

НАВАНТАЖЕННЯ НА КРІПЛЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ВИРОБОК ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В МАСИВАХ ПОРІД ПІД ВПЛИВОМ РОЗРОБКИ

Скажене борошно (англ. berg-meal, furious meal, нім. “wütendes Bergmehl n) – тонкий вугільний пил, який супроводжує раптовий викид вугілля та газу у шахтах. Внаслідок раптового викиду С.б. покриває шаром поверхню виробок. Унікальний раптовий викид вугілля та газу стався у 1968 р. в українському Донбасі на шахті ім.Ю.Гагаріна. Викинуте вугілля повністю засипало квершлаг довжиною 650 м, при цьому товщина шару “скаженого борошна” була максимальною з відомих випадків – 40-50 см.

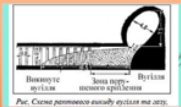
ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

► **Раптовий викид вугілля та газу** (англ. sudden outburst of coal and gas, нім. Gas-Kohlen-Ausbruch) — швидкоплинне руйнування правильної частини вугільного пласта, що розвивається від вибою в глибину завезу і супроводжується викидом вугілля у виробку на відстань, що перевищує його розміщення під кутом природного ухилу, інтенсивним газовиділенням, що перевищує різницю між природною і залишковою газоємністю викинутого вугілля.

Раптові викиди вугілля, породи і газу в підземних виробках

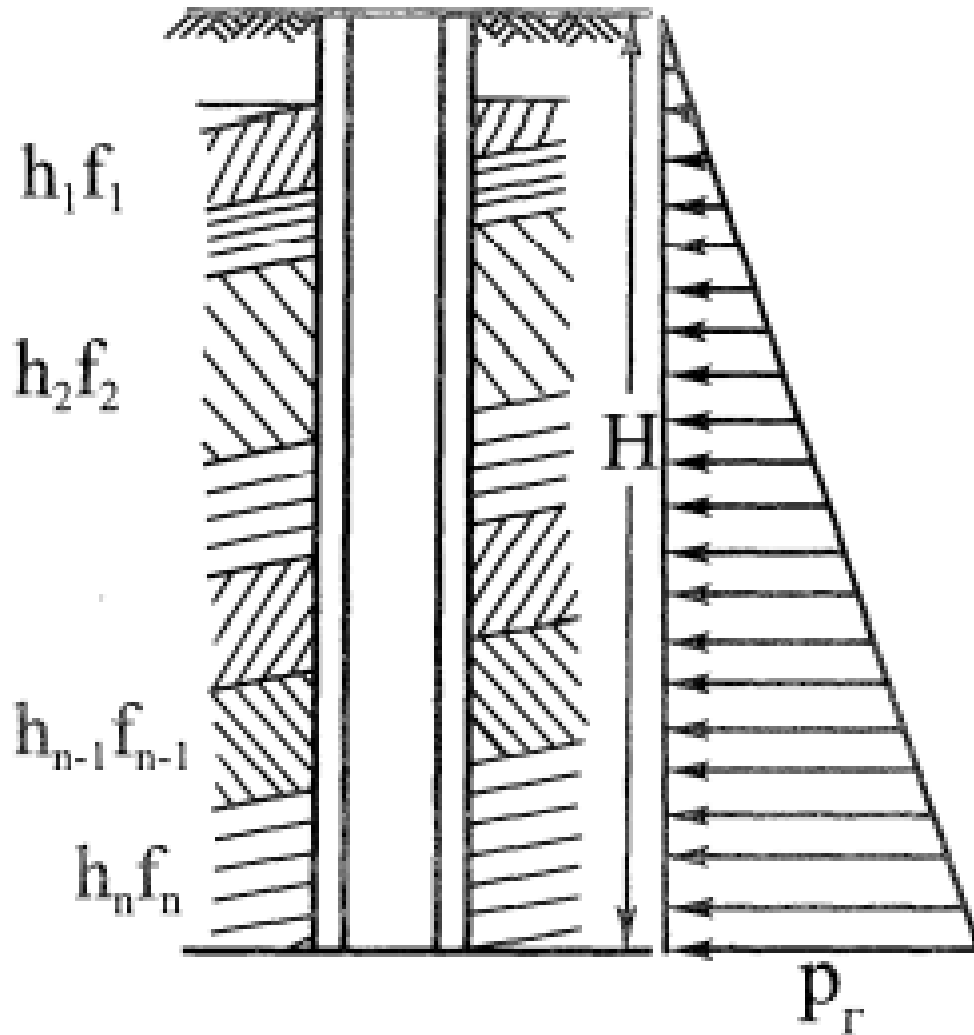
► Характерні ознаки раптового викиду:

