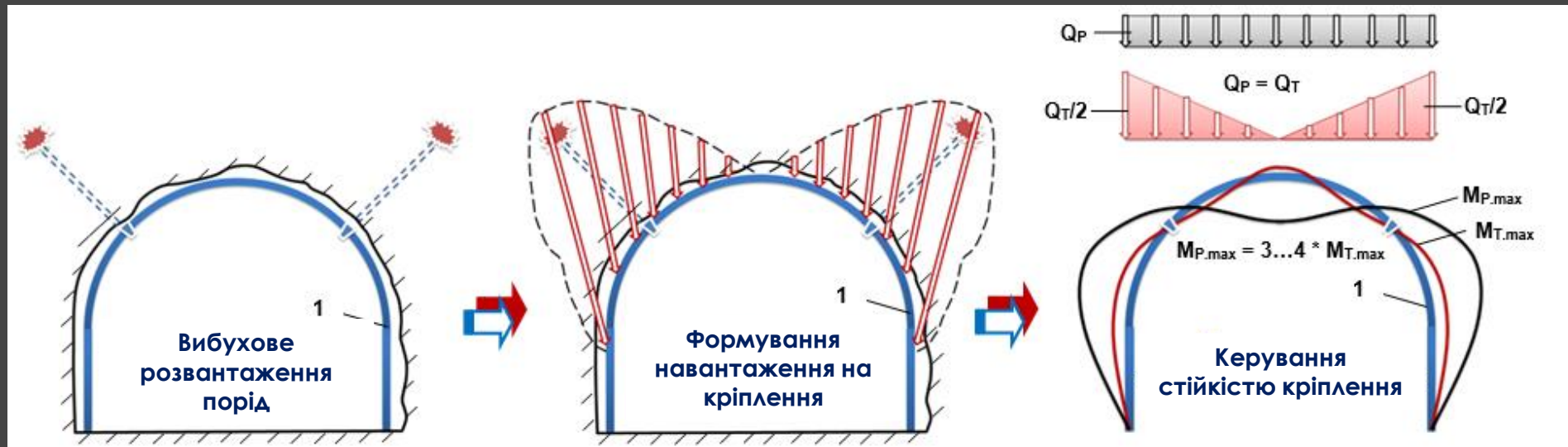
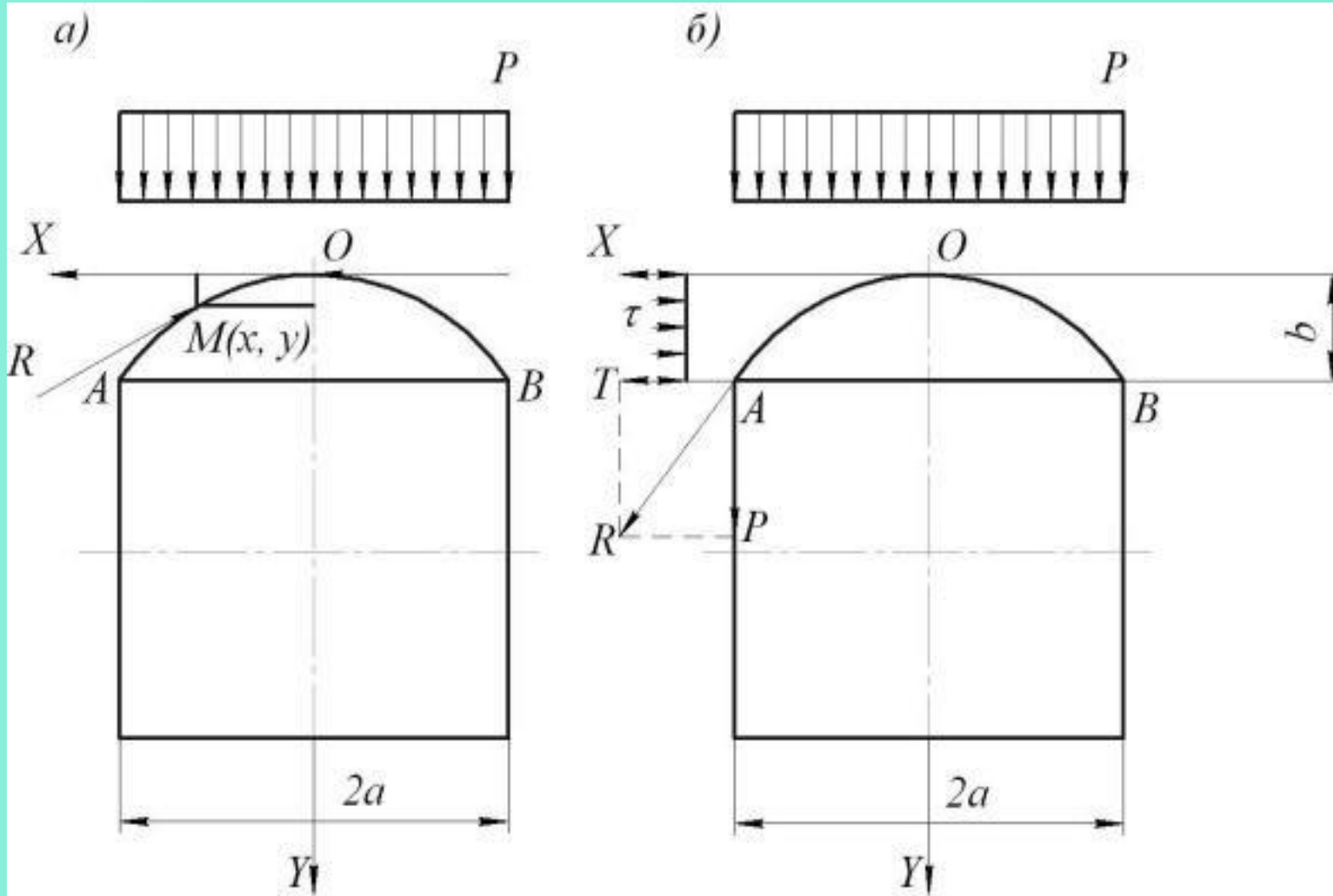


НАВАНТАЖЕННЯ НА КРІПЛЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ І ПОХИЛИХ ВИРОБОК



