

## ЛЕКЦІЯ № 15

### Т Е М А: Небезпечні зони підривних робіт.

**Небезпечна зона** – відстань, у межах якої може виникнути небезпека ураження людей, пошкодження механізмів і споруд.

У ході виконання підривних робіт небезпечні зони на відкритій місцевості встановлюються проектом для конкретних умов і мають бути не меншими за відстані, передбачені ЄПБ при ПР.

За безпечну відстань для людей береться найбільша з розрахованих для різних умов: за розлітанням кусків породи, сейсмічною дією, УПХ, поширенням пило –газової хмари.

#### 1. Розлітання кусків породи.

Безпечні відстані за розлітанням кусків на відкритій поверхні згідно з ЄПБ мають бути не менші ніж:

Підривання зовнішніх зарядів.....	300 м
шпурових .....	200 м
котлових .....	200 м
рукавів .....	200 м
свердловинних .....	200 м
камерних .....	300 м
Дроблення валунів підкопами.....	400 м
Корчування пнів .....	200 м
Посадка насипів на болотах .....	100 м
Льодохідні роботи .....	100-300 м
Роботи по металу на відкритих ·	
полігонах .....	1500 м
в бронях .....	30 м
на майданчиках .....	за проектом
При штампуванні виробів .....	25 м
Звалювання будинків .....	100 м
Дроблення фундаментів .....	200 м
Торпедування та перфорація .....	50 м
Сейсмічна розвідка .....	100 м
На будівельному майданчику .....	за проектом

У разі висаджування свердловинних зарядів радіус небезпечної зони  $R_p$  визначається за формулою:

$$R_p = (200p) / (mW^{2.0,77W - \epsilon_{\text{наб.}}})$$

При підриванні на викид та скид Р.Н.З. визначається з таблиці ЄПБ, в яку входять ЛНС – W, m, показник дії вибуху n, для людей та механізмів:

W	n	R <sub>p</sub>	
1,5–30 м	1– 3	люди	механізми
		200 – 2000	100 – 1200

При підриванні на косогорах з ухилом  $> 30^\circ$ , а також при висоті місця ВР на 30 м більше, ніж навколишня,  $R_p$  збільшується у 1,5 рази в напрямі ухилу.

$$R'_p = R_p \cdot K_p \quad K_p = 1 + \operatorname{tg} \beta$$

При скороченій набивці  $R_p >$  на 20 %.

$$\text{Якщо відоме підвищення } H, \quad K_p = 0.5 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4H}{R_p}} \right);$$

Потрібно також враховувати вплив сили вітру, а також можливе скочування кусків. Розрахункове  $R_p$  заокруглюється в більший бік до значення, кратного 50 м.

За висотою розлітання.

Якщо  $n \leq 2$ , безпечні відстані = відстаням по  $R_p$ . Якщо  $n > 2$ , отримані значення збільшують в 1,4 рази.

Для обмеження розлітання кусків при охороні будинків, споруд, обладнання та для безпеки людей застосовують:

- застосування відповідних параметрів ВР
- укриття об'єкта що руйнується.

Дальність розлітання кусків зі зміною діаметрів ВР скорочується за рахунок зменшення питомої витрати ВР, збільшення глибини набивки, поліпшення її якості, вибору напрямку та послідовності відпрацювання блоків, що підриваються, застосування КСП.

Технологічні способи зниження розлітання не сприяють зменшенню  $R_p$  для людей і споруд, передбаченому в ЄПБ. Тому коли розлітання має бути обмеженим або цілком усуненим, застосовують укриття. Тоді для людей  $R_p$  не менше 50 м.

За конструкцією укриття поділяють на суцільні, щитові, арочні, або коробчасті, ланцюгові, або сітчасті, насипні та комбіновані. Основний показник за яким класифікують укриття – відношення маси укриття  $M_y$  до маси зарядів  $Q$ .

Тип укриття	$M_y/Q$	Далекість розлітання, м
Важкі	$> 500$	$\leq 25$
Середні	$50 - 500$	$25 - 50$
Легкі	$> 5 - 50$	$\leq 100$
Найлегші	$< 5$	$\leq 100$

При виборі укриття користуються таким:

Щитові – роботи на великій площі (котловани, вертикальне планування, тощо) для захисту людей;

Арочні та коробчасті – ВР при будівництві поблизу важливих об'єктів, в населених пунктах.

Сітчасті та ланцюгові – від дрібних кусків.

Насипні – присипають об'єкт, що підривається, м'яким ґрунтом. Висока працездатність.

Маса укріття визначається:

$$M_y = K_y \cdot W \cdot \rho_0$$

$K_y$  – коефіцієнт типу укріття (щитові на поверхні – 0,33; над поверхнею – 0,25; ланцюгові та сітчасті – 0,07; арочні та коробчасті – 0,25; насипні – 0,33).

Для запобігання дії ПД на укріття його висота над поверхнею становить:

$$h_y = \frac{(0.2 - 0.8) \cdot Q}{A \cdot B}$$

## 2. Сейсмічна дія вибуху.

За ЄПБ  $R_c = K_r K_c \alpha \sqrt[3]{Q}$ ;

$K_r$  – коефіцієнт, який залежить від ґрунту в основі будинку, що охороняється.

	$K_r$
Скельні породи .....	5 – 6
Піщані не обводнені та глинисті	
потужністю понад 10 м .....	12
Обводнені .....	15
Водонасичені .....	20
$K_c$ – коефіцієнт, що залежить від характеру будови.	
	$K_c$
Поодинокі будинки та споруди	
з з/б каркасом .....	1,0
Поодинокі будинки висотою не	
більше 2 – 3 поверхів з цегли та	
подібними стінами .....	1,5
Невеликі житлові селища .....	2,0
$\alpha$ – коефіцієнт, що залежить від умов підривання.	

	$\alpha$
Камуфлет та розпушення .....	1,0
На викидання .....	0,8
Напівзаглиблений заряд .....	0,5

При миттєвому підриванні групи зарядів  $N$  масою (заг.)  $Q$

$$R_c = N^{1/6} K_r K_c \alpha \sqrt[3]{Q},$$

при КСП та  $\tau$  не менше 20 мс.

Радіус небезпечної зони  $R_B$ :

При підриванні зовнішніх і свердловинних зарядів, зарядів розпушення, коли руйнування скла неприпустиме,

$$R_B = 200 \sqrt[3]{Q_e}, \text{ якщо } 5000 \text{ кг} > Q_e \geq 1000 \text{ кг}$$

$$R_B = 65 \sqrt[3]{Q_e}, \text{ якщо } 2 \text{ кг} < Q_e < 1000 \text{ кг}$$

$$R_B = 63 \sqrt[3]{Q_e}, \text{ при } Q_e < 2 \text{ кг (еквівалентна маса)}$$

Для порід 9 групи  $R_B \cdot 1,5$ .

Для порід 5 групи  $R_B \cdot 0,5$ .

Еквівалентна маса заряду, кг: для зовнішніх зарядів висотою  $h_3$  із набивкою  $h_{\text{наб}}$

$$Q_e = K_H \cdot Q$$

де  $Q$  – сумарна маса ВР.

$h_H/h_3$	0	1	2	3	4
$K_H$	1	0,5	0,3	0,1	0,03

Для групи  $N$  свердловин довжиною  $< 12d$

$$Q_c = 12 \cdot p \cdot \ell_{\text{зд}} \cdot K_{\text{наб}} \cdot N$$

$K_{\text{наб}}$  – залежить від довжини набивки при  $\ell_{\text{св}} > 12d$

$$Q_c = 12 \cdot p \cdot d \cdot K_3 \cdot N$$

$\ell_{\text{наб}}/d$	0	5	10	15	20
$K_3$	1	0,15	0,02	0,003	0,002

Якщо температура „–” –  $R_n \cdot 1,5$  (при  $R_n > 100 \text{ м}$ ).

Треба розраховувати масу ДШ на поверхні.

$$R_c = \frac{K_\Gamma \cdot K_e \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{Q}}{\sqrt[4]{N}}$$

При підриванні груп зарядів із сповільненням не менше 20 мс (в групі) кожену таку групу розглядають як окремий заряд.

За наявності пошкоджень у будинках безпечна відстань подвоюється.

Для унікальних споруд (башти, висотні будинки, АЕС, монументи, тощо) питання сейсміки вирішується спеціалізованими організаціями.

### **3. Дія ударної повітряної хвилі.**

Основні параметри – максимальний тиск, імпульс фази стиснення, тривалість фази.

Надлишковий тиск зовнішнього заряду:

$$\text{на скельних породах: } \Delta P = (5.3 \pm 2.4) \cdot 10^5 \cdot \left( \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.5};$$

на м'якому ґрунті: 
$$\Delta P = 2.2 \cdot 10^5 \cdot \left( \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.5};$$

Розпушення при свердловинних зарядах визначається:

$$\Delta P = 5.3 \cdot 10^5 \cdot K_H \cdot K_T \cdot \sqrt{n_c} \cdot \left( \frac{21 \cdot d_3}{R} \right)^{1.5},$$

де  $n_c$  – загальне число свердловин на об'єкті

$K_H$  – коефіцієнт набивки

$L_H/d_H$	0	5	10	15	20
$K_H$	1	0,35	0,13	0,05	0,04

$K_T$  – породний коефіцієнт за класифікацією буд. Норм

категорія	X – XI	VIII – IX	V – VII	IV – V
$K_T$	1.6	1.2	1	0.6

Зниження дії УПХ на будівлі і споруди:

1. Скорочення питомих витрат ВР.
2. Розосередження зарядів у масиві.
3. КСП з відбиванням у протилежному напрямі від об'єкту.
4. Збільшення набивки.
5. Засипання мережі ДШ піском 10 – 15 см.
6. Захист об'єктів щитами, матами у критичних точках.
7. Оклеювання віконного скла, відкривання їх.
8. Вибирають суху ясну погоду при протилежному вітрі.

#### **4. Газонебезпечна зона.**

Заміна тротилу – багато газів (отр.)

Угданіт чи грамоніт – 4,25 – 5,09 л/кг – СО, а при активній набивці СО > на 18 – 25 %.

$$R_f = 160 \cdot \sqrt[3]{Q} \cdot (170.5 \cdot V_B); \quad V_B - \text{м/с.}$$

Допуск ВГРЧ – не раніше ніж за 15 хв., а інших – через 30 хв. та розсіювання пилової хмари.

## ЛЕКЦІЯ №9

### Т Е М А: Спеціальні підривні роботи.

#### 1. Контурне підривання.

Контурне підривання дозволяє запобігти пошкодженню масиву гірських порід за межами проектного проділю, забезпечує круті стійкі відкоси, сприяє обмеженню працемістких робіт по зачищенню підосви та відкосів виїмок; обмежує сейсмічний ефект масових вибухів при спуснені скельних порід з одночасним збільшенням К.К.Д. масового вибуху; дозволяє керувати гірським тиском шляхом отримання направленої монотріщини.

Застосування К.П. будується на ідеї можливо більш повного використання механізму взаємодії двох паралельних зарядів в довільно вибраному середовищі. Природно, принципи реалізації методу можуть розрізнятися в залежності від фізико – механічних властивостей середовища і призначення контурної виробки (щілини). При цьому важливі не тільки техніка виконання такої виробки, але й черговість робіт, тобто послідовність виконання підривних робіт основного технологічного призначення та допоміжних, які забезпечують оконтурювання блоку гірського масиву.

Таким чином, якщо класифікувати методи здійснення „гладкого” підривання, доцільно їх розділити на дві групи:

1 – метод оконтурювання (завершальне контурне відбивання)

2 – метод попереднього утворення монотріщини або монощілини.

В основі методів лежать однотипні заряди (шпурові чи свердловинні), за яких досягається однакова картина руйнування присвердловинного простору, хоча самі заряди можуть відрізнятися за конструкцією. Вони поділяються за ознакою бризантного впливу на стінки свердловини:

- позаконтурні;
- контурні пониженої бризантності;
- напрямлено – послабленої бризантності;
- напрямленої дії.

Контурне підривання полягає у вибуху ряду розосереджених зарядів зближених свердловин діаметром 60 – 160 мм. Розосередження заряду досягається застосуванням гірлянд із патронів амоніту 6ЖВ діаметром 32 мм або шлангових зарядів, або (для сухих свердловин) суміші ВР із пінополістиролом 1:1 за об’ємом.

У разі попереднього щілиноутворення заряди контурного ряду підриваються до виконання масового вибуху в приконтурній зоні, або сумісно, але з випередженням на 50 – 100 мс. У разі завершального контурного відбивання заряди контурного ряду підриваються після основних зарядів, доводячи уступ або виїмку до проектного контуру.

Відстань між свердловинами контурного ряду:

$$a = 22 \cdot d_3 \cdot K_3 \cdot K_y, \text{ м,}$$

де  $K_3$  – коефіцієнт затискання; для виїмки чи котловану  $K_3 = 0,85$ ;

на косогорі чи уступі, якщо число рядів свердловин спущення  $> 2$ ,  $K_3 = 3$ ; у разі завершального контурного підривання  $K_3 = 1$ .

$K_y$  – коефіцієнт геологічних умов;  $K_y = 1,0$  – за відсутністю системи нашарувань або тріщинуватості; якщо між домінуючою системою тріщин і лінією контура є кут  $\alpha = 90^\circ$  –  $K_y = 0,9$ ; якщо кут  $\alpha = 20 \div 70^\circ$ ,  $K_y = 0,85$ . У разі горизонтального залягання, а також якщо геологічні площини збігаються з лінією контура,  $K_y = 1,15$ .

Глибина контурних свердловин має перевищувати глибину свердловин для зарядів розпушення на  $10 d_3$ , тобто:

$$L_k = [(H + \ell_{\text{пер}}) / \sin \alpha] + 10 d_3;$$

$\alpha$  – кут нахилу поверхні, що оконтурюється до горизонту, град.

Довжина набивки, або при її відсутності незарядженої частини свердловини  $\ell_{\text{наб}} = h \geq 2$  м, (де  $h$  – потужність верхнього шару, або порушеного вибухами, або вивіреного).

Відстань між рядом контурних свердловин, рядом свердловин розпушення по підшві уступу:

$$a_n = (10 \div 20) d_3.$$

Менше значення – при вертикальному нашаруванні та в монолітних породах, більше – у разі горизонтального нашарування.

Питому витрату ВР на одиницю площі контуру беруть  $0,25 \div 0,3$  кг/м<sup>2</sup>.

Якість контурного підривання визначають за ступенем нерівності поверхні в проміжках між відбитками свердловин (не більше  $\pm 15$  см) та за сумарною довжиною відбитків свердловин (не менше 75 % довжини свердловини).

Для вирівнювання площини відриву (контурної щілини) застосовують нерідко комбіновані методи, що сполучають лінійне буріння з частковим зарядженням та залишенням так званих „направляючих” – незаряджених свердловин, або з зарядженням всіх свердловин, але зарядами малої щільності за рахунок розсосередження по осі чи зменшення діаметра (з кільцевим зазором). Зниження щільності зарядження в існуючих технологіях має за мету знизити початковий тиск газів вибуху і ударної хвилі на контакті з породою.

Природно, що улаштування кільцевих зазорів та осьових проміжків між частинами заряду ускладнює технологію.

Більш раціональним було б використання малоцільних (пінистих) ВР.

## **2. Добування блочного каменя.**

Застосування способу відокремлення монолітних блоків від масиву залежить від фізико – механічних властивостей і тріщинуватості масиву. Розрізняють два класи схем підготовки блоків до виймання:

- а) шаруваті – моноліт, що відокремлюється від масиву, має один розмір, який дорівнює розміру блока, що видобувається.
- б) суцільні – моноліт, що відокремлюється за трьома розмірами, кратний розмірам блока, що видобувається.

Для раціонального видобування блоків кар'єрне поле корисної копалини поділяють на окремі шари, як правило, горизонтальні. Потужність шару, що відбивається, дорівнює або кратна розмірам моноліту (блока), що відокремлюється від масиву. Наявність горизонтальних тріщин масиву визначає висоту уступу та основні параметри технології виймання блоків. Висоту уступу беруть кратною відстані між тріщинами.

Підрильний спосіб відділення блоків від масиву, призначених для виготовлення тесаних і полірованих виробів, не повинен допускати утворення в них тріщин. При цьому слід дотримуватись двох умов:

- шпурові заряди підривають у разі наявності трьох відкритих поверхонь;
- шпури розміщують уздовж вертикальних тріщин, або паралельно напрямку найкращого розколювання породи.

Головна особливість ВР – обмеження руйнівних напружень. Тому під час підривання розривного шару використовують димні порохи (в нижній частині заряду), та бездимні порохи або низькобризантні ВР.