- відкидання вугілля від вибою;
- утворення порожнини у вугільному пласті;
- зміщення вугілля у виробку;
- пошкодження і відкидання обладнання;
- підвищене, у порівнянні зі звичайним, виділення газу в гірничу виробку;
- наявність тонкого вугільного пилу («скаженого борошна») на відкості викинутого вугілля та на кріпленні.



Лектор к.т.н., доцент
Павлов Євген Євгенійович

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ НАВАНТАЖЕННЯ НА КРІПЛЕННЯ СТВОЛА, ОСНОВАНІ НА ТЕОРІЇ РОЗРАХУНКУ ПОРОДНИХ СТІН



► Теорія М.М. Протодьяконова

Вона ґрунтувалася на увленні про породи як незв'язаного (сипучого) середовища.

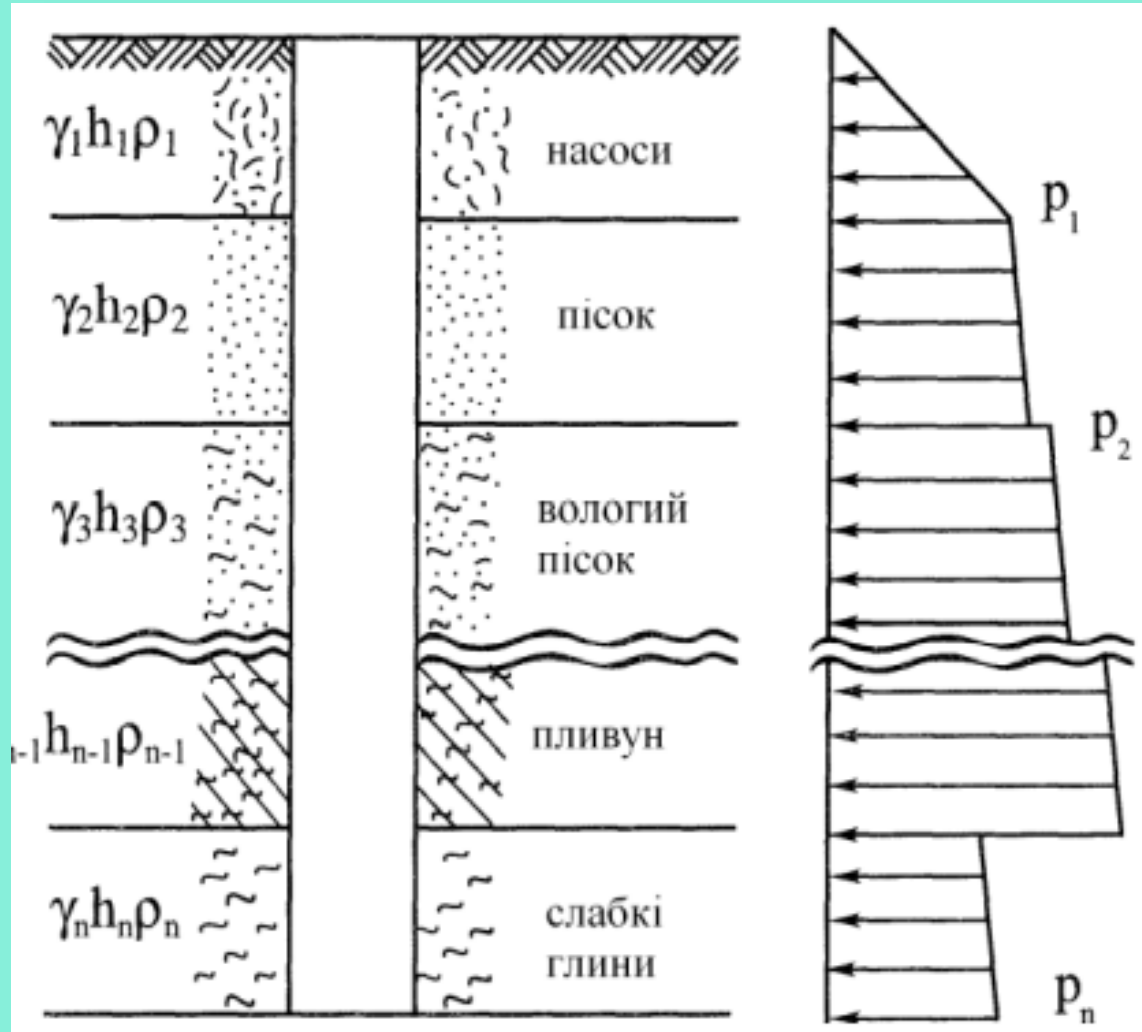
При перетині одного пласта, горизонтальний тиск:

