЦІЛИКАХ ТА КРАЄВИХ ДІЛЬНИЦЯХ ПЛАСТА	<i>вересень</i>	
3.	ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ З ТОЧКИ ЗОРУ ДИНАМІКИ ЯВИЩ В ГІРСЬКОМУ МАСИВІ	<i>жовтень</i>	
4.	ДИНАМІКА ЯВИЩ ЯК СЛІДСТВО ЗМІНЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ТА ВМІСТУ МЕТАНУ ВУГІЛЛЯ ТА ГІРСЬКОГО МАСИВУ	<i>жовтень</i>	
5.	СТАН ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМУ КОНТРОЛІ ТА ПРОГНОЗІ РОЗВИТКУ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСІВ У ПІДЗЕМНОМУ ПРОСТОРІ ШАХТ	<i>листопад</i>	
6.	ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ І ЗАХОДІВ БОРОТЬБИ З ВИДІЛЕННЯМ МЕТАНУ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ОЧИСНОГО ВИБОЮ	<i>грудень</i>	

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Камчатний В.С. Обґрунтування та вибір організації, технології й механізації ведення очисних робіт з метою зниження травматизму та підвищення техніко-економічних показників в очисному вибої.

Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 184 «Гірництво» – ДНВЗ «ДонНТУ», Луцьк, 2022.

Сьогодні розробка вугільних родовищ характеризується інтенсивністю їх відпрацювання, значним просуванням очисних та підготовчих вибоїв протягом доби. Це призводить до необхідності застосування технічних засобів оперативного та своєчасного прогнозування виникнення і розвитку небезпечних газодинамічних явищ при безперервному режимі роботи підприємства з підземного видобутку корисних копалин.

Актуальними на сьогодні є лише ті методи, які вирішують завдання прогнозу таких явищ на незначних відстанях (від десятків до сотень метрів від місця ведення робіт, а саме в зоні активного впливу гірського масиву порід та самих виробок. Це і визначає інше в порівнянні з існуючими підходами створення моделі фізичних та пов'язаних з цим характеристик гірського масиву порід, а також способи і апаратні рішення з контролю структури та параметрів зон впливу.

Ключові слова

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВУГІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ, НЕБЕЗПЕЧНІ ГАЗОДИНАМІЧНІ ЯВИЩА ПЛАСТІВ, ЗМІННЕННЯ АЕРОГАЗОВОГО СТАНУ ВИРОБОК, СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ПОРІД

SUMMARY

KAMCHATNYI V.S Justification and selection of the organization, technology and mechanization of cleaning operations with the aim of reducing injuries and increasing technical and economic indicators in the cleaning pit.

Graduation qualification work for a master's degree in specialty 184 "Mining" - DNVZ "DonNTU", Lutsk, 2022.

Today, the development of coal deposits is characterized by the intensity of their development, significant progress of cleaning and preparatory pits during the day. This leads to the need to use technical means of operational and timely forecasting of the occurrence and development of dangerous gas-dynamic phenomena during the continuous operation of the underground mining enterprise.

Today, only those methods are relevant that solve the task of forecasting such phenomena at small distances (from tens to hundreds of meters from the place of work, namely in the zone of active influence of the rock massif and the workings themselves. This determines the difference in comparison with existing approaches creation of a model of the physical and related characteristics of the rock massif, as well as methods and hardware solutions for controlling the structure and parameters of the influence zones.

Keywords

OPERATION OF COAL ENTERPRISES, DANGEROUS GAS DYNAMIC PHENOMENA OF FORMATIONS, CHANGES IN THE AERO-GAS STATE OF PRODUCTS, MODEL CREATION, CHARACTERISTICS OF THE ROCK MOUNTAIN

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ДОСВІДУ ВИРОБНИЦТВА ТА НАПРЯМІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ РОЗРОБКИ ПЛАСТА, СХИЛЬНОГО ДО ГІРСЬКОГО УДАРУ, КОРОТКИМИ ВИБОЯМИ	11
2. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ УДАРОБЕЗПЕКИ ПЛАСТА З МЕТОЮ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ВУГІЛЛЯ В ЦІЛИКАХ ТА КРАЄВИХ ДІЛЬНИЦЯХ ПЛАСТА	21
3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ З ТОЧКИ ЗОРУ ДИНАМІКИ ЯВИЩ В ГІРСЬКОМУ МАСИВІ.....	25
4. ДИНАМІКА ЯВИЩ ЯК СЛІДСТВО ЗМІНЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ТА ВМІСТУ МЕТАНУ ВУГІЛЛЯ ТА ГІРСЬКОГО МАСИВУ	51
5. СТАН ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМУ КОНТРОЛІ ТА ПРОГНОЗІ РОЗВИТКУ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСІВ У ПІДЗЕМНОМУ ПРОСТОРІ ШАХТИ.....	57
6. ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ І ЗАХОДІВ БОРОТЬБИ З ВИДІЛЕННЯМ МЕТАНУ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ОЧИСНОГО ВИБОЮ	64
ВИСНОВКИ.....	76
ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	77
ДОДАТКИ.....	84

ВСТУП

Актуальність роботи

На шахтах близько 80% загального обсягу видобутку вугілля здійснюється довгими вибоями, які обладнані механізованими комплексами. Управління покрівлею при цьому відбувається повним обваленням порід в ній. Область цього застосування обмежується ділянками прямокутної форми, пласти повинні бути витриманими за товщиною та кутом падіння. До факторів, які ускладнюють ефективність такого застосування, відносять обмежену площу виймальних ділянок, наявність порушень (особливо диз'юнктивних), змінення товщини пластів, це призводить до вибіркової відробки шахтного поля, зменшення коефіцієнта вилучення до 60%, зниження періоду стабільної роботи підземних підприємств.

Варіантом виймання вугільних пластів, який може підвищити ефективність підземної розробки, є варіанти систем розробки короткими очисними вибоями. Але їх використання обмежується нормативними документами, у відповідності з якими такі системи (камерні та камерно-стовпові) розробки повинні застосовуватися на глибині не більше 200 м та при відпрацюванні пластів, які не схильні до динамічних явищ.

Для розширення умов застосування таких систем розробки необхідне проведення комплексу досліджень (аналітичних та шахтних). Використання результатів цих досліджень на стадіях проектування та експлуатації шахт дозволить зменшити втрати вугілля та витрати на запобігання динамічним явищам, забезпечуючи при цьому безпеку ведення гірничих робіт.

Тому обґрунтування геомеханічних параметрів систем розробки короткими очисними вибоями (схильними до гірських ударів) вугільних пластів на основі результатів прогнозування проявів динамічних явищ, вимірювання параметрів стану гірського масиву та експерименту з управління ударонебезпекою масиву порід є сьогодні актуальним

науковим завданням, яке має велике значення в розвитку галузей наук про Землю та Гірництво.

Стан розробленості цієї теми дослідження

Для обґрунтування геомеханічних параметрів коротковибійних систем розробки на пластах, схильних до гірських ударів, а також досвід в управлінні процесами геомеханіки при відробці пластів довгими вибоями, був проведений загальний аналіз коротковибійних систем розробки, які апробовані на таких пластах.

Встановлено, що головним фактором ймовірності виникнення гірських ударів є покрівля, яка важко обвалюється. Дослідженню цього впливу присвячені роботи таких вчених: Артем'єва, Браунера, Бублика, Гоголіна, Громова, Дудукалова, Дірдіна, Єгорова, Івченка, Калініна, Коршунова, Лазаревича, Лінькова, Павлова, Петрова, Петухова, Ренєва, Розенбаума, Серякова, Хмяляйнена, Хачая, Хуве, Черданцева, Шабарова, Шем'якіна, Шика, Якобі, Яковлева та ін. Головними параметрами покрівлі, яка важко обвалюється та впливає на просторовий стан і величину енергії деформування гірських порід та пласта, є потужність і крок обвалення масиву порід. Внаслідок впливу ціліків вугілля, які залишаються при відробці короткими вибоями, характер обвалювання гірських порід покрівлі сильно відрізняється від того, який проявляється при відробці довгими вибоями, обладнаними механізованими комплексами.

Метою роботи є обґрунтування геомеханічних параметрів систем розробки пластів, схильних до гірських ударів, короткими вибоями для відробки їх в тих умовах, що нерегламентовані діючими нормативними документами.

Об'єктом дослідження виступає система розробки короткими вибоями вугільного пласта, схильного до гірських ударів, який залягає на глибині більше 300 м.

Предметом дослідження є закономірності змінення напруженого стану гірського масиву порід при відробці короткими вибоями пластів, схильних до гірських ударів.

Основною ідеєю роботи є використання методів числового моделювання, геофізичних досліджень для обґрунтування геомеханічних параметрів коротковибійної технології відробки пластів, схильних до гірських ударів.

Завданнями наукового дослідження є наступні:

- розроблення методу прогнозу ударонебезпеки пласта, який відроблюється короткими очисними вибоями, з урахуванням реальних гірничотехнічних умов;
- виявлення закономірності змінення напруженого стану гірського масиву порід при камерно-стовповій, камерній системах розробки пластів, які схильні до гірських ударів;
- обґрунтування геомеханічних параметрів систем розробки короткими вибоями пластів, які схильні до гірських ударів.

Методами наукових досліджень є: числове моделювання напруженого стану гірського масиву порід; геофізичні дослідження ударонебезпеки пласта, експеримент з відробки пласта короткими вибоями.

Новизна роботи полягає в наступному:

- обґрунтування методу прогнозу динаміки явищ в пласті з використанням показника ударонебезпеки, формування критеріїв для оцінювання напруженого стану гірського масиву порід, визначення параметрів ціликів та камер (ширини та довжини) з урахуванням параметрів зон розвантаження в гірських породах покрівлі;
- виявлення закономірностей змінення напруженого стану гірського масиву порід при цих системах розробки (камерно-стовповій і камерній), їх використання забезпечує вибір варіанта відробки

ударонебезпечного пласта в умовах, що не регламентовані діючими нормативними документами;

— обґрунтування геомеханічних параметрів систем розробки пластів, що схильні до гірських ударів, короткими вибоями з урахуванням таких параметрів, як тип та конструкція кріплення, форма та розміри виймальних ділянок, стійкість гірських порід покрівлі в них та на сполученні з виробками.

Наукове значення роботи виділямо в обґрунтуванні геомеханічних параметрів камерної в порівнянні з камерно-стовповою системою розробки, а саме: розмірів виймкових блоків, міжкамерних циліків і камер для безпечної відробки пластів, які схильні до гірських ударів.

Структура, обсяг наукової роботи. Вся робота представлена вступом, розділами, висновками, списком використаних джерел. Загальний обсяг наукової роботи - 92 сторінки.

1. АНАЛІЗ ДОСВІДУ ВИРОБНИЦТВА ТА НАПРЯМІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ОБГРУНТУВАННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ РОЗРОБКИ ПЛАСТА, СХИЛЬНОГО ДО ГІРСЬКОГО УДАРУ, КОРОТКИМИ ВИБОЯМИ

Основні параметри системи розробки залежать від взаємодії технологічних та геомеханічних процесів, тому пропонуємо на основі управління енергією пружних деформацій масиву створити систему обґрунтування геомеханічних параметрів системи розробки короткими вибоями пластів, що схильні до газодинамічних явищ (гірських ударів).

*Аналіз досвіду управління процесами геомеханіки при відробці
ударонебезпечних пластів короткими очисними вибоями*

В надрах до глибини 650 м залягає 220 млрд. т вугілля (розвіданого).

Прийнято всі балансові запаси розділяти на високотехнологічні, технологічні, низькотехнологічні.

Відробка високотехнологічних запасів вугілля підземним способом здійснюється, в основному, довгими стовпами (по простяганню) з повним обвалюванням порід покрівлі в виробленому просторі з вийманням вугілля в очисних вибрях, які оснащені механізованими комплексами (до 90 % від загального обсягу видобутку вугілля). Застосування таких систем розробки (довжина виймальних стовпів до 4 км та очисного вибою до 400 м) призводить до вибіркової відробки пластів та скорочення розвіданих запасів вугілля при куті залягання до 15 градусів, товщині 1,71-4,0 м.

Частина низькотехнологічних запасів вугілля у межах шахтних полів законсервована (близько 23%) через відсутність раціональної та безпечної відробки вугільних пластів, які схильні до газодинамічних явищ, у зонах геологічних порушень, самозаймання, під затопленими водою виробленими просторами пластів, що залягають вище та ін. Ризики виникнення небезпечних ситуацій при відробці низькотехнологічних

запасів підтверджуються раптовими викидами вугілля та газу та гірськими ударами.

На 1-му етапі дослідження проведемо аналіз ефективності відробки пластів, які схильні до гірських ударів, системами розробки довгими стовпами:

1) Запаси пластів, які схильні до газодинамічних явищ, віднесені до балансових та розроблюються довгими очисними вибоями, що оснащені механізованими комплексами, незважаючи на ризик виникнення небезпечних ситуацій.

2) Комплекс заходів з профілактики не виключає повністю виникнення гірських ударів, так як не розкритий достатньою механізм формування пружної енергії в масиві при впливі природних та техногенних факторів одночасно.

3) Для виявлення причин прояву гірських ударів на шахтах застосовується гіпотеза ударів гірського тиску в пласті, майже не враховується вплив гірських ударів порід покрівлі.

4) Нормативні документи і результати досліджень не враховують сукупний вплив на прояви гірських ударів таких факторів: наявність горизонтальних напруг, які перевищують вертикальні; піддугтя порід піошви; негативний вплив на масив виробок (монтажних камер); стійкість у зоні впливу порід покрівлі, що зависають, вугільні циліки різної ширини, які можуть раптового руйнуватися.

5) Незважаючи на застосування комплексу протиударних заходів прояви газодинамічних явищ дуже високі. Ефективність протиударних заходів знаходиться на рівні 50%.

Особливості проявлення газодинамічних явищ при розробці короткими вибоями пластів, що схильні до гірських ударів

Для геомеханічного обґрунтування коротковибійних систем проведений загальний аналіз варіантів таких систем розробки.

Встановлено, що головним фактором, який може впливати на високу ймовірності виникнення гірського удару, є покрівля, що важко обвалюється. Дослідженню цього впливу присвячені роботи таких вчених: Артем'єва, Браунера, Бублика, Гоголіна, Громова, Дудукалова, Дірдіна, Єгорова, Івченка, Калініна, Коршунова, Лазаревича, Лінькова, Павлова, Петрова, Петухова, Ренєва, Розенбаума, Серякова, Хямяляйнена, Хачая, Хуве, Черданцева, Шабарова, Шем'якіна, Шика, Якобі, Яковлєва та ін.

Головними параметрами покрівлі, яка важко обвалюється та впливає на просторовий стан і величину енергії деформування гірських порід та пласта, є потужність і крок обвалення масиву порід. Внаслідок впливу ціліків вугілля, які залишаються при відробці короткими вибоями, характер обвалювання гірських порід покрівлі сильно відрізняється від того, який проявляється при відробці довгими вибоями, обладнаними механізованими комплексами.

Системи розробки родовищ вугілля короткими очисними вибоями широко застосовувалися на ранніх етапах розвитку вугільної промисловості. Під таким вибоєм розуміється вибій довжиною більше 15 м та обмежений з усіх боків вугільним масивом або цілком вугілля. В минулому столітті на шахтах України інтенсивно застосовувалися системи розробки короткими вибоями (гідрошахти). Коротковибійні системи використовувалися при доробці залишкових запасів вугілля там, де форма та розміри ділень нетехнологічні для довгих вибоїв, що обладнані механізованими комплексами. Найбільш поширена була камерно-стовпова системи розробки, яка найшла застосування на гідрошахтах.

Наприкінці століття обсяг видобутку в таких вибоях скоротився. Основною причиною скоротчення коротких вибоїв стала відсутність способів і відповідно засобів запобігання виникненню газодинамічних явищ при відробці пластів з породами покрівлі, що важко обвалюються, при переході на глибини розробки більше 200 м, та у районах сейсмічно активних.

Розробка нових способів і засобів відробки короткими очисними вибоями пластів, що схильні до гірських ударів з породами покрівлі, які важко обвалюються та при заляганні на глибині понад 200 м, неможлива без проведення аналізу досвіду відробки вугільних пластів короткими очисними вибоями.

Серед основних факторів, що впливають на інтенсивність прояву гірських ударів, виділяють:

- уступну форму на крайових ділянках пластів, де виникають такі концентрації напруг, що перевищують межі пружності пласта;
- наявність циліків вугілля на сусідніх пластах, це призводить до виникнення в пласті, що відпрацьовується, локальних концентраторів потенційної енергії пружного стиску;
- покрівля пластів, що важко обвалюється, може накопичувати потенційну енергію з переходом в кінетичну. При цьому вугільний пласт руйнується у формі гірського удару. Імпульс руйнування порід в покрівлі одночасно поширюється на значну область (на сусідніх пластах та виймальних ділянках), це призводить до так званого «ефекту доміно», при якому масово руйнуються циліки вугілля та крайові ділянки пластів, особливо на сполученнях виробок;
- нерівномірне розподілення горизонтальних напруг у незайманому масиву та перевищення їх в 2-3 рази в порівнянні з вертикальними, це призводить до виникнення гірських ударів у циліках, що орієнтовані щодо напрямку головних горизонтальних напруг;
- наявність у незайманому масиві нерівномірних геотектонічних напруг, їх величина та напрямок пов'язані з блоковою структурою та розломами.

Так, результати аналізу досвіду розробки пластів, схильних до гірських ударів, короткими очисними вибоями підтверджують, що при сприятливих гірничо-геологічних умовах можлива безпечна та ефективна

відробка вугільних пластів. Але для геомеханічного обґрунтування необхідно проводити додаткові дослідження.

Аналіз напрямку наукових досліджень обґрунтування коротковибійних систем розробки пластів, що схильні до гірських ударів

Наукові дослідження, які спрямовані на розробку технологій відробки пластів, що схильні до гірських ударів, та заходів для забезпечення ударонебезпечного стану пластів, здійснюються протягом останніх 85 років.

Основні напрямки дослідження процесів, при яких формується пружна енергія та миттєвого вивільняється і руйнує частину гірського масиву, були обґрунтовані та проводилися багатьма вченими.

Основні результати наукових досліджень такі:

1) Імовірність виникнення гірського удару збільшується за умови змінення таких факторів і параметрів: збільшення глибини розробки родовища, наявність у породах покрівлі та підшви міцних пісковиків значної товщини, схильності вугілля до крихкого руйнування в крайовій частині пласта, нерівномірні геотектонічні напруги та відсутність у безпосередній покрівлі порід зі слабкими пластичними властивостями.

2) Основними показниками схильності пластів до ударам служать коефіцієнти ударонебезпечності й інтенсивності руйнування пласта. Коефіцієнт ударонебезпеки визначається відношенням пружних деформацій до повної, а коефіцієнт інтенсивності руйнування визначається відношенням площі пружного деформування порід до повної.

3) Одночасний прояв на декількох пластах раптових викидів вугілля та газу і гірських ударів при певних фазово-фізичних властивостях вугілля.