Під час проходження в'їздних траншей застосовують заряди бездимного пороху, а по контуру траншей – димного.

Під час проходження розрізних траншей і відокремлення блоків від масиву використовують тільки димні порохи.

Сумарна маса зарядів:  $Q = q_v \cdot V$ , кг.

Питома витрата ВР для димних порохів – 0,05 – 0,4 кг/ м<sup>3</sup>, при цьому для шпурових зарядів  $q_v = 0,2 \div 0,3$  кг/ м<sup>3</sup>, для свердловинних – 0,3 ÷ 0,4 кг/ м<sup>3</sup>, для порохоподібних ВР – 0,02 ÷ 0,2 кг/ м<sup>3</sup>.

Відстань між шпурами – від 0,2 до 1,0 м.

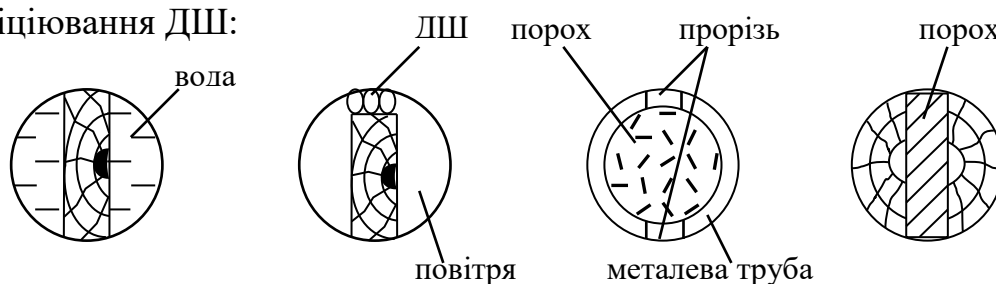
між свердловинами – 2 ÷ 3 м.

Відповідно діаметр шпура = 32 – 42 мм, а діаметр свердловини ≤ 105 мм.

Заряди забивають у такій послідовності: на порох накладають паперовий чи повстяний пиж, поверх якого ставлять один – два глиняних пижі, що ущільнюються забійниками, решту забивають відсівом чи товченою цеглою.

Для відбивання блоків можна застосовувати різні конструкції зарядів із підвищеним ефектом направлено розколювання. Як ВР використовується суміш ам. 6 ЖР та АС.

Ініціювання ДШ:



Для полегшення виймання монолітів, у процесі підривання, створюють додаткові зусилля за рахунок застосування різних концентраторів напружень; створюється переміщення блока в бік вільної поверхні уступу, що перевищує звичайну ширину щілини між стінками масиву та моноліту. Концентратом



напружень використовують також для напрямленого розколювання по лінії зарядів.

У процесі відбивання блоків від масиву застосовують гідровисаджування (для відб. монолітів), що знижує витрату ДШ у 5 – 10 разів. Довжину відрізків ДШ для усунення максимального тиску на стінки шпурів беруть не більше 0,25м на 1м шпура. Гідровибух здійснюють також за допомогою гідровисаджувального пристрою.

## ЛЕКЦІЯ № 4

### Т Е М А: Основні положення з проектування БПР на кар'єрах.

#### а) Основні вимоги до якості підготовки гірської маси.

Основою проектування вибухів є звіт про детальну розвідку родовища з підрахунком запасів та завдання на проектування.

Дані про елементи системи розробки: Н – висота, ширина робочого майданчика, середній об'єм вибуху, режим ПР, параметри екскаваторів, транспортного та іншого обладнання беруться з проекту кар'єру. Ці дані дозволяють оцінити висаджуваність порід, визначити вимоги до крупності гірської маси, вибрати метод ПР, схему їх механізації і бурове обладнання.

Висоту уступу Н приймають за проектом, але не більше  $1,5 N_{\text{ч}}^{\text{max}}$  екскаватора.

Висаджена гірська маса мусить відповідати таким вимогам:

1. Припустимий max розмір кусків (м) – із місткості ковша

$$d_{\text{max}} \leq 0.75 \cdot \sqrt[3]{V_K},$$

де  $V_K$  - об'єм ковша

2. Припустимий розмір за місткістю транспортних посудин

$$d_{\text{max}} \leq 0.5 \cdot \sqrt[3]{V_T},$$

де  $V_T$  - об'єм транспортної посудини в 3 – 4 рази  $> V_K$ .

3. Припустимий розмір (м) при навантаженні в перевантажувальний бункер, приймальні отвори дробарок, грохотів та ін.:

$$d_{\text{max}} \leq (0.75 \div 0.85) \cdot b,$$

де  $b$  – ширина приймального отвору, м, або залежно від розміру завантажувального зазору дробарки.

Конусні дробарки	ККД – 500	ККД – 900	ККД – 1200	ККД – 1500
$d_{\text{max}}$ , м	0,4 м	0,75 м	1,0 м	1,2 м
Щекові дробарки	1200×900	1500×1200	2100×1500	2100×1500
$d_{\text{max}}$ , м	0,7	1,0	1,2	1,2

3. Припустимий розмір (м) при навантаженні на стрічковий транспортер:

$$d_{\text{max}} \leq 0,5 \cdot b' + 0,1, \text{ м}$$

де  $b'$  - ширина стрічки конвеєра, м

Вихід негабариту при первинному підриванні не більше 5% від його вмісту в масиві.

**б) Визначення способу буріння, діаметру свердловини, та типу бурового обладнання.**

Визначають фактори:

Природні: властивості порід, опірність різним типам руйнування.

Технологічні: продуктивність кар'єру та бур. обл., порядок ведення БПР, наявність однотипного обладнання.

Основні способи буріння свердловин.

Тип	$d_{\text{св}}$ , мм	Глибина, м	f	Область застосування
Шарошкове	150 – 400	до 30	6 – 16	Будь – які умови
Термічне	200 – 500	до 40	16 – 20	Кварцеві, міцні, абразивні.
Пневмо – ударне	105 – 250	до 30	15 – 20	кар'єри невеликої продуктивності
Ударно – канатне	220 – 350	40	4 – 20	Мерзлота
Обертове (шнекове)	125 – 160	25	до 5	м'які породи, кар'єри малої продуктивності

Найбільш ефективним в скельних та напівскельних породах є **шарошкове** буріння, яке має широкий діапазон долітання. Ним оббурюється 75% гірської маси. Основні типи бурових станків (СБШ -200, СБШ – 250, СБШ – 320).

Станок СБШ – 200 з найменшим діаметром долота по породах середньої міцності забезпечує продуктивність оббурювання приблизно 700 тис. м<sup>3</sup> гірської маси, тобто середню річну продуктивність кар'єра нерудних копалин.

Вибір оптимального діаметра свердловин:

1. При постійній питомій витраті ВР відповідно збільшення  $d_{\text{св}}$  збільшує  $d_{\text{середній}}$ , тобто діаметр свердловини є лінійною функцією від  $d_{\text{середній}}$ .



2. Збільшення  $d_{\text{св}}$  суттєво знижує вартість бурових робіт на 1м<sup>3</sup>, оскільки

збільшується вихід гірської маси з 1м свердловини пропорційно квадрату її діаметра. Різко зменшуються витрати праці, але погіршуються показники подрібнення 1м. Щоб запобігти цьому, збільшують  $q$ . Ростуть витрати на ВР пропорційно збільшенню  $q$ .

Природна тріщинуватість порід теж впливає на вибір бурових станків та діаметр свердловини.

1. В породах I – II категорії тріщинуватості  $d_{\text{зар.}}$  вибирається можливо більшим (300 – 320мм) і величина його обмежується лише технологічними міркуваннями (потужність кар'єру, продуктивність станка та коефіцієнт його використання, стійкістю уступів та інше).

2. В породах III – IV категорії тріщинуватості при можливості застосування багаторядного КСП  $d_{\text{зар.}}$  може бути прийнятий 200 – 250 мм.

3. В породах V категорії, а також в неоднорідних породах IV категорії при вузьких робочих майданчиках та обмеженні величини одночасно підричних зарядів за невеликого об'єму ПР  $d_{\text{св.}} = 100 – 160$  мм.

### Рациональні діаметри свердловинних зарядів

Блочність масиву	Висаджувальність порід	Рекомендований діаметр свердловин
Дрібно блочні $d_{\text{п.о.}} < 0,5$ м.	Легко висаджувальні $q > 0,3$ кг/м <sup>3</sup>	>250 мм
Середньо блочні $0,5 < d_{\text{п.о.}} < 0,5$	Середньо висаджувальні $0,3 < q < 0,6$	190 – 250
Крупно блочні $d_{\text{п.о.}} > 1,5$ м.	Важко висаджувальні $q > 0,6$ кг/м <sup>3</sup>	$\leq 160$

1. В сильно тріщинуватих породах ( $d_{\text{п.о.}} < d_{\text{конд.}}$ ) достатньо, щоб порода розпалав на окремі куски по тріщинах. Додатково подрібнення не потрібно. Тріщинуватість дає позитивну роль, зменшуючи витрати енергії на подрібнення.
2. Середньо тріщинуваті породи ( $d_{\text{п.о.}} \leq d_{\text{конд.}}$ ) потрібне деяке подрібнення.
3. Мало тріщинуваті породи ( $d_{\text{п.о.}} \geq d_{\text{конд.}}$ ). Необхідний ступінь подрібнення великий. Тріщини відіграють негативну роль. Результати вибуху залежать від ширини тріщини та наповнювача. Краще, якщо тріщини щільно зімкнуті або заповнені. Енергетичні витрати найбільші (екрануюча дія тріщини).
4. Не тріщинуваті, практично монолітні ( $d_{\text{п.о.}} \gg d_{\text{конд.}}$ ). Породи потребують високого ступеня подрібнення, однак енергетичні витрати менші, ніж для третьої групи.

### в) Питома витрата ВР

Характеризує опірність порід руйнуванню. Для конкретного типу породи в залежності від коефіцієнту міцності і категорії тріщинуватості.

$q_p$ : при  $d_{зд.} = 200 - 250$  мм.

$$q_p = q_e \cdot e \cdot K_d \cdot (\gamma / 2,6)$$

$q_e$  – еталонна витрата стандартної ВР з  $Q_v = 4190$  кДж/кг, за кондиційного куска 500мм.;

$e$  – коефіцієнт працездатності;

$K_d$  – поправочний коефіцієнт на розмір кусків.

Розрах. $d_k$ , мм.	250	500	750	1000	1250	1500
$K_d$	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

Категорія тріщин.	$q_{еталонне}$ Коефіцієнт за Протод'яконовим		
	2 – 5	6 – 10	11 – 20
I	0,3	0,35	0,45
II	0,4	0,5	0,6
III	0,65	0,75	0,9
IV	0,85	1,0	1,2
V	1,0	1,2	1,1

Професор Б. М. Кутузов:

$$q_{акт} = q_0 \cdot (0,6 + 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot d_0 \cdot d_{II}) \cdot (0,6/d_k)^{2/5} \cdot e,$$

$$e = Q_3 / Q_{\Phi}$$

де  $Q_3$  – теплота вибуху еталонної ВР.

$Q_{\Phi}$  – теплота вибуху застосованої ВР.

$d_0$  – середній розмір окремоті;

$d_k$  – конд кусок.

$$q_0 = 0,13 \cdot \rho_{II} \cdot \sqrt[4]{f};$$

де  $\rho_{II}$  – щільність породи.

На практиці проектну питому витрату ( $г/м^3$ ) ВР визначають на основі еталонного  $q_e$  з урахуванням технологічних та організаційних факторів.

$$q_{II} = e \cdot q_e \cdot K_q \cdot K_{с.з.} \cdot K_v \cdot K_{II}$$

де  $K_q$  – поправочний коефіцієнт на витрату ВР з урахуванням потрібного ступеня подрібнення;

$K_{с.з.}$  – поправка на ступінь зосередження заряду,

при:  $d_3 = 100$  мм  $K_{с.з.} = 0,8$

$d_3 = 200$  мм  $K_{с.з.} = 1$

$d_3 = 300$  мм  $K_{с.з.} = 1,2$

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на висоту

$K_{II}$  – поправочний коефіцієнт на кількість відкритих поверхонь.

$$2 - K_{II} = 1$$

$$1 - K_{II} = 2,5 \div 5$$

## ЛЕКЦІЯ № 11

### Т Е М А: Проектування підривних робіт на гідротехнічних об'єктах.

#### 1. Днозаглиблювальні роботи.

Підривні роботи для заглиблення дна застосовують в основному для підтримання судноплавства в меженний період, при реконструкції водних шляхів. В першому випадку підривають піщані переكاتи, в другому – різні скельні породи.

При реконструкції водних шляхів вибухові роботи ведуть свердловинними, шпуровими та накладними зарядами, залежно від потужності шару, що знімається, а також від його площі. При підриванні піщаних переكاتів застосовують тільки накладні заряди.

На всі перелічені роботи складається робочий проект. При пошукових роботах встановлюють: площу та потужність шару, групу міцності порід, глибину води над перекатом, швидкість течії, в зимовий період – товщину льоду, влітку – частоту проходження суден. Складається план місцевості радіусом не менше 300м, де наносяться навігаційні знаки, ЛЕП, дороги, населенні пункти, споруди, які належить забезпечити від дії вибуху.

Визначаються зимувальні ями та періоди ходу риби на нерест. Проект узгоджується з органами рибохорони, а на судноплавних водоймах (в період навігації) – із службою шляхів пароплавства та диспетчером.

Підривання переكاتів та порогів має відповідати таким вимогам:

- рихлення масиву за один прийом на глибину, більшу від потрібної на 0,3м при накладних та шпурових зарядах, та на 0,5м при свердловинних зарядах.
- масив дробиться до ступеня 0,3м в ребрі для каменечерпалок та 0,5м – для грейферів.

При методі накладних зарядів величину заряду визначають:

$$Q = h_B \cdot q \cdot a^2, \text{ кг}$$

де  $h_B$  – глибина воронки,  $1,5h$

$h$  – потужність масиву.

Група міцності за СНІП	III	IV	V	VI	VII	VIII
$q, \text{ кг/м}^3$	20	30	40	50	80	130

Відстань  $a$  між зарядами:  $a = (2,5 \div 3,5) \cdot h, \text{ м.}$

Підривання зарядів за допомогою ДШ миттєве.

При шпуровому та свердловинному методах мережу приймають обмеженою, тобто при розмірі куска до 0,5м  $m = 0,9$ ,  
при розмірі куска до 0,3м  $m = 0,7$

$$a = v = m \cdot W, \text{ м.}$$

Для шпурів:

$$W = 47 \cdot K_T \cdot d \cdot \sqrt{\frac{\Delta \cdot K_{BP}}{\rho}};$$

де  $\Delta$  – щільність ВР в патроні, г/см<sup>3</sup>;

$K_{BP}$  – коефіцієнт працездатності ВР (до ам. 6ЖВ);

$\rho$  – щільність породи, г/см<sup>3</sup>.

Довжина шпурів:

$$\ell_{ш} = (h + \text{запас} + L_{\text{перемб.}}).$$

Довжина перебуру для порід до VIII групи = 10d.

Вище VIII групи - 15d.

Величина заряду:

$$Q = 0,7 \cdot L \cdot q$$

Рекомендується застосовувати порядне КСП, при свердловинних зарядах:

$$W = 53 \cdot K_T \cdot d \cdot \sqrt{\frac{\Delta \cdot K_{BP}}{\rho}};$$

Маса заряду:

$$Q = (L - 20 \cdot d) \cdot P$$

Підривання за порядною або хвильовою схемами залежно від потрібної висоти навалу.

Буріння ведуть переважно із спеціальних бурових платформ на понтонах із спеціальними висувними колонками для опори на дно водойми. Взимку бурять через майки в льоду, які покриваються лісоматеріалом з запасом не менше 1,5м. Колоди через 1,0 – 1,5 м, а поперек – дошки 50мм, на відстані 20 – 30 см.

## **2. Заходи по охороні водних організмів.**

Безпечний радіус для зовнішніх зарядів:

$$r_6 = \sqrt{Q_{3AG}} \cdot \frac{220}{\sqrt{E_B}},$$

де  $E_B$  – питомий потік енергії (безпечний).

Ступінь чутливості	Організми	$E_B$ , Дж/м <sup>2</sup>
Високочутливі	Кефаль, хамса	50
Те ж	Чехонь, дрібний судак	80
Середньочутливі	Карась, окунь, судак, щука, лящ, тарань	160
Те ж	В'язь, линок, короп, осетер	250
Малочутливі	Бичок, рак, криль	2500

Для свердловинних зарядів безпечний радіус при  $\ell_{заб.}$  не менше  $5 \cdot d_3$ :

$$r_6 = \sqrt[3]{Q_{3AG}} \cdot 16 \cdot \sqrt[4]{H_{ВОДИ}} / \sqrt[4]{E_B};$$

Навколо цієї зони встановлюється бар'єр із сітки, або відлякують рибу дрібними вибухами. Якщо є зимувальна яма, її захищають бульбашковою завісою.