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

ГІПОТЕЗА ЗВОДУ ПРИРОДНОЇ РІВНОВАГИ



► Теорія М.М. Протодьяконова

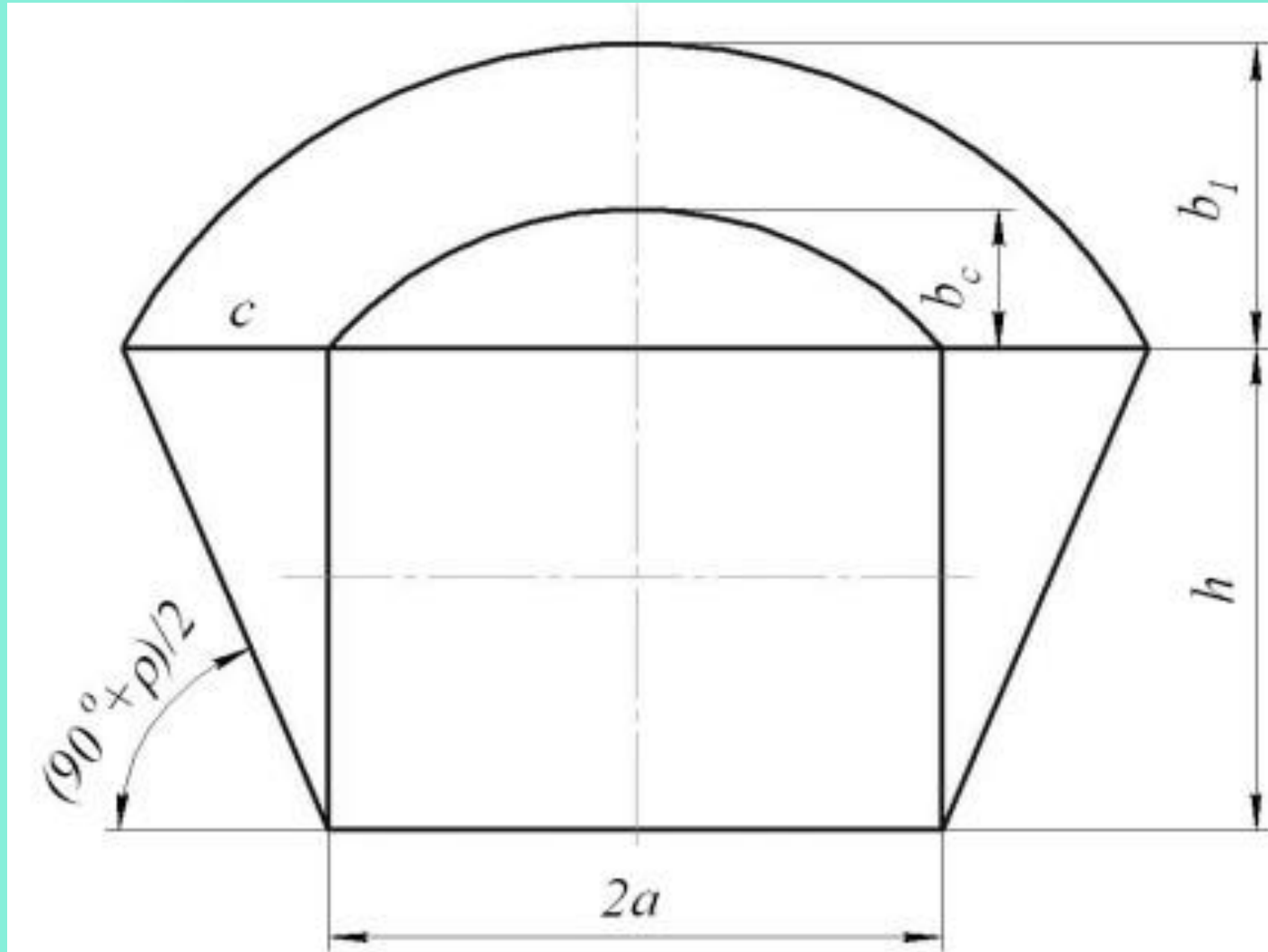
Вага порід, що тисне на кріплення:

$$Q = \frac{2}{3} 2ab\gamma = \frac{4}{3} \gamma \frac{a^2}{f}, \text{ кН}$$

Тиск на одну раму:

$$Q_l = \frac{4}{3} \gamma \frac{a^2}{f} l, \text{ кН.}$$

ГІПОТЕЗА ЗВОДУ ПРИРОДНОЇ РІВНОВАГИ



► Теорія П.М. Цимбаревича

Ширина призми сповзання:

$$c = h \operatorname{ctg} \frac{90^\circ + \rho}{2}.$$

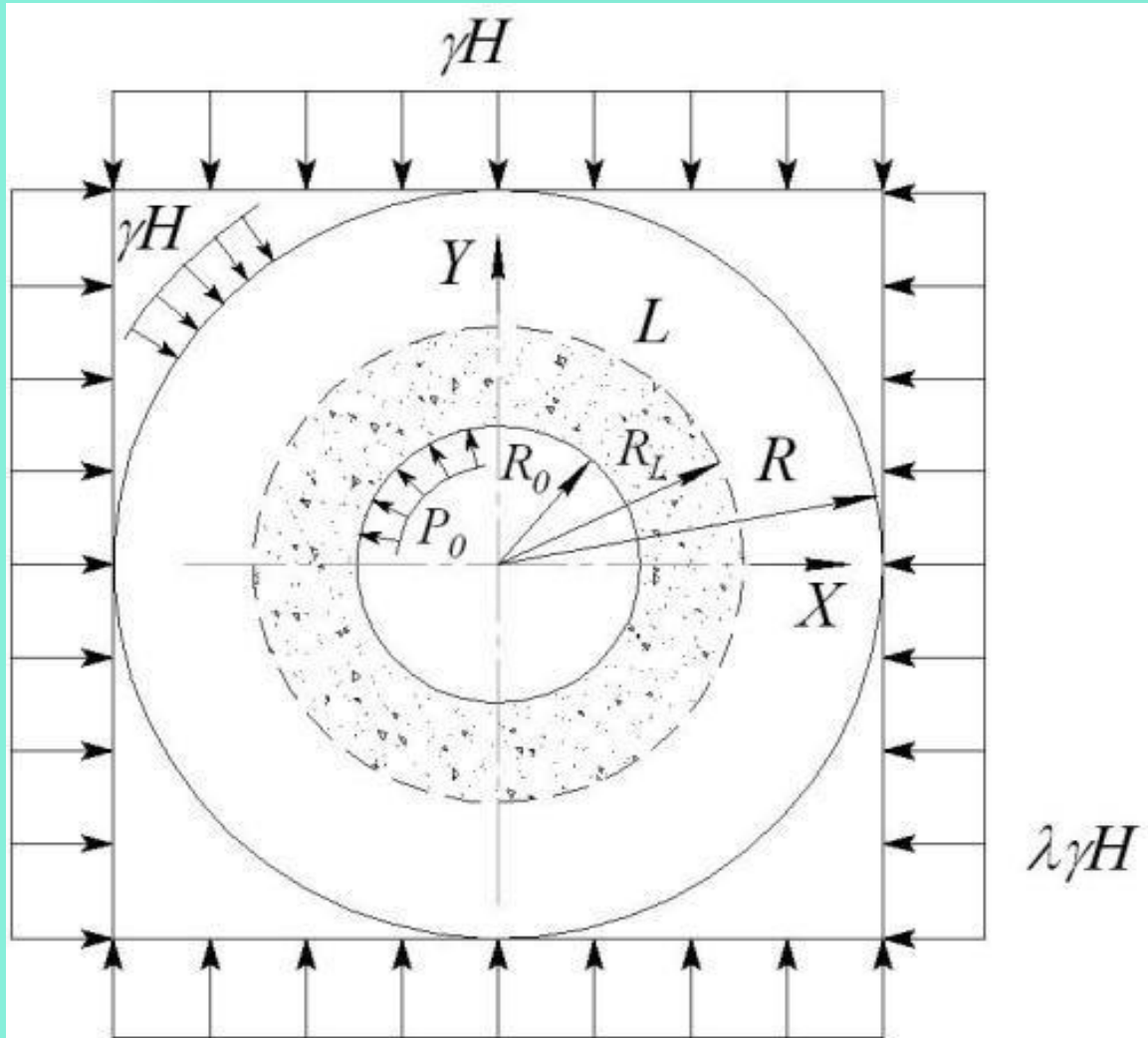
Висота зводу природного руйнування:

$$b_1 = \frac{a+c}{f} = \frac{a + h \operatorname{ctg} \frac{90^\circ + \rho}{2}}{\operatorname{tg} \rho}.$$

Вертикальне навантаження:

$$Q = 2ab_1\gamma.$$

ГІПОТЕЗА ВЗАЄМОДІЇ КРІПЛЕННЯ І ПОРОДНОГО МАСИВУ



► Теорія А. Лабасса

Навантаження на кріплення виробки:

$$p_0 = (1 - \sin \rho) \gamma H \left(\frac{R_0}{R_L} \right)^{\frac{2 \sin \rho}{1 - \sin \rho}}$$