Сьогодні управління процесами обвалювання порід покрівлі суміжних виймальних ділянок при розробці декількох пластів одночасно довгими очисними вибоями, що обладнані механізованими комплексами, майже не здійснюється, так як відсутні методи прогнозу та спостереження локальних концентраторів пружної енергії. За рекомендаціями нормативів

здійснюються заходи для зменшення пружної енергії в межах всього виймального стовпа. Для такого зменшення концентрації застосовуються такі заходи та технології:

- обмеження швидкості посування вибоїв для зменшення напруг та потенційної пружної енергії;
- гідророзрив пласта спрямований;
- передове торпедування;
- підривання вибухових речовин камуфлетне;
- гідро-, мікроторпедування;
- вибухогідрообробка пласта;
- гідророзпушення пласта;
- примусове обвалювання підриванням зарядів вибухових речовин в свердловинах та шпурах в породах основної покрівлі при зависанні її на значних площах;
- закладання виробленого простору гірськими породами;
- змінення розмірів вугільних циліків;
- зменшення кількості виробок попереду очисних вибоїв;
- змінення послідовності відпрацювання пластів та ін.

Реалізація заходів та технологій призводить як до зростання виробничих витрат, ймовірності виникнення небезпечної ситуації, а також зменшення продуктивності очисних та підготовчих вибоїв у майже в 2 рази.

Необхідно виділити серед системи безпеки такі регіональні, локальні та комбіновані протиударні профілактичні та організаційні заходи при відробці пластів, що схильні до гірських ударів:

- геодинамічне районування;
- прогноз ударонебезпеки пластів;
- ефективність протиударних заходів;
- приведення масиву та виробок в неударонебезпечний стан;
- безпека робіт при застосуванні протиударних заходів.

Ці профілактичні та організаційні заходи входять до проектної документації та реалізуються в ході ведення гірничих робіт. Заходив не завжди є ефективними, а іноді навпаки надмірними, так як прогноз гірських ударів дорівнює 50%. Це видно з практики ведення робіт та результатів успішного або неефективного застосування заходів.

Застосування методу прогнозу геомеханічного стану очисного вибою та оперативного моніторингу з використанням системи управління «Цифрова шахта» не завжди підтверджує реальну статистику газодинамічних явищ в лаві.

Найбільш імовірною причиною зростання концентрації напруг в пласті попереду лави є вага порід, що підроблюються, при їх періодичному зависанні перед черговим циклом обвалювання.

Для профілактики проявлення гірських ударів у прохідницьких вибоях проводяться такі заходи: моніторинг напруженого стану масиву сейсмічними методами, вибурювання вугільного штибу, розвантаження масиву щілинами (свердловинами), нагнітання рідини в вугільний пласт. Ефективність розвантажувальних щілин можна оцінювати за результатами числового моделювання (кінцеві елементи).

Суть методу полягає в створенні і реалізації комп'ютерної програми, в якій на основі статистичних даних здійснюється прогнозування ймовірності виникнення удару. В якості вихідних даних використовуються показники, які характеризують властивості порід, напружено-деформований стан масиву, різні технологічні параметри. При цьому здійснюється класифікація та районування виймальних ділянок. Для реалізації методу потрібен великий обсяг статистичної інформації.

Ефективність застосування методу залежить від достовірності вхідної інформації. Оцінювання достовірності коефіцієнта концентрації вертикальних напруг, ширини пластичної зони та відстані до максимального значення гірського тиску в крайовій частині пласта сьогодні представляє певні складності, так як в реальних умовах ці

параметри змінюються в залежності від міцності та деформації вугілля, гірських порід та технологій.

Такий методичний підхід оцінювання ймовірності виникнення газодинамічних явищ можна використовувати в експертному прогнозі, як метод ситуаційного імпульсного моделювання.

Використання досвіду відробки пластів довгими вибоями, що обладнані механізованими комплексами, та результатів досліджень для відробки короткими вибоями пластів,, що схильні до гірських ударів, обмежено вимогами, а саме:

- забороняється використання камерних та камерно-стовпових систем розробки;
- ширина ціліка між виробками має бути більше половини ширини зони опорного гірського тиску;
- забороняється відробка панелей або блоків зустрічними вибоями.

У результатах досліджень, що виконувалися під керівництвом Бубліка, були встановлені залежності параметрів для систем розробки короткими очисними вибоями від гірничо-технічних і гірничо-геологічних умов розробки. Запропоновано використання камерно-стовпової системи розробки пласта з бар'єрними ціліками.

Наприкінці минулого століття були проведені дослідження впливу горизонтальних напруг (більше вертикальних), на стійкість гірських порід на сполученнях очисних та підготовчих виробок. Проведення досліджень спонукала робота комісій з розслідування аварій на шахтах. Комісії не виявили відхилень від нормативних документів, основною причиною аварії було вказано впливання природних та людських факторів.

Наслідком впливння природних факторів на шахтах являються раптові обвалювання гірських порід, що підроблюються, на великих площах, руйнування вугільних ціліків, порушення стійкості структури масиву та прорив води при відробці свити пластів.

Відсутність методів прогнозу (надійних) таких явищ підтверджують те, що фізичні закономірності взаємодії природних напруг у масиві недостатню вивчені.

Автори основною причиною гірських ударів ставлять динамічний стан гірського масиву. В своїх роботах вони відзначають вплив природних напруг в масиві на формування потенційної енергії деформування при повільних динамічних явищах.

Характер проявлення динамічних явищ залежить від впливання факторів, серед них основними є процеси накопичення потенційної пружної енергії та швидкість її скиду. Після скиду енергії масив повертається до початкового стану, це доводить наявність циклічного характеру проявлення гірських ударів. При розробці деяких рудних родовищ процес накопичення енергії триває декілька років.

Відповідно до результатів досліджень та числового моделювання в виробках еліптичної форми приливні потоки цієї енергії призводять до деформування гірських порід. На основі цього можна прогнозувати перерозподілення пружної енергії в масиві при формуванні концентраторів енергії як провісник гірського удару.

При накопиченні потенційної пружної енергії та раптовий її перехід в кінетичну енергію було виявлено загальні причини гірських ударів, раптових викидів вугілля, породи та газу. Це видно з результатів аналізу наслідків динамічних явищ при розслідуванні причин аварій на вітчизняних та зарубіжних шахтах.

У процесі наукових досліджень причин, з яких виникають гірські удари, виявляються деякі нові закономірності формування концентраторів гірських напруг. У роботах Дудукалова та Серякова було доведено, що реологічні процеси деформування гірських порід призводять до збільшення величини опорного тиску.

Оскільки реологічні процеси в масиві відбуваються повільно, то накопичення пружної енергії та перетворення її на кінетичну енергію

відбувається раптово, це проявляється при циклічному пересуванні лінії очисного вибою лави.

Для виявлення впливання пружної енергії на напружено-деформований стан масиву при відробці короткими вибоями необхідно проведення ще досліджень, це одне з наукових завдань роботи.

У зв'язку з застосуванням анкерного кріплення на шахтах заслуговує уваги дослідження геомеханічного стану гірського масиву краєва частина камер та коротких очисних вибоїв, що закріплені анкерами. Для цього проводилися дослідження проявлення гірського тиску та виникнення гірських ударів в виробках, які закріплені анкерним кріпленням. Метою досліджень була оцінка впливу анкерного кріплення на змінення ударонебезпечності масиву, стан виробок, пройдених на пластах, які схильні до гірських ударів і закріплені анкерним кріпленням.

2. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ УДАРОБЕЗПЕКИ ПЛАСТА З МЕТОЮ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ВУГІЛЛЯ В ЦІЛИКАХ ТА КРАЄВИХ ДІЛЬНИЦЯХ ПЛАСТА

Розроблений метод кількісного оцінювання параметрів коротковибійної системи відробки пласта з використанням комплексного показника його ударонебезпеки. За результатами експериментів були обґрунтовані критерії кількісного оцінювання напруженого та ударонебезпечного стану пласта. Визначаємо такі параметри напруженого стану гірського масиву: вектор напруг, загальний показник ударонебезпеки, розміри зони розвантаження, категорії небезпеки по гірським ударам.

Для вияву закономірностей розподілення параметрів напруженого стану гірського масиву при відробці пологих пластів короткими очисними вибоями були проведені експерименти із застосуванням пакету орієнтованих програм, які адаптовані до гірничо-геологічних умов залягання таких пластів.

Пакет орієнтованих програм був реалізований на підставі методу кінцевих елементів та забезпечує вирішення наступних задач у двох або трьох вимірах:

- розрахунок параметрів деформованого стану гірського масиву в в краєвій частині взаємовпливових камер, ціліків вугілля і заходок: вертикальні та горизонтальні зсуви проїд, їх деформації та напруги (коефіцієнти їх концентрації), комплексні параметри ударонебезпеки в плоскому вертикальному перетині по довжині очисного вибою;

- визначення зон розподілення концентраторів вертикальних напруг з урахуванням просторового розташування як підготовчих так і очисних виробок. До алгоритму розрахунку був закладений метод функції впливання гравітаційних сил на пласт вугілля.

Слід відзначити, що числове моделювання дозволяє отримати детальне розподілення напруг. Визначаємо вертикальні і горизонтальні напруги, комплексні показники ударонебезпеки краєвої частини пласта з урахуванням просторового розташування як очисних так і підготовчих виробок.

На основі цього аналізу розроблені структура та програма досліджень напруженого стану гірського масиву при відробці пластів, що схильні до гірських ударів.

Концепція створення і реалізація методу геомеханічного обґрунтування полягає в циклічності повторення таких операцій:

- прогноз за результатами моделювання зон із підвищеною концентрацією напруг в масиві;
- проведення моніторингу в таких зонах (з підвищеною концентрацією напруг);
- порівняння розрахованих та вимірних значень параметрів стану гірського масиву порід, що досліджується;
- розроблення і реалізація запропонованих протиударних заходів;
- відробка пласта вугілля.

Після виконання кожного етапу при прийнятті рішення з геомеханічного обґрунтування обов'язковими є числове моделювання та точкове спостереження за напруженим станом гірського масиву порід.

Застосування точкового спостереження дозволяє суттєво зменшити витрати та простої очисних і підготовчих вибоїв під час проведення протиударних заходів.

За результатами розробки методу кількісного прогнозування процесів при відробці пластів, що схильні до гірських ударів робимо такі висновки:

1) Головними параметрами, які визначають напружений стан гірського масиву, є: весь вектор напруг, комплексні показники ударонебезпеки гірського масиву, границі перехідних зон стану вугілля в

краєвій частині пласта, просторове розташування концентраторів пружного навантаження.

2) Результати точкових спостережень геомеханічних процесів є достатніми для складання математичної моделі цих процесів. В якості вихідних даних рекомендується використовувати результати вимірювань на краєвій частині, визначення розмірів зон тріщинуватості гірського масиву, виходу бурової частиці при буріння шпурів.

3) Обґрунтовані критерії оцінювання напруженого та ударонебезпечного стану пласта на основі комплексних показників ударонебезпеки пласта.

Під час проведення розрахунків задавалися такі граничні умови: горизонтальні зсуви на різних боках дорівнюють нулю, на нижній границі – теж дорівнюють нулю; вага порід розподіляється (за кінцевими елементами) за гравітаційним законом; бічний тиск береться з врахуванням коефіцієнту бічного тиску порід.

В якості вхідних параметрів для моделі використовувалися такі результати точкових спостережень:

- ширина зони віджимання вугілля в боках виробок;
- конвергенція гірських порід покрівлі і підшви;
- усунення реперів у покрівлі гірничих виробок;
- ширина зони тріщинуватості (графічно).

Виміряні величини зсувів вводилися в модель у вигляді точок у відповідних кінцевих елементах. Ширина зони віджимання вугілля та тріщинуватості порід враховувалася в процесі послідовних рішень у вигляді змінення комплексних показників ударонебезпечності.

Процес припинявся при відхиленні розмірів не більше $\pm 0,5$ м.

Дослідження проводилися в декілька етапів:

Перший етап – виявляли закономірності розподілення параметрів напруженого стану гірського масиву на краєвій частині одиночної камери;

Другий етап – виявляли закономірності розподілення параметрів напруженого стану гірського масиву на краєвій частині одиночної камери під час її розширення зворотним ходом;

Третій етап – виявляли закономірності розподілення параметрів напруженого стану гірського масиву на краєвій частині декількох камер в межах одного блоку.

3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ З ТОЧКИ ЗОРУ ДИНАМІКИ ЯВИЩ В ГІРСЬКОМУ МАСИВІ

Виробки, які небезпечні за виділенням газу, надійно захищені програмно-технічними засобами, що фіксують небезпечні концентрації метан. Вони входять до складу системи автоматичного газового контролю шахти.

Викид вугілля, порід та газу, вибух метаноповітряної суміші відбувається в «спокійному» фоні. Система автоматичного газового контролю це не завжди фіксує. Причин цьому є безліч, основні з них обумовлені взаємозв'язком геомеханічних і газодинамічних процесів, які розвиваються у зоні ведення гірничих робіт. Головним фактором небезпечного розвитку таких процесів є відсутність вивчення тектоногенетичних процесів, які засновані на сучасних інструментальних засобах оцінювання структури і параметрів напруженого стану масиву порід попереду очисного вибою.

Академіком Скочинським було зазначено: «Метан, гірський тиск, фізико-механічні властивості – це ті фактори, які сукупно впливають на схильність пластів до раптових викидів». Тому для надійного контролю за газовою та газодинамічною небезпеками при веденні гірничих робіт необхідний повний моніторинг всіх цих факторів. Вони взаємопов'язані між собою.

Серія тяжких за наслідками аварій на шахтах визначає прийняття кардинальних кроків щодо змінення стратегії з контролю безпеки на вугільних шахтах.

Розробка газonosних родовищ вугілля пов'язана з ризиком динамічної реалізації газової компоненти в систему гірничих виробок. Допустимим рівнем такого ризику прийнято вважати таку концентрацію газу в атмосфері виробок, яка є істотно нижчою значень, при яких

відбувається вибух. Але динаміка параметрів напруженого стану масиву порід надає істотний вплив на надходження метану у виробки, що реакція на підвищення концентрації нерідко запізнюється.

Процес провітрювання виробок передбачає кілька джерел, вони і визначають аерологічне стан в цілому. При цьому в певний момент часу та в певній точці виробки ми знаємо набір цих джерел.

За впливу всіх джерел, які визначають рівень концентрації метану їх можна класифікувати:

- прогнозовані за одним або декількома факторами;
- прогнозовані з урахуванням негазових характеристик: або безпосередньо залежать від технології ведення робіт, або залежать від тектонічного (техногенного) впливу на пласт вугілля.

Тобто, завданням прогнозування аерогазового стану в різних точках виробок є визначення та розрахунок фактичного вмісту метану в певний момент часу та найближчій точці до напруженої зони масиву. Всі розрахунки повинні бути невід'ємною частиною шахтної багатофункціональної системи безпеки.

Завдання з прогнозу місця та часу розвитку геодинамічних процесів потребує значних технологічних і методичних (наукових) зусиль. Процеси техногенного впливання на масив гірських порід формують зони аномальних напруг з розвитком в них різної інтенсивності деформацій на відстані від виробок від десятків до сотень метрів. Також слід визначати пластичні та пружні деформації, які призводять до перебудови структури проникненості газу в гірському масиві. Всередині контуру зони формуються дві динамічні області проникненості, перша примикає безпосередньо до оголень виробки, інша – далеко від неї. В цій зоні перехід пружних деформацій у пластичні призводить до небезпечних ситуацій – різке підвищенням кількості газу, викиди вугілля, породи в вибій.

Всі запропоновані методи визначення концентрацій метану у виробці припускають контроль в контактній області, а це не вирішує проблеми прогнозу кількості газу при можливому розвитку деформаційних процесів в масиві. Іншими словами потрібен прогноз на основі імовірнісного обґрунтованого судження про майбутній стан явища та об'єкта небезпеки.

Регламентовані методи та засоби контролю газового стану фіксують поточні значення параметрів без оцінювання їх детермінованих зв'язків та визначають рівні небезпеки можливих ситуацій при настанні небезпечних динамічних процесів. Формування і мінливість цих параметрів масиву визначається дією природних гравітаційних (геодинамічних) полів у взаємозв'язку з процесами трансформації підземного простору техногенного характеру. У такій динамічній системі розвиток геологічних процесів відбувається за різними сценаріями.

Внаслідок цього достовірність прогнозу параметрів напруженого стану масиву можлива тільки при застосуванні сучасних сейсмічних технологій (змінення проникненості газу в зоні взаємовпливу масиву з виробками), і саме вони можуть бути основою функціонального переходу до оцінювання ризику настання небезпечних газодинамічних явищ.

Представлені дослідження присвячені обґрунтуванню методології та вирішенню основних питань впливу кількості метану в пласті і породах, з урахуванням напружено-деформованого стану масиву з метою підвищення об'єктивності прогнозу кількості метану для досягнення нашої мети - аерологічної безпеки і очисних та підготовчих виробках.

Приймаємо положення, що нормальний аерогазовий режим у виробці відповідає станам гірського масиву при наявності та розвитку в ньому різних зон відповідно до просторового розподілення та перерозподілення компонентів напруг. Змінення кількості метану визначає розвиток таких можливих режимів стану атмосфери як підвищення концентрації до неприпустимої з погляду аварійності, або різке зменшення концентрації, якщо зона не містить газу. Який з них найбільш імовірний

можна встановити за зміною концентрації в процесі наближення вибою до цих зон. Місця цих зон повинні бути заздалегідь відомими.

Ринкові умови потребують переходити на інтенсивні технології видобутку вугілля, це може бути досягнуто за рахунок автоматизації виробничих процесів видобутку вугілля, збільшення продуктивності виймальних ділень. Використання таких технологій видобутку вугілля та збільшення навантаження на очисні вибої вимагають іншого управління силовими характеристиками механізованого кріплення, так як характер змінення напружено-деформованого стану масиву в очисному вибої буде також інший. Це оптимізує енергетичні витрати, знижує собівартість вугілля, подовжує термін служби механізованого кріплення, запобігає можливості виникнення аварійних ситуацій.

Але за відсутністю попереднього прогнозу стану гірського масиву знижується ефективність впровадження цих заходів. При різному протіканні геомеханічних процесів у масиві під час робіт необхідний системний підхід щодо аналізу різнорідних факторів, які впливають на стан гірського масиву. Такий аналіз неможливий без сучасних інформаційних технологій реєстрації та обробки фізичних параметрів стану гірського масиву.

Впровадження та розвиток геоінформаційних програмних систем визначається необхідністю отримання оптимального співвідношення «видобуток - безпека». На шахтах використовуються спеціалізовані гірничо-геологічні системи, які забезпечують функціональну підтримку у вирішенні багатьох задач геології, маркшейдерії, геомеханіки, гірничого планування та оптимізації виробничих процесів. Всі автоматизовані системи можна класифікувати так.

1. Системи загального призначення. Системи цього профілю включають такі розділи: проектування і планування гірничих робіт, геологічне та геомеханічне моделювання. Компанії Surpac та Datamine, Gemcom, Micromine розробляють такі системи.