$$P_{\Gamma} = \gamma H t g^2 \frac{90^{\circ} - \rho}{2},$$

При перетині n пластів, кут внутрішнього тертя:

$$\rho_{\bar{n}\delta} = \operatorname{arctg} \frac{f_1 h_1 + f_2 h_2 + \dots + f_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n},$$

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ НАВАНТАЖЕННЯ НА КРІПЛЕННЯ СТВОЛА, ОСНОВАНІ НА ТЕОРІЇ РОЗРАХУНКУ ПОРОДНИХ СТІН



► Теорія П.М. Цимбаревича

горизонтальне навантаження на кріплення визначалось для кожного шару, який пересікав ствол, відповідно до його фізико-механічних

1933. Величина навантаження визначалася у вище лежачому і нижчележачому шарах:

$$p'_{n-1} = \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \rho_{n-1}}{2} \left(\sum_{i=1}^{n-1} h_i \gamma_i \right)$$

$$p''_{n-1} = \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \rho_n}{2} \left(\sum_{i=1}^{n-1} h_i \gamma_i \right),$$

1953. Умови відсутності тиску в шарі:

$$R_c \geq \frac{2\mu}{1-\mu} \gamma H,$$

ЕМПІРИЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА КРІПЛЕННЯ СТВОЛІВ

► СНиП-П-94-80

Розрахунковий горизонтальний (радіальний) тиск порід P_n на кріплення протяжної частини вертикальної виробки без врахування впливу очисних робіт визначають за формулою:

Нормативний тиск на кріплення:

$$\text{при } c \leq 6, \quad P^H = 10((2c - 1) + \Delta);$$

$$\text{при } 10 \geq c \geq 6, \quad P^H = 10((3c - 7) + \Delta),$$

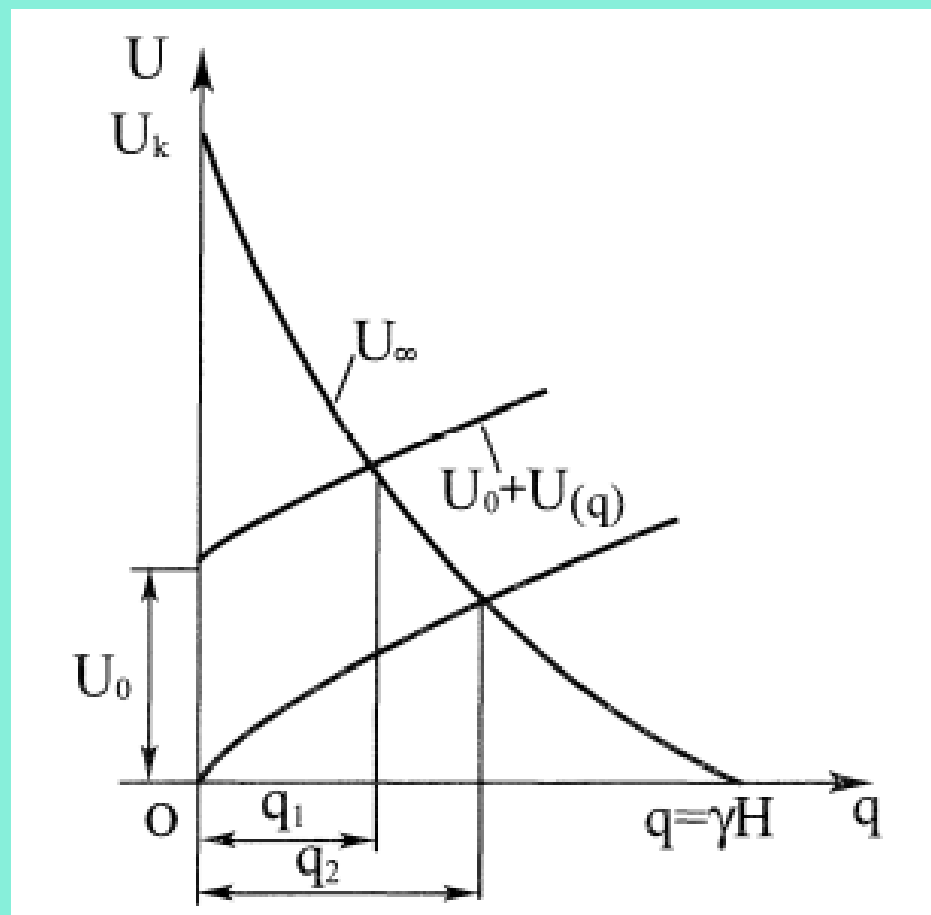
Загальним недоліком всіх емпіричних методів є величезна кількість коефіцієнтів, за допомогою яких формули приводяться до конкретних гірничо-геологічних умов. Це знижує точність і надійність розрахунків.