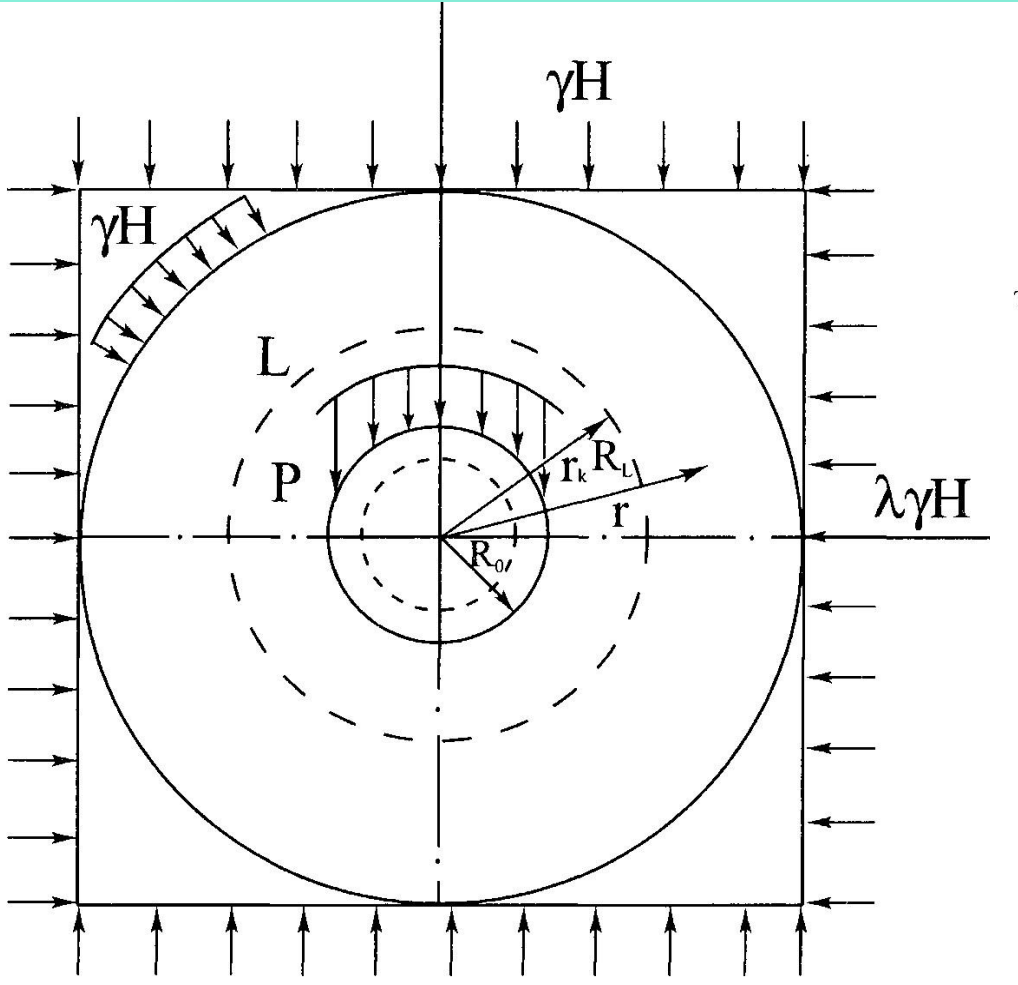
У результаті непружного розширення порід в пластичній області площа поперечного перерізу зменшується на величину:

$$\Delta S = \pi (R_L^2 - R_0^2) (k_p - 1)$$

Радіус зони непружних деформацій:

$$R_L = \sqrt{\frac{\pi R_0^2 (k_p - 1) + \Delta S}{\pi (k_p - 1)}}$$

ГІПОТЕЗА ЗВОДОУТВОРЕННЯ В УМОВАХ ВЗАЄМОДІЇ КРІПЛЕННЯ З ПОРОДНИМ КОНТУРОМ

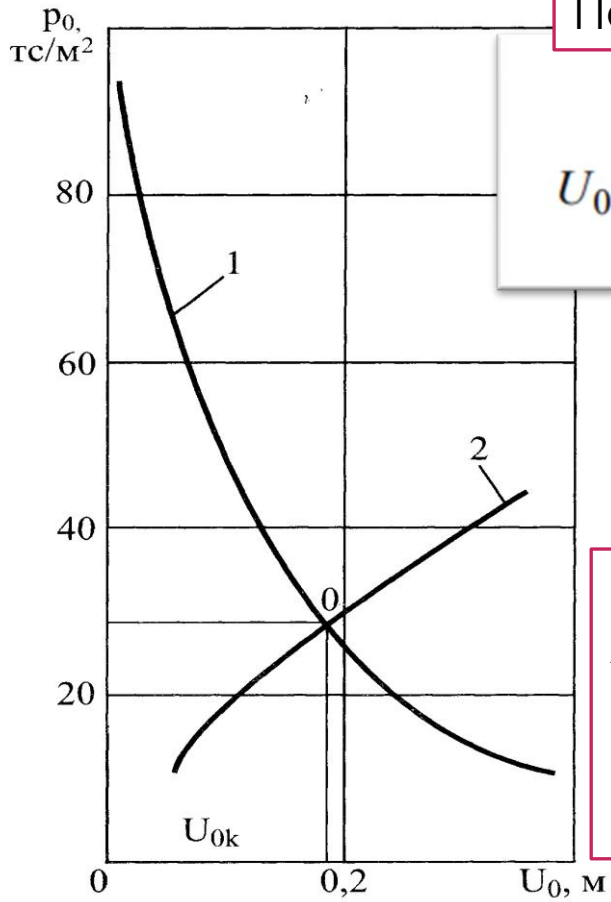


► Теорія Ю.М. Ліберманова

Переміщення на контурі виробки

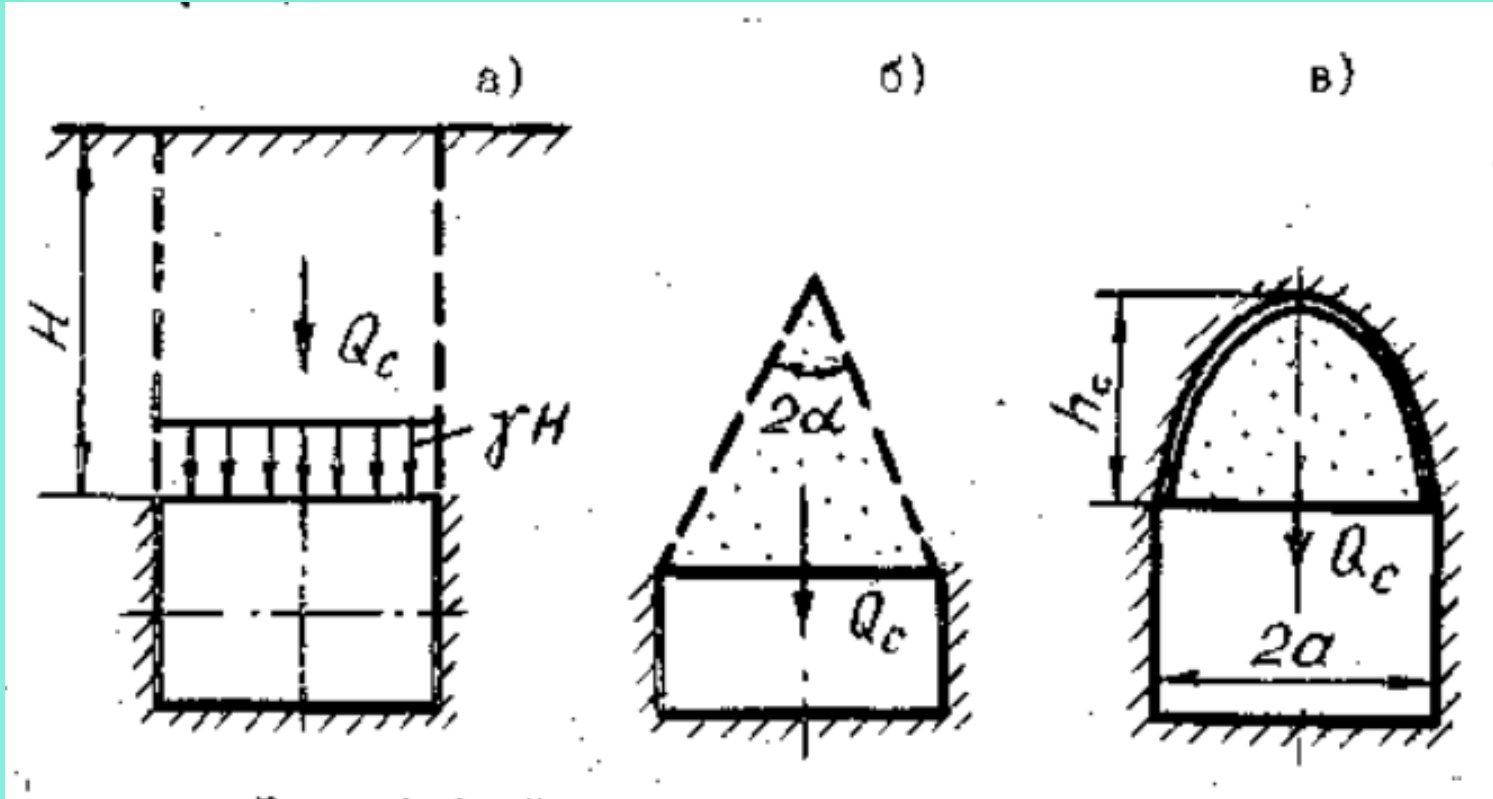
$$U_0 = \alpha \frac{1 + \mu}{E} \cdot \frac{\beta_1 \gamma H + R_c}{\beta_2 + 2} \cdot \left[\frac{2\gamma H - R_c}{(\beta_1 + 2)p_0} \right]^{\frac{2}{\beta_2}} \cdot R_0,$$