2. Спеціалізовані гірничі системи. Велика кількість таких систем створюються самими підприємствами з видобутку, дослідницькими установами (з урахуванням гірничо-геологічних та технологічних умов), спеціалізованими компаніями.

3. Багатофункціональні системи безпеки. Мета та завдання таких систем безпеки визначено як «Устаткування гірниче шахтне. Системи безпеки шахт багатофункціональні».

Доступні нашим підприємствам такі системи як RockWare та Vulcan. Вони поєднують функції автоматизованого проектування топології пластів з урахуванням їх геологічних, гідрогеологічних, геомеханічних та геофізичних характеристик з метою оптимального зберігання у геоінформаційних форматах.

Близькі до таких системи автоматизації MineScape, Gemcom і Surpac. Вони мають функцію оброблення інформації про стан підприємства, від введення вихідних даних до моделювання родовища, проектування та планування гірничих робіт.

Застосовується на наших шахтах геоінформаційна система Micromine (Австралія). Вона має широкий спектр інструментарію для розроблення та підтримання рішення задач з автоматизації процесів розробки відкритих та підземних родовищ. Засоби системи дозволяють нам вирішувати такі задачі: створення баз даних, їх імпорт (експорт) у різних форматах; створення розрізів, планів, графіків, дво- та тривимірних зображень та гістограм; статистичний аналіз інформації геологічної розвідки; інтерактивна інтерпретація розрізів та планів (тривимірна); моделювання рудних родовищ; оперування блоковими моделями (із заданим розміром елементарних блоків); оцінювання запасів шляхом розрізів. В системі Micromine є спеціальні пакети для оброблення геологічних, геодезичних, геохімічних та геофізичних даних з трансформацією географічних мереж, проектування кар'єрів та інш. Перевагою даної системи є наявність

скриптів (макросів) для автоматизації робіт із обробкою великих обсягів даних.

Система дає можливість вирішувати задачі з високою точністю результатів при мінімальних витратах часу.

Розглянуті геоінформаційні системи не вичерпують весь комплекс апаратних і програмних технологій та відображають основні можливості процесів супроводження та управління виробництвом на гірничих підприємствах.

Але всі ці системи та їм подібні не передбачають оперативної підтримки прийняття рішень при короткостроковому прогнозі розвитку небезпечних ситуацій, газодинамічних процесів та явищ.

Збільшення глибини розробки родовищ та ускладненні гірничо-геологічні умови та геомеханічні фактори впливають на зростання гірського тиску. При цьому знижується безпека і ефективність ведення гірничих робіт. Маючи безперервну та достовірну інформацію про структуру та параметри напруженого стану гірського масиву порід поблизу виробок можемо прогнозувати несприятливі прояви газдинамічних явищ, оцінювати небезпеку роботи в підземних виробках, та завчасно попереджувати персонал про небезпеки.

Сьогодні вивчення напружено-деформованого стану пласта здійснюється такими комплексними методами, які використовують у своєму наборі лабораторні і аналітичні дослідження та інструментальні спостереження. Методи мають свої переваги та недоліки, це визначає обмеження їх використання у певних умовах. Методи оцінювання напружено-деформованого стану пласта можна поділити на такі групи, які різні за фізичними підходами: геологічні, геофізичні та геомеханічні.

Геологічні методи представляють аналіз загальної геологічної обстановки, візуальний огляд виробок, які деформовані дією гірського тиску. Для точного визначення параметрів цієї дії користуються геомеханічними та геофізичними вимірюваннями. Для наближеного

попереднього оцінювання можна використовувати результати аналізу геологічного та геомеханічного станів гірського масиву порід.

Спочатку визначається тип гірського масиву: породний масив, що має кристалічний фундамент, масив з контрастно вираженою складчастістю, масив із слабометаморфізованими породи, осадовий масив (родовища бурого вугілля, солей або гіпсу). Для перших двох характерне суттєве проявлення тектонічних сил, при яких горизонтальні напруги перевищують вертикальні. У масиві третьої групи тектонічні сили проявляються слабо, в четвертій групі напружено-деформований стан гірського масиву визначається вагою залягаючих вище порід та підземною інфраструктурою.

Інформацію про горизонтальні напруги отримують із аналізу горизонтальних переміщень масиву. Значні переміщення обумовлені високим рівнем напруг. В сильнотріщинуватих породах (вугільний пласт тощо) максимальні значення напруг менші, ніж в суцільних кристалічних масивах, це представляє загрозу розвитку пластичних та динамічних деформаційних (небезпечних) процесів.

Розвиток небезпечних геологічних процесів в зоні активного впливу гірничих робіт у виробках (підготовчих або очисних) обумовлено зміною структури та параметрів напружено-деформуємого стану. Його структура пов'язана з уявленнями про дискретну будову та визначає суттєві особливості розподілення та перерозподілення компонентів напруг в зоні впливу гірничих робіт.

Оцінювання напруг в зоні оголення масиву здійснюється інструментальними методами, які регламентовані документами для певних інженерногеологічних умов та технологій. Це експериментально-аналітичні методи, які ґрунтуються на розрахунку напруг за відомими початковими напругами на оголенні гірського масиву.

Сьогодні немає загальновизнаних уяв про природу газодинамічних явищ. На думку деяких авторів, основним фактором при викидах є

гірський тиск, на думку інших авторів – газ в зонах викидів знаходиться у вільній фазі або у сорбованому (кристалогідратному) стані. Є думка, що тиск газу у пластах, які розташовані нижче зони вивітрювання, може дорівнювати гідростатичному (закон Клайперона-Менделєєва). Такі протилежні уяви про природу явища сильно ускладнюють можливість розроблення методів прогнозу виділення газу.

Загально визнаний метод розрахунку виділення метану з пласта передбачає сумування за джерелами виділення (з оголеної поверхні пласта та відбитого вугілля). При цьому прогноз може визначатися як за даними геологічних випробувань природної метановості пластів, так і за фактичним виділенням метану в пройдених раніше підготовчих виробках.

Розрахунок виділення метану з оголеної поверхні вугільного пласта з урахуванням метановості вугілля здійснюють по інтенсивності виділення метану з одиниці площі оголення та часу протікання процесу виділення газу. При цих розрахунках враховують фактори, які характеризують зменшення газовості пласта та темпи зменшення інтенсивності виділення метану в часі. З відбитого вугілля виділення газу оцінюють за фактичними даними про інтенсивність, час знаходження відбитого вугілля у виробці та різниці між природною та залишковою метановістю вугілля. Небезпечна обстановка виникає в виробках, які проводяться по газонасиченим пластам (40–50 % вибухів в них у порівнянні з 20–28 % вибухів в очисних вибоях (виробленому просторі).

Прийнято вважати, що концентрація газів зазнає випадкового змінення в часі та просторі. Тому опис закономірностей створення метаноповітряних сумішей та подальший прогноз виникнення небезпечних ситуацій необхідно виконувати імовірнісними методами, так як відомі критерії недостатньо відображають фізичну суть виділення газу. Існуючі методи визначення кількості газу призводять до значних похибок.

Методи мають емпіричний характер, що пов'язаний зі специфікою об'єктів та не враховують газодинамічні процеси, які протікають в

виробках. Розрахунки у 80% випадків дають значні відхилення від фактичних даних (більше ніж на 30%). Тому, важливо запропонувати такі рішення, які ґрунтуються на очевидних зв'язках у процесах газодинамічних явищ.

Важливою обставиною у вирішенні проблеми ефективного прогнозу подій є необхідність дистанційного оцінювання структури та параметрів напружено-деформуємого стану масиву.

Зв'язок тензорів малих та великих напруг на фронті пружної хвилі являє собою основу для переходу від сейсмічних сигналів пружних хвиль до оцінювання структури та параметрів напружено-деформуємого стану масиву від одиниць до декількох сотень метрів на всі сторони від оголення гірського масиву. Таке оцінювання не збігається з оцінюванням інструментальних методів за таких причин:

- різниця між прямими та дистанційними методами вимірювань у фізичних процесах;
- оцінювання напруг поблизу оголень масиву спотворені поверхнею (вільною) з невідомою релаксацією напруг.

При розгляданні реального масиву у виді дискретної системи можемо отримати рішення як для пружних деформацій. Процеси переміщення твердої та газової фаз в дискретних середовищах проходять в діапазоні швидкостей, які порівнюють зі швидкостями посування очисних та прохідницьких вибоїв. Це має цілий ряд переваг, які дозволяють конструктивно вирішувати проблеми переміщення газу при динамічних процесах.

Відповідно до норм та правил в галузі промислової безпеки шахти повинні бути обладнані комплексом систем та засобів, які забезпечують безпеку ведення гірничих робіт, контроль за виробничими процесами (їх управління) в нормальних і аварійних ситуаціях. Це все поєднується у одну багатофункціональну систему безпеки, функцією якої в тому числі, є забезпечення аерологічної безпеки (аерогазовий контроль).

Система такого контролю забезпечує безпеку ведення робіт шляхом проведення безперервного автоматичного контролю параметрів, які характеризують газовий режим, збір, відображення, аналіз та зберігання інформації, управління гірничими машинами тощо.

Система автоматично формує та подачу команди управління на обладнання, які нормалізують аерогазовий стан, або при аварійних ситуаціях блокують виробничу діяльність.

Система забезпечує:

- автоматичний безперервний контроль параметрів атмосфери (концентрація газів, швидкість та напрямки руху повітря);
- безперервний контроль за роботою головних вентиляторних (газовідсмоктувальних) установок та положенням дверей на вентиляційних шлюзах;
- контроль (управління) вентиляторами місцевого провітрювання;
- застосування заходів з забезпечення промислової безпеки відключення напруги на електрообладнанні, оповіщення працівників підприємства;
- надання інформації фахівцям підприємства про контрольовані параметри для оперативного управління гірничими роботами та забезпечення їх безпеки;
- зберігання інформації з можливістю її подальшого використання для забезпечення промислової безпеки;
- передача інформації про аерологічну обстановку в режимі реального часу до органів гірничого нагляду.

При застосуванні на вугільних шахтах функціями (основними) системи є:

- автоматичний контроль за вмістом метану, оксидом вуглецю, інших шкідливих та небезпечних газів, киснем та пилом в атмосфері;
- автоматичний газовий захист в виробках;
- автоматичний контроль за витратами повітря в виробках;

- автоматичний контроль за параметрами роботи головних вентиляторних (газовідсмоктувальних) установок;
- автоматичний контроль (управління) за роботою вентиляторів місцевого провітрювання при проведенні виробок;
- автоматичний контроль за дверима на вентиляційних шлюзах;
- вимірювання контрольних параметрів атмосфери, вентиляційного обладнання та споруд;
- управління вентиляційним обладнанням, яке використовується для створення безпечного аерогазового режиму в виробках.

Функції системи реалізуються за рахунок єдиної технічної системи (сукупності технічних пристроїв).

До складу системи входять:

- технічне забезпечення – технічні засоби, призначені для реалізації функцій системи контролю (стаціонарні датчики для контролю складу та параметрів атмосфери, швидкості або витрат повітря; сигналізуючі пристрої; лінії (канали) зв'язку, джерела живлення; наземні пристрої збору, оброблення, відображення, зберігання інформації;
- інформаційне забезпечення – системи класифікації інформації та сигналів, що характеризують аерогазовий режим, дані та документи, які необхідні для реалізації функцій системи контролю; нормативи на документи, які автоматично формуються на машинних носіях та необхідні для виконання контролю за дотриманням вимог промислової безпеки при експлуатації підприємств;
- математичне забезпечення – методи вирішення задач аналізування, контролювання та управління, алгоритми та їх опис, моделі, що призначені для виявлення аварій та аварійних ситуацій, їх прогнозування та попередження;
- програмне забезпечення – програми, які забезпечують реалізацію функцій системи контролю, опис програм;

- метрологічне забезпечення - опис типу системи контролю та компонентів вимірювання, методи та засоби перевірки, посібники з експлуатації;

- організаційне забезпечення - документи (інструкції, регламенти), які визначають структуру та функції відділів, дії персоналу підприємства.

Система безперервно вдосконалюється, це дуже актуально при збільшенні продуктивності сучасних очисного та прохідницького обладнання.

Ефективність системи контролю досягається при комплексному покращенні якості її функціонування. До основних напрямків, які сильно впливають на підвищення безпеки, відносять такі:

- збільшення швидкості дії чутливих елементів датчиків з вимірювання метану, токсичних та шкідливих газів, це зменшує час реакції при перевищенні допустимих концентрацій газів та забезпечує більш оперативне втручання;

- зменшення маси та габаритних розмірів технічних засобів системи контролю (датчиків, контролерів, джерел живлення), це дозволяє більш ефективно експлуатувати та обслуговувати систему контролю;

- використання цифрових інтерфейсів передачі даних, це дозволяє підвищити надійність та достовірність даних та зменшити використання кабельної продукції;

- використання систем збору та оброблення даних, це дозволяє зменшити кількість технічних засобів системи контролю та спростити експлуатацію та обслуговування;

- використання оптоволоконних ліній зв'язку, це забезпечує передачу даних на високих швидкостях;

- використання радіоканалу, це дозволяє передавати дані контролю з рухомих машин та механізмів;

- збільшення ємності джерел живлення;

- вдосконалення методів оброблення даних, алгоритмів роботи програмного забезпечення системи контролю на всіх рівнях, це дозволяє підвищити обсяг даних, які передаються;

- сумісність програм з сучасною апаратурою контролю та управління, це дозволяє створити спеціалізовану геоінформаційну систему;

- взаємодія системи контролю з іншими системами на всіх рівнях, це дозволяє проводити комплексне аналізування даних та отримувати інформацію, яка характеризує стан промислової безпеки на підприємстві.

Підземні виробки є небезпечними виробничими об'єктами. Впровадження систем моніторингу для прогнозування процесів розвитку динамічних явищ (небезпечних) при раптовому змінненні геологічних умов здійснюється у відповідності «Про промислову безпеку небезпечних виробничих об'єктів».

Геофізичні спостереження в залежності від конкретних інженерно-геологічних умов включають в себе:

- сейсмоакустичні спостереження - сейсмічне профілювання земної поверхні та підземних виробок, сейсмічне просвічування ціліків між виробками та свердловинами (в діапазоні частот 10-500 Гц), сейсмічний каротаж;

- методи сейсмічного моніторингу шуму;

- акустичні (ультразвукові) вимірювання в діапазоні частот 500–30000 Гц;

- електрометричні спостереження - електричне профілювання, зондування поверхні та підземних виробок, георадарне обстеження вимірювання природного поля);

- каротажні дослідження;

- метод електромагнітного імпульсного зондування.

Однією з складових системи є сейсмічна томографія. Основою методу томографії є те, що в середовищі існують зони шумоподібного високочастотного сейсмоакустичного випромінювання, яке активізується

при низькочастотних деформаційних впливах. Ефект сейсмічної емісії було виявлено Рикуним, Хаврошкіним та Циплаковим.

Механізм генерації сейсмічної емісії в середовищі мало зрозумілий. Існуючі експериментальні результати надають можливість виділення високочастотних сигналів емісійного походження. Джерела випромінювання знаходяться на значних відстанях від системи реєстрації. Це дозволяє розвивати систему пасивного моніторингу та вивчати структуру сейсмічного процесу, відстежувати просторову динаміку середовища на предмет небезпечних динамічних явищ, виявляти неоднорідність будови масиву (область підвищеної тріщинуватості, розломи, великі тріщини, зони концентрації напруг та міграцію флюїдів).

Так, емісійна томографія є дієвим методом експериментального дослідження середовища: отримання тривимірних зображень з оцінкою параметрів випромінювання, ідентифікування неоднорідності структури, простеження просторово-часового перебігу розвитку динамічних процесів. Метод використовується для дослідження сейсмоактивних, вулканічних та геотермальних областей.

Геофізичні систем контролю за станом стійкості гірського масиву порід в процесах розробки родовищ корисних копалин застосовуються вже кілька десятиліть. Серед основних виділяють сейсмічні системи реєстрації енергетичного стану гірського масиву порід (це пасивні методи реєстрації емісії на границях шахтних полів). Також застосовуються методи сейсмічної локації гірського масиву порід (це реєстрація сигналів в режимі активного механічного впливу на вибір механізмів). Але вирішення основної проблеми – прогнозування розвитку небезпечних геодинамічних явищ наразі залишається складним та невизначеним завданням, воно не реалізоване в будь-якій технологічній схемі.

PASAT M – ця спеціалізована система сейсмічного контролю призначена для отримання, накоплення та передавання шумової сейсмічної інформації для подальшого її оброблення. Оброблення такої інформації

передбачає визначення напруг в пласті та їх змінення в часі та просторі; визначення геологічних неоднорідностей попереду очисного вибою; визначення параметрів (модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона), які описують фізико-механічні характеристики до початку робіт. Серед переваг системи виділяють мобільність та простоту використання. Точність результатів відповідає критеріям достовірності для таких спеціалізованих систем.

ARES – це геоінформаційна сейсмоакустична система, що призначена для оцінювання небезпеки гірських ударів. Система розроблена для шахт, що небезпечні з гірських ударів та небезпечні з газу та пилу. Завданням цієї системи є перетворення механічних коливань масиву порід на електричний сигнал за допомогою зондів швидкості, подальше посилення сигналу, фільтрація даних та передача їх на поверхню для цифрової обробки та комп'ютерної інтерпретації. Система веде спостереження в небезпечних ділянках – лавах, з оцінюванням небезпеки гірських ударів. Зонди встановлюються на анкерах в боках виробок та перетворюють швидкості коливань масиву порід у електричний сигнал. Система контролює обриви кабелю, робить поляризацію сигналу та прослуховує сигнал по вибраному каналу. Система має функціонал для посилення параметрів сейсмоакустичних сигналів, їх фільтрації та визначення поблизу вимірювальних зондів. При виявленні сейсмоакустичних явищ проводиться запис та аналіз із синхронізацією щогодини GPS. Розрахункові модулі обчислюють розподілення умовних енергій цих явищ та їх активність виникнення. Аналітичні модулі системи проводять спеціалізований аналіз даних, які реєструються на основі статистичних методів та використовують функції ризику при виникненні несприятливих ситуацій. Для зберігання великих обсягів інформації (архіву даних) використовуються бази даних. Для сприйняття інформації передбачено спеціальний модуль її візуалізації. Функціональність геоінформаційної системи передбачає спостереження за приви́бійними

частинами вугільних пластів з метою моніторингу та аналізування реєстрованих несприятливих ситуацій.

ARAMIS - це геоінформаційна сейсмічна спеціалізована автоматизована система, що поєднує в собі інструменти для визначення місця розташування поштовхів, які виникають в районі шахтного поля, оцінює їх енергію та ступень небезпеки за гірськими ударами, застосовуючи сейсмічні методи. Ця система має модульну структуру (кожен модуль має функціонал залежно від його опцій). Визначення енергії здійснюється інтегральним методом, спектральним аналізом та цифровою фільтрацією зареєстрованих ситуацій. Модуль відображення результатів локалізації має можливості для забезпечення масштабування зображень, визначення координат динамічного явища. Додаткові модулі системи дають можливість розрахунку енергії поштовху в автоматичному режимі з наданням оператору звіту у вигляді сейсмограми. Функціональність системи забезпечується за рахунок застосування передавачів та цифрових перетворювачів. Для максимального улавлювання різних сигналів застосовуються датчики-сейсмометри (датчики швидкості). Центр збору інформації забезпечується високопродуктивним сервером. Система аналізування та візуалізації проводить співвіднесення небезпечних ситуацій з критеріями оброблення на основі алгоритмів інтерпретації даних.