Якщо риба іде на нерест, в підривних роботах роблять перерву.

### **3. Заглиблення піщаних перекатів в меженний період.**

Підривні роботи переслідують мету – розлив та днозаглиблення силою течії. Для цього зверху вниз по течії рядами підривають накладні заряди. Відстані між зарядами та рядами визначають з таблиць.

Заряд Q, кг	Відстані, (м) залежно від глибини води, (м)		
	1,0	2,0	3,0
3,0	4,5	5,8	7,5
4,0	5,0	6,5	8,5
6,0	–	7,9	10,0

### **4. Льодорубні роботи.**

Ведуться для захисту гідротехнічних споруд за льодоходу весною, а також при проведенні суден через льоди.

На л.р. складають робочий проект, що включає карту району з нанесенням ділянок льодового покриву, що спускається, місця зберігання ВР, знаходження команд підривників, типові схеми розташування зарядів з таблицями їх величин. При ВР спочатку утворюють вибухом лунки:

В льоду	до 0,7	0,7 – 0,9	1,1 – 1,2	1,3 – 1,4
Q, кг	2,0	3,0	5,0	7,0

Глибина заглиблення основного заряду:

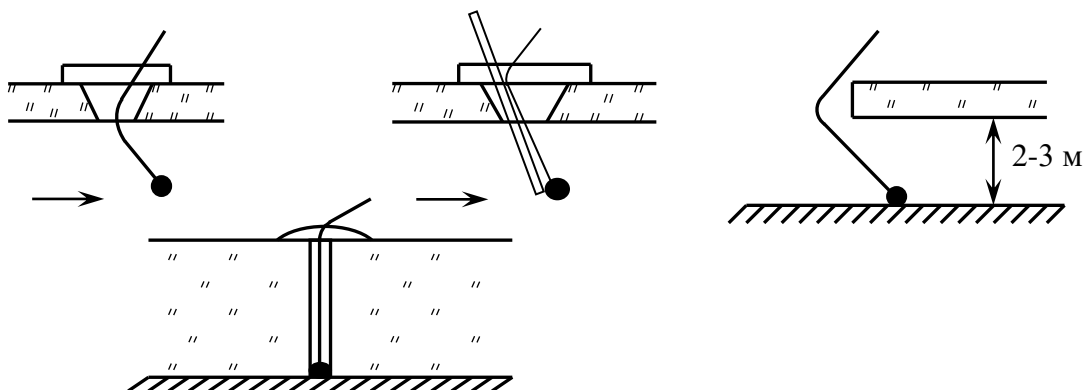
$$W = (2.5 \div 3.0) \cdot B$$

Відстань між зарядами:

$$a = (4 \div 5) \cdot W$$

Питома витрата ВР – 0,9 кг/м<sup>3</sup>.

Величина заряду – з формули Борескова.





ВР – водостійкі з  $\rho > 1$ , (тротиліві шашки, ам.6ЖВ в патронах діаметром 90мм).

Підривання – вогневе для зовнішніх зарядів та ЕД з ДШ – для підводних робіт.

### **5.Підривання перемичок**

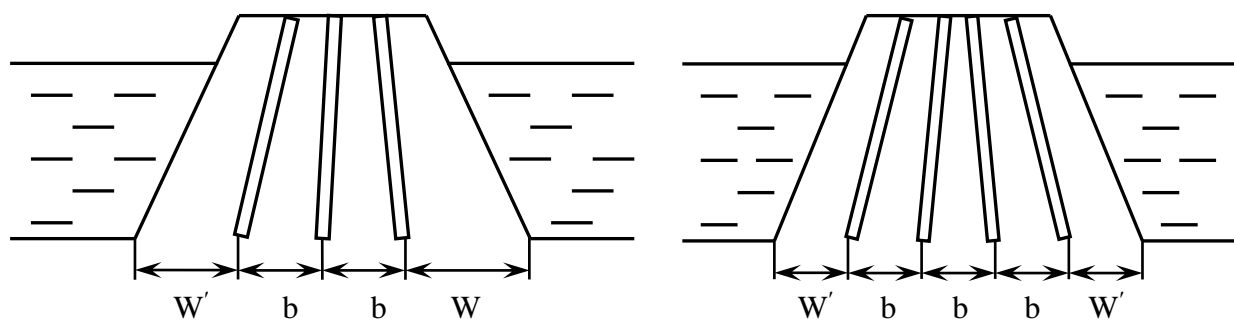
Можуть бути скельні в природному масиві, насипні, ґрунтові чи ґрунтові з кам'яною цитринкою. Підривання проводять після закінчення робіт у відгородженій водоймі або котловані.

Підривають на спуснення з наступним вийманням екскаватором; на викидання для утворення первісної прорізі з розширенням її водою; на повне викидання (при невеликих розмірах).

На підривання перемичок складають робочий проект.

Застосовують свердловинні заряди нормальні (100 – 150 мм) чи збільшені (200 – 250 мм) діаметром. В перемичках, складених з насипного каміння-станки канатно – ударного буріння, в слабких породах – шнекове буріння, в скельних – шарошкове.

При розрахунку параметрів БПР глибину спуснення задають на 0,5 – 1м нижче дна. З сторони відкошу, підригто водою, W та „а” беруть 0,5 – 0,7 розрахункових, а „в” – const.



При підриванні на викидання осьової прорізі, якщо її глибина не більше 4м, застосовуємо 1 ряд вертикальних свердловинних зарядів.

Якщо  $H > 4$  м – застосовують зосереджувальні заряди в свердловинах чи шпурах великого діаметра.

Мінімальний діаметр: 
$$d = \frac{W}{20 \cdot \sqrt{1+n^2}};$$

Забивка має бути не менше 0,5м.

## ЛЕКЦІЯ № 10

### Т Е М А: Проектування підривних робіт в міських умовах.

#### 1. Обвалення будівель

Застосовують переважно шпурові заряди. Для руйнування особливо потужних колон застосовують зосереджені заряди в свердловинах чи рукавах. Для обвалення будівель по всьому їх периметру утворюють вибухом „підбій”. Для запобігання небезпечних нависань окремих елементів будівель „підбій” має бути суцільним. Будинки з внутрішніми капітальними стінами обрушують цілком або частинами.

В першому випадку в капітальних стінах утворюють підбій на однаковому рівні з зовнішніми стінами.

В другому – обрушувану частину відрізають від залишеної вертикальними підбоями вздовж капітальної стіни.

Перед обваленням будинок повинен бути звільнений від дерев'яних частин (перекриття, дверних та віконних прорізів, внутрішніх переборок та ін.).

Потрібно встановити розташування в зоні обрушення підземних комунікацій, що потребують захисту, уточнити план розташування діючих будівель, транспортних магістралей, повітряних ЛЕП та інших об'єктів в межах не менше 100м.

На обрушення будинків складають робочий проект, включаючи креслення та пояснювальну записку. На робочих кресленнях показують розташування шпурів. Залежно від міцності стіни шпури суцільного підбою розташовують у 2÷3 ряди, на глибині не менше 0,5м від підлоги 1 – го поверху. Буріння шпурів діаметром 40 – 60 мм здійснюють бурильними молотками на глибину  $\frac{2}{3}$  товщини стіни. Шпури розташовують у шаховому порядку з відстанню між зарядами в ряду 0,8 – 1,4 , а між рядами – 0,75 – до 1,0 глибини шпурів.

Маса заряду:

$$Q = K \cdot W^3, \text{ кг}$$

де K – таблична величина (ам. № 9).

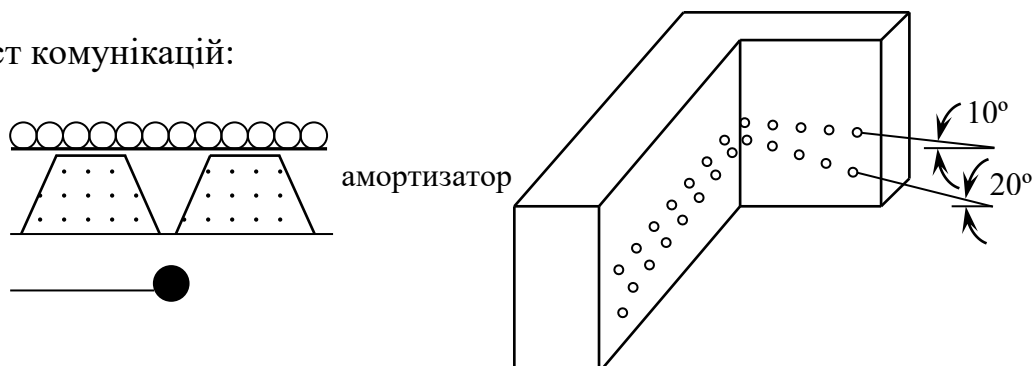
Товщина кладки, м	Цегла на вапні, (I кат.)	Цегла на цементі, (II кат.)	Бетон (III кат.)	Залізо – бетон (IV кат.)
0,5	1,8	1,98	2,16	2,34
0,8	1,0	1,1	1,2	1,3
1 – 1,3	0,8	0,88	0,96	1,04
1,6 – 1,7	0,65	0,72	0,78	0,85
1,9 – 2,5	0,4	0,44	0,48	0,52

В колонах діаметром > 1,5м збільшують на 25% порівняно із стінами.

В населених пунктах при обрушенні будинків підготовчі виробки для зарядів розміщують всередині будинку.

Направленість обрушення споруд досягається розташуванням горизонтальних шпурів в формі клина. Верхній ряд шпурів розташовують під кутом  $10^\circ$  до вершини клина, нижній – під кутом  $20^\circ$ .

Захист комунікацій:



При обрушенні заряди патронованих ВР підривають детонуючим шнуром, або електродетонатором. Вибухова мережа дублюється. Як набивка використовується глина, суміш піску з глиною.

## **2. Подрібнення фундаментів**

Фундаменти за характером спорудження та міцності поділяють на IV категорії (як і в табл.). Фундаменти можна підривати як в будинках, так і на відкритих майданчиках.

I категорія тільки на розпушення. Якщо фундамент руйнують на повну висоту, глибина шпура =  $0,9$  висоти фундаменту; якщо шарами – глибина шпура = товщині шару, виключаючи останній, в якому  $\ell_{ш} = 0,9 \cdot h_{шару}$ .

Діаметр шпурів: 35 – 60 мм.

Відстань між шпурами:  $(1,0 - 1,3) \cdot W$ .

Відстань між рядами =  $W$ .

Маса заряду:

$$Q = K \cdot W^3.$$

Категорія	I	II	III	IV
K	0,3 – 0,45	0,4 – 0,55	0,5 – 0,65	0,6 – 0,7

## **3. Руйнування металу**

Для поділення на транспортабельні куски метал подрібнюють енергією вибуху на спеціально обладнаних полігонах, броньових ямах або на місці знаходження об'єкта. Майданчик в центрі полігона обносять колючим дротом. Небезпечна зона складає не менше 1500м. Броньова яма розташовується не менше ніж на 100м від будинків та споруд, в 30м від ями обноситься загорожею висотою 1,5м з 5 – ти сантиметрових дощок.

Метал подрібнюють накладними і шпуровими зарядами із високо – бризантних ВР.

Величина накладних зарядів:  $Q = q \cdot h^2 \cdot a$ , кг  
де  $q = 0,005$  для чавуну та  $0,0077$  кг/см<sup>3</sup> для сталі  
 $h$  – товщина металу, см.  
 $a$  – ширина листа (довжина різання), см.

Шпури – при пробиванні металу  $h > 15$  см.

Глибина шпурів не  $> \frac{2}{3}$  та не  $< \frac{1}{2}$  товщини металу.

Відстань між шпурами – 1,0 – 1,5 глибини шпура, але не  $> 30 - 40$  см.

Маса заряду (0,7 глибини шпура):

$$Q = 0.55 \cdot d^2 \cdot \Delta \cdot L, \text{ кг}$$

де  $d$  – діаметр шпура, дм.

$\Delta$  – щільність заряду, кг/ дм<sup>3</sup>.

$L$  – глибина шпура, дм.

Шпури в металі висвердлюють діаметром 30 – 33 мм, або пропалюють киснем. Заряджання після пропалення тільки після охолодження водою  $< 80^\circ\text{C}$ .

При підриванні порожнинних деталей, відливок з бронзи, міді та ін., заряди розміщують всередині і після введення заряду – порожнину заповнюють вологою землею, піском та ін. Завдяки цьому досягається рівномірне подрібнення.

Конструкції коробчатої форми, а також різні резервуари добре подрібнюють гідровибуховим способом. Такі конструкції заповнюються водою до країв, заряд підвішують на вірьовці в центрі конструкції з заглибленням його на  $\frac{2}{3}$  товщини шару води.

Маса заряду:

$$Q = q \cdot V, \text{ кг}$$

де  $V$  - об'єм металу в посудині, м<sup>3</sup>.

$q$  – питомий вибух, кг/м<sup>3</sup>.

$q$  кг/м<sup>3</sup>

Чавун сірий – 4,5 – 5,0

Чавун білий – 5,5 – 6,0

Сталь крихка – 6,7 – 7,5

Сталь в'язка – 8,0 – 9,0

#### **4. Підривання бетонних та залізобетонних конструкцій**

Залежно від засобів прибирання:

- подрібнення – бульдозер чи екскаватор.
- транспортабельні куски – крани.

Застосовуються шпурові заряди при товщині до 5м та свердловини  $> 5$ м.

Мостові опори мають спеціальні камери для розміщення зарядів.

При руйнуванні з/б конструкцій  $b < 0,4$ м – застосовують подовженні зовнішні заряди.

Для ведення робіт складають проект виконання робіт (креслення та пояснювальна записка). Для з/б конструкцій нескладної будови – паспорт БВР.

Загальна величина заряду:

$$Q_{\text{зар}} = V \cdot q,$$

де  $q=0.45-0.55$  кг/м<sup>3</sup> – ам. 6ЖВ.

Число шпурів:  $N = Q_{\text{зар}} / (p \cdot L_3) = V \cdot q / (p \cdot L_3)$

де  $p$  – місткість шпура, кг;

$L_3$  – довжина заряду, м,  $(0,52 \cdot L_{\text{ш}})$

$L_{\text{ш}} = 0,9 \cdot H$

$L_3 = 0,45 \cdot H$

В бетонних блоках  $H$  не більше 3м – за один раз

$Q = 0.45 \cdot H_p$ ,

горизонтальними шпурами з вигідної позиції буріння.

Вертикальні шпури – шарами висотою не більше 2м, величина заряду в шпурі:

$Q = 0.5 \cdot H_p$ .

Підривання – електричне КСП за порядною або хвильовою схемами (для поліпшення ступеня подрібнення та зменшення дальності розлітання).

Якщо подрібнення відбувається близько від агрегатів, шпури бурять 0,5×0,5м, а заряд – нитка ДШ. Потрібні укриття з щитів товщиною не менше 50мм, і не ближче 0,5м від об'єкта захисту.

У випадку прибирання краном – бетон лише розколюють. Шпури бурять на відстані 40 – 50 см і не добурюють на 30 см до грані, або 20 см до підосви. Діаметр шпура не менше 42 мм, набивка 30 см. ВР – бетоніт діаметр 24 мм на тонкій рейці + ДШ, або ВР – ДШ, а шпури на відстані 20см (2 – 3 нитки ДШ).

Для з/б – заряди на вибивання бетону, арматура ріжеться автогеном. ВР – бризантні.

Якщо товщина з/б конструкції не більше 40 см, вибивають бетон поверхневими зарядами.

Товщина плити, см	5	10	15	25	40
Заряд ам. 6ЖВ, кг/м	1	2	3	5,5	11

Набивка пісок, або дерн товщиною не менше товщини заряду.

## ЛЕКЦІЯ № 12

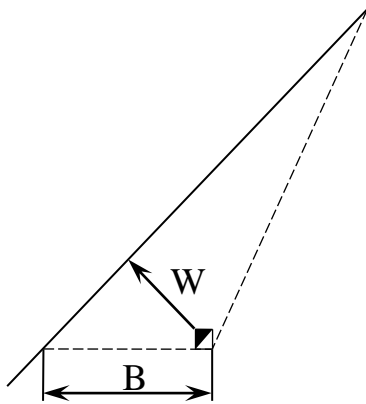
### Т Е М А: Спеціальні підривні роботи

#### 1. Утворення полотна доріг на схилах

Траси доріг нерідко перетинають гірські породи і ґрунти з різними фізико-механічними властивостями, потужністю масиву, обводненістю та ін. Важливе значення при цьому має профіль денної поверхні. Методи виконання підривних робіт на будівництві доріг повинні забезпечувати дорожні полиці заданого розміру при збереженні стійкості нагорних відкосів. Основними видами робіт є методи шпурових, свердловинних та малокамерних зарядів.