$$\beta_1 = \frac{2 \sin \rho}{1 - \sin \rho_1}; \quad \beta_2 = \frac{2 \sin \rho}{1 - \sin \rho_2}$$



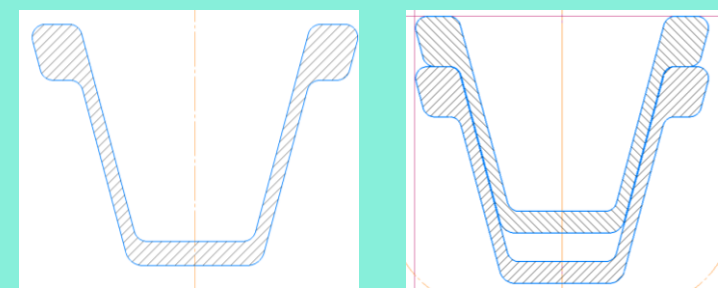
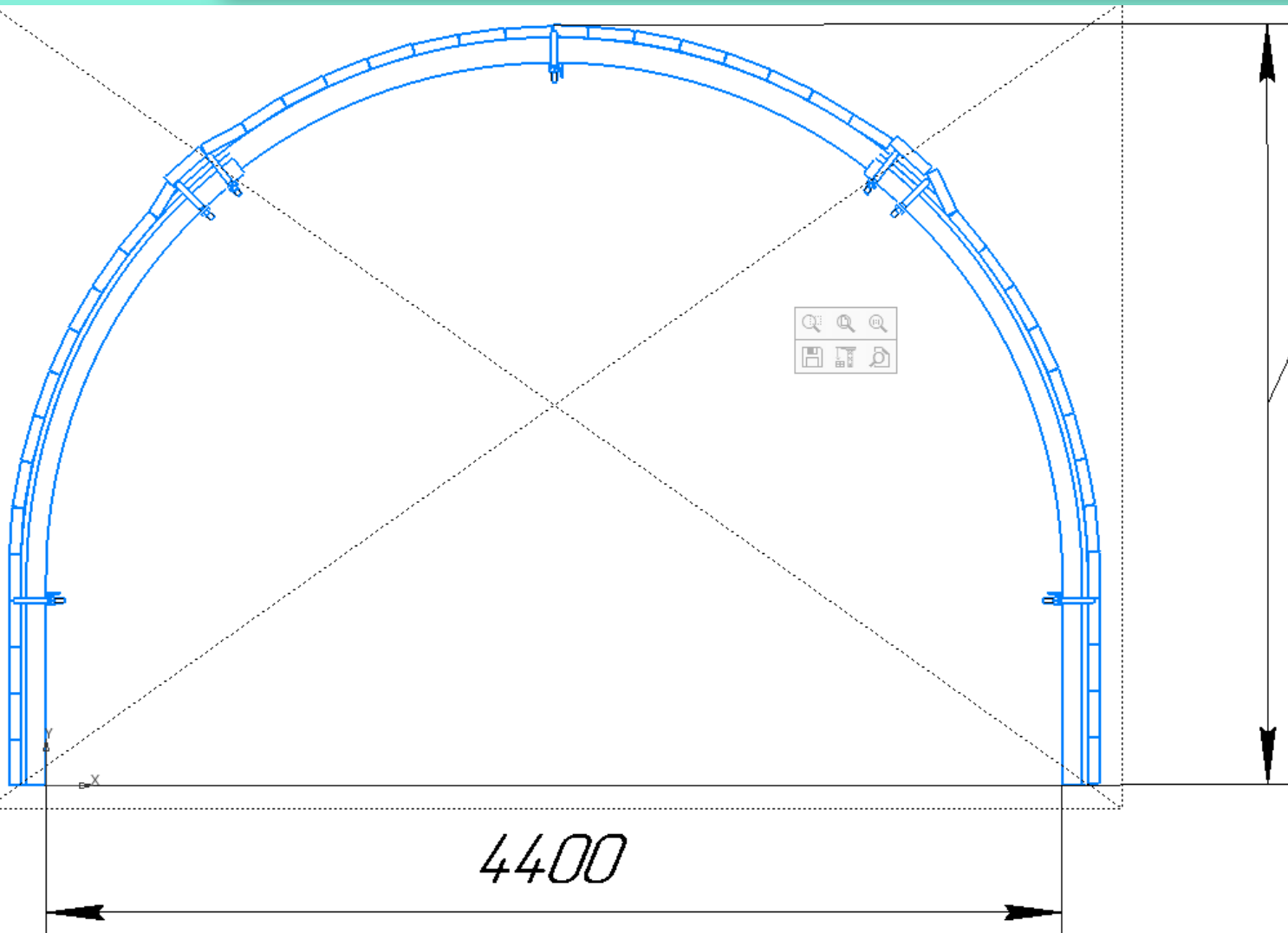
Графік для визначення характеристики кріплення
1 - Переміщення на контурі виробки
2 - Вага порід у зводі руйнування