GITS - система сейсмічного моніторингу представляє собою програмно-технічний комплекс, призначений для безперервного контролю шахтного поля з метою виявлення зон активізації динамічних процесів у вугільному пласті. Це досягається використанням розподіленої мережі датчиків.

Система передбачає введення та оброблення такої інформації: схеми підземних виробок, плани відробки пластів, геологічні розрізи, схеми встановлення точок спостереження та поточна інформації у вигляді щоденних карт сейсмічної активності, добових графіків акустичної

активності. Система базується на забезпеченні фірми Autodesk: RastArts – робота з растровими зображеннями, Softdesk – побудова поверхонь, Vtchanical Desktop – твердотільне моделювання. Програми виробляють оброблення сейсмічних поштовхів, розраховують енергію та визначають зони підвищеної сейсмонебезпеки.

Системи ARAMIS і GITS засновані на пасивному методі реєстрування природної техногенної сейсмічної активності масиву гірських порід. Застосування методу та спеціальної апаратури визначено Інструкцією з безпечного ведення підземних робіт.

Зарекомендувала себе сейсмоакустична система АПСС-1, вона активно використовується на вугільних шахтах України, об'єктивно контролює стійкість оголень гірського масиву порід у ближній частині вибою, діє на основі амплітудно-частотного інтегрального параметра. Дана апаратур проста, має низьку вартість, відсутні проблеми з обробленням інформації, невеликі витрати на обслуговування програми.

Досвід застосування таких методик контролювання стану стійкості гірського масиву порід показав можливості контролювання елементів структури гірського масиву порід та деяких параметрів стану стійкості масиву, але має надзвичайно малу ефективність об'єктивного прогнозу розвитку небезпечних ситуацій у визначеній зоні простору. Це обумовлено принциповою невизначеністю в процесі підготовки та розвинення сейсмічної ситуації, тому що критична ситуація при перевищенні межі міцності масиву гірських порід може бути викликана підвищенням параметрів напружено-деформованого стану в локальній зоні (модель консолідації), та при їх зменшенні (модель деструкції).

Властивості двомодульності реальних середовищ є дискретною структурою, в них пружні модулі в процесах стиснення та розвантаження гірського масиву порід не збігаються. Здійснити прогноз координат зони та часу початку небезпечної сейсмічної ситуації є дуже складним завданням, це підтверджується багаторічними сейсмологічними спостереженнями. За

останні 15 років значні витрати на створення сейсмологічної мережі в штаті Каліфорнія (1500 стаціонарних сейсмологічних станцій) не змогли забезпечили необхідного рівня детермінації прогнозу землетрусів, який за фактом становив 55%.

Розглянуті також різні методи активного прогнозу оцінювання стану стійкості масиву гірських порід, що рекомендовані для вирішення завдань при будівництві тунелів, але їх можна використовувати під час експлуатації гірничих підприємств із підземним видобутком корисних копалин.

До відомих методів активного прогнозу будови гірського масиву порід попереду вибою відносять такі системи сейсмічної томографії, як TRT 6000 (США, NSA Engineering) та TSP 303 (Швейцарія, Amberg Measuring Technique Ltd.). Вони засновані на реєстрації сигналів відбиття хвиль від джерел імпульсного типу (вибухи або удари) та давно застосовуються на практиці тунельного (шахтного) будівництва.

Схеми спостережень методом TRT 6000 визначаються геометричними фігурами у вигляді еліпса, з боків якого знаходяться дані джерела та приймача. Збільшуючи їх кількість та змінюючи діні джерела та приймача, можна визначити форму геологічної будови. При обробленні польових спостережень формується сіткова модель вибою для розрахунку положення геологічного середовища.

Крок сітки в моделі від 1 м. При збільшенні відстані значно погіршуються результати. Точне позиціонування джерела та приймача має важливе значення при визначенні просторового становища сейсмічних хвиль в масиві гірських порід. Час циклу спостережень складає близько 3 години.

Схема можлива в умовах безперервної обробки вибою. При технології проходки з тимчасовим кріпленням цей метод неможливий.

Метод Tunnel Seismic Prediction (TSP) - ця система сейсмічного прогнозу при будівництві тунелів була розроблена в Швейцарії фірмою

Amberg Technologies AG на початку 1990-х років. Принцип методу заснований на системі вертикального сейсмічного профілювання.

Система спостережень складається з 40 сейсмічних джерел, що представлені зарядами вибухових речовин (амоніт, 200 г), які поміщені в шпурах, що пробурені через рівні проміжки в боках на глибину 1,50 м. Позаду них по обидва боки буряться два горизонтальні шпури на глибину 2,0 м, в них встановлюються анкери з сейсмодатчиками. Геометрія розміщення та положення їх жорстко закріплена та в процесі вимірів не змінюється. Технологічний цикл спостережень триває близько 2 змін (до 15 годин).

Після оброблення та інтерпретації даних прогнозуються геологічні неоднорідності в масиві попереду вибою на відстані до 200 метрів. Виділяються карстові порожнини, зони розломів, розраховуються характеристики міцності гірського масиву порід (щільність, статичний і динамічний модуль пружності, коефіцієнт Пуассона). Оброблення результатів на місці проведення робіт неможливе, вихідна інформація у передається по каналам зв'язку до центру обробки. Витрати часу на це досить тривалі.

З точки зору якості та надійності реєстрації сигналів система є еталоном, з нею слід порівнювати інші системи активної сейсмічної локації масиву гірських порід. Система TSP – це спеціалізована система, що здійснює технічний моніторинг масиву, але не відповідає всім вимогам контролю для вугільних шахт.

Результати систем TRT та TSP приймаються з оцінкою фізико-механічних властивостей масиву та елементів порушення його суцільності.

Метод активної локації гірського масиву порід сейсмічними хвилями (відбитого типу) є перспективним, але має також обмежене застосування в шахтних умовах.

Зараз діє «Інструкція з моніторингу гео- і газодинамічного стану гірського масиву порід, прогнозування раптових викидів вугілля, породи та газу, гірських ударів при відробленні вугільних родовищ.

Вимоги, що викладені в цій Інструкції, поширюються на шахти, що розробляють пласти, небезпечні та загрозливі за раптовими викидами вугілля, породи та газу, за гірськими ударами. З погляду побудови геоінформаційної системи контролювання та прогнозу геодинамічних явищ при розробці вугілля інструкція передбачає такі вимоги:

- проведення інструментального моніторингу стану гірського масиву;
- проведення автоматизованого моніторингу стану гірського масиву;
- проведення прогнозу з раптових викидів вугілля, породи та газу;
- проведення прогнозу з гірських ударів;
- контроль за ефективністю проведення противикидних заходів.

Основні завдання безперервного контролювання та прогнозування розвитку небезпечних динамічних явищ визначають обов'язковість проведення комплексного моніторингу за мети автоматизованого безперервного контролювання та прогнозування розвитку небезпечних газодинамічних явищ при проведенні підготовчих і очисних виробок з застосуванням сучасної техніки, яка забезпечує високі швидкості просування та високі темпи видобутку корисних копалин.

Комплексний моніторинг - це поєднання інструментальних та автоматизованих методів отримання даних стану масиву та подальше їх використання.

Моніторинг організується на використанні геомеханічних, геофізичних і газодинамічних способів контролювання та оцінювання стану масиву попереду вибою. Особливістю є універсальність, яка забезпечує можливість прогнозу ступеню небезпеки всіх явищ, діагностика основних причин виникнення, контролювання їх ефективності.

Метод комплексного моніторингу оцінювання рівня небезпеки будується за блочно-модульним принципом та формується з чотирьох автоматизованих блоків:

- підсистеми акустичного контролювання напружено-деформованого стану в привибійній зоні масиву порід та оцінювання небезпеки газодинамічних явищ;
- підсистеми контролювання газодинамічної активності привибійного гірського масиву та оцінювання небезпеки газодинамічних явищ;
- підсистеми контролювання сейсмічної активності шахтного поля та оцінювання небезпеки газодинамічних явищ;
- підсистеми геомеханічного прогнозування, діагностування та оцінювання ризику газодинамічних явищ.

Це дозволяє класифікувати метод як автоматизований моніторинг, основна функція реалізується геоінформаційною системою.

Реалізований процес моніторингу проводиться автоматизованою системою, яка побудована на основі сучасних засобів (технічних і програмних) та здійснює безперервний моніторинг гео- і газодинамічного стану масиву гірських порід. Також здійснює збір, перетворення (за необхідністю), передачу, оброблення, відображення, зберігання і аналізування інформації, подає її в режимі реального часу та також контролювання протиаварійних заходів, які підтримують безпечний стан гірського масиву.

При об'єднанні загальних нормативних вимог до геоінформаційних систем, їх досвід експлуатації на підприємствах, специфічні умови застосування при розробці вугілля можна сформулювати основні завдання, для геоінформаційних систем в загальній структурі шахти.

Вона повинна забезпечити інформаційно-аналітичне супроводження процесів шахти:

- моніторинг стану пласта та порід;

- прогноз стану пласта та порід;
- прогноз небезпечних явищ при підземній розробці;
- оцінювання ризику небезпечних явищ при підземній розробці;
- виробка технологічних рішень щодо зниження та запобігання шкоди від небезпечних явищ при підземній розробці;
- моніторинг роботи обладнання: струмових навантажень, температури окремих вузлів, рівня вібрації, стану апаратного захисту енергетичних вузлів, поточного положення комбайну, напрямку та швидкості його переміщення;
- оцінювання та аналізування технічного стану механізованого комплексу за даними його роботи;
- прогнозування стану механізованого комплексу;
- виробка програм з обслуговування та ремонту механізованого комплексу;
- формування нормативно-довідкової інформації та її подальше ведення (дані механізованого комплексу, виконані роботи та результати, показники технічного стану механізованого комплексу);
- аналізування отриманого прогнозу, технологічних рішень на основі фактичного стану гірського масиву, рудничної атмосфери та механізованого комплексу.

Геоінформаційна система повинна забезпечувати:

- контролювання стану пласта, порід та гірського масиву в цілому;
- контролювання стану механізованого комплексу;
- підвищення ефективності роботи механізованого комплексу на основі даних про стан, будову та порушеність пласта, порід та гірського масиву в цілому при забезпечення заданого навантаження;
- підвищення відмовостійкості механізованого комплексу на основі його своєчасного обслуговування та ремонту;

- підвищення рівня якості прийняття рішень за рахунок оперативності подавання інформації, її повноти, достовірності, зручності відображення;

- підвищення безпеки при ведення гірничих робіт за рахунок своєчасного виявлення і попередження небезпечних явищ з проведенням технологічних заходів для запобігання їх проявлень.

Геоінформаційна система будується по ієрархічному принципу та включає:

- підсистему нижнього рівня, яка призначена для отримання про об'єкт моніторингу інформації від первинних датчиків контролювання масиву та параметрів механізованого комплексу, що виконані у вибухобезпечними;

- підсистему середнього рівня, яка призначена для збору інформації про об'єкт від первинних датчиків контролювання, попереднього оброблення інформації, обмін її з підсистемою верхнього рівня (складається з контролерів та використовує загальношахтну інформаційну магістраль);

- підсистему верхнього рівня, яка призначена для візуалізації стану параметрів, об'єктів з використанням графічного образу та анімації, інтерфейсу оператора, реєстрації, зберігання даних, документування, генерації звітів, діагностики стану технічних засобів усіх підсистем, протоколювання показників роботи системи, архів інформації в базах даних, вироблення механізму рішень, обліку, плануванню, забезпеченню трудовими і матеріально-технічними ресурсами при проведенні технічного обслуговування (ремонт), моніторингу, аналізування та оцінювання технічного стану механізованого комплексу;

- пристрої (лінії зв'язку), які забезпечують обмін інформацією між різними підсистемами;

- пристрої електроживлення обладнання;

- системне та прикладне програмне забезпечення.

Перелічені умови та вимоги неможливо та недоцільно реалізувати в одній системі, це вимагає зосередження зусиль на розроблення таких програмно-технічних засобів, які будуть цілеспрямовано фіксувати поточні параметри напруженого стану гірського масиву та орієнтовані на своєчасне прогнозування рівня ризику розвитку небезпечних явищ.

Досвід експериментального та аналітичного дослідження розвитку аварійних ситуацій при веденні підземних гірничих робіт свідчить про необхідність фіксування у безперервному режимі структури та параметрів явищ в гірському масиві в зоні ведення очисних робіт, це є основою для оцінювання рівня розвитку небезпечних газодинамічних процесів.

Межі блокової структури формують у масиві порід зони дезінтеграції, це визначає аномальні величини компонентів напруг. З середовища з дискретної структурою прийнятний термін «тиск», далі можна оперувати таким визначенням як «градієнт тиску», вважаючи що можливий діапазон його змінення у негативних та позитивних значеннях.

Вся зона впливання виробки на масив порід поділяють на кілька зон (зона віджиму масиву, ближня, середня та дальня зони). У перших двох переважають пластичні деформації, в інших - гранично пружні деформації. Межі фіксуються аномальними значеннями градієнтів тиску. Сформовані за рахунок геодинамічних процесів мають більш інтенсивні.

Процеси тертя в активній системі блоків призводять до розвитку динамічних процесів – ударів, консолідації та деструкції. В першому випадку процес розвивається при зростаючих напругах, в іншому – при розвантаженні гірського масиву порід. В обох випадках відбувається імпульсний стрибок напруги (сейсмічна подія). Це не фіксується сейсмічною реєструючою системою.

Інваріантність сценаріїв розвитку подій породжує повну невизначеність прогнозування двомодульного середовища - критична ситуація при наростаючих напругах настає значно пізніше, ніж при розтягуючих напругах. Досяжний рівень ймовірності прогнозування

настання події перевищує 55 %. Такі показники прогнозування характерні для пасивних сейсмічних систем прогнозування гірських ударів.

Механізм генерації сейсмічної емісії високочастотних сейсмічних сигналів при поширенні в середовищі мало зрозумілий. Існуючі результати свідчать про виділення високочастотних сигналів емісійного походження і локалізації джерел випромінювання, які знаходяться на значних відстанях від системи, що реєструє.

Це дозволяє розвинути систему пасивного моніторингу та вивчати структуру сейсмічних процесів, відстежувати просторову і часову динаміку середовища з небезпечними динамічними подіями, виявляти неоднорідності середовища (області підвищеної тріщинуватості, великі тріщини та розломи, зони концентрації напруг та інші).

Враховуючи ці елементи моделі масиву необхідно виділити важливу послідовність рішення таких завдань:

- дистанційне визначення стану масиву та оцінювання величини градієнтів тиску, що можливо тільки на основі методу сейсмічних хвиль (активна локація);
- безперервна реєстрація подій з визначенням їх координат та енергетичних параметрів (пасивна локація);
- безперервне оцінювання кількості метана в атмосфері виробок.
- оцінювання рівня виникнення та розвитку небезпечних явищ як інтегрального параметра.

Кожна з задач при індивідуальному рішенні не може забезпечити надійний рівень оцінювання рівня розвитку небезпечних явищ. Основний функціонал геоінформаційної системи у складі багатофункціональної повинен відповідати вирішенню задач: відстань до об'єкта ризику, відносне оцінювання градієнта тиску, енергетичний стан в часі, прогнозований обсяг газу при зустрічі з виявленим об'єктом. Підсумкове оцінювання ризику має приймати значення «безпечно» або «небезпечно».

Ідея прогнозування в цій схемі основана на трансформації 3D масиву або його плоского перетину в прогнозний графік обильності метану попереду вибою на необхідну відстань. Послідовність прогнозу передбачає:

- підсумовування значень за 3D масивом або в плоскому перетині лінійного масиву (значення структури суцільності масиву);
- нормування значень структури суцільності масиву за результатами аерогазового контролювання на обраному інтервалі проведення виробки;
- нормування відносних значень обильності метану.

Схема цих дій може бути основою розробки геоінформаційної системи безпеки шахти та передбачає технічну (програмну) синхронізацію за часом параметрів аерогазового та сейсмічного контролю.

За результатами огляду проблеми прогнозування структури та параметрів гірського масиву на безпечну відстань від вибою можна зробити наступні висновки:

Системи сейсмічної локації (пасивні та активні) гірського масиву забезпечують фіксування порушень суцільності масиву (зон дезінтеграції порід) і координат джерела сейсмічного шуму в зоні впливу гірничих робіт.

Достовірність прогнозу місця розвитку небезпечного динамічного явища на основі індивідуального оцінювання небезпеки не перевищує допустимого рівень детермінації.

Доцільно розглядати варіанти функціонування пасивного та активного сейсмічного контролювання в часі в єдиному координатному просторі.

Реалізація застосування сейсмічного та аерогазового контролю одночасно вимагає прийняття рішень щодо застосування оптимального програмного забезпечення прохідницьких та очисних робіт на рівні локального контролювання та прогнозування розвитку небезпечних динамічних явищ.

4. ДИНАМІКА ЯВИЩ ЯК СЛІДСТВО ЗМІНЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ТА ВМІСТУ МЕТАНУ ВУГІЛЛЯ ТА ГІРСЬКОГО МАСИВУ

Теоретичний підхід щодо визначення залежності виділення метану в виробках та параметрів масиву в зонах їх взаємовпливу пропонуємо здійснювати у такі етапи.

На 1-ому етапі використовуємо аналітичний метод функціонального розподілу гірського тиску та проникненості обраного об'єму масиву.

На 2-ому етапі пропонуємо проводити розрахунок параметрів напружено-деформованого стану гірського масиву з використанням принципів моделювання (кінцевих елементів). Стосовно оцінювання потоку газу пропонуємо використовувати геомеханічне аналізування напруг в масиві з урахуванням реальної геометричної форми виробки. Моделювання процесу взаємовпливу виробок, вугільного пласта та порід вирішує завдання фазової диференціації газу.

Завдання 1-го етапу полягає в визначенні залежності між основними параметрами масиву та градієнтом тиску в ньому.

2-й етап дозволяє на основі сейсмічного прогнозування провести оцінювання характеру міграції газу в масиві в гірничі виробки.

Метан у вугільному пласті знаходиться в трьох фазових станах:

- у газовій – при тиску до 1,5 МПа;
- у рідкій – при тиску вище 1,5 МПа;
- у твердій (кристалічна) - хімічних сполуки (газогідрат).

Газ може переходити при зміні структури і параметрів напружено-деформуємого стану масиву з однієї фази в іншу при розташуванні вугільного пласта на більшій глибині та в процесах ведення прохідницьких та очисних работ.

Головне значення має дослідження загальних закономірностей зв'язку структури та параметрів напружено-деформуємого стану і газового потоку в зоні взаємовпливу гірського масиву і виробки.