Маса заряду за формулою Борескова:

$$Q = q \cdot W^3 \cdot (0.4 + 0.6 \cdot n^3).$$

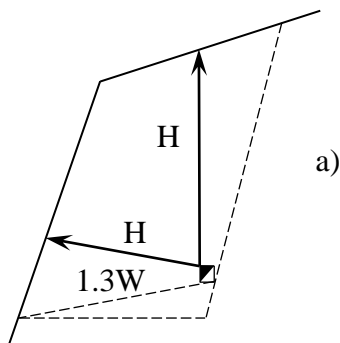


Основна схема розташування камерних зарядів є однорядною. Показник дії вибуху  $n$  визначають із умов співпадання радіусу відриву в підгорну сторону з основою дорожньої виїмки за формулою:

$$n = \sqrt{\frac{B^2 - W^2}{W^2}},$$

де  $B$  – ширина полиці, м  
 $W$  – Л.Н.О., м.

При створенні дорожніх полиць на косогорах з ухилом до горизонту  $> 50^\circ$  застосовують в схемах з одно-, дво- та багатоярусним розташуванням зарядів.



Дво- та багатоярусне розташування зарядів спуснення застосовують при великих висотах обрешуваних відкосів.

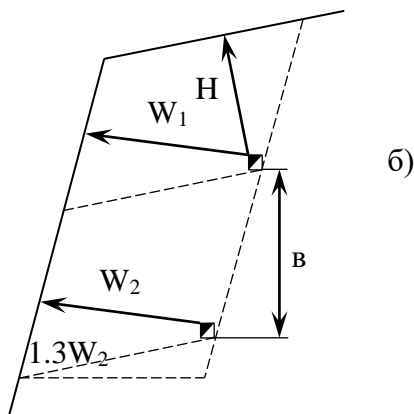
Відстань між ярусами зарядів:

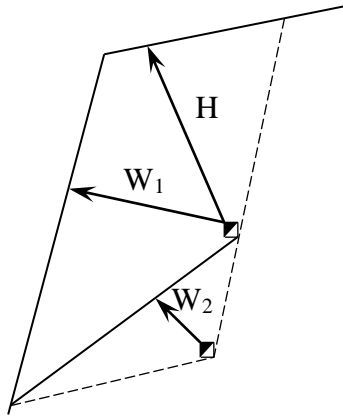
$$B = (1.3 \div 1.6) \cdot W_n, \text{ м.}$$

де  $W_n$  – довжина ЛНО зарядів нижнього ярусу.

Схема підривання – починаючи з верхнього ярусу.

Комбіновані схеми зарядів рихлення та скидання застосовують у випадках, коли освоєння схилів на крутосхилах з ухилом  $> 50^\circ$  затруднене.





Радіус дії скидного заряду в підгорну сторону слід визначати за формулою:

$$R = W \cdot \sqrt{1+n^2}, \text{ м.}$$

$$n = 1 \div 2$$

і визначають за

$$\text{формулою: } n = \frac{0.5 \cdot H}{W},$$

де – H висота уступу над зарядом.

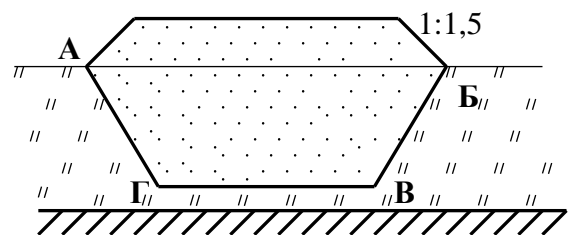
## 2. Спорудження доріг на болотах

Застосовується метод видалення чи витіснення трясовини, розрідженого ґрунту та мулу з – під піщаної висипки для створення стійкого полотна дороги.

При виборі конструкції і способу зведення насипу розрізняють три типи боліт:

- I – болото, до дна заповнене торфом стійкої консистенції;
- II – болото, заповнене слабким торфом нестійкої консистенції;
- III – болото з торф'яним верхнім шаром, заповнене до дна мулом та водою.

На болотах I типу насипи > 3 м споруджують без виторфовування (без БВР). Насипи висотою < 3 м відсипають з частковим виторфовуванням чи вибуховим способом, чи за допомогою екскаватора або бульдозера.

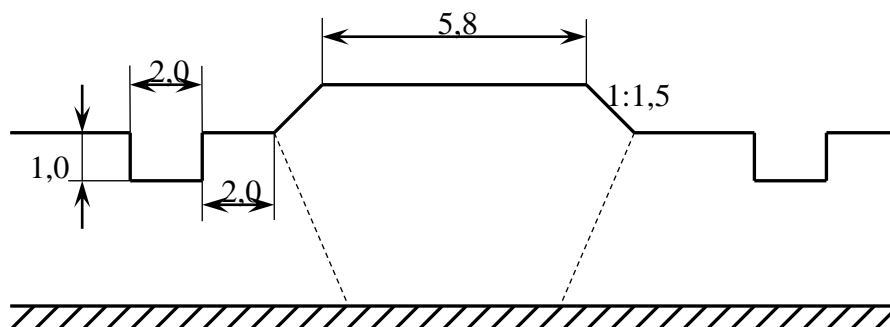


АБВГ – площа траншеї, що належить виторфовувати.

Глибина виторфовування залежить від висоти насипу над поверхнею:

Висота насипу	1,2 – 1,5	1,5 – 2,0	2,0 – 2,5
Глибина виторф.	2,0	1,5	1,0

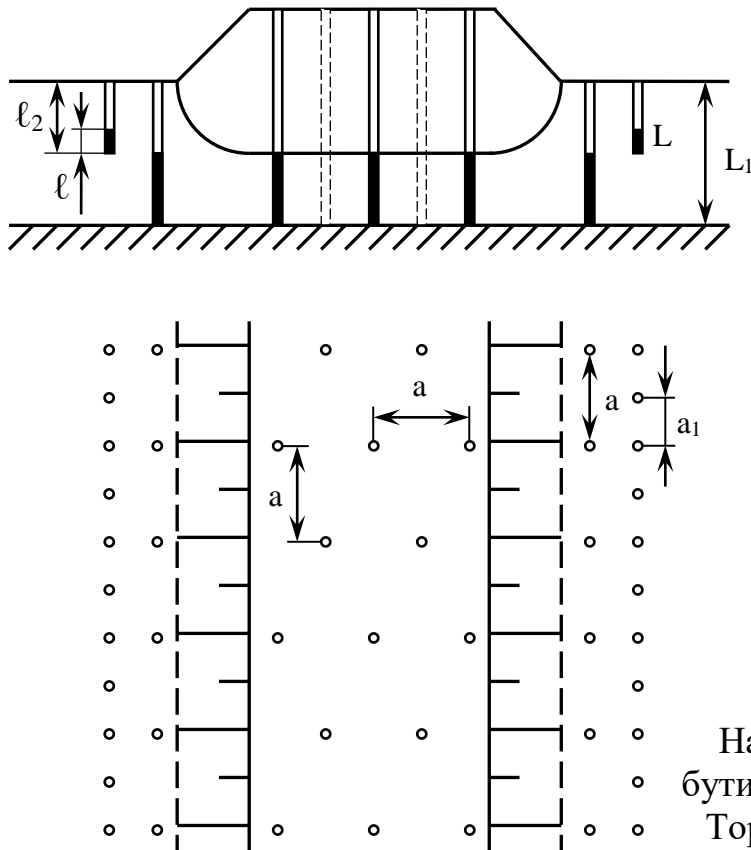
На болотах II типу глибиною < 3м насипи садять на мінеральне дно. При глибині > 3м насипи споруджують із зануренням в болото не менше 3м.



Основою насипу при цьому слугують болотні маси.

Для прискорення витиснення слабкого торфу з – під основи насипу з обох сторін її влаштовують канави глибиною 1,0м і шириною 2м, які приймають торф.

Принцип вибухової посадки насипів на мінеральне дно боліт полягає у витисненні торфу в придорожню полосу (бічні канави) вибухом серії зарядів, розташованих під насипом.



Першими підривають заряди, розміщені в свердловинах по осі траси і по крайнім рядам.

Потім через 2 секунди підривають заряди між віссю відкосами насипу. Далі через 4 секунди після них підривають заряди в свердловинах біля нижнього краю насипу.

Відстань між зарядами:

$$a = 30 \cdot d, \text{ дм.}$$

Маса заряду для канав:

$$Q = \pi \cdot d^2 \cdot \ell \cdot \Delta / 4, \text{ кг}$$

де  $\ell$  - товщина шару торфу над насипом,

$$d = 1 \div 1,2 \text{ дм.}$$

Насипи на болотах III типу повинні бути посаджені на мінеральне дно.

Торфовий покрив видаляється на ширину насипу за допомогою вибуху. Розташування і величину зарядів розраховують з попередніх формул.

### **3. Корчування пнів та дерев.**

Вибухові роботи застосовуються при діаметрі пенька  $>35$  см. Якщо менше – машинами. Враховується порода дерева, час рубання, характер ґрунту.

Заряд розташовують у підкопі глибиною  $1,5 \div 2,0 d_{\text{пн}}$ . Якщо корчують пні близько від будинків, глибина підкопу збільшується до  $3 - 4 d_{\text{пн}}$ .

Підкопи роблять на відстані  $20 - 25$  см від пня в проміжках між великим корінням під кутом  $40 - 50^\circ$  до горизонту. В окремих випадках, при глибокому корінні висвердлюють у пнях шпури.

Маса заряду:

$$Q = k \cdot d, \text{ г.}$$

де  $d$  – діаметр пня на висоті 10см від розгалуження коренів, см.

$k$  – питома витрата на сантиметр діаметра, г.



При перебиванні дерев поверхневими зарядами їх масу визначають за формулою:

$$Q = 0.785 \cdot q \cdot d^2$$

де  $q = 1,25 \div 1,5$  для твердих та в'язких порід, г/см<sup>2</sup>  
для інших – 1,0 г/см<sup>2</sup>,

$d$  – діаметр пня, см.

#### **4. Підривання мерзлих ґрунтів.**

Підривні роботи застосовують при копанні котлованів, траншей, плануванні будівельних майданчиків.

Найбільш ефективний метод шпурових зарядів спущення (до 2м).

Маса заряду в шпурі:

$$Q = q \cdot W^3, \text{ кг}$$

де  $q$  – розрахункова питома витрата, кг/м<sup>3</sup> (для піщаних та  
та рослинних ґрунтів – 0,5 кг/м<sup>3</sup>;  
для ґрунтів з камінням – 0,6 кг/м<sup>3</sup>;  
для глинистих ґрунтів та  
ґрунтів з будівельним сміттям – 0,7 кг/м<sup>3</sup>

Відстань між зарядами:  $a = 1 \div 1,5 \cdot W$

Відстань між рядами:  $b = 0,75 \div 1,0 \cdot W$

## ЛЕКЦІЯ № 7

### Т Е М А: Особливості підричних робіт при проведенні виробок в небезпечних умовах вугільних шахт

При глибині розробки вугілля 600м та більше на шахтах Донбасу відбуваються раптові викиди вугілля з лави та породи з прохідницьких вибоїв об'ємом до сотень та тисяч тонн. Застосування в цих випадках механізованого виймання вугілля і породи небезпечне, оскільки робочі знаходяться в безпосередній близькості від джерела викиду. Для таких умов застосовують спеціальні методи ведення підричних робіт, що забезпечують максимальну безпеку для прохідницьких та видобувних робіт.

У вітчизняній практиці на вугільних шахтах розробляються сотні пластів, небезпечних за раптовими викидами вугілля та газу.

Зростання глибини гірничих робіт супроводжується ростом числа викидо - небезпечних пластів, та частоти викидів, їх інтенсивності. Так, під час розкриття пласта „Мазурка” на шахті ім. Гагаріна ВО „Артемвугілля” було викинуто близько 14000 тонн вугілля та виділилось 250000 м<sup>3</sup> газу.

Одним з найбільш застосовуваних методів забезпечення безпеки робіт на розкритті таких пластів при проведенні підготовчих та очисних виробок по таким пластам, а також при розкритті занурюючих пластів, є струсне підривання.

Струсне підривання має два принципово різних призначення: повне відбивання вугілля та породи в заданому перетині виробки та запобігання викидів вугілля і газу.

Викидання вугілля та газу, що відбуваються при струсному підриванні, характеризуються такими ознаками:

- відкиданням від вибою вугілля на відстань, більшу за протяжність можливого розвалу вугілля, відбитого звичайним вибухом;
- підвищенням газовиділенням у виробку;
- утворенням у вугільному масиві характерної порожнини.

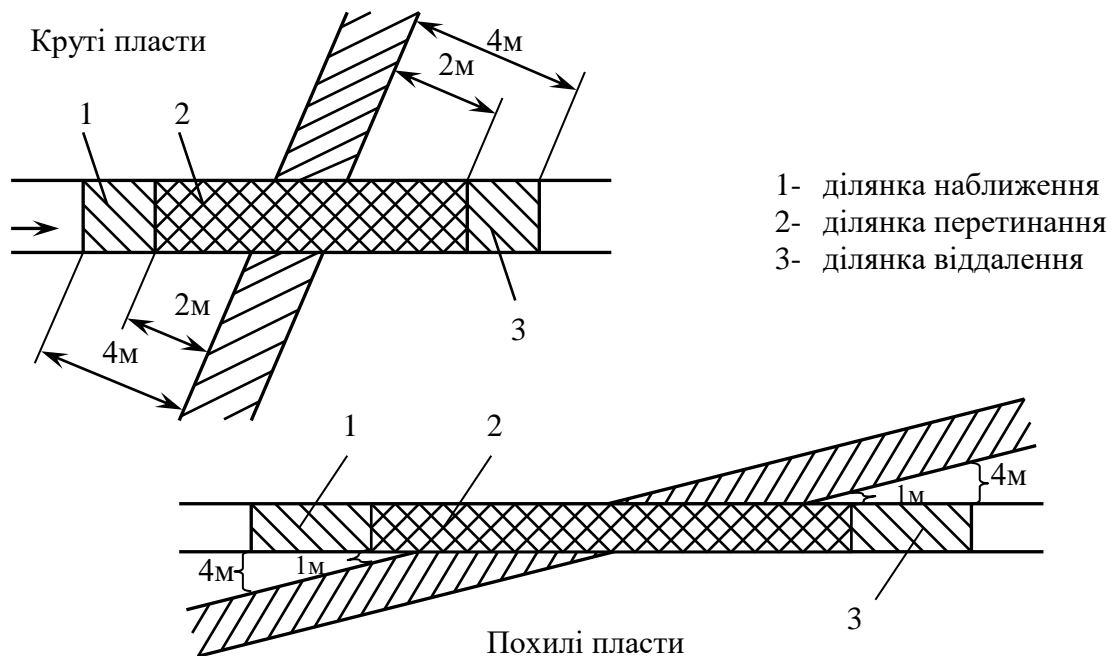
Викидання породи та газу виникають у пісковиках при вибухових роботах за межами безпосереднього динамічного впливу вибуху заряду ВР.

Основні ознаки викиду породи з газом:

- руйнування породи за межами проектного перетину виробки;
- утворення в масиві порожнини, оконтуреної породою, яка розшарувалась на тонкі лускоподібні пластивці;
- відкидання породи від вибою чи подрібнення значної частини її до розмірів крупнозернистого піску;
- підвищення виділення газу в виробку.

Збільшення інтенсивності викидів вугілля і газу спостерігається і при збільшенні площі перетину виробки, оскільки зростає відкрита поверхня викидонебезпечного пласту.

Значний вплив на інтенсивність викидання вугілля та газу має кут падіння пласту. Так, на пластах з малим кутом падіння при струстному підриванні у вибоях підготовчих виробок та при розкритті пластів максимальна інтенсивність викидів не перевищувала 2000 тонн, а при крутому падінні – досягала 14000 тонн.



Залежно від призначення, області та умов ефективного застосування підричних робіт можна струсне підривання розділити на 6 видів (табл. № 7.1).