$$P_n = n m_y n_H P^H (1 + 0,1(R_0 - 3)),$$

Кут залягання порід, α , град	Коефіцієнт приведення	
	Коефіцієнт n_H	
	при послідовній і паралельній схемах проходки	при сумісній схемі проходки
до 10	2,00	1,75
від 10 до 35	2,50	2,00
більше 35	2,75	2,25

МЕТОДИ, ОСНОВАНІ НА ГІПОТЕЗІ СПІЛЬНОГО ДЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ «КРІПЛЕННЯ СТВОЛ-ПОРОДА»

- методика розрахунку кріплення вертикальних стволів групою авторів на чолі з К.В. Руппенейтом



Графік залежності тиску на кріплення q від величини зміщення порід U

ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

▶ **Динамічними проявами** гірського тиску називають швидкоплинні катастрофічні явища, що виникають у підземних виробках.

▶ До них відносять:

- ▶ гірські удари,
- ▶ викиди породи вугілля і газу,
- ▶ стріляння гірських порід.

▶ **Гірничий удар** (англ. *rock bump, rock burst*, нім. *Gebirgsschlag, Bergschlag*) — швидке руйнування критично напруженої частини масиву вугілля (порід), що прилягає до гірничої виробки.

▶ **Газодинамічні явища в шахтах** (англ. *gas-and-dynamic phenomena (in mines)*; нім. *gasdynamische Vorgänge m pl (in Gruben)*) — швидкоплинне руйнування масиву порід під впливом гірничого тиску, що супроводжується короточасним виділенням газу (метану та ін.).

▶ Найінтенсивніші прояви Г.я. — раптові викиди вугілля та газу, гірничі удари тощо.

ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

- ▶ Г.у. виникає внаслідок миттєвого перетворення в кінетичну енергію накопиченої в масиві потенційної енергії пружного стиснення масиву поблизу Г.у. та пружних деформацій вмісних порід.
- ▶ Супроводжується викидом вугілля (порід) в гірничу виробку, її руйнуванням, сильним звуковим ефектом та виникненням потужної повітряної хвилі. Г.у. звичайно відбуваються при глибинах розробки понад 200 м.
- ▶ За силою вияву виділяють:
 - ▶ стріляння,
 - ▶ поштовхи,
 - ▶ мікроудари,
 - ▶ гірничі удари.

ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

- ▶ **ГІРНИЧИЙ УДАР** з руйнуванням порід (вугілля) підшви (покрівлі) виробки — миттєве крихке руйнування порід підготовчої виробки, що супроводжується частковим або повним заповненням виробки зруйнованою породою, струсом масиву, різким звуком і пилоутворенням.
- ▶ Можливе раптове виділення газу або(і) раптовий викид вугілля та газу.
- ▶ Розвитку явища сприяє напружений стан масиву гірських порід, високі міцнісні і пружні властивості порід підшви (покрівлі) виробки, розташування за цими породами більш слабкої породи (вугілля), первинні посадки основної покрівлі в очисних вибоях, яка складена міцними породами.
- ▶ За спостереженнями описаний Г.у. має місце коли ширина виробки знаходиться в межах $(1,5-4)m$, де m — потужність шару породи підшви (покрівлі), схильного до руйнування у формі Г.у.
- ▶ Попереджувальні ознаки явища відсутні.

ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

► Боротьба з Г.у. ведеться:

- шляхом зниження гірничого тиску на пласт, рудне тіло за допомогою спец. поділу родовища на шахтні поля і порядку їх відробки, які виключають утворення ділянок з великою концентрацією напружень;
 - випереджуючою відробкою безпечних, захисних, сусідніх пластів, шарів, покладів;
 - бесціликовою технологією відробки, скороченням кільк. гірн. виробок попереду фронту очисних робіт;
 - зменшенням здатності пласта корисної копалини (породи) до накопичення пружної енергії (камуфлетними вибухами, нагнітанням води в пласт, розвантажувальними свердловинами і щілинами) та інш.
- Обмеження сили вияву Г.у. досягається застосуванням саморозпірних прохідницьких комбайнів, щитів, податливого кріплення, оптимізацією параметрів буропідривних робіт, переходом на проведення гірничих виробок комбайнами, гідравлічним способом, вибуховим способом в режимі струсного висадження.

ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

- ▶ **ГІРНИЧО-ТЕКТОНІЧНИЙ УДАР** — миттєве крихке руйнування породи (вугілля) в глибині масиву з виникненням сейсмічної хвилі енергією 10³—10¹⁰ Дж і більше, що спричиняє крихке руйнування крайової частини масиву (цілика) вугілля у формі гірничого удару.
- ▶ Г.-т.у. відрізняється підвищеною інтенсивністю, виявом одночасно в ряді гірничих виробок шахти або навіть сусідніх шахт.
- ▶ Характер руйнування виробок (ціликів) і такі ж, як і при звичайних гірничих ударах, але можуть виявлятися більш інтенсивно.
- ▶ Умови виникнення Г.-т.у. теж такі ж, як і при звичайних **гірничих ударах**, але з обов'язковим деформуванням гірського масиву і появою сейсмічної хвилі.
- ▶ Розвитку Г.-т.у. сприяє напружений стан масиву гірських порід, високі міцнісні та пружні властивості вугілля і бічних порід, наявність струсів масиву, які викликані крихким руйнуванням гірських порід.
- ▶ Попереджувальні ознаки відсутні.

ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

- ▶ **Раптовий викид вугілля та газу** (англ. *sudden outburst of coal and gas*, нім. *Gas-Kohlen-Ausbruch* *m*) — швидкоплинне руйнування привибійної частини вугільного пласта, що розвивається від вибою в глибину масиву і супроводжується викидом вугілля у виробку на відстань, що перевищує його розміщення під кутом природного укосу, інтенсивним газовиділенням, що перевищує різницю між природною і залишковою газоносністю викинутого вугілля.

Раптові викиди вугілля, породи і газу в підземних виробках

- ▶ Характерні ознаки раптового викиду:
 - ▶ відкидання вугілля від вибою;
 - ▶ утворення порожнини у вугільному пласті;
 - ▶ зміщення вугілля у виробку;
 - ▶ пошкодження і відкидання обладнання;
 - ▶ підвищене, у порівнянні зі звичайним, виділення газу в гірничу виробку;
 - ▶ наявність тонкого вугільного пилу («скаженого борошна») на відкосі викинутого вугілля та на кріпленні.