Небезпечним джерелом неприпустимої концентрації метану є газ, який знаходиться у вугільному пласті в різних фазах: твердій (адсорбована, при великих тисках - кристалічна), газоподібній під великим тиском, у вигляді водно-газового флюїду, що обумовлені газодинамічними характеристиками вугільного пласта та гірських порід.

Є роботи, де розглядаються різні аспекти процесу газових міграцій при прохідницьких та очисних роботах. Найбільшу увагу займає проблема прогнозу варіантів надходження метану в вироблений простір та розвитку геодинамічних явищ за участю тиску газу.

В цій проблемі є ключова думка: якщо є фактичне поширення газу від джерела його накопичення або при наближення виробки, то процесом поширення газового потоку, формуванням та розвитком динамічних явищ управляє процес змінення структури та параметрів напружено-деформуємого стану у зоні впливу прохідницьких (очисних) робіт на гірський масив.

Модель напружено-деформуємого стану масиву порід калібрується на основі інформації про поточні величини напруг у вибої. Подібний підхід не дозволяє врахувати глибину, розміри зони дезінтеграції та наявності неоднорідної структури тріщин між блоків масиву. При цьому основним завданням залишається визначення характеристик, при яких вибій буде зберігати свою стабільність.

Гірський масив має характеристики (щільність, межі міцності, коефіцієнт Пуассона, модуль пружності, кути внутрішнього тертя, питоме зчеплення, проникність, пористість та ін.). Також гірський масив знаходиться в напруженому стані, це визначається тензором напруг у кожній точці. При проведенні очисних та прохідницьких робіт у зоні

взаємовпливу виробки та масиву порід відбувається перерозподілення напруг, цео формує динамічну систему «масив-виробка».

Першим наближенням рішення задачі стійкості вибою стає аналітичне рішення. Недоліком методу є невизначеність рішення (не ідеальна форма виробки, складна геометрія пласта, неоднорідність властивостей порід, дискретна структура масиву порід). Підхід заснований на аналітичному рішенні задачі та розглядає точне рішення рівняння рівноваги з низкою припущень:

- поведінка порід у лінійно пружній області;
- ідеальний круговий перетин виробки (береться нормально до осі виробки);
- плоский деформуємий стан;
- площини напластувань перпендикулярні осі виробки.

Аналітичний метод розрахунку тиску в вугільному пласті має обмежене застосування для реальних 3D моделей пласта та складної геометрії лави.

Аналіз стану масиву стосовно вирішуваних завдань вимагає проведення моделювання (кінцеві елементи). Тому важливим стає застосування фундаментальних аналітичних підходів до розрахунку напруг та деформацій у масиві порід. Таке програмне забезпечення, як САЕ Fidesys, дозволяє проводити 3D геомеханічний аналіз напруг і в пласті, і в породах з урахуванням геометричної моделі вибою та наявності концентрацій напруг, тобто, пропонується розглядати процес взаємовпливу масиву та виробки (масив у виді класичного пружного тіла, який має в собі тріщини, в яких може бути різний флюїд (рідина, газ, суміш). Напружений стан стає причиною зсуву або розриву масиву – появлення вивалів, тріщин, будь-яких динамічних явищ (гірський удар, викиди вугілля, порід). Прояви руйнування масиву під дією поля напруг при змінних у часі та просторі граничних умов є причиною певних проблем при проведенні прохідницьких робіт. Тому актуальним завдання

точного оцінювання змінних у часі та просторі напруг у загальній 3D постановці.

Враховуючи всю наявну інформації про геометрію пласта (дискретна структура, можлива наявність каверн), можна вирішити задачу про рівновагу напружено-деформованого стану в пласті та породах у такій постановці – з урахуванням змінення тиску газу та його впливу на стан масиву, змінення проникненості внаслідок розвитку деформацій у вугільному пласті. Цей підхід дозволяє отримувати інформацію про напруги в породах в умовах низької якості даних.

Оцінювання деформацій від дії граничних умов тиску дозволяє розширити можливості моделювання (геомеханічного). Вирішити ці проблеми стало можливим при застосуванні числового моделювання та аналізу, на основі методу кінцевих елементів або методу наближеного числового вирішення фізичних задач. Його основою є: дискретизація об'єкту дослідження на множину кінцевих елементів та поліноміальна апроксимація функцій, що досліджуються. Такий підхід відповідає реальній структурі масиву.

Основною відмінністю від класичних алгоритмів, що засновані на варіаційних принципах, є вибір базисних функцій. Це приводить до розрідженої структури в матриці коефіцієнтів.

Основні переваги системи:

- об'єкти дослідження мають будь-яку форму та фізичну природу (деформовані тверді тіла, рідини або гази);
- кінцеві елементи мають різну форму, порядок, розміри та адаптивні 3D геометрії моделі;
- досліджуються однорідні (неоднорідні), ізотропні (анізотропні) об'єкти з лінійними (нелінійними) властивостями;
- вирішуються стаціонарні (нестаціонарні) завдання;
- вирішуються контактні задачі на межі між блоками;

- алгоритм, що представлений у матричній формі, одноманітний для рішення різних фізичних задач різної розмірності, це зручно для комп'ютерного програмування;
- на одній сітці кінцевих елементів вирішуються різні фізичні завдання, це полегшує аналіз пов'язаних задач;
- прискорюється обчислення процесу на комп'ютерах.

При застосуванні CAE Fidesys для геомеханічного моделювання підвищується точність розрахунку безпечних режимів при веденні прохідницьких та очисних робіт, прогнозується виникнення вивалів та тріщин у вибої, враховується розвиток пластичних деформацій у вугільному пласті, оцінюються ризики, які пов'язані проходженням виробки по структурним неоднорідностям; моделюються нестационарні ефекти (поширення сейсмічних хвиль).

Також це дозволяє проводити розрахунки напруг і деформацій з урахуванням динамічного змінення тиску газу.

Оцінювання деформацій в пласті в залежності від тиску газу, напрямку потоку газу дозволяє нам розширити можливості в геомеханічному моделюванні, уточнити рекомендації щодо управління технологією ведення робіт.

Розглянута геомеханічна модель блочнотріщинуватого масива складається з двох взаємодіючих (при різних масштабах) середовищ – пористе середовище матеріалу блоків та природні тріщини між блоками. При моделюванні другого середовища, що складається з кількох множин тріщин, в кожній множині міститься декілька однаково спрямованих тріщин при однаковій товщині, але різним розподіленням в масиві. Кожна множина характеризується своїм коефіцієнтом жорсткості, він визначає реакцію тріщин на прикладені напруги.

Вибрана модель взаємодії з газодинамічною за допомогою обмінення з певною частотою значеннями проникненості блоків та тріщин, тиску у порах і тріщинах, які насичені метаном.

Так, основним результатом застосування геомеханічної моделі є моделювання динамічної проникненості, що викликана деформуванням блочно-тріщинуватого пласта у процесі фільтрації метану. При цьому моделювання та розрахунок параметрів здійснюється у два етапи.

На 1-ому етапі знаходимо механічні характеристики (матриця жорсткості) для кожної області (пориста пружна матриця з системами тріщини всередині) на основі рішення задач на середині періодичності. Потім на основі знайдених механічних параметрів в областях вирішуємо геомеханічну задачу про знаходження напружено-деформуємого стану у всій області. Дві зворотна процедура – на підставі розрахованих напруг вирішуємо задачі про навантаження матриці (тріщин в кожній області) для визначення деформацій всередині матриці та розкриття тріщин між ними. І нарешті, розраховуємо деформації матриці та розкриття тріщин. Розрахована проникненість матриці передається в газодинамічний симулятор, який визначає тиск газу у всій моделі. На основі цього тиску визначається середній тиск та повторюється розрахунок напружено-деформуємого стану та параметрів моделі.

У разі ітераційної пари цикл повторюється (в рамках одного кроку) до тих пір, поки не досягнеться збіжність між моделлю та симулятором.

На підставі аналізування та узагальнень відзначаємо важливіші елементи системи «масив–виробка–газ»:

- поточні параметри напружено-деформуємого стану масиву з дискретною структурою порід формують динамічну систему «градієнт тиску–газовий потік»;
- зони розвитку динамічних явищ взаємопов'язані з зонами газового насичення масиву, це може бути просторовим і тимчасовим провісником динамічних небезпечних явищ.

Важливе твердження можливості появи такого передвісника передбачає попереднє знання структури проникненості пласта і параметрів тиску, інакше варіації обильності метану в шахтній атмосфері.

5. СТАН ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМУ КОНТРОЛІ ТА ПРОГНОЗІ РОЗВИТКУ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСІВ У ПІДЗЕМНОМУ ПРОСТОРІ ШАХТИ

Правила безпеки у вугільних шахтах та інші нормативні документи передбачають все більше використання інтелектуальних систем з отримання інформації, управління нею з застосуванням сучасних технічних засобів телекомунікацій в форматі єдиного комплексу контролю параметрів гірського масиву, критеріїв і регламенту управління станом масиву та технологію ведення гірничих робіт у виді багатофункціональної системи безпеки вугільного підприємства.

Значні завдання при цьому покладаються на функціонал систем з контролювання аерогазового режиму у виробках, безпечного стану масиву порід, прогнозування раптових викидів, порід і газу, гірських ударів, це передбачає проведення моніторингу техногенних, газодинамічних та геодинамічних процесів засобами геофізичних, сейсмічних та геомеханічних спостережень, врахування діючих систем з аерогазового контролю, попередньої та поточної дегазації вугільного пласта.

Розвиток небезпечних явищ у шахтах визначається границями області активного впливу виробок на змінення структури та параметрів напружено-деформованого стану масиву порід в небезпечній зоні з радіусом від десятків метрів до виробки, це вимагає застосування тільки дистанційного методу безперервного оцінювання параметрів масиву та прогнозу з настання небезпечних явищ. При цьому швидкості розвитку динамічних явищ суттєво випереджають швидкість проведення та кріплення виробки, а само небезпечне явище розвивається за невизначеним сценарієм (під дією динамічних процесів в системі «масив-виробка-кріплення»). Швидкість проведення виробок за сучасними технологіями досягають 20-30 метрів на добу, це породжує нові та абсолютно

непередбачувані геомеханічні процеси на значних відстанях від місця ведення гірничих робіт.

З урахуванням цього функціонал запропонованої геоінформаційної системи повинен вирішувати в оперативному режимі основні такі завдання:

- безперервне оцінювання структури та параметрів стану гірського масиву при веденні прохідницьких або очисних робіт у зоні з радіусом не менше 100 метрів (з урахуванням певних геологічних та геотехнічних умов);

- визначення фактичних міцнісних властивостей гірського масиву та прогнозування їх критичного змінення на всіх етапах прохідницьких або очисних робіт (безперервний, періодичний та локальний контроль) стану гірського масиву у небезпечних зонах;

- організація системного моніторингу геологічних процесів та динамічних явищ у гірському масиві порід на денній поверхні (в підземному просторі) в межах шахтного поля (регіональне контролювання всієї природно-технічної системи «масив порід–підроблений простір» в масштабі 1:2000 - 1:5000);

- організація синхронного контролю нормативних показників з геотехнічним моніторингом.

Важливого значення набуває максимальна уніфікація програмно-технічного модуля в підсистемах сейсмічного і аерогазового контролю. Нові розробки спрямовані на створення стратегії об'єднання їх в єдиний інформаційний простір локальних підсистем автоматизації, вони засновані на різноманітних програмних та технічних рішеннях.

Щоб інформаційна система шахти вирішувала завдання зменшення загальної собівартості вугілля та призводила до інтегрованого підвищення рівня безпеки, економічної ефективності виробництва, інформаційна система контролювання повинна включати наступні компоненти:

–достатня кількість уніфікованого обладнання контролю у всіх технологічних процесах, зокрема, засобів дистанційного оперативного виявлення об'єктів ризику в гірському масиві;

- універсальна та розвинена система промислових комунікацій;
- сучасний комп'ютерний парк в необхідній кількості;
- сучасний на даний момент часу програмний інструментарій;
- розвинена комунікаційна інфраструктура гірничого підприємства та компанії з науковою підтримкою всіх виробничих процесів.

Був проведений аналіз, результати якого передбачають необхідність включення до складу системи безпеки та ефективності виробництва апаратно-технічних засобів для дистанційного виявлення об'єктів ризику в межах шахтного поля в основному елемента в прогнозі розвитку небезпечних явищ. Якщо виконується прогноз небезпечних явищ, то функціонал системи повинен бути орієнтований на втручання персоналу підприємства для проведення заходів, необхідних для запобігання аварійних ситуацій. Це особливо актуально у зв'язку з підвищенням темпів прохідницьких та очисних робіт.

З урахуванням цих обставин необхідна розробка геоінформаційної бази з метою забезпечення ефективного функціоналу контролю аерогазового режиму шахт на основі обліку структури та основних параметрів напруженого стану гірського масиву порід в зоні впливу очисних та підготовчих робіт. Інформаційними блоками системи є база даних та концептуальна база знань, що отримані на основі формалізованого інтегрованого аналізування сейсмічних та аерогазових параметрів.

Структура відображає формалізовану реалізацію геоінформаційної системи, основою якої є аерогазовий та сейсмічний канали.

Аерогазовий канал є апаратно-програмним комплексом, що призначений для безперервного виміру параметрів стану ріхних промислових та гірничотехнологічних об'єктів, зокрема параметрів

атмосфери в виробках та мікроклімату, стану технологічного обладнання як основного, так і допоміжного, передачі отриманої інформації диспетчеру, її оброблення та відображення.

Система дозволяє реалізовувати системи централізованого диспетчерського (місцевого, ручного, автоматичного та автоматизованого) контролювання, моніторингу та управління (на основі єдиних технічних і програмних засобів). Об'єктами управління та контролювання можуть бути атмосфера в виробках та мікроклімат, як основне так і допоміжне технологічне обладнання, вентиляційні та транспортні системи, електро-, пневмо- та водопостачання, пожежогасіння та ін.

Останній варіант системи відноситься до третього покоління багатофункціональних інформаційно-керівних систем, він сумісний з іншими системами та має відмінності:

- наявність швидкісної універсальної системи передачі інформації;
- застосування універсального контролера з розвиненими засобами програмування;
- застосування датчиків з цифровим інтерфейсом.

Система заснована на використанні програмованих пристроїв (мікропроцесорних) як у підземних виробках так і на поверхні, застосуванні стандартних інтерфейсів зв'язку, цифрових методів оброблення, зберігання, передавання та подавання інформації, уніфікованих електричних сигналів.

Ці функції визначаються програмами роботи обчислювальних пристроїв, місцем розташування датчиків, виконавчих пристроїв і пристроїв подання сигналізації. Область застосування системи – підземні виробки вугільних шахт (рудників), небезпечних за газом, пилом, раптовими викидами.

Система має багаторівневу структуру:

- забезпечується безпосереднє сполучення системи з об'єктами (гірничо-технологічними та гірничо-технічними) та персоналом

підприємства з допомогою датчиків, перетворювачів, сигналізаторів, виконавчих пристроїв, постів, щитів та панелей управління;

- контролерний рівень здійснюється на підземних пристроях контролювання та управління, що забезпечують перетворення сигналів в цифрову форму, формує та реалізує керуючі сигнали для цих пристроїв;

- комунікаційний рівень здійснює обмін інформації між пристроями різних рівнів;

- диспетчерський рівень здійснюється на наземних пристроях (сервери, які забезпечують доступ до інформації, яка збирається системою на об'єктах контролювання).

Комплекс технічних засобів системи складається з стаціонарних (встановлених в підземних виробках) датчиків, засобів контролювання та управління, каналів зв'язку, засобів оброблення, відображення та збереження інформації на диспетчерському пункті підприємства.

Встановлювані в виробках шахти засоби системи (наземні технічні засоби теж), які мають маркування вибухозахисту, можуть застосовуватися на шахтах, небезпечних по газу та пилу.

Засоби системи розділяються за просторовим розташуванням на підземні та наземні; за функціями на сигналізуючі датчики та виконавчі пристрої; наземні та підземні пристрої контролювання, управління, оброблення, збереження та відображення інформації; канали зв'язку; джерела живлення.

Основним елементом структури є система передачі, вона забезпечує роботу на двох рівнях: високошвидкісний (магістральний рівень) та низькошвидкісний зв'язки (польовий рівень). Перший реалізується за допомогою технології DSL або Ethernet FX. Другий реалізується з використанням технології RS-485.

Можлива мережна інтеграція між системами газоаналітичної багатофункціональної, локального та поточного контролювання масиву,

позиціонування гірників та транспорту, багатофункціонального зв'язку, апаратури контролювання ефективності роботи дегазаційних мереж.

Прогнозування виникнення та розвитку небезпечних газодинамічних явищ при відробці родовищ підземним способом реалізується тільки з урахуванням стійкості гірського масиву.

Фізичною основою в постановці та вирішенні задач оцінювання стійкості гірського масиву є поняття про структуру дискретності порід. Будь-яку систему тріщин можна розглядати як систему елементів (плоских) порушення суцільності (система окремих блоків), коли масив розділяється в системах тріщинуватості, що замкнуті друг на друга. Або дозволяє враховувати не параметри тріщин (їх практично неможливо виміряти), а параметрами дискретної (блокової) структури будь-яких літологічних елементів.

Геометрія та фізичні властивості порід (стратиграфічні та літологічні) в процесах розробки встановлюються за фактом проведення виробок. Тому можна оцінювати параметри дискретної структури порід в форматі геоінформаційної моделі (гірничо-геологічної) з дискретною структурою. Перехід природно-технічної системи в динамічний стан з подальшим руйнуванням описується блоковим механізмом.

Ключовим розумінням розвитку процесів деформування в дискретному гірському масиві при зміні напруг навколо виробки є фрикційний механізм, що дозволяє кожному блоку масиву деформуватися індивідуально за рахунок процесу сковзання. Фрикційний механізм, зокрема величини зовнішнього силового впливу та знаку дії, описується коефіцієнтом тертя, його величина пов'язана з стійкістю контактних площ блоків та з фазовим станом флюїдів, які можуть контактувати з блоками (газ, вода або інші флюїди).

Експериментально встановлено, що в глибини до 10,0 км блоки гірської породи можуть лінійно деформуватися поки виконується нерівність $\tau < 0,85 \cdot \sigma$ (сухе середовище), де τ – зсувні напруги, σ –

нормальні напруги. При порушенні умови лінійна деформація переходить в нелінійну форму. При наявності флюїдів (вода, газ, глинистий заповнювач тощо) коефіцієнт тертя істотно знижується. Розпочинаються процеси імпульсного характеру, починаючи тріском порід та закінчуючи гірськими ударами та викидами.

3D-масив з відносним оцінюванням модуля градієнта тиску, який надходить у безперервному режимі контролювання в геоінформаційну базу даних може бути перетворений в масив значень зсувних напруг. Цей перехід у реальних умовах (геологічних та геодинамічних) може забезпечити прогностичний критерій оцінювання рівня ризику розвитку небезпечних явищ.