Табл. 7.1

Вид (область) струсного підривання	Призначення струсного підривання
Розкриття пластів	Відбивання породи та вугілля в зонах наближення та віддалення
Вибой виробок, що проводяться по викидонебезпечним породам	Відбивання породи в заданому перетині виробки
Способи зменшення інтенсивності та частоти викидів вугілля та газу при проведенні підготовчих та нарізних виробок	Зниження інтенсивності її частоти викидів при струстному підриванні
Торпедування (гідровибухова обробка) привибійної частини вугільного пласта в підготовчих та очисних виробках	Попередження викидів вугілля і газу
Вугільні та мішані вибої підготовчих та очисних виробок	Повне відбивання вугілля чи вугілля і породи в заданому перетині виробки
Передове (позапластове) торпедування вміщуючих порід на виймальних ділянках попереду очисних вибоїв	Попередження чи зниження інтенсивності і частоти викидів вугілля і газу

Розкриття пласта з струсним підриванням починається з 4м від пласту і закінчується після віддалення вибою розкривної виробки на 4м за пласт(по нормалі до пласта).

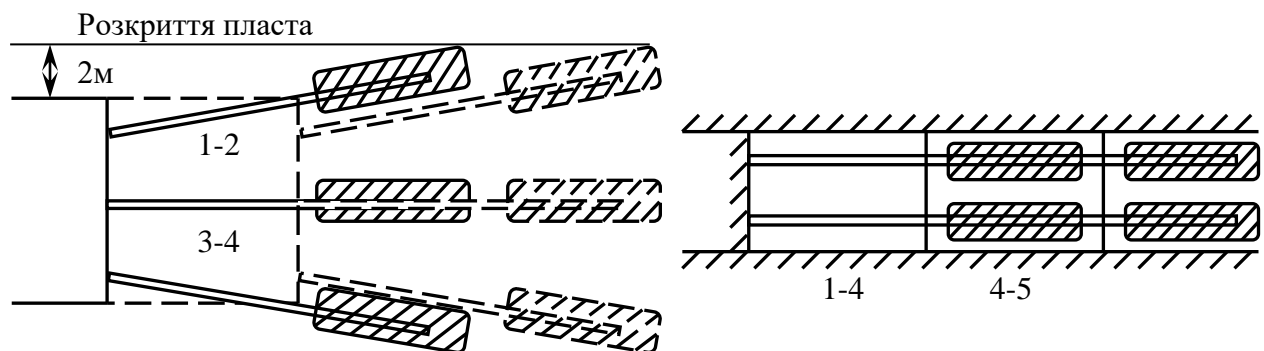
Перетинання пластів в більшості випадків здійснюється квершлагами; значно рідше – вертикальними стволами і лише в окремих випадках – гезенками чи іншими виробками.

Параметри струсного підривання залежать значно від умов ведення ПР, серед яких треба виділити круті та похилі пласти, що пересікаються квершлагами та вертикальними стволами.

Товщина породного цілика між крутим пластом та вибоєм квершлага перед безпосереднім струсним підриванням – не менше 2м по нормалі, при потужності пласта більше 2,5м величина породного корка може бути зменшена до 1,0м.

Пересікати квершлагами пласти крутого падіння потужністю до 2,5м доцільно за одне підривання (з повним відбиванням породної пробки та вугілля).

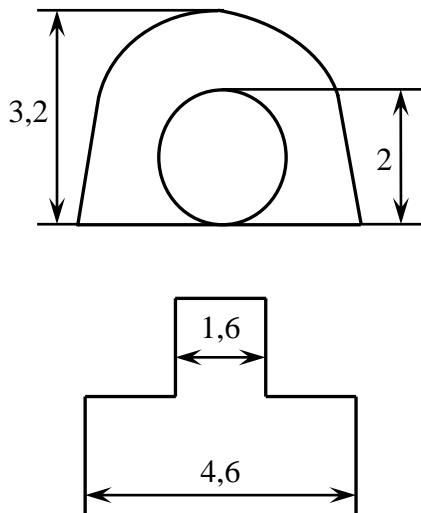
Паспорти БПР в цілому складаються так, щоб весь відрізок розкривної виробки проходився за мінімальне число струсних вибухів.



Проведення підготовчих виробок струсним підриванням може виконуватись з випереджуючим відбиванням вугілля чи з одночасним відбиванням вугілля чи з одночасним відбиванням вугілля і породи.

Практика ведення ВР показує, що **перша схема** може бути використана при проведенні виробок мішаними вибоями на пластах середньої потужності, а **друга схема** найбільш поширена на тонких та надтонких пластах. Її застосування на шахтах Донбасу скорочує число підривань і практично зменшує вірогідність запалення метано – повітряної та пило повітряної сумішей.

Використовуються достатньо потужні ВР IV класу, ВР середньої потужності для вугілля в шахтах небезпечних за газом та пилом, та правильно вибирається паспорт БПР, щоб виключити додаткове оформлення вугільного вибою машинами чи ручним інструментом, особливо в зонах геологічних порушень, де відбувається значна кількість викидів вугілля і газу, а додаткове оформлення виробок є небезпечним.



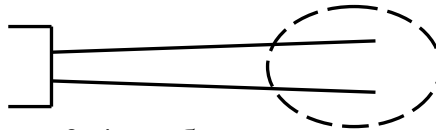
У викидонебезпечних породах застосовується проведення виробок з випереджуючим вибоєм малого перетину, коли ВР виконується в обох вибоях за один прийом. Необхідний ефект локалізації викидів досягається тоді, коли відбита вибухом порода основного вибою перекидає перетин випереджуючого вибою.

Головним недоліком означених методів є те, що вони не змінюють стану вогнища викиду, а тільки зменшує його потужність.

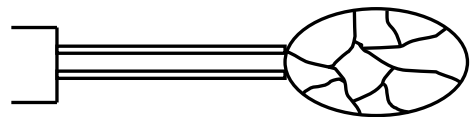
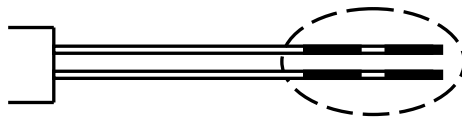
З цієї точки зору кращим є метод попередньої дегазації вогнища викиду глибинними вибухами.

Його сутність:

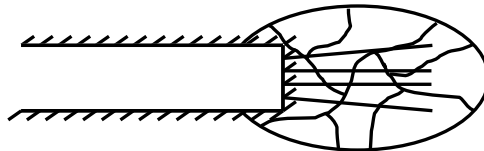
- розвідувальним бурінням, під захистом породної пробки довжиною не менше 5м, визначають викидонебезпечне вогнище;



- в зону вогнища бурять 3-4 глибоких свердловини діаметром 100 - 150мм, які заряджають на викидонебезпечній ділянці і підривають потужні заряди при цьому відбувається глибинне руйнування, тріщиноутворення, відкриваються замкнуті пори піщаника, метал з них викидається через свердловини у виробку. Викидання не відбувається, чому заважає породний корок.



- після повної дегазації відновлюється робота по проведенню виробки звичайним вибуховим способом в режимі струсного підривання.



Підвищення безпеки проведення виробок по вибухонебезпечним пластам при струсному підриванні виконується методами:

- підривання ВР в коротких шпурах в межах зони природного розвантаження (на 1,0 – 1,5м менше її);
- збільшення розмірів зони розвантаження привибійної частини вугільного пласта вибуховим способом;
- випереджуючим відбиванням бокових порід без буріння шпурів по вугіллю;
- створення охоронних перемичок з відбитої маси породи.

## ЛЕКЦІЯ № 8

### Т Е М А: Проектування ВР при підземній розробці рудних родовищ

На відбивання руди в підземних рудниках застосовують:

- свердловинні заряди діаметром 50 – 200 мм;
- камерні заряди до кількох тонн;
- шпурові заряди діаметром до 70 мм.

Проектування БПР в підземних умовах відрізняється від умов проектування на поверхні:

- різноманітністю гірничо – геологічних умов (морфологією, тектонікою, обводненістю, та ін.);
- різноманітністю системи розробки і великою кількістю виробничих процесів;
- нерозривним зв'язком БПР з технологією розробки родовища та застосуванням обладнання усього гірничого комплексу;
- широким діапазоном зміни діаметрів свердловин (більше ніж в 4 рази);
- великим числом засобів буріння;
- багатоманітністю методів ведення вибухових робіт (шпуровим, свердловинним, мінним, паралельними, віяльними, зближеними свердловинними зарядами);
- широким діапазоном фізико – механічних властивостей гірських порід по глибині рудного масиву;
- виявами гірського тиску;
- необхідністю підтримання чи обрушення покриваючих порід;
- застосуванням методів і засобів, які попереджують втрати та збіднення руди.

При проектуванні БПР слід враховувати напрямки технічного прогресу у галузі, який передбачається у напрямках:

- створення високопродуктивних самохідних станків – напівавтоматів, в т. ч. шарошкового буріння;
- підвищення рівня механізації та автоматизації допоміжних процесів, який дозволяє застосувати багатопередаточне буріння одним бурильником;
- підвищення витривалості бурового інструменту;
- концентрація БПР;
- збільшення об'єму камерних систем розробки із заповненням виробленого простору твердіючою закладкою;
- оптимізація та поєднання схем розташування і підривання свердловинних зарядів ВМ;

- широке застосування підземних дробарок із збільшеним приймальним отвором, що дозволяє збільшити розмір кондиційного куска;
- розробка асортименту промислових ВР і засобів їх ініціювання, що дасть змогу раціонально використовувати їх в певних гірничо – геологічних умовах.

Кондиційний кусок приймають:

- за місткістю навантажувального органу (скрепера, ковша навантажувальної машини):

$$d_k = (0,7 \div 0,8) \cdot \sqrt[3]{V_c}$$

- за місткістю транспортної посудини:

$$d_k = 0,5 \cdot \sqrt[3]{V_T}$$

- за мінімальним розміром приймального отвору дробарки чи грохота бункера:

$$d_k = 0,85 \cdot \ell_D$$

- за шириною стрічки конвеєра:

$$d_k = 0,25 \cdot L_{\text{л}} + 0,1$$

- за мінімальною площею перетину випускної гірничої виробки:

$$d_k = \frac{l_B}{3 \div 5}$$

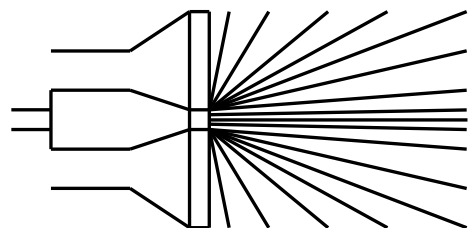
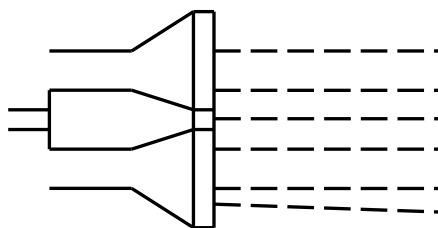
Для розрахунку приймають найменший діаметр  $d_k$ .

Відбивання руди свердловинними зарядами, є основним способом ведення БПР при відбиванні потужних та середньої потужності родовищ крутого залягання такими системами:

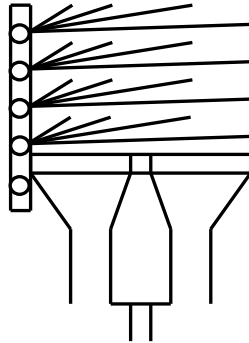
- поверхово – камерною;
- поверхового обрушення;
- підповерхових штреків;
- камерно – стовповою системою (при потужних пологих родовищах).

За взаємним розташуванням свердловин у руді розрізняють:

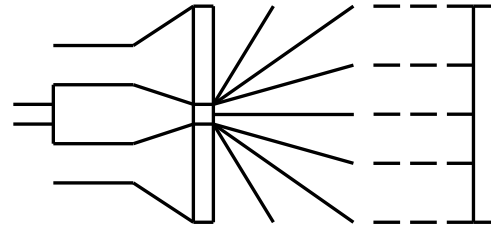
- |   |   |
|---|---|
| - паралельне, порівняно низька вартість нарізання | - віялове, похиле залягання, зменшуються витрати на нарізання |
|---|---|



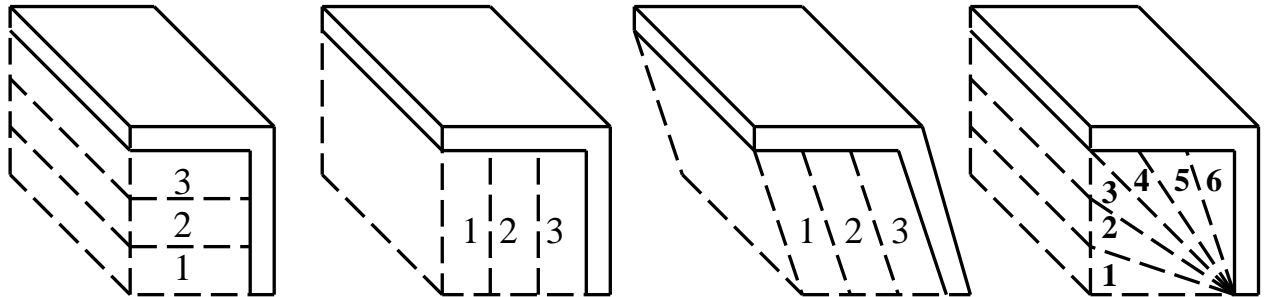
- зближене



- комбіноване розташування,  
проміжна між віяловою та паралельною.



За напрямом дії вибуху в просторі розрізняють відбивання руди горизонтальними шарами, вертикальними, похилими, радіальними прирізками.



Раціональну схему вибирають з урахуванням переважаючого напрямку тріщинуватості масиву і прийнятої системи розробки. При цьому враховується, що відбивання вертикальними чи похилими шарами, якість подрібнення руди краща, оскільки відбивання ведеться при двох відкритих поверхнях. Однак об'єм підготовчих – нарізних робіт тут більший, ніж при горизонтальних шарах чи похилих прирізках.

Варіант свердловинного відбивання проектувальник вибирає виходячи з умов залягання рудного тіла, міцності та стійкості руди та вміщуючих порід, цінності руд, необхідності підтримання чи можливості обрушення покрівлі.

В процесі формування гранулометричного складу відбитої гірської маси виходять із радіуса зони радіального тріщиноутворення  $R_T$  навколо заряду радіусу  $d$ :

$$R_T = 30 \div 60 \cdot \sqrt{d}.$$

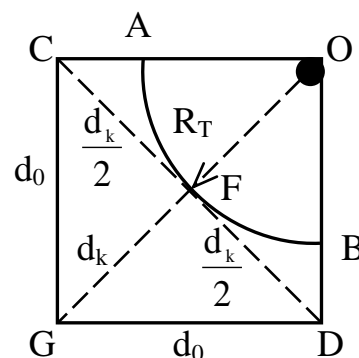
Якісного подрібнення середовища можна досягнути тільки в разі розміщення заряду ВР в кожній окремоті. Якщо розмір окремоті  $d_o > d_k$ , екрануюча дія тріщини створює умови для нерегульованого виходу негабариту.



Найгірші умови для подрібнення створюються в разі попадання свердловини в одну із вершин окремості. Тоді зона тріщиноутворення АОВF менша за об'єм окремості.

Для якісного подрібнення має бути:

$$CD \text{ та } FG < d_k.$$



### Основні етапи визначення параметрів розташування свердловин:

1. Вихід негабаритних фракцій:

$$V_H = 1 - \frac{d_0^2}{a_{cp}^2}$$

де,  $a_{cp}$  – середня відстань між свердловинами.

2. Середня відстань між свердловинами:

$$a_{cp} = \frac{d_0}{\sqrt{1 - V_H}}$$

де,  $V_H$  – гранично припустимий вихід негабариту.

3. Коефіцієнт зближення свердловин:

$$m = \frac{d'_0}{d''_0}$$

де,  $d'_0, d''_0$  – лінійні розміри окремості.

4. Л.Н.О.,  $W$  та відстань між свердловинами  $a_{cp}$ :

$$W = \frac{a_{cp}}{m}$$

5. Питома витрата ВР:

$$q = 0.785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \frac{K_H}{B}$$

де,  $B$  – вихід руди з 1м свердловини.

$d$  – діаметр свердловини, м.

$\rho$  – щільність заряджання, кг/м<sup>3</sup>.

$K_H$  – коеф. недозаряджання:

(0,85 – 0,25) – при паралельн. свердловинах,

(0,75 – 0,85) – при віяловому розташуванні,

(0,6 – 0,78) – при ярусному розташуванні.

Менші значення відповідають меншій глибині свердловин.

f	6 – 8	8 – 10	10 – 12
q <sub>ет</sub>	0,25 – 0,3	0,3 – 0,35	0,35 – 0,40

Фактичний :  $q = q_{ет} \cdot \ell \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$

де,  $K_1$  – коефіцієнт допустимого виходу негабариту

$K_2 = 1$ , при паралельному розташуванні; 1,1 – 1,2 – віяльному;

1 – 1,1 – зближених.