ЗАГАЛЬНІ ГІПОТЕЗИ ЗВОДУТВОРЕННЯ

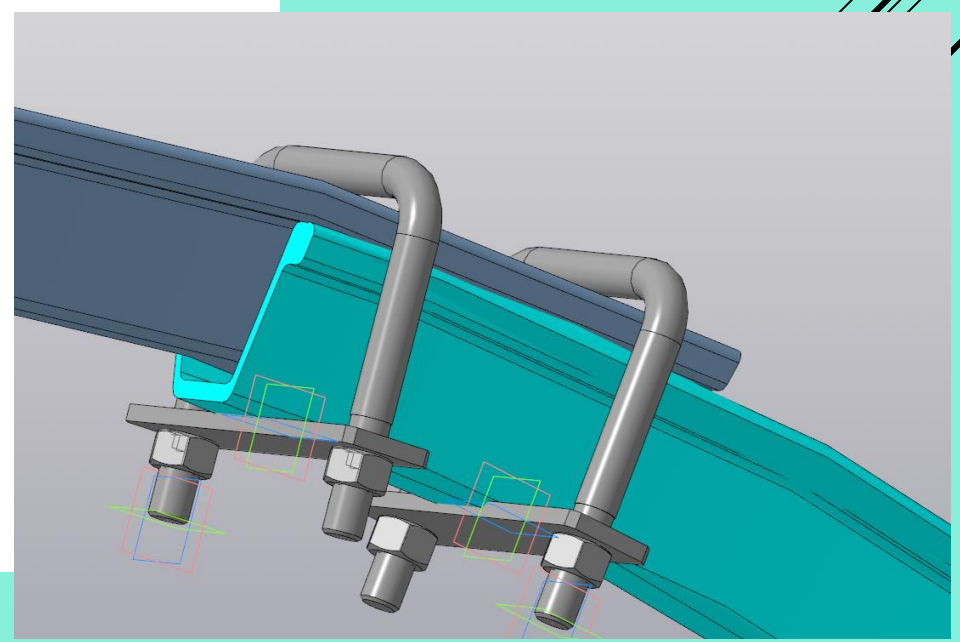


Розрахункові схеми тиску на кріплення:
а) стовпа порід, б) Бирбаумера, в)
еліптичних та параболічних зводів Ріттера,
Єнгессера, Протодьяконова

РАМНЕ КРІПЛЕННЯ



Профіль СВП



АНКЕРНЕ КРІПЛЕННЯ

СОУ 10.1.05411357.010:2014 - Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням

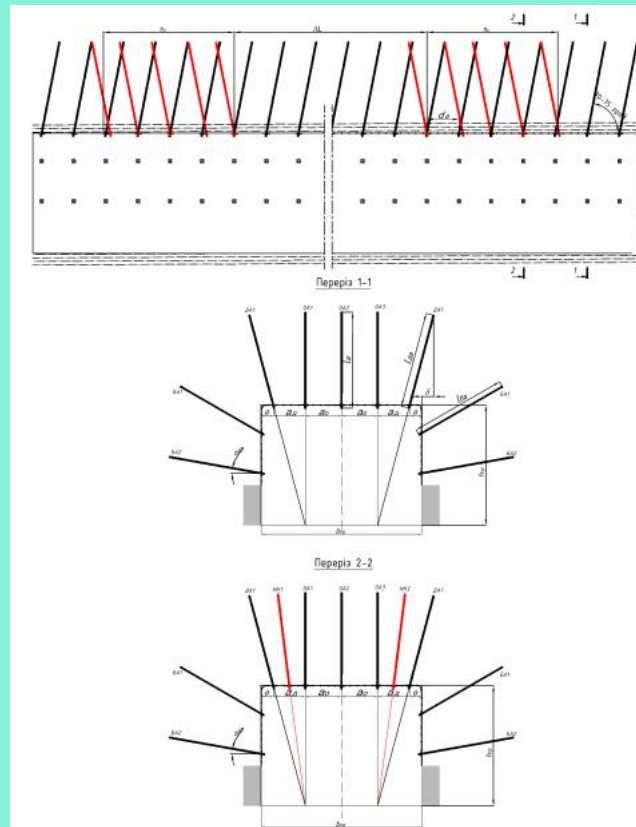
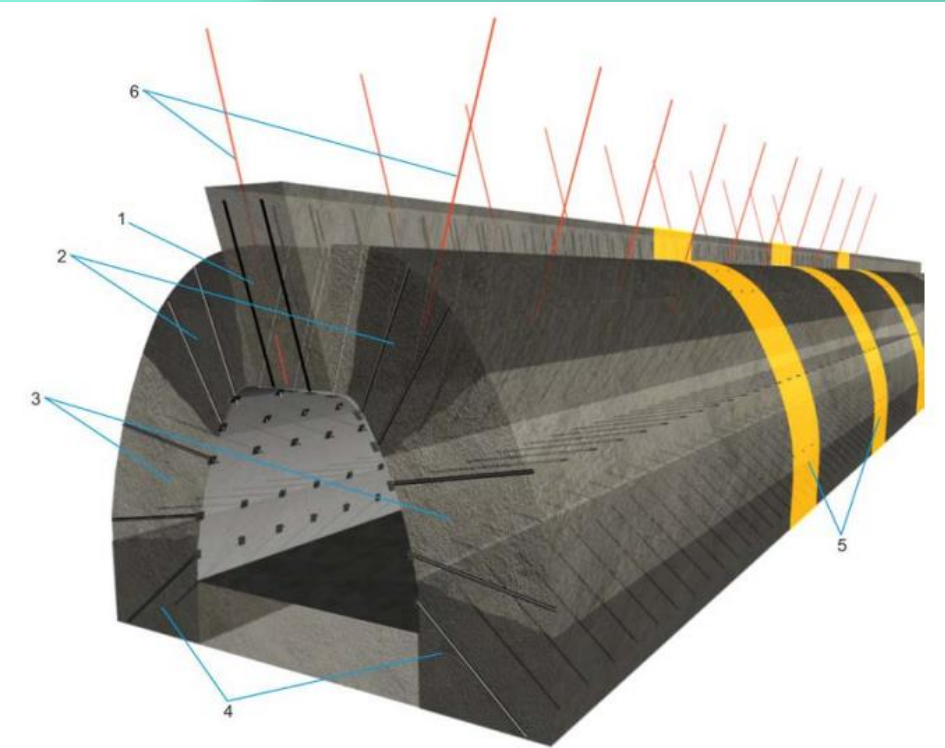


Рисунок 6.1 – Схема розміщення анкерів для формування конструкцій АК для гірничих виробок прямокутного поперечного перерізу

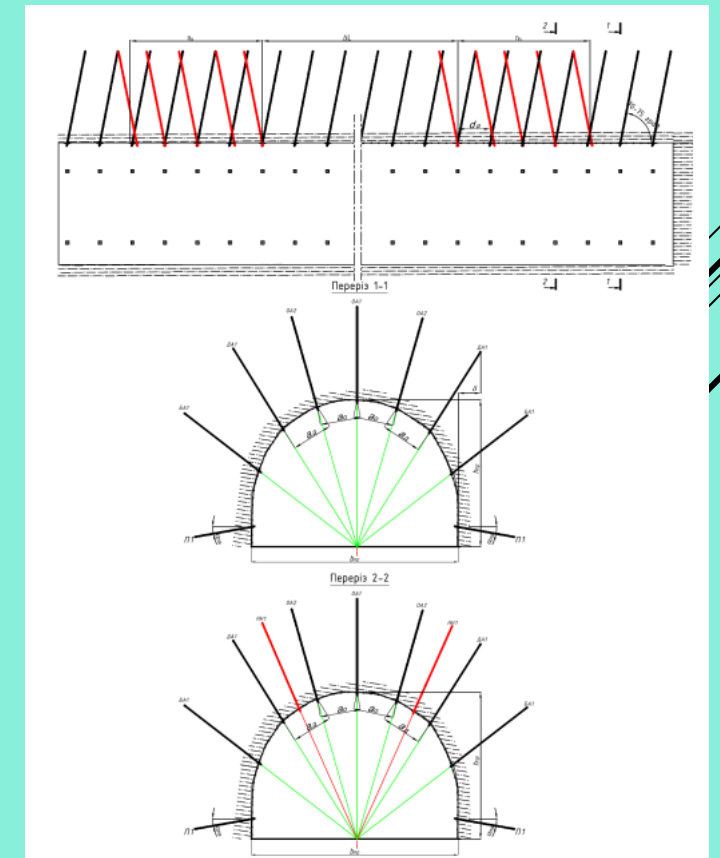


Рисунок 6.2 – Схема розміщення анкерів для формування конструкцій АК для гірничих виробок аркового поперечного перерізу

НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ

СОУ 10.1.05411357.010:2014 - Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням

ДСТУ 2708:2006 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення

ГОСТ 27.003-90 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности (Надійність техніки. Склад та загальні правила встановлення вимог з надійності)

ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) Металлы. Методы испытания на растяжение (Метали. Методи випробування на розтягування)

ГОСТ 12004-81 Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение (Сталь арматурна. Методи випробування на розтягування)

ГОСТ 18957-73 Тензометры для измерения линейных деформаций строительных материалов и конструкций. Общие технические условия (Тензометри для вимірювання лінійних деформацій будівельних матеріалів і конструкцій. Загальні технічні умови)

ДСТУ ГОСТ 19256:2008 Стержни под накатывание метрической резьбы. Диаметры (Стержні під накатування метричної різьби. Діаметри)

ГСТУ 101.00159226.001:2003 Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом

СОУ-Н 10.1.05411357.011:2007 Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Правила виконання робіт СОУ 10.1-00185790.002-2005 Правила технічної експлуатації вугільних шахт

СОУ 10.1-00185790.011-2007 Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони

СОУ 10.1-00174131.004-2006 Підземні гірничі виробки вугільних шахт. Правила виконання робіт

НПАОП 10.0-1.01-10 Правила безпеки у вугільних шахтах

НПАОП 10.0-5.36-96 Інструкція зі складання паспортів виїмкової ділянки, проведення та кріплення підземних виробок

НПАОП 0.00-4.01-08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту

ДБН А.2.2-3-2012 Проектування. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва

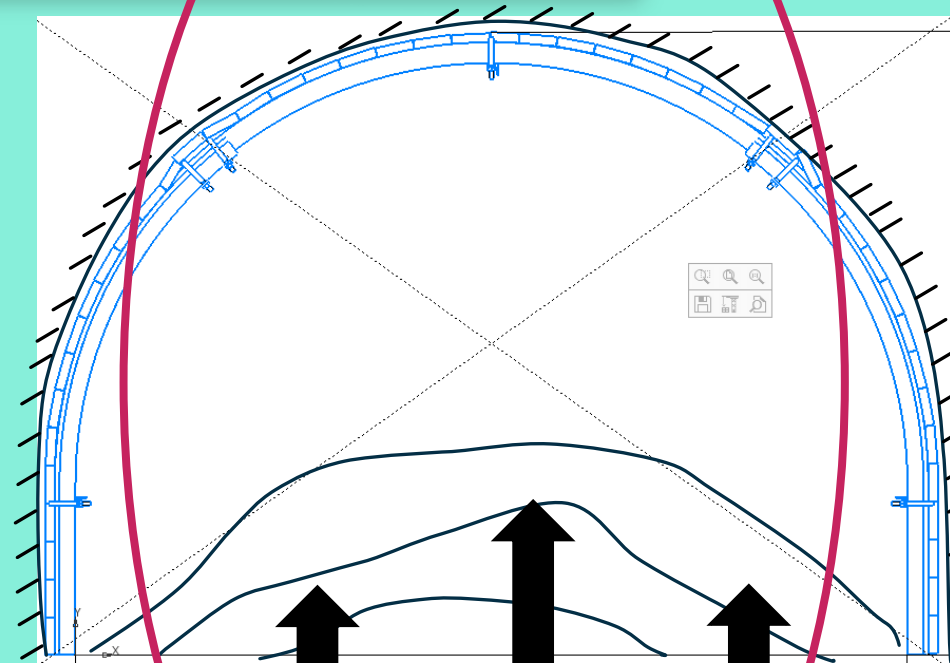
СНИП II-94-80 Подземные горные выработки (Підземні гірничі виробки)

ВЗДУТТЯ ПОРІД ГРУНТУ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК

Вздуттям називають значні деформації, які проявляються у вигляді видавлювання породної маси з боку ґрунту всередину виробок.

Існує кілька гіпотез, що пояснюють причину видавлювання порід у гірських виробках:

- набрякання порід під дією води;
- збільшення об'єму порід у зоні непружних деформацій у наслідок їхнього пластичного розпушення;
- випирання порід під впливом опорного тиску в боках виробки;
- сорбційне набрякання газонасичених пористих середовищ;
- втрата пружнопластичної стійкості порід в області непружних деформацій.



ВЗДУТТЯ ПОРІД ГРУНТУ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК

У залежності від використовуваних фізичних моделей усі методи оцінки явища видавлювання порід у гірські виробки можна розділити на чотири групи:

- засновані на застосуванні рівнянь статички сипучих середовищ;
- засновані на використанні реологічних рівнянь;
- засновані на рівняннях теорії пружнопластичної стійкості;
- засновані на емпіричних залежностях.

ВЗДУТТЯ ПОРІД ГРУНТУ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК

Задача визначення тиску на кріплення з боку ґрунту виробки була вперше вирішена **П.М. Цимбаревичем**.

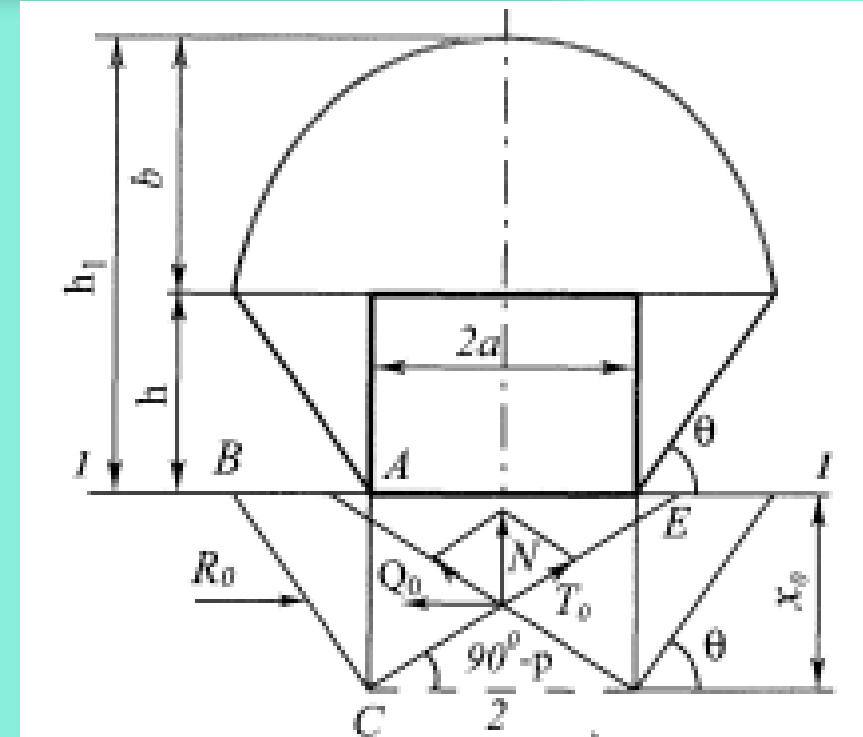
Розглядається умова взаємодії призми сповзання ABC (активний тиск) і призми випирання ACE (пасивний тиск).

Глибина зони порід, що зрушуються:

$$x_0 = h_1 \frac{\operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ - \rho}{2}\right)}{1 - \operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ - \rho}{2}\right)},$$

Горизонтальний тиск зі сторони виробки ґрунту рівний:

$$D_0 = R_0 - Q_0 = \frac{\gamma}{2} (X_0^2 - 2X_0h_1) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \rho}{2} - \frac{1}{2} \gamma X_0^2 \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ + \rho}{2},$$



Силу N , яка характеризує сумарний тиск порід зі сторони ґрунту:

$$N = 2T_0 \sin \frac{90^\circ - \rho}{2} = D_0 \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \rho}{2}.$$

ВЗДУТТЯ ПОРІД ГРУНТУ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК

Для розрахунку величини підняття порід ґрунту **Ю.3. Заславським** запропоновано, що основними факторами, що визначають наявність і параметри процесу вздуття порід ґрунту, є наступні:

Рівень напружень у місці виробки, який визначається вагою вище лежачої товщі порід,

- міцністю порід,
- кутом їхнього залягання,
- шаруватістю масиву,
- орієнтуванням виробок стосовно нашарування (паралельно чи перпендикулярно),
- їхніми геометричними розмірами і термінами служби.