Набори контрольних параметрів використовуються в аналітичних розрахунках цих прогностичних критеріїв при ускладненні схем геомеханічного аналізування. Для цілей аналітичного розрахунку, крім таких блокових параметричних моделей, необхідні моделі, що виконані в каркасних форматах геоінформаційних баз даних (тектонічні, геологічні, інфраструктурні).

За фактами аналізу функціоналу системи робимо такі висновки:

- параметри дискретної структури напруженого стану гірського масиву порід повинні фіксуватися засобами реєстрації сигналів (сейсмічне оцінювання градієнта гірського тиску);

- оцінювання градієнта гірського тиску в зоні впливу виробки на гірський масив порід дозволяє своєчасно виявляти зони дезінтеграції на необхідну відстань від вибою виробки;

- оцінювання градієнта гірського тиску та обсягу газів у зоні впливу виробки на гірський масив забезпечується сейсмічною локацією во взаємозв'язку з системою аерогазового контролювання;

- безперервне контролювання аерогазового стану атмосфери забезпечує є можливим провісником прориву газу із виявлених зон дезінтеграції гірського масиву.

6. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ І ЗАХОДІВ БОРОТЬБИ З ВИДІЛЕННЯМ МЕТАНУ З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ОЧИСНОГО ВИБОЮ

Проектування, спорудження нових, реконструкція існуючих підприємств з підземного видобутку вугілля потребує знання технологічного процесу, розуміння і врахування гірничо-геологічних умов родовища, специфічних умов ведення робіт, виконання вимог з техніки безпеки та охорони праці на підприємстві.

Так як шахта небезпечна за виділенням газу (надкатегорійна), постають питання про використання способів дегазації виробленого простору. Це включає не тільки питання технологічного характеру, а і питання безпеки праці в підземних умовах, що в значній мірі визначається вибухами метаноповітряної суміші в повітрі.

Одним з способів боротьби з виділенням метану та забезпеченням безпечних умов праці є вентиляція. Однак вона виявляється ефективною тільки за умови правильності вибору та застосування схем провітрювання в залежності від газового балансу на виймальній дільниці. Виконаємо такі розрахунки.

Розрахунок очікуваного виділення метану здійснюється відповідно до вимог «Керівництва з проектування вентиляції на вугільних шахтах» на підставі розрахунків з визначення очікуваного виділення метану в очисній виробці та на виймальній дільниці, витрати повітря, що необхідні для їх провітрювання та припустимого навантаження по газовому фактору на очисний вибій.

Очікуване середнє виділення метану на виймальній дільниці:

$$\bar{I}_{уч} = \bar{I}_{уч.Ф} \cdot \frac{(L_{оч.Р})^{0,4}}{L_{оч.Ф}} \cdot \frac{(A_P)^{0,6}}{A_Ф} \cdot k_{с.Р} \cdot k_{г.Р};$$

$I_{\text{уч.ф.}} = 19,0$ м/хв – загальне виділення метану лави-аналога при середньодобовому видобутку 2200 т/добу.

$I_{\text{оч.р}} = 220$ – довжина лави, для якої розраховується очікуване виділення метану, м.

$I_{\text{оч.ф.}} = 200$ – довжина лави, для якої визначене фактичне виділення метану, м.

A_p – плановий видобуток, т/добу.

$A_{\text{ф}} = 2122$ - середній видобуток, т/добу.

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт, що враховує змінення системи розробки.

$K_{\text{гр}}$ – коефіцієнт, що враховує змінення виділення метану з глибиною; при веденні робіт до 300 м приймається 1,0 при різниці глибини до 20 м, більше 300 м приймається 1,0 при різниці глибин до 50 м, при іншій різниці визначається так:

$$K_{\text{г.р}} = \frac{X_{\text{г.р.}} - X_{\text{о.г.}}}{X_{\text{г.}} - X_{\text{о.г.}}} ;$$

де $X_{\text{г.р}}$ – природна метаноносність на планованій глибині, м³/т с.б.м.;

$X_{\text{г.}}$ – природна метаноносність на глибині, для якої визначається фактичне виділення метану, м³/т с.б.м.;

$X_{\text{ог}}$ – залишкова метаноносність, м³/т с.б.м.;

$$K_{\text{г.р}} = \frac{24,8 - 2,4}{24,7 - 2,4} = 1,004$$

$$\bar{I}_{\text{уч}} = 19,5 \cdot \frac{(240)^{0,4}}{200} \cdot \frac{(2700)^{0,6}}{2122} \cdot 1 \cdot 1,004 = 24,3 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Газовий баланс виймальної ділянки по джерелам виділення:

Таблиця 6.1. – Газовий баланс виймальної ділянки

Джерело виділення метану	Абсолютне виділення, м ³ /хв	Частка від загального виділення, %
Пласт	2,5	11
Пласти і породи в покрівлі	18,5	73
Пласти і породи в підшві	3,5	16
Усього	24,5	100

З приведених даних видно, що найбільшою частиною газового балансу на виймальній ділянці є виділення метану у вироблений простір, (73% від загального). При такому розподіленні виділення метану в межах виймальної ділянці для її ефективного провітрювання необхідно застосувати схему 3-В-Н-н-пт (прямоточну з підсвіженням вихідного струменю повітря). Схема дозволяє ефективно використовувати повітря, що подається на виймальну ділянку та забезпечує при цьому максимальну безпеку робіт та максимальне навантаження на лаву.

Середній дебіт газу у вихідному струмені ділянці не може бути не більше при урахуванні нерівномірності його виділення:

$$I_{исх. доп} = \left(\frac{Q_{уч}}{194} \right)^{1,16} = \left(\frac{1281}{194} \right)^{1,16} = 8,9 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Виділення метану з виробленого простору $I_{ш} = 22 \text{ м}^3/\text{хв}$.

Засобами дегазування необхідно зменшувати кількість метану до:

$I_{дег} = I_{уч} - I_{исх. доп} = 24,5 - 9 = 15,5 \text{ м}^3/\text{хв}$, це складає 72 % від виділення газу з виробленого простору лави.

Відповідно до виконаних розрахунків та досвіду ведення гірничих робіт при дегазації вище розташованного гірського масиву порід, пластів-супутників коефіцієнт ефективності прийнятої дегазації складає 0,45.

Свердловинами буде забиратися до 40 % метану:

$$I_{скв} = I_{кр} K_k = 15,5 \cdot 0,45 = 7,8 \text{ м}^3/\text{хв}.$$

Добра ефективність дегазування виробленого простору досягається за умови вилучення великої кількості газу, це порушує питання необхідності прокладання додаткового трубопроводу, який підключений до підземних вакуумних насосних установок, та якими газ з виробленого простору буде вилучатися.

Для забезпечення заданої продуктивності необхідно застосування одночасно двох вакуум-насосів (ВВН2-50М) з максимальною

продуктивністю кожного агрегату – 50 м³/хв. При цьому необхідно мати один резервний.

Подача вакуум-насосів визначається як:

$$Q_H = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4a \cdot c}}{2a},$$

де а, b, с – розрахункові коефіцієнти

$$a = \frac{4,8 \cdot 10^{-5} \cdot L_m}{d_m^{5,33}} + \frac{k_2^2}{n^2},$$

$$b = \frac{2 \cdot k_1 \cdot k_2}{n},$$

$$c = 577800 - k_f,$$

L_m – 3000 м - довжина трубопроводу;

d_m – 0,40 м - внутрішній діаметр трубопроводу;

k_1 – 36 – коеф. рівняння характеристики насоса;

k_2 – 14,5 – коеф. рівняння характеристики насоса;

n – 2 – кількість працюючих одночасно насосів;

$$a = \frac{4,8 \cdot 10^{-5} \cdot 3550}{0,41^{5,33}} + \frac{14,4^2}{2^2} = 71,6$$

$$b = \frac{2 \cdot 38 \cdot 14,4}{2} = 547,2$$

$$c = 577600 - 38^2 = 576156$$

подача насосів:

$$Q_H = \frac{-547,2 + \sqrt{547,2^2 + 4 \cdot 71,6 \cdot 576156}}{2 \cdot 71,6} = 85,9 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Підсмоктування повітря (нормативні) в трубопровід складають 1 м³/хв на 1000 м його довжини. Витрати газу на всасі трубопроводу складуть:

$$Q_{BC} = 86,0 - 4,0 = 82 \text{ м}^3/\text{хв}.$$

Для визначення вмісту метану в суміші, яка відсмоктується, та ефективності дегазування розрахуємо змінення витрати суміші в виробленому просторі та вміст метану:

$$Q_{см.д} = Q_X + I_X$$

$$C_{ВП.д} = \frac{I_X \cdot 100}{Q_X + I_X}$$

Q_X – витрати повітря в виробленому просторі лави на певній відстані від лави, м³/хв.

I_X – дебіт метану для тих же умов, м³/хв.

$$Q_X = Q_{ум.с} \cdot \exp[(0,3 \cdot f - 4) \cdot 10^{-2} \cdot X]$$

$$I_X = I'_{сн} \cdot \left(\frac{X}{L} + 1 \right) \cdot \exp\left(- \frac{X}{L} \right)$$

$Q_{ут.в}$ – витоки повітря через вироблений простір очисного вибою, м³/хв.

$$Q_{ум.с} = \left(1 - \frac{1}{k_{ум.с}} \right) \cdot Q_{уч}$$

$k_{ут.в} = 1,6$ – фактичний коеф., який враховує витоки через вироблений простір лави.

$$Q_{ум.с} = \left(1 - \frac{1}{1,6} \right) \cdot 1281 = 480 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

$f = 7,5$ – середня міцність порід покрівлі, що обвалюються;

L – відстань від очисного вибою, на якому виділення метану з зближених пластів є максимальним:

$$L = 9,0 + 0,80 \cdot M_{ср},$$

$M_{ср} = 57$ м – середньозважена відстань до зближених пластів у покрівлі пласта, що розроблюється:

$$L = 9,0 + 0,80 \cdot 57 = 55,0 \text{ м};$$

$I'_{\text{вп}}$ – виділення метану в вироблений простір з пластів (зближених) та порід при урахуванням дегазуванні покрівлі свердловинами:

$$I'_{\text{вп}} = I_{\text{кр}} \cdot (1 - k_{\text{кр}}) + I_n$$

$$I'_{\text{вп}} = 18,3 \cdot (1 - 0,4) + 3,6 = 14,6 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

$K_{\text{кр}} = 0,45$ – коеф. ефективності дегазування порід покрівлі свердловинами;

$$Q_X = 480 \cdot \exp[(0,3 \cdot 7,4 - 4) \cdot 10^{-2} \cdot X]$$

$$Q_X = 480 \cdot \exp[-0,0178 \cdot X]$$

$$I_X = 14,6 \cdot \left(\frac{X}{54,9} + 1 \right) \cdot \exp\left(-\frac{X}{54,9}\right)$$

$$I_X = 14,6 \cdot (0,0182 \cdot X + 1) \cdot \exp(-0,0182 \cdot X)$$

X – відстань від очисного вибою.

Таблиця 6.2. –

Витрати газової суміші, дебіт та вміст метану і виробленому просторі

Відстань від очисного вибою, м	Витрати повітря, м ³ /хв	Дебіт метану, м ³ /хв	Вміст метану, %	Витрати газової суміші, м ³ /хв
0	480,0	14,5	2,94	494,7
10	401,8	14,3	3,45	416,5
20	336,3	13,9	3,94	350,3
30	281,5	13,2	4,44	294,4
40	235,6	12,1	4,92	247,6
50	197,2	11,1	5,37	208,2
60	165,0	10,1	5,80	175,1
70	138,0	9,2	6,33	147,2
80	115,7	8,3	6,78	124,0
90	96,6	7,4	7,22	104,1
100	80,8	6,6	7,55	87,5
103	76,6	6,3	7,65	83,2
104	75,3	6,2	7,72	81,6
105	74,0	6,2	7,82	80,3
ПО	67,8	5,8	8,12	73,5
120	56,6	5,1	8,38	61,8
130	47,8	4,5	8,82	52,2
140	39,8	4,3	9,35	43,6

Графіки залежності від відстані до очисного вибою:

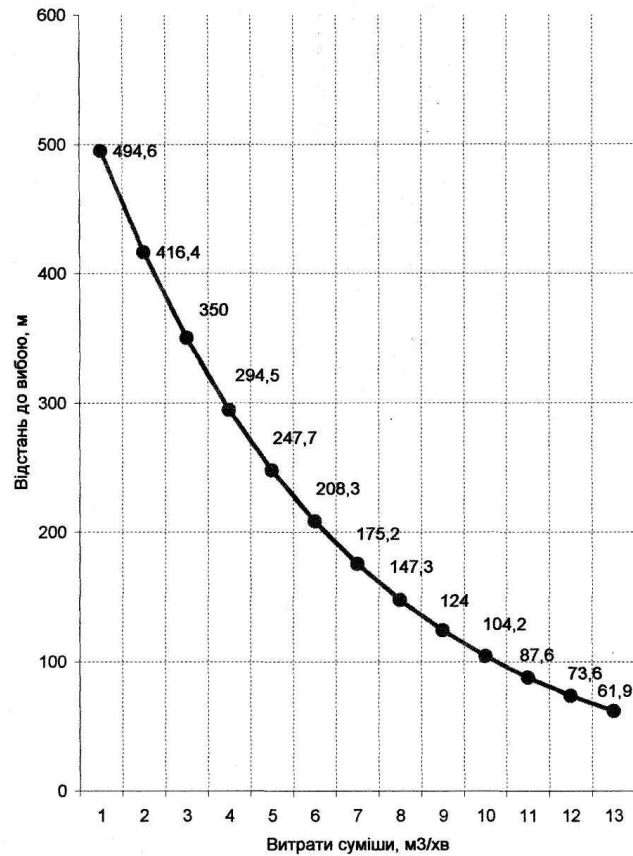


Рисунок 6.1. Залежність витрати газової суміші.

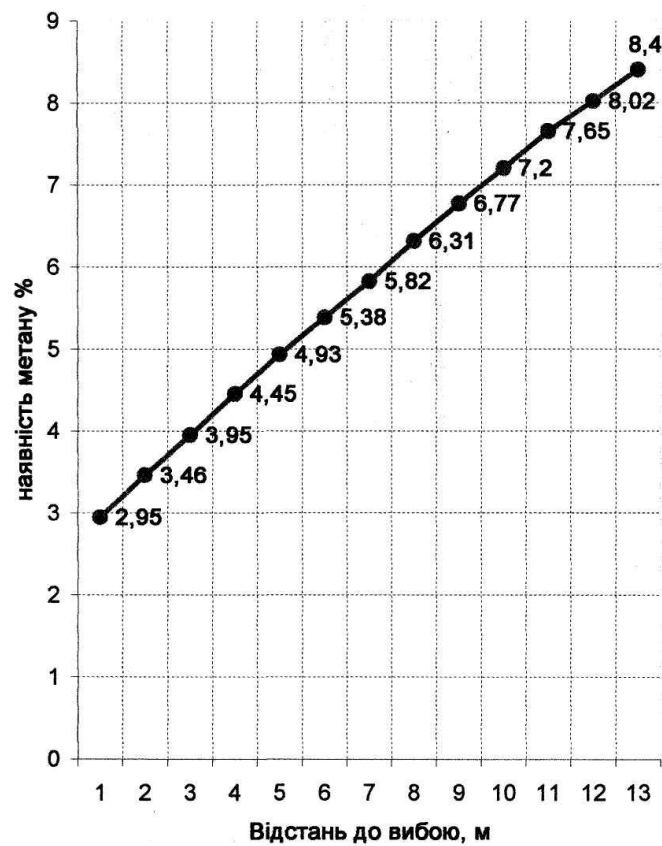


Рисунок 6.2. - Залежність концентрації метану.

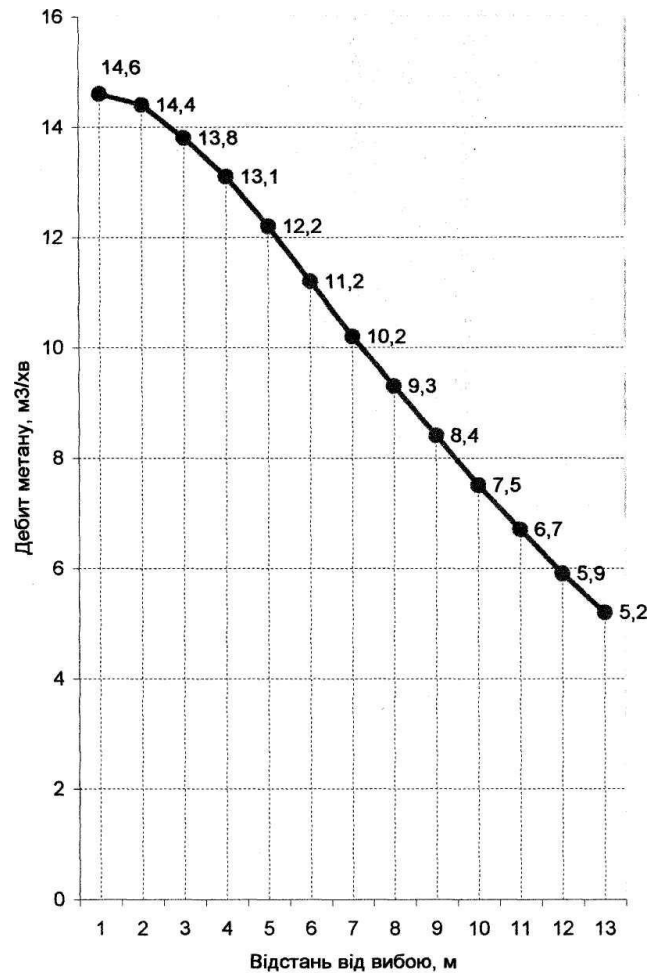


Рисунок 6.3. - Залежність дебіту метану.

З представлених залежностей видно, що вміст метану відповідає витраті газу в місці відсмоктування (83 м³/хв) та дорівнює 7,9 % на відстані 100 м від очисного вибою.

Якщо кінець трубопроводу буде розташований далі 100 м, то дебіт метану буде не менше:

$$I_{CB} = \frac{Q_{BC} \cdot C_{BC}}{100} = \frac{82,3 \cdot 7,7}{100} = 6,3 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Ефективність дегазування виробленого простору складає:

$$k_{\text{дег. в. п.}} = \frac{I_{CB}}{I'_{\text{вн}}} = \frac{6,3}{14,6} = 0,43$$

Загальна ефективність дегазування:

$$k_{\text{дег. общ.}} = \frac{I_{CB} + I_{CKB}}{I_{вп}} = \frac{6,3 + 7,3}{21,9} = 0,62$$

З виробленого простору очисного вибою в тупик вентиляційного штреку виділяється така кількість метану:

$$I_{\text{туп}} = I_{\text{в.п.}} - I_{\text{СКВ}} - I_{\text{СВ.}}$$

$$I_{\text{туп}} = 22,9 - 6,5 - 7,7 = 8,48 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Середній вміст метану в тупику складає:

$$C_{\text{м.}} = \frac{100 \cdot I_{\text{м}}}{Q_{\text{м}}}$$

$$Q_{\text{м.}} = Q_{\text{УТ.В.}} - (Q_{\text{СВ}} - I_{\text{СВ}})$$

$$Q_{\text{м.}} = 480 - (82,3 - 6,3) = 404 \text{ м}^3/\text{хв}$$

$$C_{\text{м.}} = \frac{100 \cdot 8,33}{404} = 2,1\%$$

Дегазування покрівлі та виробленого простору свердловинами не забезпечує газову безпеку на виймальній ділянці. Необхідно додатково застосовувати ізольоване відведення метану з тупика за допомогою газовідсмоктуючих вентиляторів (типу ВМЦГ-7М).