$K_3$  – коефіцієнт розташування зарядів = 1, при одній поверхні;  
0,7 – 0,9 – на 2 поверхні; 1,2 – 1,3 – на затиснене середо -  
вище.

f	12 – 14	14 – 16	16 – 18	18 – 20
$q_{\text{ет}}$	0,4 – 0,45	0,45 – 0,5	0,5	0,55 – 0,6

$K_4$  – при патронованій ВР= 1;  
при пневматичному зарядж. – 0,9 – 0,95;  
пресованих ВР – 0,8 – 0,85.

$K_5$  – коефіцієнт діаметра свердловини:  $K_5 = \left( \frac{d}{0.105} \right)^n$ ,  
 $n = 1 \div 0,5$ ; 1- міцні породи; 0,5 – слабкі породи.

$$\text{Вихід руди з 1 м: } B = \frac{0.785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot K_H}{q_e \cdot l \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5}$$

$$\text{Л.Н.О.: } W = \sqrt{B/m}; \quad a = \sqrt{B \cdot m}; \quad m = 0,8 \div 2.$$

При виборі схеми ініціювання свердловинних зарядів перспективними вважають хвильову та врубову схеми. Сповільнення - 25 – 50 мс.

Підривання виконують переважно в загально вихідні дні з поверхні, з безпечних місць, після виводу із рудника працюючих.

Допуск людей в шахту після масового вибуху, тільки після отримання проб повітря та посиленого провітрювання, огляду технічним керівником стану виробок та споруд.

## ЛЕКЦІЯ № 6

### Т Е М А: Розрахунок параметрів масового вибуху

За величиною розрахункової питомої витрати ВР та місткістю свердловини прийнятого діаметру схема розрахунку величини опору по підшві наступна:

Виводяться 2 рівняння:

1) для першого ряду свердловин:  $Q = q \cdot V = q \cdot a \cdot W \cdot H = q \cdot m \cdot W^2 \cdot H$ .

2)  $Q = p \cdot L = p \cdot (L - \ell_{\text{наб.}}) = p \cdot (L_c - 0.75 \cdot W)$

Прирівнюємо праві частини:

$$q \cdot m \cdot W^2 \cdot H = p \cdot L_c - 0.75 \cdot W \cdot p, \quad m = a / b_{(u)}.$$

Звідки:  $q \cdot m \cdot W^2 \cdot H + 0.75 \cdot W \cdot p - p \cdot L_c = 0$ ,

$$\text{тоді: } W = \frac{\sqrt{0.56 \cdot p^2 + 4 \cdot m \cdot q \cdot p \cdot H \cdot L_c} - 0.75 \cdot p}{2 \cdot m \cdot q \cdot H},$$

для  $m = 1$  та  $H = 10\text{м}$ ,

формула спрощується ( $d \leq 200\text{мм}$ )  $W = 0.9 \cdot \sqrt{P/q_p}$

Значення  $W$  у будь – якому разі має відповідати умові:

$$W \geq H \cdot \text{ctg } \alpha + 3.$$

Відстань між свердловинами в ряду:

$$a = m \cdot W$$

( $m = 0,6...1,4$ ), з урахуванням анізотропії

Відстань між рядами свердловин:  $b = (0,85...1,0) \cdot W$

Величина перебування:  $\ell_{\text{пер.}} = [10...15] \cdot d_{\text{св.}}$

- 10 – для порід I категорії тріщинуватості;
- 15 – для порід V категорії тріщинуватості;
- або  $\ell_{\text{пер.}} \leq 0,5 \cdot q \cdot W$ .

За чітко визначеного горизонтального нашарування порід величину перебування можна зменшити, а в разі наявності у підшві уступу крихких, дрібноблочних чи м'яких порід, перебування можна не виконувати.

Величину набивки

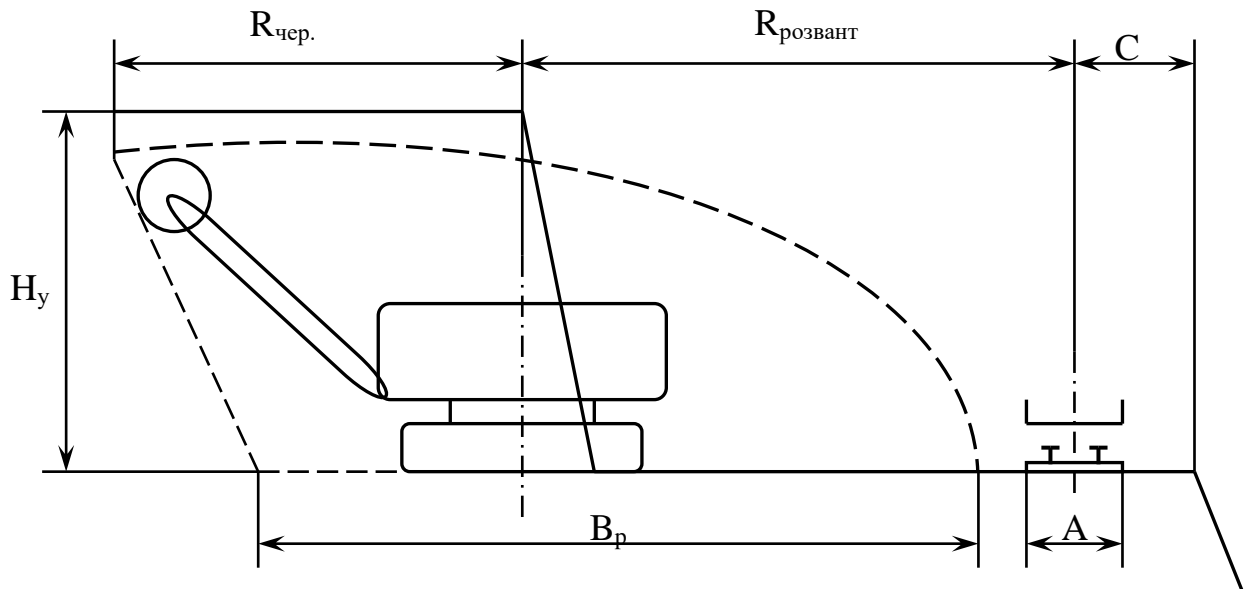
$\ell_{\text{наб.}} = (15 \div 20) \cdot d_{\text{с.}}$ , але при умові перекриття набивкою верхньої частини уступу, зруйнованої попередніми вибухами. Після виконання перших вибухів величину набивки коригують за умовою розлітання кусків та УПХ.

У разі відсутності обмежень щодо розлітання кусків після вибуху довжину набивки беруть до  $10 \cdot d_{\text{с.}}$ , щоб поліпшити подрібнення породи і зменшити руйнування законтурної частини масиву.

### Параметри розвалу

Параметри розвалу підірваної породи визначаються лінійними розмірами виймального обладнання – радіусами та висотою черпання та розвантаження, а також елементами системи розробки – шириною робочих майданчиків, схемами розміщення транспортного обладнання.

Найбільш жорсткі вимоги до ширини розвалу – при поточній та транспортній системах розробки з застосуванням обладнання циклічної дії та залізничного транспорту.



В цих випадках ширина розвалу обмежена і визначається за формулою:

$$B_p = (R_{ч}^{max} + R_p^{max}) - (1/2 \cdot A + C),$$

де,  $A$  – ширина полотна,

$C = 3$  м, берма безпеки.

Зменшення ширини розвалу досягається зменшенням  $q$ , застосуванням схем КСП з великим  $\tau$  та застосуванням підривання в стислих умовах.

При багаторядному КСП без підпірної стінки:

$$B_p = K_3 \cdot B_0 + (n-1) \cdot b, \text{ м}$$

де,  $B_0$  – ширина розвалу для 1 - го ряду

$n$  – кількість рядів.

$$B_0 = K_b \cdot K_\beta \cdot \sqrt{q} \cdot H_y$$

де,  $K_b$  – коефіцієнт, що характеризує висаджуваність породи:

легко –  $3 \div 3,5$

середньо –  $2,5 \div 3$

важко –  $2 \div 2,5$

$K_\beta$  – коеф., що враховує кут нахилу  $\beta$  свердл. до горизонту

$K_3$  – коеф. відкидання висадженої породи, що залежить від  $\tau$ :

$K_3$	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80
$\tau$ , мс	0	10	25	50	>75

Висота розвалу:

а) вертикальних зарядів (однорядне підривання)

$$H_{p.o.} = \frac{2 \cdot H_Y \cdot W \cdot K_p}{B_0};$$

б) похилих  $H_{p.o} = \frac{2 \cdot H_Y \cdot W \cdot K_p}{B_0 + P};$

де,  $P$  – довжина верхньої основи трапецієвого проділю

$K_p$  – коефіцієнт розпушення =  $1,1 \div 1,3$

$$P \cong 0,3 \cdot (B_0 - W) + 3,5, \text{ м}$$

При багаторядному КСП з підпірною стінкою ширина розвалу:

$$B'_p = \left( 1 - \frac{Ш_{п.с.}}{K'_p \cdot W + Ш_{п.с.}} \right) \cdot B_0 + (n-1) \cdot \epsilon$$

де,  $K'_p$  – коефіцієнт розпушення в підпірній стінці (1,05 – 1,1)

$Ш_{п.с.}$  – ширина підпірної стінки, м.

$$Ш_{п.с.} = K'_p \cdot W \cdot \left( \frac{\sqrt{2 \cdot K_n \cdot q \cdot E \cdot Q_b}}{\sigma_{ст.}} - 1 \right), \text{ м.}$$

де,  $E$  – модуль пружності матеріалу

$\sigma_{ст.}$  – границя міцності на стиснення

$K_n$  – експ. коеф. породи (0,2 – легковис. та 0,1 – середньовис.)

$Q_b$  – теплота вибуху, кгс. м./кг

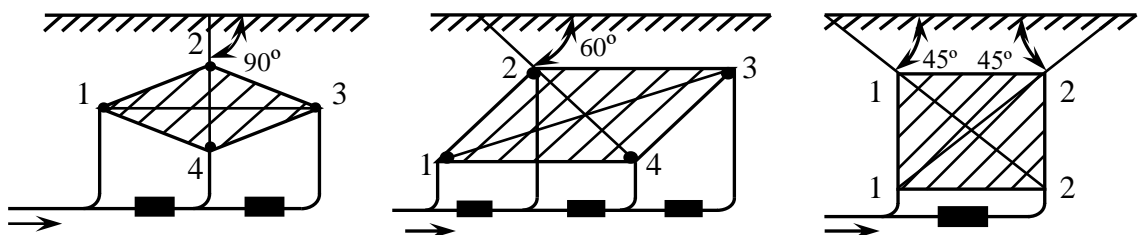
Наявність стінки шириною 6 – 7 м зменшує ширину розвалу в 2 – 3 рази.

### Короткосповільнене підривання

Під КСП розуміють почергове висаджування зарядів ВР з інтервалами сповільнення до 250 мс.

Існуючі технічні засоби ініціювання дають змогу реалізувати різноманітні схеми КСП, які класифікують за різними ознаками:

- напрямом і конфігурацією фронту відбивання;
- коефіцієнтом зближення зарядів;
- кратністю вибухових навантажень в об'ємі порід, що руйнується;
- тощо.



**Послідовні** схеми по рядах (поздовжня і поперечна) використовуються для легко та середньовисаджуваних порід, а схема з поперечним врубом по рядах – для порід середньої і нижче за середню висаджуваність.

**Діагональна** схема по рядах використовується для масивів зі складною будовою середньої та нижчої за середню висаджуваністю.

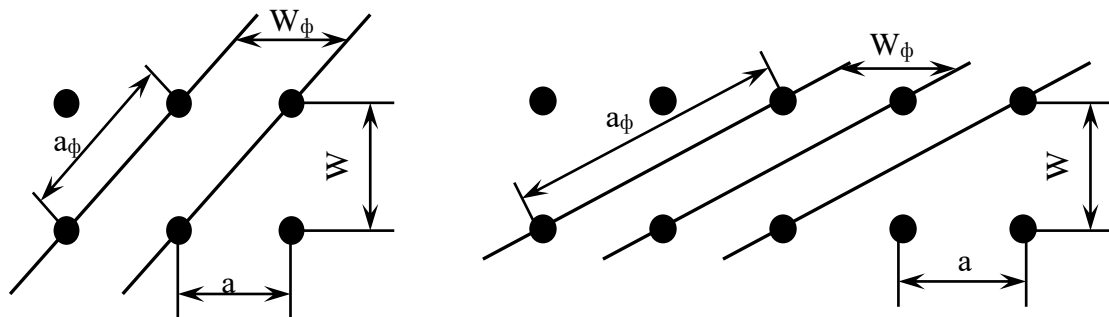
**Схема в „ялинку”** використовується для вивержених порід.

**Схема з трапецієподібним і хвилювим** трапецієподібним врубками – для монолітних, великоблочних вивержених порід.

Краще дроблення досягається за схемами, які забезпечують таку черговість відривання, котра створює зустрічний керований рух кусків породи, тобто використовується кінетична енергія висадженої гірської маси при зіткненні для додаткового подрібнення породи.

Використання діагональних схем по рядах КСП дає змогу орієнтувати фронт відбивання відносно тріщин масиву в оптимальному напрямку, значно зменшувати ЛОПП і збільшувати відстань між свердловинами:

$$0,54 \leq m \leq 7,46.$$



Інтервали сповільнень обирають, враховуючи фізико – механічні властивості масиву, тріщинуватість та параметри зарядів.

Орієнтовно:  $\tau = K \cdot W \cdot (24 - f)$

$K = 0,9$  (I і II кат. тріщ.);  $0,75$  (III кат.);  $0,5$  (IV і V кат.)

$f$  – коеф. міцності за Протод'яконовим.

У практиці:

$$\tau_{mc} = K_{\tau} \cdot W$$

Породи	Характеристика	$K_{\tau}$ , мс/м
Граніт, перидотит, порфірит, сланець, кварцит	Дуже міцні	3
Метаморфічні, міцні сланці, піщаник	Міцні	4
Вапняк, мармур, доломіт, філітові сланці	Середньої міцності	5
Мергель, крейда, аргіліт, алевроліт, глинисті сланці	М'які	6

### Основні вимоги у разі КСП:

а) точне дотримання параметрів зарядів, передбачене проєком (припустиме відхилення свердловин по горизонталі  $\pm 0,2$  м, за глибиною  $\pm 0,1$  м).

- б) суворя відповідність фактично установленого ступеня сповільнення заряду відповідній схемі.
- в) забезпечення оптимального напрямку відбивання, відносно системи тріщин.
- г) підривання в умовах, коли г. м. прибрано від укосу уступу.

## ЛЕКЦІЯ № 13-14

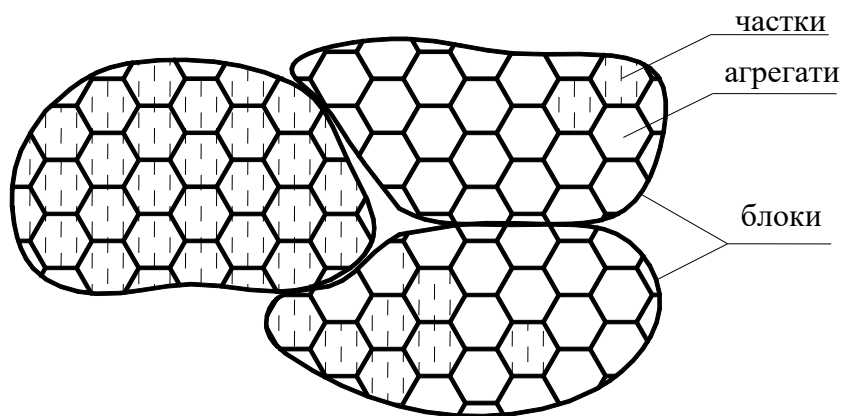
### Т Е М А: Ущільнення просадочних ґрунтів

Просадочні лесові ґрунти (леси, лесовидні суглинки і супесі) займають великі площі України (до 70 % таких ґрунтів різного ступеня просадочності), а також пригірські райони Північного Кавказу, Прикарпатські рівнини в Туркменістані, а також в Узбекистані та інших регіонах.

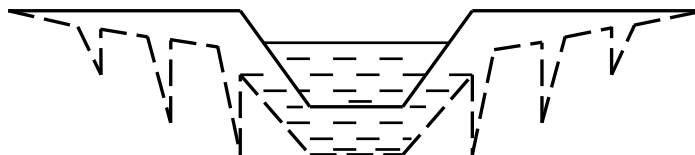
Лесові ґрунти складаються із пилюватих часток, скріплених між собою соляними плівками.