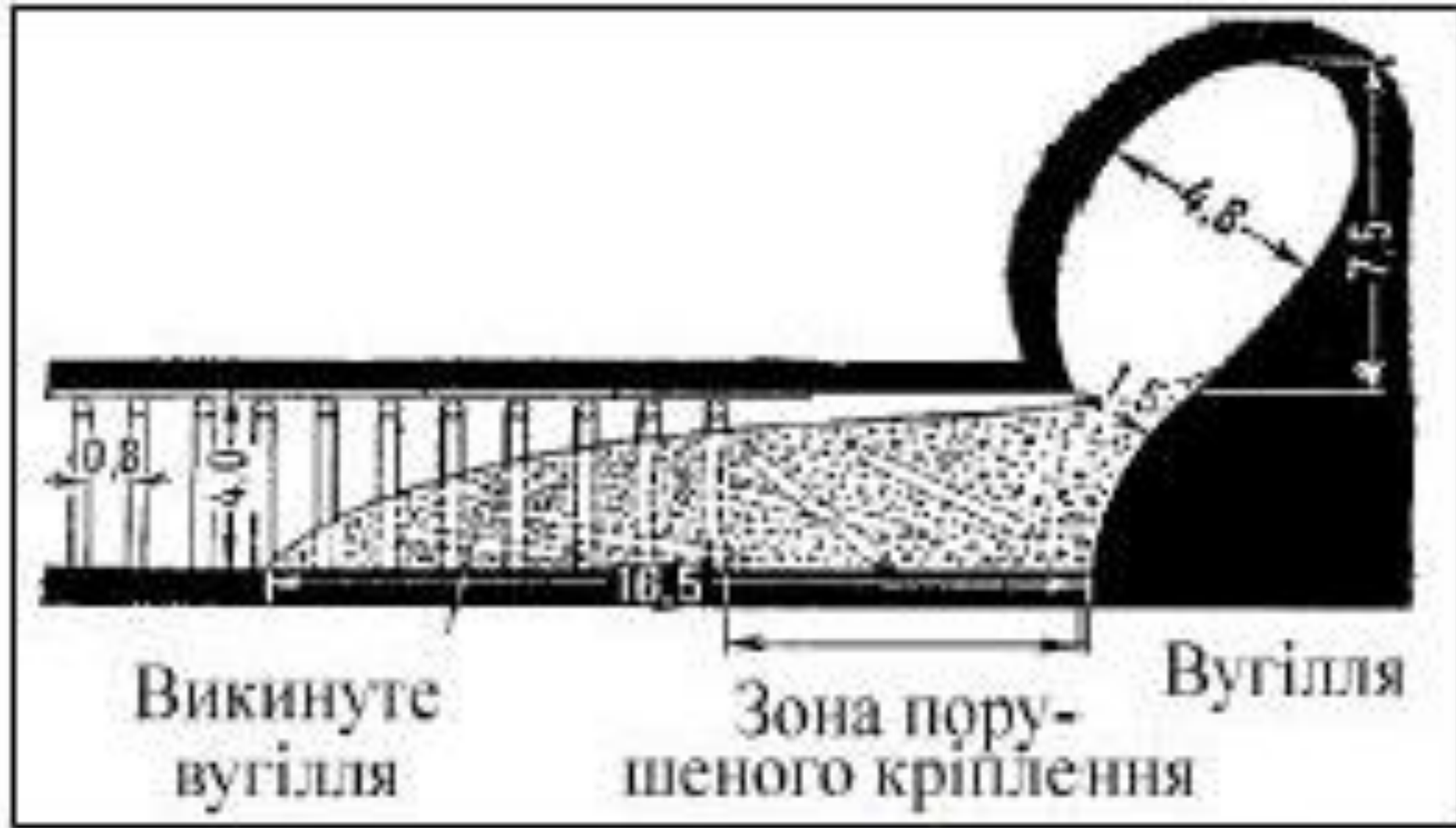


Рис. Схема раптового викиду вугілля та газу.

ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

- ▶ **Способи запобігання раптових викидів вугілля і газу** засновані на зниженні рівня напружень в привибійній області шару вугілля, що відпрацьовується та зміні його структури. Вони поділяються на регіональні і локальні.
- ▶ **Регіональні** способи запобігання раптових викидів призначені для завчасної обробки вугільного масиву перед очисним і підготовчим вибоєм. Вони включають:
 - ▶ випередження відпрацювання вугільних пластів;
 - ▶ зволоження вугільних пластів.
- ▶ **Локальні** способи призначені для приведення привибійної частини вугільного масиву в безпечний стан. До них відносяться:
 - ▶ низьконапірне зволоження вугільного шару;
 - ▶ гідророзпушення;
 - ▶ гідровимивання випереджаючих порожнин;
 - ▶ буріння випереджаючих свердловин;
 - ▶ торпедування;
 - ▶ утворення розвантажувальних пазів і щілин.

ДИНАМІЧНИЙ ПРОЯВ ГІРСЬКОГО ТИСКУ

Методи прогнозу газодинамічних явищ.