Витрати повітря на всасі трубопроводу складають:

$$Q_{\text{ТР.}} = \frac{100}{C_{\text{М}} - C_{\text{О}}} \cdot \bar{I}_{\text{ВП}} \cdot k'_{\text{двп}} \cdot k_{\text{Н}} \cdot (1 - k_{\text{Д ОБЩ.}})$$

де $k'_{\text{д.в.п.}} = 0,70$ – коеф. ефективності ізольованого відведення метану, при цьому вже виключаються небезпечні скупчення;

$k_{\text{Н}}$ – коеф. нерівномірності виділення метану;

$k_{\text{ДОБЩ}}$ – загальний коеф. дегазування

$$Q_{\text{ТР.}} = \frac{100}{3,5 - 0,05} \cdot 21,9 \cdot 0,7 \cdot 1,28 \cdot (1 - 0,62) = 216 \text{ м}^3/\text{хв}$$

По трубопроводу буде проходити така кількість метану:

$$I_{mp} = \frac{Q_{mp} \cdot (C - C_o)}{100 \cdot k_H};$$

$$I_{mp} = \frac{216 \cdot (3,5 - 0,05)}{100 \cdot 1,28} = 5,82 \text{ м}^3/\text{хв};$$

Розраховуємо кількість метану, яка буде виділятися у тупик вентиляційного штреку:

$$I_{исх} = I_{уч} - I_{схв} - I_{св} - I_{тр} = 24,3 - 6,3 - 7,3 - 5,8 = 4,9 \text{ м}^3/\text{хв};$$

Витрати повітря у вихідному струмені з виймальної ділянки:

$$Q_{исх} \geq 100 \cdot I_{исх} \cdot 1,94 \cdot I_{исх}^{-0,14};$$

$$Q_{исх} \geq 100 \cdot 4,9 \cdot 1,94 \cdot 4,9^{-0,14} = 760,9 \text{ м}^3/\text{хв};$$

У вихідний струмінь ділянки буде надходити:

$$Q_{исх \text{ факт}} = Q_{уч} - Q_{тр} - (Q_{св} - I_{св});$$

$$Q_{исх \text{ факт}} = 1281 - 216 - (82,3 - 6,3) = 989 \text{ м}^3/\text{хв};$$

Величина більше необхідної.

Розрахуємо тиск в усмоктувальному патрубку:

$$P_{ес} = k_1 + \frac{k_2 \cdot Q_n}{n};$$

$k_x = 39$ – коеф. рівняння характеристики насоса

$k_2 = 15$ – коеф. рівняння характеристики насоса

$n = 2$ – кількість одночасно працюючих насосів.

$$P_{ес} = 38 + \frac{14,4 \cdot 82,3}{2} = 630,56 \text{ мм.рт.ст};$$

Так, на виймальній ділянці для боротьби з виділенням метану використовуємо:

- дегазування пластів-супутників – $8 \text{ м}^3/\text{хв}$,
- відведення газу за допомогою вакуум-насосної установки – $7 \text{ м}^3/\text{хв}$.,
- ізольоване відведення метану по трубопроводу діаметром $0,8 \text{ м}$ - 6

м³/хв.

Ми вилучаємо кількість газу на рівні 21 м³/хв., це значно більше розраховано припустимого виділення метану.

При використанні для боротьби з газом заходів, що вказані вище, забезпечуємо безпечну роботу виймальної ділянки.

Після відходу очисного вибою на 30 м включаємо в роботу газовідсос діаметром 0,4 м. Відведення метаноповітряної суміші з тупику вент.штреку передбачаємо здійснювати по одному трубопроводу, який змонтований на вентиляційному штреку з металевих труб діаметром 0,45 м.

За рахунок розрідження газова суміш буде надходити з виробленого простору до тупику вентиляційного штреку та відсмоктуватися за допомогою вакуум-насосів (тип ВВН2-50М) у кількості двох працюючих та одного резервного на один трубопровід.

Газова суміш видається через змішувальну камеру у вихідний струмінь повітря та виходить головним стволом шахти.

Вакуумний насос типу ВВН2-50М представляє собою водокільцеву машину, яка призначена для створення вакууму. Рідиною служить вода.

Насос забезпечує продуктивність 0,875 м³/хв при абсолютному тиску 0,02 МПа, температура газу 20°C, температурі води 15°C. При зменшенні тиску в два рази продуктивність насосу зменшується на 20 %. Питома потужність 1,35 кВт·хв/м³, витрата води – 70 л/хв.

Заходи безпеки

Для відведення метану повинні бути використані сталеві труби (товщина стінки не менш 2,5 мм) та змонтовані за допомогою фланцевих з'єднань або муфт.

Всі змонтовані трубопроводи повинні випробуватися на щільність (розрідженням 100 мм. рт. ст.). Газопровід проходить іспит, коли збільшення тиску за перші 30 хв. після перекриття не більше 10 мм. рт. ст.

Трубопровід повинен витримувати тиск 0,60 МПа.

В місцях з'єднання трубопровода з магістральними, а також на усіх повинні встановлюватися засувки.

Трубопроводи повинні не менш одного разу на тиждень оглядатися. Виявлені порушення повинні негайно усуватися.

Забороняється засипати трубопроводи у виробках породою, завалювати їх матеріалами та використовувати їх як в якості опорних конструкцій або заземлювачів.

ВИСНОВКИ

На основі проведених розрахунків та прийнятих рішень на виймальній ділянці будемо застосовувати:

- схему провітрювання виймальної ділянки типу З-В-Н-н-пт;
- дегазування пластів-супутників;
- відведення метану за допомогою вакуум-насосної установки;
- ізольоване відведення метану по трубопроводу діаметром 0,8 м.

За нашою думкою це допоможе вирішити питання безпеки праці робітників, підвищить навантаження на лаву (за газовим фактором), повністю забезпечить використання технічних можливостей технічного обладнання, яке застосовується.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Абдрахманов М.И. Применение алгоритмов кластеризации для экспрессанализа сейсмических данных/ М.И. Абдрахманов, С.Э. Лапин, И.В. Шнайдер // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. - № 6. – С. 27-44.
2. Абрамов И.Л. Виды и причины газодинамических явлений на угольных шахтах/ И.Л. Абрамов// Горнопромышленная и нефтегазовая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр. – 2014. - С.16-17.
3. Аллахвердиев Рамиз Насиб Оглы. Особенности автоматизации технологического процесса на нефтегазовых предприятиях/ Р.Н.О. Аллахвердиев, А.М.Г. Мехтиева // Известия Нана. Серия: Наука и инновация. – Баку: издво Центр научных инноваций национальной академии наук Азербайджана, 2011. - № 1 (5). С. 41-45.
4. Бабенко А.Г. Теоретическое обоснование и методология повышения уровня охраны труда в угольных шахтах на основе риск-ориентированного подхода и многофункциональных систем безопасности: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.26.01/ Бабенко Александр Григорьевич. – Спб, 2016. – 259 с.
5. Бабенко А. Г. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт / А.Г. Бабенко, С.Э. Лапин // Доклад на республиканской конференции «Методы контроля и прогноза развития геодинамических явлений в процессах разработки месторождений твердого и углеводородного сырья». – Екатеринбург, УГГУ, 16-17 апреля 2015 г.
6. Бабенко А.Г. Основы построения многофункциональных систем безопасности угольных шахт / А.Г. Бабенко, С.Э. Лапин // Сборник тезисов докладов III Междунар. научно-практич. конф. «ТЕХГОРМЕТ – 21 ВЕК» «Современные технологии управления процессами добычи и переработки полезных ископаемых». – Санкт-Петербург: изд-во Нац. минерально-сырьевого университета «Горный», 15-16 октября 2012 г. – С. 36-38.

7. Бабенко А.Г. Системы комплексной безопасности горного производства / А.Г. Бабенко, С.Э. Лапин // Технадзор. – 2008. - № 12. – С. 26-27.
8. Бабенко А.Г. Новое поколение информационно-управляющих систем и средств обеспечения безопасности на угольных шахтах / А.Г. Бабенко, С.Э. Лапин // Известия вузов. Горный журнал. – 2010. - № 1. - С. 73-84.
9. Бабенко А.Г. Принципы построения многофункциональных систем безопасности угольных шахт, опыт и перспективы их использования в Кузбассе / А.Г. Бабенко, С.Э. Лапин, А.В. Вильгельм и др. // Безопасность труда в промышленности. - 2011. - № 1. - С. 16-22.
10. Баренблатт Г.И. Движение жидкостей и газов в природных пластах / Г.И. Баренблатт, В.М. Рыжик. – М.: Недра, 1984.- 211с.
11. Большинский М.И. Газодинамические явления в шахтах / М.И. Большинский, Б.А. Лысков, А.А. Каплюхин. – Севастополь: Вебер, 2003. – 284 с.
12. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений / Н.С. Булычев. - М.: Недра, 1994. - С. 380.
13. Вершинин А.В. Моделирование гидрогеомеханических пластовых процессов путем внешнего сопряжения специализированных вычислительных пакетов и универсальной САЕ FIDESYS / А.В. Вершинин, Д.И. Сабитов, Ф.З. Ишбулатович, А.В. Мясников // Чебышевский сборник. – Тула: Изд-во Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2017. – Т. 18. - № 3 (63). – С. - 154-187.
14. Вершинин А.В. Математические модели и пакет прочностного инженерного анализа: дисс. ...д-ра физ.-мат. наук: 05.13.18 / Вершинин Анатолий Викторович. – М., 2018. – 731 с.
15. Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности Научно-технический журнал Кемерово 1-2016.
16. Власов С.В. Методика и технология 3D-3C сейсмических исследований геологического строения и мониторинга состояния устойчивости горного

массива в процессе проходки транспортных тоннелей: в условиях г. Большой Сочи: дисс. ...канд. геол.- мин. наук: 25.00.10/ Власов Сергей Викторович. – Екатеринбург, 2012. – 132 с.

17. Гзовский М.А. Основы тектонофизики / М.А. Гзовский. – М.: Наука, 1975. - 535 с.

18. Глушук П.С. Система сбора и представления информации о качестве изготовления кабельного изделия: дисс. ... канд. техн. наук: 05.11.13 / Глушук Павел Сергеевич. – Томск, 2008. – 157 с.

19. Горное дело: Терминологический словарь. 4-е изд, перераб. и доп. / Г.Д. Лидин, Л.Д. Воронина, Д.Ф. Каплунов и др. — М.: Недра, 1990. – 694 с.

20. ГОСТ Р 55154-2012. Оборудование горно-шахтное. Системы безопасности угольных шахт многофункциональные. Общие технические требования. - М. : Стандартинформ, 2014. - 24 с.

21. Гуревич Г.И. К вопросу о механизме разделения пластов горных пород на блоки / Г.И. Гуревич // Известия РАН. Серия геофизическая. – М., 1954. – № 5. – С. 411-416.

22. Дияшев Р.Н., Костерин А. В., Скворцов Э.В., 1999. Фильтрация жидкости в деформируемых нефтяных пластах/ Р.Н. Дияшев, А.В. Костерин, Э.В. Скворцов. – Казань: изд-во Казан. мат. об-ва, 1999. – 238 с.

23. Журавлев Е.И. Разработка геоинформационной системы прогнозирования динамических проявлений в углевмещающем массиве при подземной разработке угольных: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.35 / Журавлев Евгений Игоревич. – М., 2016. – 19 с.

24. Захаров В.Н. Геоинформационное обеспечение и комплексный мониторинг гео- и газодинамических процессов при высокоинтенсивной подземной добыче угля / В.Н. Захаров // Рациональное освоение недр. – М.: Научно-информационный издательский центр «Недра-XXI», 2012. - № 3. – С. - 50-54.

25. Золотарёв В.Н. Новое поколение сейсмических станций для инженерных геофизических исследований / В.Н. Золотарёв, А.Б. Ревунов, И.Л. Сорокин, Д.В. Сыроватин, В.П. Черепанов // Приборы и системы разведочной геофизики. – Саратов: ИнформГеофизСервис, 2012. – Т. 41. - № 3. – С. - 10-25.
26. Зотеев В.Г. Метод и программа расчета напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов горных выработок в сплошном и трещиноватом массиве/ В.Г. Зотеев, О.В. Зотеев А.Ф. Ножин // Численные методы оценки устойчивости подземных сооружений: Сборник научных трудов. – Апатиты: ИГД КФАН, 1988. - С. 33 – 36.
27. Зудилин А.Э. Функционал системы оценки состояния горного массива / А.Э. Зудилин, Ю.В. Патрушев, А.В. Александрова // Известия вузов. Горный журнал. – 2012. - № 5. - С. 102-105.
28. Зыков В.С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах/ В.С. Зыков. – Кемерово: НТЦ «Восточный», 2010. – 333 с.
29. Зыков В.С. Научные проблемы борьбы с газодинамическими проявлениями в угольных шахтах Кузбасса / В.С. Зыков // Маркшейдерия и недропользование. - 2011. – № 3. – С. 57-59.
30. Зыков В.С. Статистика динамических явлений в шахтах и уточнение их классификации/ В.С. Зыков, И.Л. Абрамов, Д.В. Торгунаков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. - Отдельный выпуск №6. - С. 297-319.
31. Зыков В.С. Уточнение классификации динамических явлений в угольных шахтах/ В.С. Зыков, И.Л. Абрамов / Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2015. - № 3. - С.74-83.
32. Зыков В.С. Динамические явления в угольных шахтах и их классификация / Зыков В.С., Абрамов И.Л. // Маркшейдерия и недропользование. - 2012. - № 4. - С. 56 - 60.

33. Исаев А.В. Разработка метода оценки напряженного состояния удароопасных пород по дискованию керна и выходу буровой мелочи: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.11 / Исаев Александр Васильевич. – Ленинград, 1983.
34. Карасевич А.М. Сейсморазведка при изучении метанугольного разреза / А.М. Карасевич, Д.П. Земцова, А.А. Никитин. - М., 2008. – 168 с.
35. Каркашадзе Г.Г. Результаты определения пластового давления, газопроницаемости и параметров сорбции угольного пласта по результатам шахтных измерений истечения метана из коротких скважин / Г.Г. Каркашадзе, Е.В. Мазаник, П.Н. Пащенко // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2016. - № 9. - С. 259-264.
36. Карякин А.Л. Аппаратура шахтной автоматики, стволовой сигнализации и связи «ШАСС Микон» / А.Л. Карякин, С.Э. Лапин, М.Е. Садовников // Безопасность труда в промышленности. - 2007. - № 5. - С. 39-41.
37. Карякин А.Л. Многофункциональный информационно-управляющий комплекс «Микон 1Р» / А.Л. Карякин, А.Г. Бабенко, С.Э. Лапин и др. // Известия вузов. Горный журнал. - 1999. - № 11-12. - С. 83-91.
38. Клишин В.И. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев и др. – Новосибирск: «Новосибирский писатель», 2011. – 524 с.
39. Корнилков С.В. Концепция и результаты прогноза опасных геодинамических явлений в процессах ведения подземных горных работ / С.В. Корнилков, В.Б. Писецкий, А.Д. Сашурин, Э.С. Лапин, С.Э. Лапин // В сб. трудов 13-й научно-практической международной конференции «Инженерная геофизика 2017», EAGE, г. Кисловодск. - Кисловодск, 2017.
40. Костерин А.В. Напряженно-деформированное состояние горных пород и фильтрация в неоднородных пластах / А.В. Костерин, Э.В. Скворцов, М.М. Торопова // Вычислительные технологии. – Новосибирск: Изд-во:

Институт вычислительных технологий СО РАН, 1999. - Т.4. - №2. - С. 42-50.

41. Кубрин С.С. Разработка геотехнологического кластера безопасного освоения опасных по гео и газодинамическим явлениям угольных пластов / С.С. Кубрин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: «Горная книга», 2013. - № S5. - С. 68-84.

42. Кубрин С.С. Автоматизированная система поддержки принятия технологических решений и комплексного синтезирующего мониторинга / С.С. Кубрин, Е.В. Мазаник, Н.Н. Кигалов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: «Горная книга», 2014. - № S1. - С. 267-278.

43. Кузьменко С.О. Analysis and forecast safety threats at mining enterprises / С.О. Кузьменко, А.В. Вильгельм, С.Э. Лапин // Сборник трудов 21-о всемирного горного конгресса, г. Краков, Польша, 7-11 сентября 2008 г. – С. 113-119.

44. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Теория упругости. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - 4-е изд., испр. –М.: Наука, 1987. – Т.7. - 248 с.

45. Лапин С.Э. О структуре системы и модели прогноза горных ударов при подземных работах / С.Э. Лапин, Р.Е. Леонов Э.С. Лапин // Материалы X Межотраслевого координационного совещания по проблемам геодинамической безопасности. - Екатеринбург, 6-9 октября 1997. – С. 108-112.

46. Лапин С.Э. Разработка и исследование методов прогноза опасного состояния шахтной атмосферы в автоматизированной системе контроля: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Лапин Сергей Эдуардович. – Екатеринбург, 2002. – 220 с.

47. Лапин С.Э. Результаты технологического применения сейсмического метода дистанционной оценки риска потери прочности горного массива в процессе ведения подземных горных работ / С.Э. Лапин, В.Б. Писецкий,

Ю.В. Патрушев, С.М. Чевдарь // Научно-практическая конференция «Сейсмические технологии-2016» – Москва, Россия, 18-20 апреля 2016 г.

48. Лапин С.Э. Структура системы прогноза опасных геодинамических явлений при подземных работах на основе статистической модели разрушения горного массива / С.Э. Лапин, Э.. Лапин, Р.Е. Леонов // Труды 13-й Междунар. конф. «Автоматизация в горном деле» «ISAMC-98», 13-й Международной конференции по управлению производственным процессом и моделированию. Республика Словакия, 8-11 сентября 1998. - С. 121-125.