До особливостей таких ґрунтів відносять:

- надто висока пористість (до 50 %);
- низька вологість (3 % на поверхні і 8 – 10 % на глибині біля 20 м);
- порівняно висока міцність – модуль об'ємного стиснення – до 50,0 МПа.
- наявність на контактах часток, агрегатів і блоків міцних соляних зв'язків;
- суцільна ієрархічна структура: частки з'єднуються в агрегати, а агрегати з'єднуються в блоки, що приводить до значно високої пористості.



Солі, які скріплюють ці утворення і забезпечують високу міцність ґрунта, розчинні. При попаданні в такі ґрунтові масиви води в результаті розчинення солей ґрунт послаблюється і в певний момент лавинно втрачає міцність.



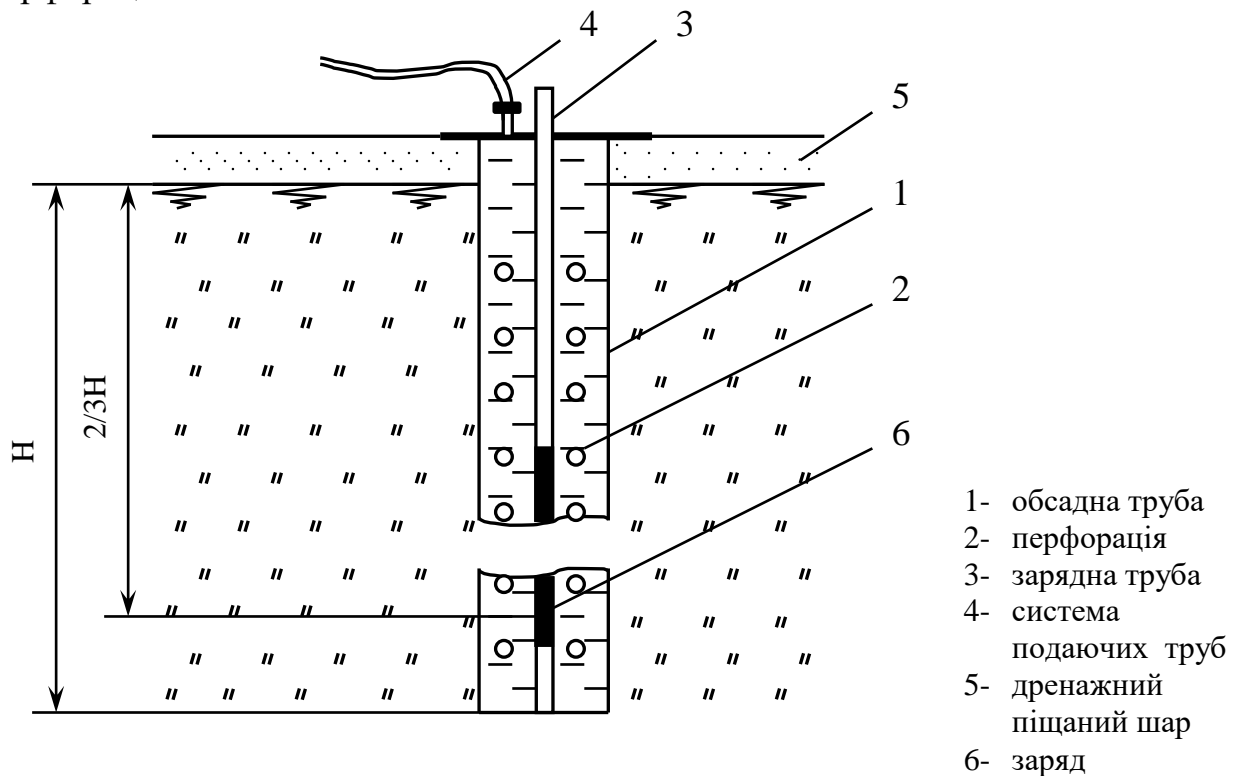
При проведенні каналу в таких ґрунтах замочений із каналу ґрунт осідає у вигляді терас, які розділяються глибокими тріщинами. Якщо на замочуваному ґрунті знаходиться споруда, вона буде також осідати, переважно нерівномірно, з розрушенням конструкцій.



Звідси природний спосіб ліквідації просадочності таких ґрунтів в перед будівельний період шляхом довготривалого замочування. Однак, цей метод потребує великих затрат води і час, оскільки не завжди солі швидко розчиняються.

Для прискорення процесу попередньої просадки застосовують метод гідровибуху, або метод струсного вибуху попередньо насиченого водою масиву.

Замочування масиву при реалізації цього метода здійснюється примусово через нагнітальні трубопроводи, обсадні трубки з оголовниками, які мають перфорацію.



Технологія гідровибуху складаються з операцій:

- а. буріння свердловин;
- б. обсадка перфорованими трубами;
- в. опускання зарядної труби;
- г. установка оголовника і труб розводки;
- д. насипання дренажного шару з піску міцністю 1,0 – 1,5 м;
- е. опускання заряду (3 – 5 кг) в свердловину;
- ж. подача в ґрунт води під напором;
- з. відключення труб розводки після насичення ґранта водою;
- и. висмикування краном обсадних труб;
- й. підключення вибухової мережі і підривання;
- к. після вибуху висмикуються ті частини вибухових труб, які залишились.

В результаті вибуху під дією системи ударних хвиль ослабленні водою структурні зв'язки руйнуються, ґрунтові блоки і частково агрегати ліквідуються, відповідно ліквідується пористість ґранта, вода в порах рухається

до поверхні масиву по заново утвореним вертикальним розломам, та заповнює дренажний шар.

Дякуючи, наявності дренажного шару можна продовжувати роботи на площадці.

Осадка поверхні ґрунта при обробці масиву на глибину приблизно 20 м складають 1,1 – 1,5 м, і реалізується в основному протягом декількох годин. Основна доля в цій просадці належить області ґрунтового масиву нижче 5 – 6 м від поверхні до 20 м. Це пов'язано з тим, що в нижніх шарах більш інтенсивніші вибухові хвилі, а також впливає власна вага вище лежачих шарів.

Верхні шари ґрунту, в принципі, потребують доущільнення. Крім того, у зв'язку з високим водонасиченням масиву відгін води після вибуху не закінчується, консолідація масиву триває місяцями і може вплинути на початок будівництва.

На додаток до цього недоліку відмітимо, що метод потребує складної системи водонасичення в ґрунт (нагнітального обладнання); під час вибуху частина вибухових труб руйнується і губиться в масиві; достатньо високі витрати води, що неприпустимо для маловодних регіонів; недостатньо ущільнюється верхній шар до 5 – 7 м.

Враховуючи перераховані недоліки, розроблено альтернативні методи, які дозволяють їх уникнути, або послабити.

### **Метод траншейних зарядів**

Ідея методу полягає в примусовому ущільненні масиву з поверхні дією системи паралельних видовжених зарядів в траншеях, котрі імітують плоский накладний заряд.

Реалізація метода вимагає великих затрат вибухових речовин, однак ступінь ущільнення масиву при цьому методі значно вище; не потрібно високого ступеня зволоження ґрунта до вибуху.

Оптимальна вологість ущільнюючого масиву – в межах 20 %. В цьому випадку досягається зниження міцності структурних зв'язків в ґрунті, а ґрунт здатний інтенсивно ущільнюватись дякуючи великій кількості вільних пор, які заповнені повітрям, найбільш піддатливим компонентом ґрунта (до 20 – 30 %).

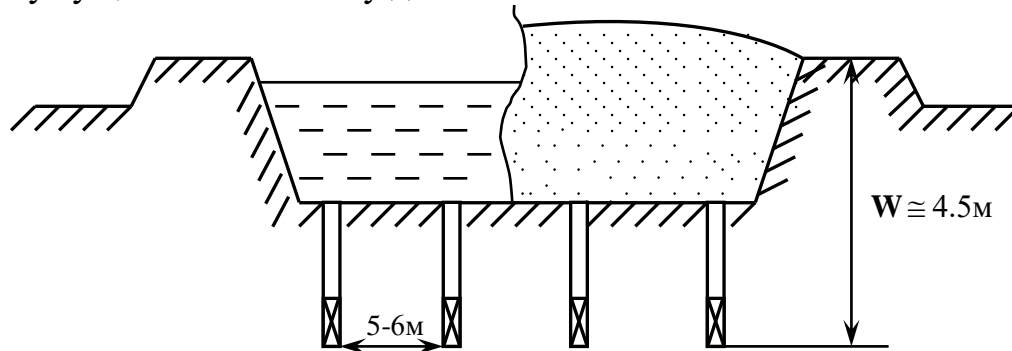
Технологічні операції при реалізації метода виконуються в такій послідовності:

- підготування котловану бульдозером з обвалуванням площадки;
- заливка котловану водою і замочування масиву до розрахункової вологості;
- осушення поверхні котловану;
- риття траншей;
- заряджання - укладка траншейних зарядів;
- засипання зарядів в траншеях ґрунтом;
- засипання ґрунтом або заливання водою котловану;
- вибух.

При такій технології будівництво може починатися практично після вибуху.

Достоїнство – густина масиву ґрунта найбільша біля поверхні, і знижується з глибиною до натуральної, що більш прийнятно для будівництва.

При масі лінійного заряду  $C_{\text{поч.}} = 20 \text{ кг/м}$ , вибух системи таких зарядів забезпечує ущільнення масиву до глибини 18 – 20 м.



Параметри закладання зарядів наступні:

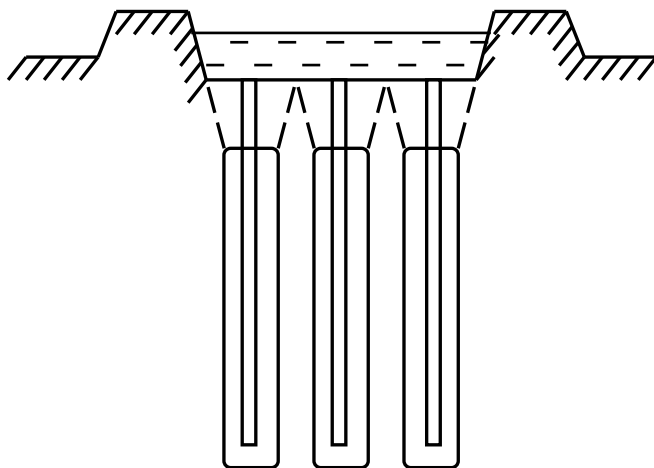
- відстань між зарядами – 5 -6 м;
- глибина закладання зарядів від поверхні:

$$W = \sqrt{C_{\text{поч}}} = \sqrt{20} \approx 4,5 \text{ м.}$$

Цей параметр є одним із визначальних, оскільки достатня міцність пригрузки ґрунтом або шаром води і шаром ґрунта, який забезпечує більш повне використання енергії вибуху.

### **Метод підривання свердловинних зарядів з подальшим замочуванням**

Послідовність операцій зворотня – спочатку сухий масив руйнується системою порожнин і тріщин між ними, далі в ці порожнини і тріщини з поверхні заливається вода або вода з глиняним розчином, яка завершує руйнування ґрунтового скелета і призводить до просідання:



- готується котлован;
- буриться система свердловин в сухому ґрунті;
- заряджання;
- забивка свердловин;
- заливання котлована;
- вибух;
- повторне заливання (3 – х кратне).

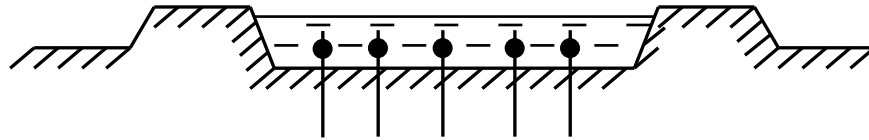
### **Метод підводних вибухів**

В котловані, що залитий водою, встановлюється система зосереджених зарядів на металевих або дерев'яних штирях, встановлених в дно котлована.

Заряди знаходяться вище дна котлована під шаром води.

Оскільки шар ґрунту обмежений по міцності, заряди по міцності невеликі від 1,0 до 3,0 кг, з відстанню між ними від 1,1 до 1,3 м.

Враховуючи, що застосовуються заряди малої маси, глибина дії вибуху – не більше 5 м. Відповідно, метод застосовують при будівництві невеликих споруд, коли ґрунт потрібно ущільнювати на невелику глибину.



Послідовність операцій:

- риття котловану і його обваловка;
- заливання водою для замочування ґрунту на задану глибину масиву;
- встановлення штирів;
- підвішування зарядів і комутація мережі;
- заливання котловану водою;
- вибух.

Існують комбінації перерахованих методів та їх варіанти, здатні усувати їх недоліки, або зменшити їх проявлення.

## ЛЕКЦІЯ № 5

### Т Е М А: Підривання гірських порід при проведенні підземних гірничих виробок

Загальне правило застосування ВР в цих умовах стосується міцності гірських порід: при  $f < 6 \div 8$  – застосовуються прохідницькі комбайни, при  $f > 6 \div 8$  – застосовуються ВР.

Підземні гірничі виробки класифікують:

1. За напрямком:
  - горизонтальні;
  - вертикальні;
  - похилі з різними кутами нахилу.
2. За площею поперечного перетину:
  - малого перерізу, до  $4 \text{ м}^2$  (шпури, міні штольні, та ін.)
  - середнього перерізу -  $4 - 6 \text{ м}^2$  (відкаточні та вентиляційні штреки, квершлагги, підхідні штольні, бурові галереї, транспортні тунелі, вертикальні стволи та ін.)
  - великого перерізу – більше  $60 \text{ м}^2$  (рудникові двори, білястволові виробки, гідротехнічні тунелі, підземні машинні зали електростанцій).
3. За способом проходження:
  - суцільним вибоєм, найбільш поширено для малого та середнього перерізу, а також для передових вибоїв виробок великого перерізу;
  - вибоєм з випереджуючою виробкою та наступним її розширенням до проектного контуру;
  - підшво – уступним вибоєм для горизонтальних виробок великого перерізу;
  - підриванням глибоких свердловин на всю довжину висхідних виробок чи поярусно (знизу – догори).

Залежно від умов проведення виробок змінюються як процес, так і ефективність руйнування порід у вибої, тому розрізняють такі умови підривання:

1. В шахтах, безпечних за газом та пилом: вибої в однорідних та змішаних породах (горизонтальні та похилі виробки); вибої вертикальних висхідних та низхідних виробок.
2. В шахтах, небезпечних за газом та пилом: звичайні вибої, вибої із струшувальним підриванням, вибої у викиднебезпечних породах; вибої при розкритті викиднебезпечних вугільних пластів.

Операції БПР:

1. Буріння шпурів та свердловин;
2. Зарядження;
3. Підривання;

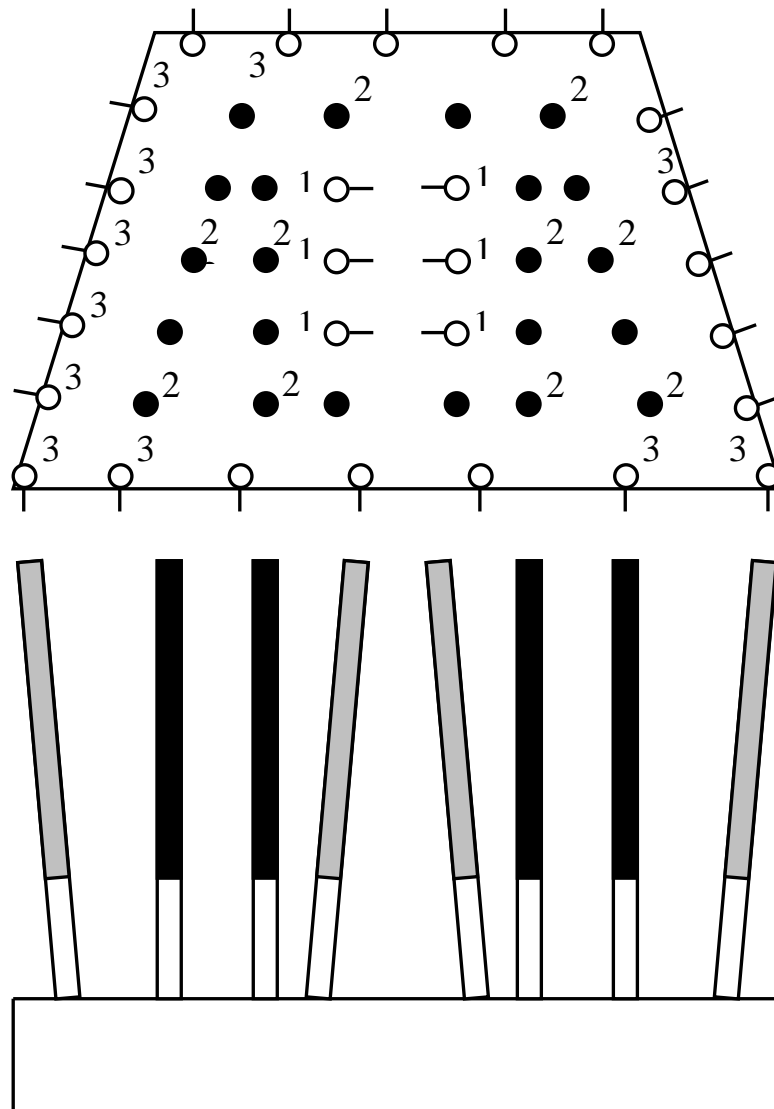
4. Провітрювання;
5. Прибирання породи;
6. Кріплення виробки.