- ▶ Найбільш відомими на даний час є методи прогнозу газодинамічних явищ, які засновані на:
- ▶ **аналізі якості бурової крошки** при бурінні контрольних шпурів (*у небезпечних для викидів зонах обсяг штибу збільшується з 2,5л/м до 100 і більше літрів з одного метра шпуру*);
- ▶ **аналізі тривалості буріння** одного метра контрольного шпура (*починається затиснення бурового інструменту і час буріння істотно збільшується*);
- ▶ **аналізі початкової швидкості газовиділення** зі шпурів (*критична швидкість газовиділення залежить від марки вугілля і коливається від 4,5 до 5 л/хв*);
- ▶ **динаміці початкової швидкості газовиділення** з контрольних шпурів;
- ▶ **безперервної реєстрації акустичної емісії** (*випроміненням пружних хвиль*);
- ▶ **аналізі акустичної емісії** апаратурою автоматичного контролю (*висновок «небезпечно» видається, якщо значення інформативної ознаки перевищує деякий критичний рівень*).

ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В МАСИВАХ ПОРІД ПІД ВПЛИВОМ РОЗРОБКИ

Класифікація гірських ударів.

► ЗА ФІЗИЧНОЮ ОЗНАКОЮ:

- **Ударами тиску** - при таких ударах цілики корисної копалини або породи вибухають подібно тому, як це відбувається при вибухоподібному руйнуванні під пресом міцного зразка породи при навантаженні, яке перевищує межу міцності даної породи.
- **Шоківі гірські удари** - їхньою причиною є раптове прикладення навантаження. (у випадку, якщо над корисними копалинами залягають потужні міцні покриваючі породи, спочатку вони консольно зависають над ціликом, навантажуючи і зацімлюючи його, а при досягненні ж певного прольоту відбувається злам і обвалення завислих порід, і при цьому виникає хвиля тиску, яка викликає миттєве руйнування гранично напруженого цілика).
- **Удари ламання** - причиною таких ударів є наявність у товщі вище безпосередньої покрівлі чи нижче безносереднього ґрунту прошарку пластичної породи, наприклад прошарку глини, вкладеного між твердими породними шарами. У відповідних умовах цей прошарок видавлюється у бік виробки і ламає твердий шар покрівлі (чи ґрунту) виробки у формі гірського удару

ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В МАСИВАХ ПОРІД ПІД ВПЛИВОМ РОЗРОБКИ

Класифікація гірських ударів.

- ▶ **ЗА ЕНЕРГЕТИЧНОЮ ОЗНАКОЮ** (кількістю сейсмічної енергії, що виділяється при ударі):
 - ▶ **Мікроудари** (стріляння гірських порід і поштовхи),
 - ▶ **Слабкі,**
 - ▶ **Середні,**
 - ▶ **Сильні,**
 - ▶ **Катастрофічні удари**

Класи гірського удару	Сейсмічна енергія, Дж	Рівень сейсмічності в епіцентрі, бал
Мікроудари (стріляння, поштовхи)	<10	<1
Слабкі	10...102	1...2
Середні	102..104	2...3,5
Сильні	104...107	3,5...5
Катастрофічні	>107	>5

ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В МАСИВАХ ПОРІД ПІД ВПЛИВОМ РОЗРОБКИ

Поштовх – це локальне руйнування корисної копалини чи породи в глибині масиву без подрібнення і викиду.

Поштовхи звичайно супроводжуються звуком, невеликим струсом масиву, а при достатній їхній силі також повітряною хвилею.

Якщо поштовх відбувається у процесі дії робочого органу гірської машини, наприклад бара врубової машини чи долота бурового верстата, то він відчувається саме як поштовх на інструмент.

Слабкий гірський удар – це локальне руйнування і незначний викид корисної копалини у виробку з відчутним звуковим і сейсмічним ефектом, можливим утворенням пилу, але без суттєвого порушення кріплення та без пошкодження машин та обладнання

ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В МАСИВАХ ПОРІД ПІД ВПЛИВОМ РОЗРОБКИ

Середній гірський удар спричиняє швидке крихке руйнування і викид чи видавлювання у виробку вже значного об'єму корисної копалини чи породи з великою кількістю пилу, утворення повітряної хвилі, порушення кріплення і завал виробок на ділянці довжиною до декількох метрів, зсув і пошкодження машин і обладнання.

Сильний гірський удар приводить до порушень кріплень і до завалів виробок з пошкодженням машин і обладнання на ділянці довжиною до декількох десятків метрів, що вимагає великих об'ємів відновлювальних робіт.

При **катастрофічних гірських ударах** відбувається спонтанне, у формі ланцюгової реакції, руйнування ряду ціликів, завал виробок у межах цілої ділянки чи горизонту рудника або шахти. Площа гірських виробок, що руйнуються при такому ударі, іноді досягає багатьох сотень тисяч квадратних метрів.

ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В МАСИВАХ ПОРІД ПІД ВПЛИВОМ РОЗРОБКИ

ЗА ТОПОЛОГІЧНОЮ ОЗНАКОЮ (місцем прояву ударів, що характеризує умови навантаження рудного тіла, шару чи порід за рахунок ефекту тиску опору) **розрізняють удари:**

- ▶ **в ціликах,**
- ▶ **у крайніх частинах масиву,**
- ▶ **у виробках, пройдених по корисній копалині,**
- ▶ **у польових виробках.**

ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В МАСИВАХ ПОРІД ПІД ВПЛИВОМ РОЗРОБКИ

ПРОГНОЗ І РЕЄСТРАЦІЯ ГІРСЬКИХ УДАРІВ

Прогноз гірських ударів передбачає:

- а) виявлення ударонебезпечних гірських порід (у тому числі покладів чи пластів корисної копалини) і оцінку глибин, починаючи з яких дані породи стають ударонебезпечними;
- б) визначення ділянок можливого прояву гірських ударів;
- в) передбачення часу прояву гірських ударів.

ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В МАСИВАХ ПОРІД ПІД ВПЛИВОМ РОЗРОБКИ

Оцінка викидонебезпечності гірських порід і прогноз раптових викидів

Розрізняють три категорії методів прогнозу викидонебезпечності гірських порід :

- ▶ **Регіональний** (виявлення викидонебезпечних пластів, шарів у родовищі, наявність у покрівлі і ґрунті покладу міцних шарів чи пластів порід, здатних зависати над очисним простором, створюючи високі концентрації напружень поблизу вибою.)
- ▶ **Локальний** (виявлення і оцінку ймовірності виникнення динамічних проявів у межах видобувних ділянок, визначення тиску газу в порах, пористості, газопроникності, вологості)
- ▶ **Поточний** (візуальне і інструментальне вловлювання передвісників раптових викидів, які часто проявляються за декілька секунд чи хвилин до викиду)

СПОСОБИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ І БОРОТЬБИ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ДИНАМІЧНИМИ ПРОЯВАМИ ГІРСЬКОГО ТИСКУ В ШАХТАХ

До **регіональних** мір попередження та боротьби з гірськими ударами і раптовими викидами відносяться:

- ▶ випереджаюче відпрацювання захисних пластів (шарів, покладів);
- ▶ попередня дегазація масиву свердловинами;
- ▶ профілактичне зволоження чи розрихлювання пласта попереду очисних виробок чи на підготовчому горизонті.

Локальними мірами є:

- ▶ обробка небезпечного масиву нагнітанням води в пласт під тиском у режимах гідророзрихлювання, гідровіджиму і гідророзриву;
- ▶ гідровимив порожнин і щілин

СПОСОБИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ І БОРОТЬБИ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ДИНАМІЧНИМИ ПРОЯВАМИ ГІРСЬКОГО ТИСКУ В ШАХТАХ

1. СПОСІБ ПОТОЧНОГО ПРОГНОЗУ РАПТОВИХ ВИКИДІВ ВУГЛЕПОРОДНОГО МАСИВУ І ГАЗУ
2. СПОСІБ ПОТОЧНОГО ПРОГНОЗУ РАПТОВИХ ВИКИДІВ ВУГЛЕПОРОДНОГО МАСИВУ І ГАЗУ
3. СПОСІБ ЗАПОБІГАННЯ РАПТОВИМ ВИКИДАМ ВУГІЛЛЯ ТА ГАЗУ
4. СПОСІБ ЗАПОБІГАННЯ РАПТОВИМ ВИКИДАМ ВУГІЛЛЯ ТА ГАЗУ
5. СПОСІБ ЗАПОБІГАННЯ РАПТОВИХ ВИКИДІВ ВУГІЛЛЯ ТА ГАЗУ
6. СПОСІБ ЗАПОБІГАННЯ РАПТОВИХ ВИКИДІВ ВУГІЛЛЯ ТА ГАЗУ
7. СПОСІБ ЗАПОБІГАННЯ РАПТОВИМ ВИКИДАМ ПІСКОВИКІВ І ГАЗУ
8. СПОСІБ АКУСТИЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ РАПТОВИХ ВИКИДІВ ВУГІЛЛЯ, ПОРОДИ ТА ГАЗУ В ПІДЗЕМНИХ ВИРОБКАХ