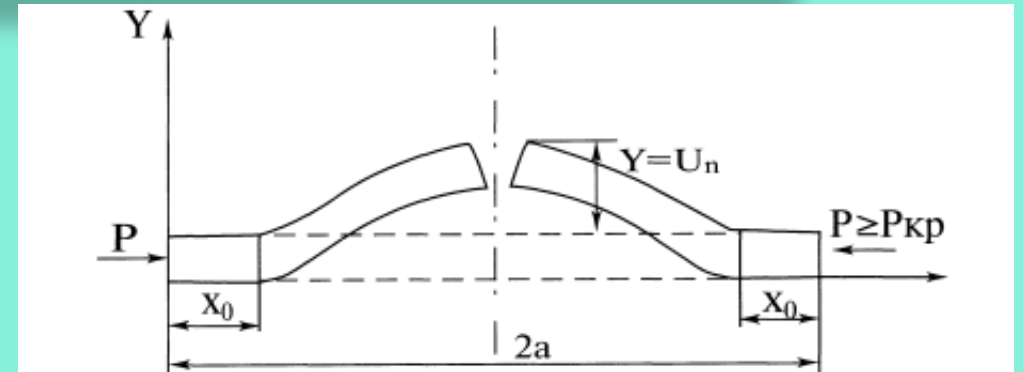


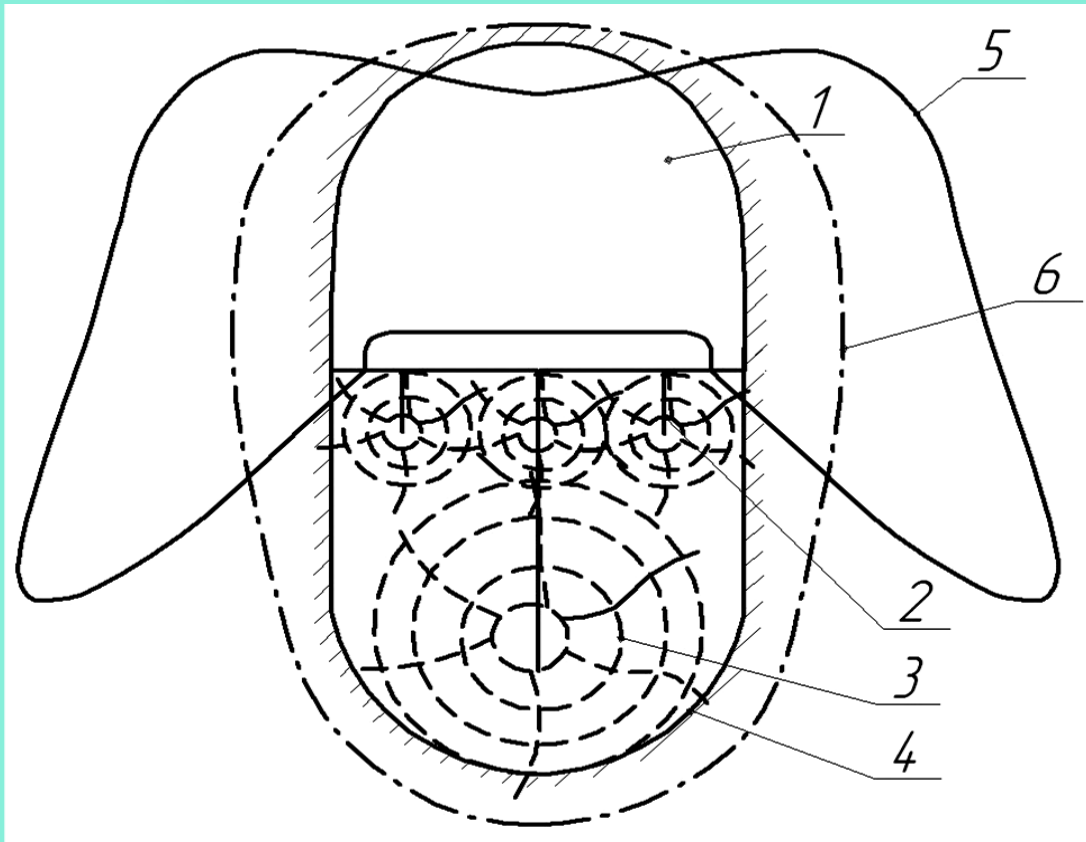
Рис. 4. Схема для визначення величини підняття порід ґрунту за Ю.3. Заславським

Величина підняття порід ґрунту U_n визначається за формулою:

$$U_n = 0,11 ah \sqrt{\left(\frac{0,85\gamma H - 0,15 \left(\frac{R_c}{R_0} \right)^2 \cdot p}{R_c} - 1 \right)}, \quad (6)$$

Породні шари в ґрунті виробки розглядаються як затиснені балки, що знаходяться під дією поздовжньо-поперечного навантаження. У процесі формування сила P перевершує деяке критичне значення $P_{кр}$ після чого шар втрачає стійкість, видувається і ламається в центрі, що призводить до втрати його несучої здатності.

СПОСІБ АКТИВНОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ ТА ПОДАЛЬШОГО ЗМІЦНЕННЯ ПОРІД ҐРУНТУ

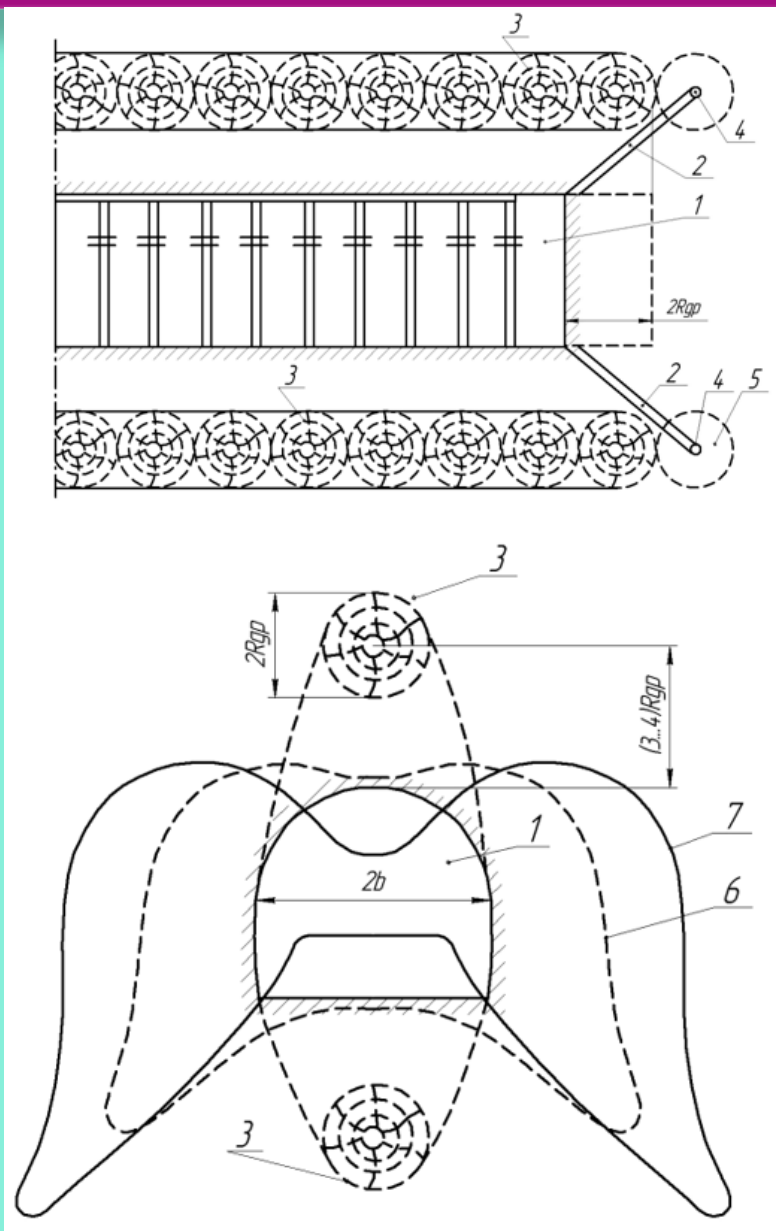


1 – виробка; 2 – розвантажувальні шпури; 3 – зона розпушування; 4 - контур зони розпушування; 5 – епюра тангенціальних напружень до розвантаження; 6 – епюра тангенціальних напружень після розвантаження.