Підривання виконується згідно з паспортом БПР, в якому наводяться:

- тип породи;
- кількість шпурів, їх діаметр та довжина;
- тип врубу;
- тип ВР;
- величина зарядів;
- схема підривання;
- очікувані результати вибуху.

При зміні властивостей порід паспорт уточнюється з урахуванням результатів вибуху.

При вибуху переважно існує одна відкрита поверхня – площина вибою, до якої по нормалі чи під кутом вибурають комплект шпурів (від 10 до 60).



Підривання комплекту шпурів повинно відповідати наступним вимогам:

- попередньо треба створити вибухом частини шпурів додаткову відкриту поверхню, щоб посилити та полегшити руйнування по -  
роди рештою шпурових зарядів;
- зруйнувати породу у вибої виробки на куски потрібних розмірів;
- навал породи повинен бути компактним для ефективної роботи навантажувальних машин;
- виключити пошкодження кріплення та устаткування виробки;
- необхідно утворити перетин виробки, максимально близьким до проектного (перебори чи недобори – мінімальні);
- забезпечити високий КВШ, а також виключити порушення масиву за контуром перетину виробки.

Для цього застосовують:

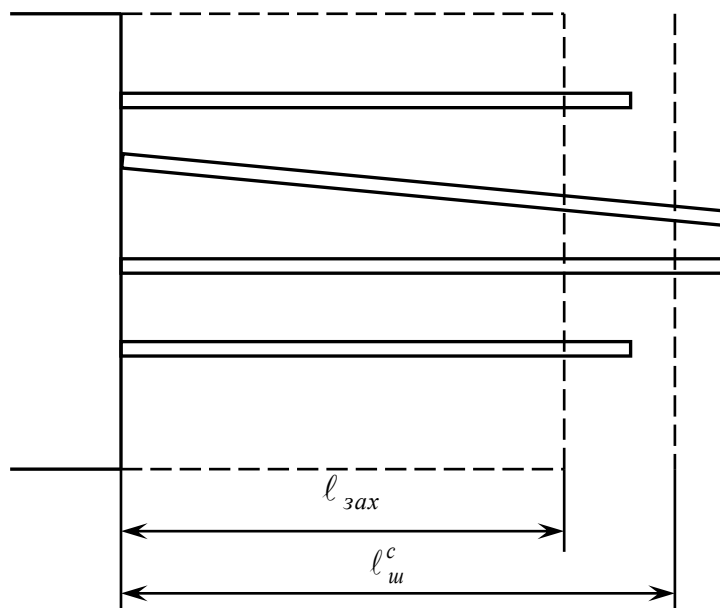
**Врубові шпури (1)** – створюють додаткову поверхню, покращуючи умови дії решти шпурів. Їх бурять на 0,2 – 0,3 м глибше інших, а величина зарядів в них на 15 – 20 % більша.

**Відбійні шпури (2)** – підриваються після врубових; призначені для розширення порожнини, утвореної врубом. При малих перерізах їх може і не бути, а при великих перерізах відбійними шпурами руйнується більша частина породи у вибої.

**Оконтурювальні (3)** – підриваються останніми. Призначені для надання виробці проектного перетину. Кінці оконтурювальних шпурів в міцних породах виступають за контур на 100 – 150 мм., а в м'яких – закінчуються на контурі. Оконтурювальні шпури буряться під кутом 85° - 87° до площини вибою.

За довжиною шпури поділяються на:

- глибокі  $\ell > 2,5$  м;
- середні  $\ell = 1,5 - 2,5$  м;
- мілкі  $\ell < 1,5$  м.



$$\eta = \frac{\ell_{зах}}{\ell_{ш}^c}$$

### Коефіцієнт використання шпурів (КВШ – КИШ)

$\eta$  – відношення величини (довжини) заходки вибою, що просувається (просування вибою) за один вибух, до середньої глибини шпурів, є одним з основних критеріїв якості вибуху, правильності вибраної схеми розташування врубових, відбійних та оконтурювальних шпурів та питомих витрат вибухових речовин.

$$\eta = \frac{l_{зах.}}{l_{ш}^c};$$

Вибух оцінюється як незадовільний, якщо  $\eta < 0,7$ ; нормальний КВШ  $\eta = 0,8 \div 0,9$ ; добрий КВШ  $\eta > 0,9$ .

Цей показник суттєво залежить від розмірів врубової порожнини, тому вибору схеми розташування врубових шпурів надають великого значення.

У виробках прямокутного та трапецієподібного перетину застосовують похилі та прямі вруби.

Похилі вруби утворюють шпурами, нахиленими до поверхні вибою під кутом  $60^\circ - 70^\circ$ . Відстань між кінцями шпурів –  $10 - 20$  см.

В тріщинуватих породах намагаються, щоб врубові шпури перетинали площини тріщин під кутом  $\approx 90^\circ$ .

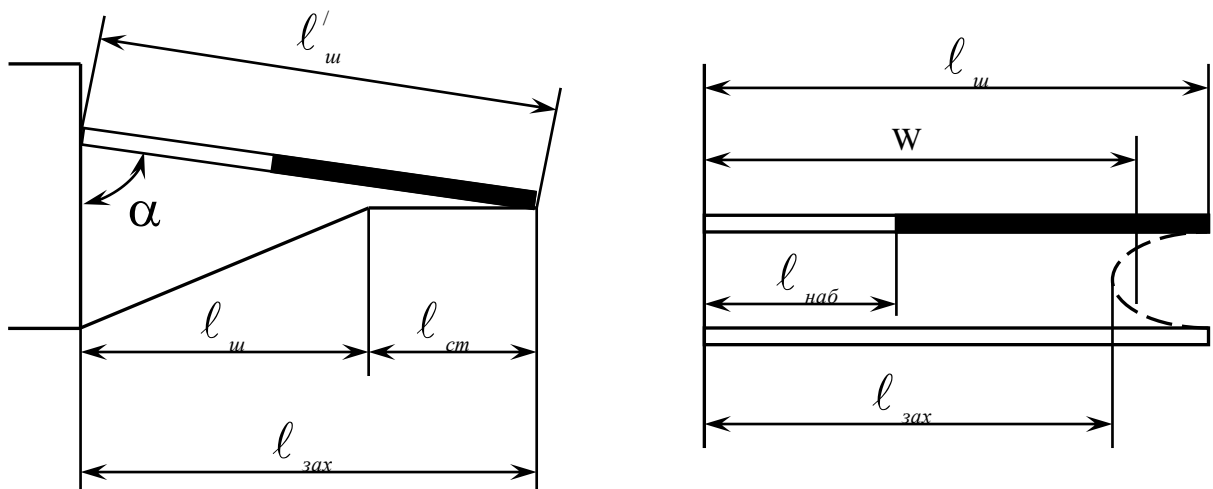
Прямі вруби перпендикулярні до площини вибою. В таких врубах один чи кілька шпурів можуть бути незарядженими.

При проведенні горизонтальних виробок суцільним вибоєм можливі такі схеми ВР:

- рихлення (спушення) порід з утворенням врубу шпуровими зарядами чи шпуровими зарядами з випереджуючою свердловиною;
- спушення порід з утворенням врубу врубовою машиною (в соляних та калійних шахтах). Такі способи застосовуються рідше.

Довжина зарядів в шпурах –  $1/3 - 2/3 l_{ш}$ . Набивка виконуються із суміші глини з піском у співвідношеннях  $1:1, 3:1$ .

Шпуровий заряд руйнує породу лише в передній частині шпура. В донній його частині утворюється „стакан”.





При вибуху двох зближених шпурів довжина „стакану” зменшується. Довжина заходки практично завжди менша за довжину шпура:

$$\ell_{\text{зах}} < \ell_{\text{ш}}$$

Глибина шпура  $\ell_{\text{ш}}$  – довжина проекції шпура на вісь виробки:

$$\ell_{\text{ш}} = \ell'_{\text{ш}} \cdot \sin \alpha.$$

Оптимальна глибина шпурів для:

$$f = 4 \div 10 - 1,8 - 2,8 \text{ м.}$$

Із збільшенням  $f$  -  $\ell_{\text{опт}}$  зменшується, а із збільшенням перетину – збільшується.

Діаметр шпурів:

- для чутливих ВР типу детоніту – 20 – 22 мм;
- для менш чутливих ВР (запобіжні амоніти) – 36 – 40 мм.

Число шпурів на вибій розраховується за питомою витратою ВР, а їх глибина – за просуванням вибою.

Кількість ВР на 1 вибух:

$$Q = q \cdot \ell_{\text{ш}} \cdot S \cdot \eta;$$

Число шпурів:  $N = Q / Q_3$ ,

$$\text{де, } Q_3 - \text{маса шпурового заряду.} \quad Q_3 = \frac{2}{3} \cdot \ell_{\text{ш}} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \Delta$$

(Довжина заряду визначається з максимального заповнення шпура -  $\frac{2}{3} \ell'_{\text{ш}}$ ).

Отриману середню величину заряду множать:

- для врубових шпурів – на 1,2;
- для відбійних оконтурюючих – на 0,8 ÷ 0,9.

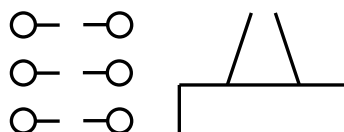
Вруби:

- воронкоподібні
- пірамідальні
- клинові
- щілинні
- призматичні
- спіральні
- інші.

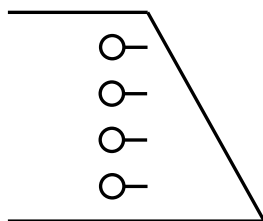
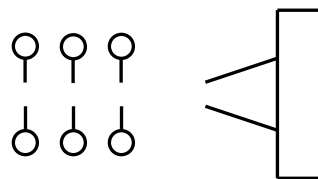
Вибір форми врубу залежить не тільки від міцності порід, але і від зручності буріння.

Найбільш поширений клиновий вруб – зручний до буріння з руки чи з пневмо – підпорів, забезпечує високі показники.

Найбільш поширений вертикальний клин – у виробках шириною більше 2м.

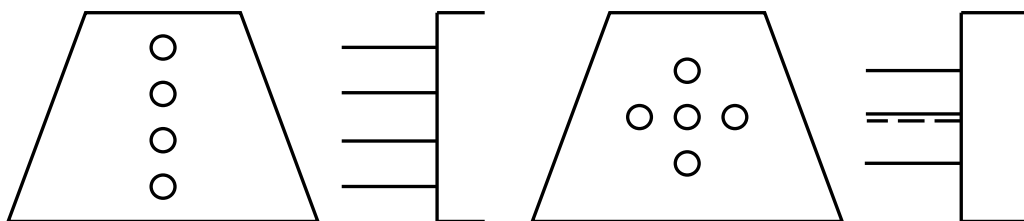


Горизонтальний клин –  
у високих вибоях,  
де буріння ведеться з помосту.



Односторонній бічний – при наявності  
контакту між добре оконтуреними крутими  
пластами на бічній стінці виробки.  
Застосування їх обмежене.

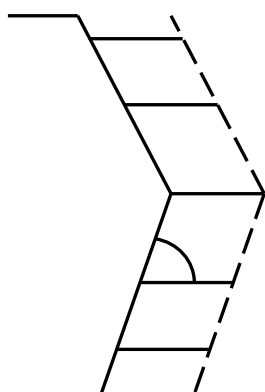
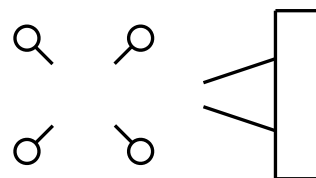
Із впровадженням самохідних бурових установок СБУ – 2, СБУ – 4 та ін.,  
якими бурити похилі шпури не зручно, клиновий вруб успішно витісняється  
прямими врубами – щілинним та призматичним.



В горизонтальних виробках доцільно застосовувати щілинний вруб. Його  
перевага – однакова довжина шпурів (особливо ефективно для буріння  
установками).

Іноді для вентиляції, розвідки та дегазації в центрі вибою бурять передову  
свердловину великого діаметру. В цьому випадку пропонується прямий  
призматичний вруб.

В міцних і в'язких породах іноді  
застосовують пірамідальний вруб, який  
створює найбільшу концентрацію заряду  
в глибині врубу.



Прямий вруб з кутоподібною формою вибою  
забезпечує КВШ, близький до 1,0 в будь – яких  
породах. Недолік – складність забурювання в  
похилій виробці.

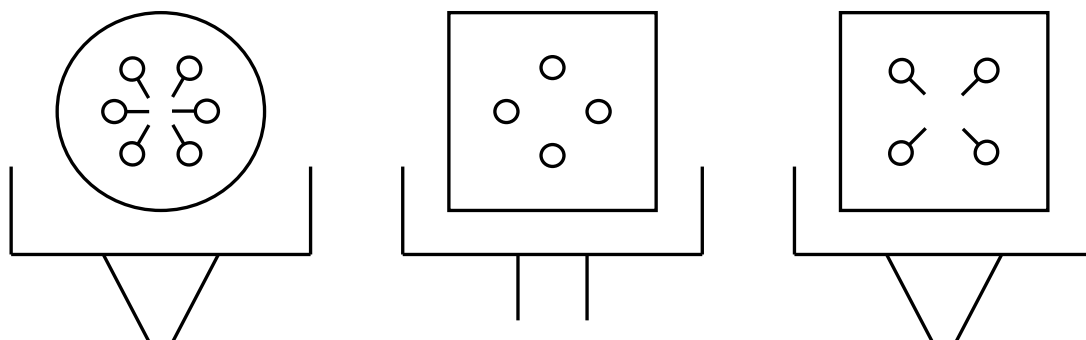
### **Вертикальні та похилі виробки**

Вертикальні – висхідні та низхідні.

При висхідних полегшується підбирання порід. Найчастіше  
застосовуються призматичні вруби, найбільш зручні для буріння молотками  
телескопного типу. Іноді застосовують передову свердловину діаметром 100 –

200 мм, яка слугує для контролю напрямку та вентиляції ствола. Врубіві шпури бурять на відстані 0,1 – 0,5 м від свердловини паралельно їй. КВШ = 0,9 - 1,0.

Низхідні - метод шпурових зарядів.



При  $S = 4 - 10 \text{ м}^2$  – пірамідальні вруби, особливо при прямокутному перетині.

Якщо  $S > 6$  шпурів пірамідального врубу мало, застосовують конусний вруб.

При  $S < 4 \text{ м}^2$  – прямий призматичний вруб.

Похилі вирібки при  $\alpha > 15^\circ$  (до  $30^\circ$ ) ведуть з  $S$  не більше  $20 \text{ м}^2$  суцільним вибоєм, при  $S > 20 \text{ м}^2$  – з передовим вибоєм.

Передову виробку проходять з нахилом. Вруби – прямі та клинові.

При  $\alpha = 30^\circ \div 45^\circ$  - не потрібно збільшувати заряди нижніх шпурів, оскільки порода відкидається сама від вибою.

При  $\alpha > 45^\circ$  - як стволи.

### Паспорт буро – вибухових робіт

№	Показник	Одиниці виміру	Кількість
1.	Перетин виробки в чорні	$\text{м}^2$	9,8
2.	Коефіцієнт міцності	-	10,0
3.	Глибина заходки	м	1,8
4.	Тип бурового механізму	-	СБКН – 2М
5.	Кількість бурильників на вибій	чол	1,0
6.	Кількість шпурів на заходку	шт	29
7.	Кількість шпурометрів на заходку	м	53,2
8.	Тип і маса заряду на заходку	кг	Ам. №6ЖВ 29,2
9.	Витрати ВР на $1\text{м}^3$ обурюваного масиву	$\text{кг/м}^2$	1,86
10.	Тип і кількість ЕД (ЕД, ЕДКЗ, ЕДЗД)	шт	29
11.	Спосіб підривання (електричний)		(КПМ – 3)
12.	Матеріал набивки гідропатронів	шт	29
13.	КВШ		0,9
14.	Середовище: амфіболіти середн. тріщ.		
15.	Дані про шпури та заряди		
16.	Ескіз контрольного заряду. Бойовик – в дні шпура.		