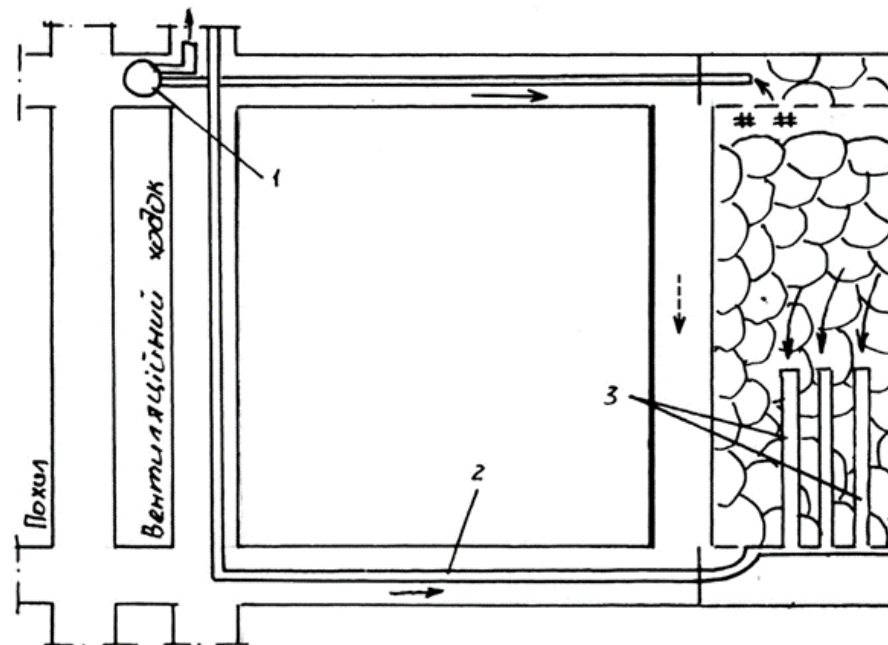
49. Лапин С.Э. Экспериментальное исследование системы «Микон-Гео» на шахте «Алмазная» / С.Э. Лапин, А.В. Александрова, Ю.В. Патрушев // Безопасность труда в промышленности. - 2012. - № 6. - С. 44-47.

50. Лапин С.Э. Выделение значимых факторов при моделировании горных объектов / С.Э. Лапин, Р.Е. Леонов // Известия вузов. Горный журнал. - 2019. - № 2. -С. 140 – 145.

ДОДАТКИ

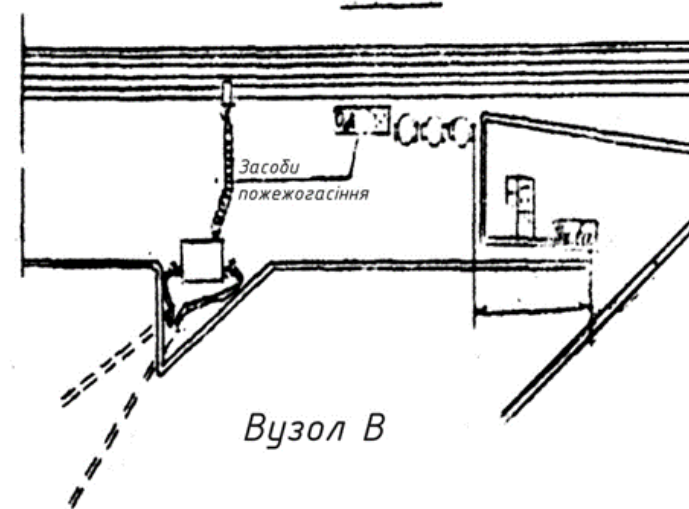
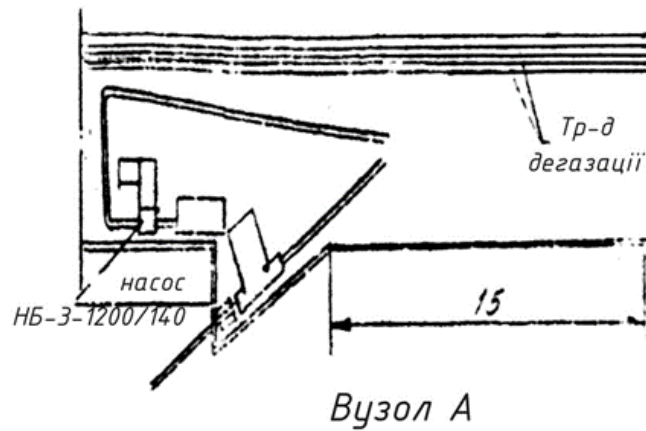
РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ З ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ В ВИЇМКОВУ ДІЛЬНИЦЮ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

Схема дегазації на виїмальній ділянці



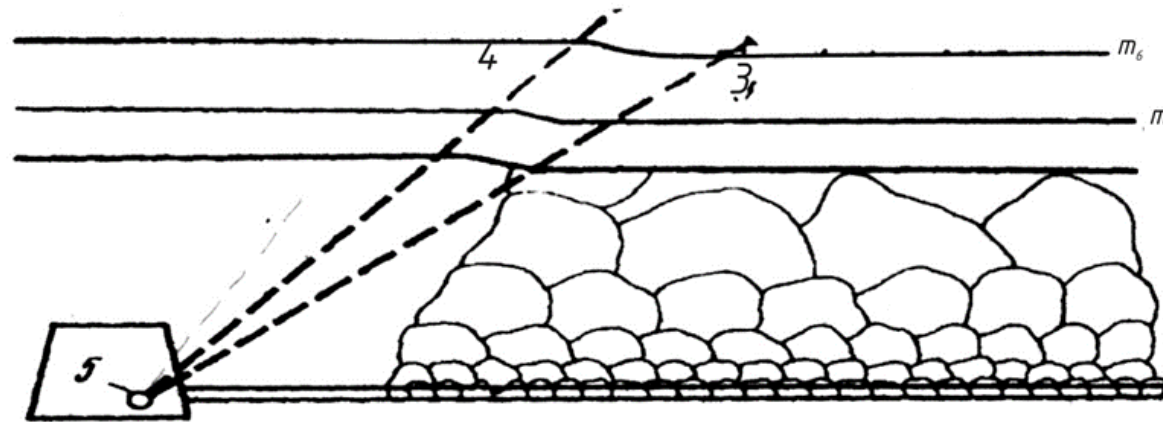
1. ВМЦГ-7М 2. Дегаз. трубопровід 3. Перфоровані труби

РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ З ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ В ВИЇМКОВУ ДІЛЬНИЦЮ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ



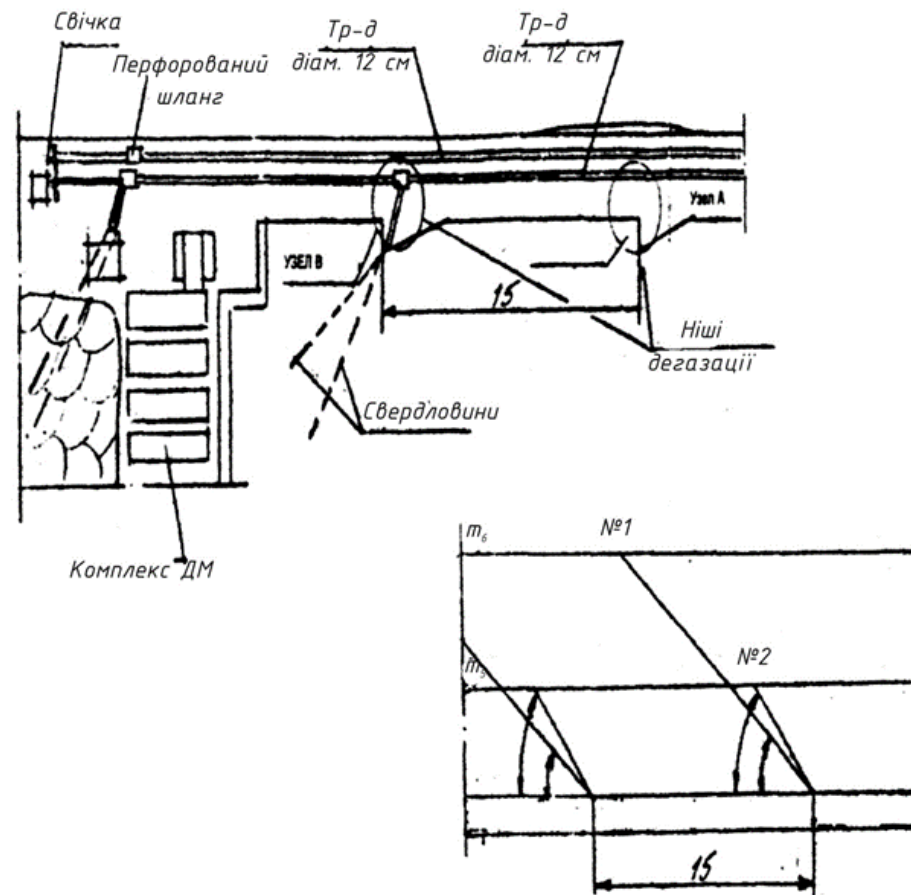
РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ З ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ В ВИЇМКОВУ ДІЛЬНИЦЮ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

Схема дегазації пластів-супутників

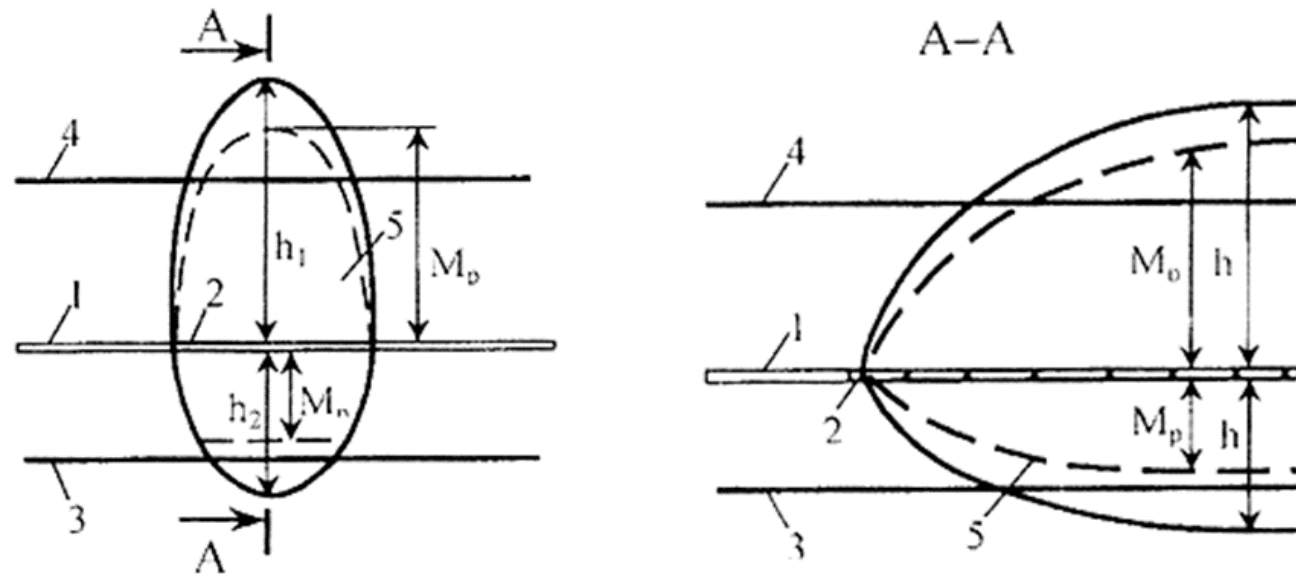


- | | |
|--------------------------|-------------|
| 1) вентиляційна виробка; | 5) дегаз. |
| 2) конвеєрна виробка; | трубопровід |
| 3, 4) дегаз. свердловини | |
| по пласту | |

РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ З ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ В ВИЙМКОВУ ДІЛЬНИЦЮ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

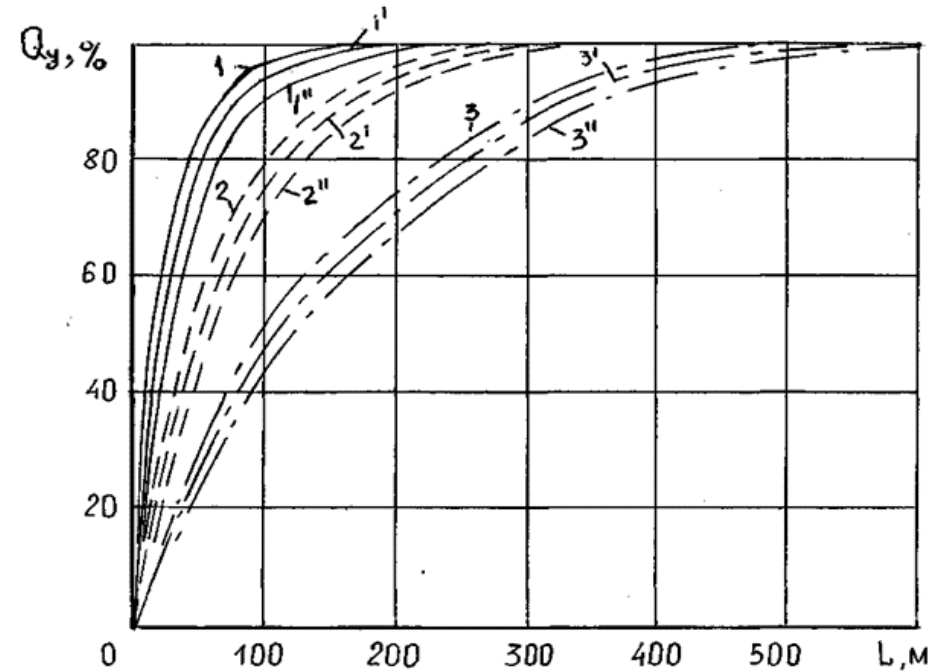


РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ З ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ В ВИЇМКОВУ ДІЛЬНИЦЮ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ



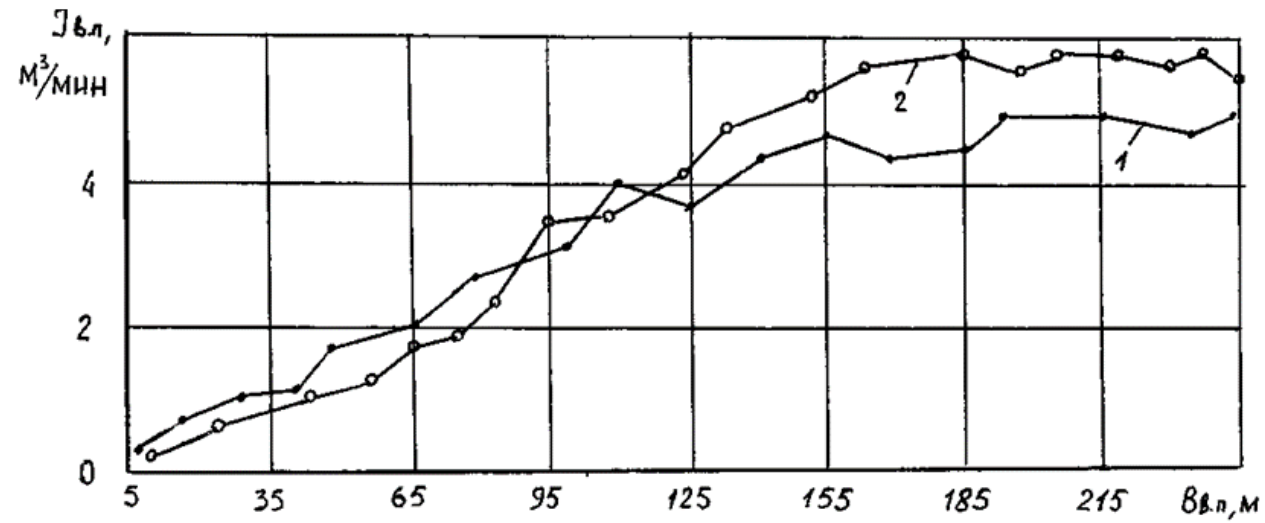
Розподіл розвантаженої зони при відробітку одиночної лави: 1 - відпрацьовуваний пласт; 2 - лава; 3 - надроблений пласт; 4 - пласт, що підробляється; 5 - розвантажена зона; h_1 - величина розвантаженої зони в підробленому масиві; h_2 - величина розвантаженої зони в надработанном масиві; M_{p1} і M_{p2} - відстань, на якій газовиділення з супутників рівне нулю

РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ З ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ В ВИЇМКОВУ ДІЛЬНИЦЮ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ



Зміна величини витоків повітря по довжині виробленого простору: 1, 1', 1'' - для міцності порід кривлі 30-40 МПа і швидкості посування забою до 1 м, 2 м і більше 3 м відповідно; 2, 2', 2'' - для міцності порід кривлі 50-70 МПа і швидкості посування забою до 1 м, 2 м і більше 3 м відповідно; 3, 3', 3'' - для міцності порід кривлі 80-110 МПа і швидкості посування забою до 1 м, 2 м і більше 3 м відповідно

РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ З ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ В ВИЇМКОВУ ДІЛЬНИЦЮ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ



Зміна метановиделення з виробленого простору від його протяжності

РОЗРОБКА СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИДІЛЕННЯ МЕТАНУ З ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ В ВИЇМКОВУ ДІЛЬНИЦЮ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

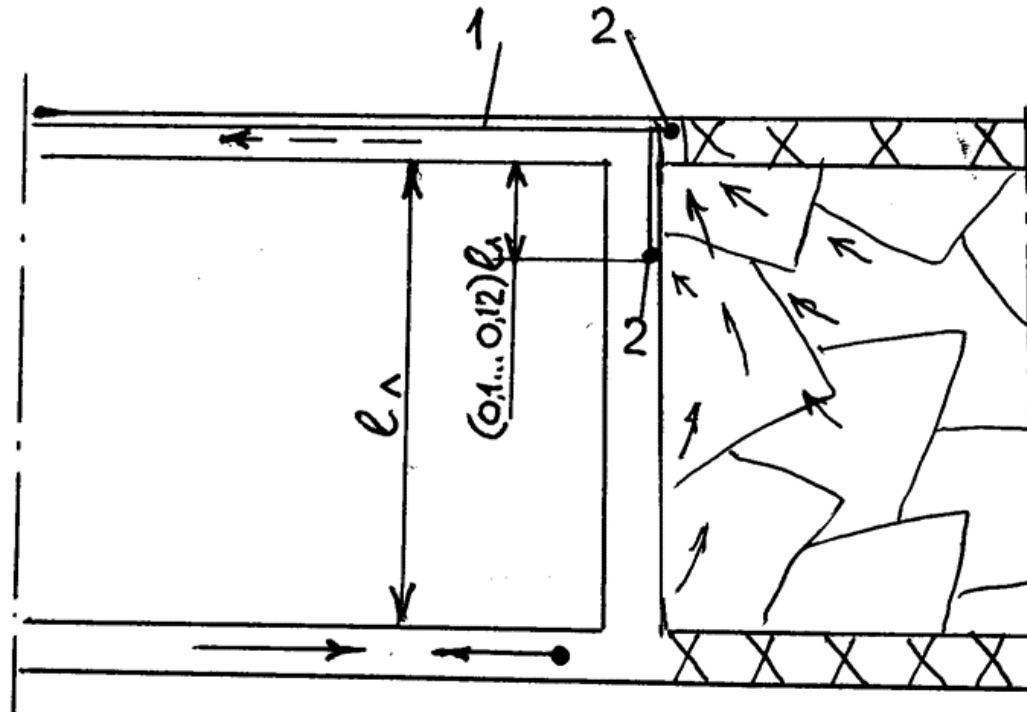


Схема розташування точок газовідсмоктування: 1 - газовідвідний став; 2 - місце відсмоктування газоповітряної суміші