Область штучної тріщинуватості утворюють у ґрунті з наступним нагнітанням у неї зміцнюючого розчину, чим створюють сильний зворотний звід, здатний протистояти значним навантаженням із боку породного масиву.

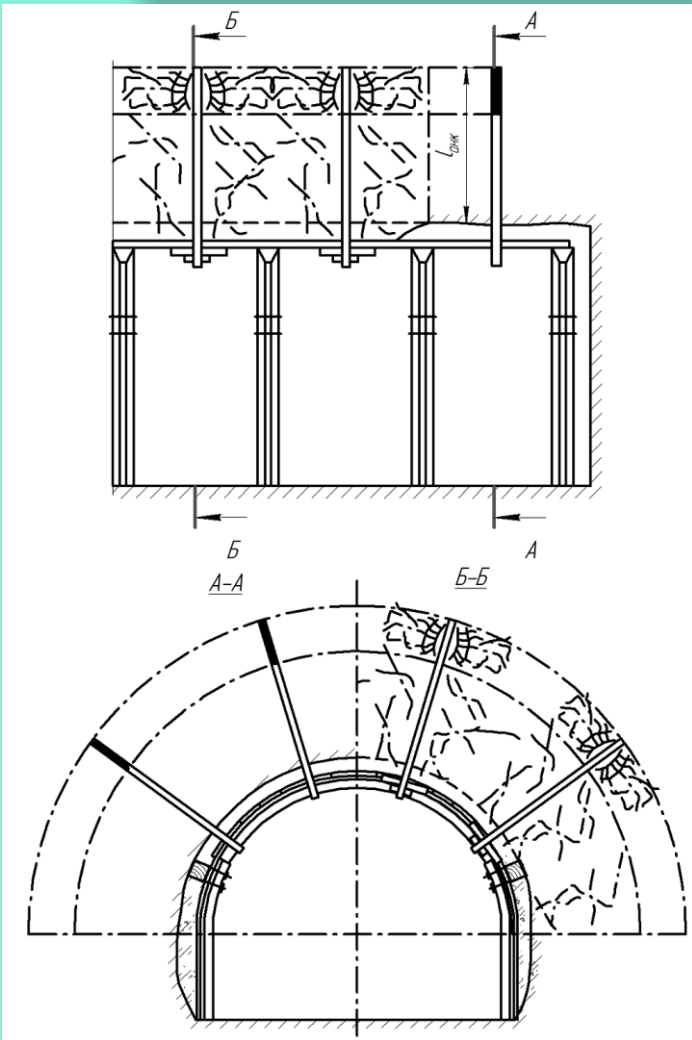
Вибух зарядів розпушування в ґрунті забезпечує більш сприятливий перерозподіл напружень навколо виробки за рахунок зміни її форми, близької до еліптичної, в результаті чого стійкість виробки зростає, а подальше зміцнення роздробленої області порід ґрунту дозволяє повністю (при якісному виконанні робіт) усунути здимання.

СПОСІБ КЕРУВАННЯ НАПРУЖЕНИМ СТАНОМ ПОРІД НАВКОЛО ВИРОБКИ



- 1 – виробка;
- 2 – розвантажувальні шпури;
- 3 – розвантажувальна порожнина;
- 4 – заряди ВР;
- 5 – зони дроблення;
- 6 – еюра тангенціальних напружень до розвантаження;
- 7 – еюра тангенціальних напружень після розвантаження

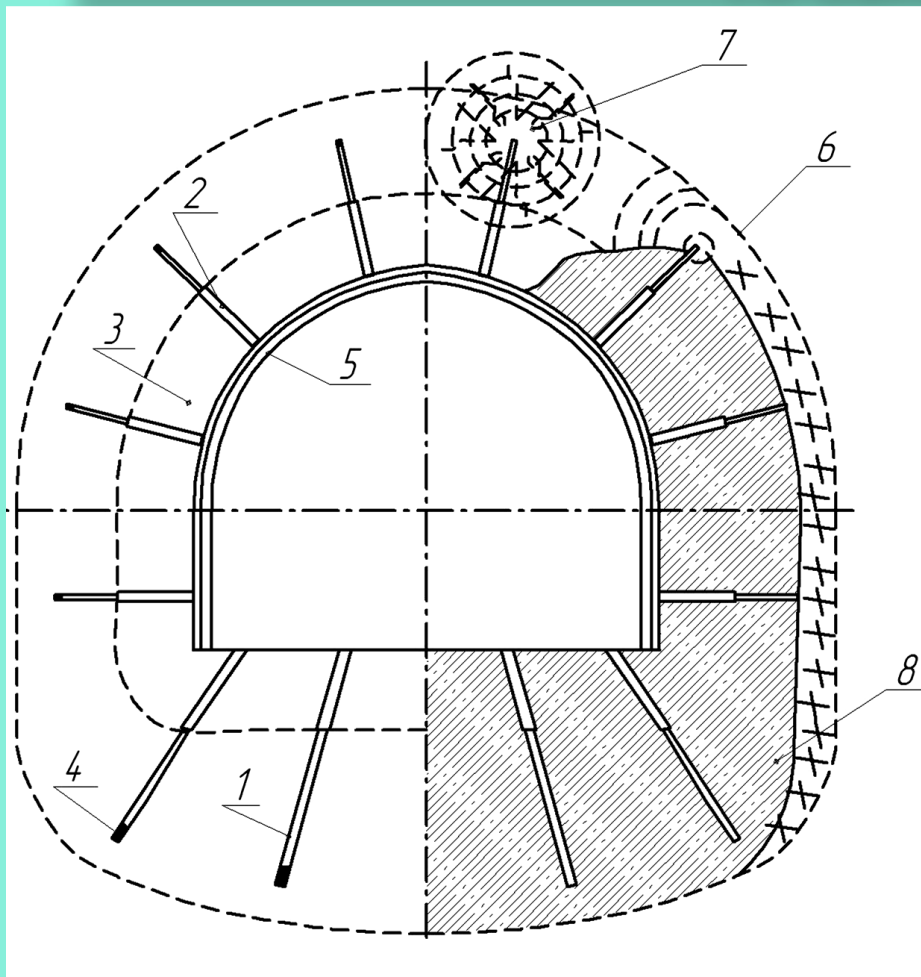
СПОСІБ ПІДТРИМКИ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК



Сутність його полягає у бурінні шпурів у приконтурний масив з розміщенням ампул зі скріплюючим складом та зарядів ВР. При підриванні відбувається розпушування порід по довжині шпуру, руйнування оболонок ампул і проникнення скріплюючого розчину (пінополіуретану, епоксидної смоли з затверджувачем) в тріщини, що утворилися.

Спосіб підтримки гірничих виробок

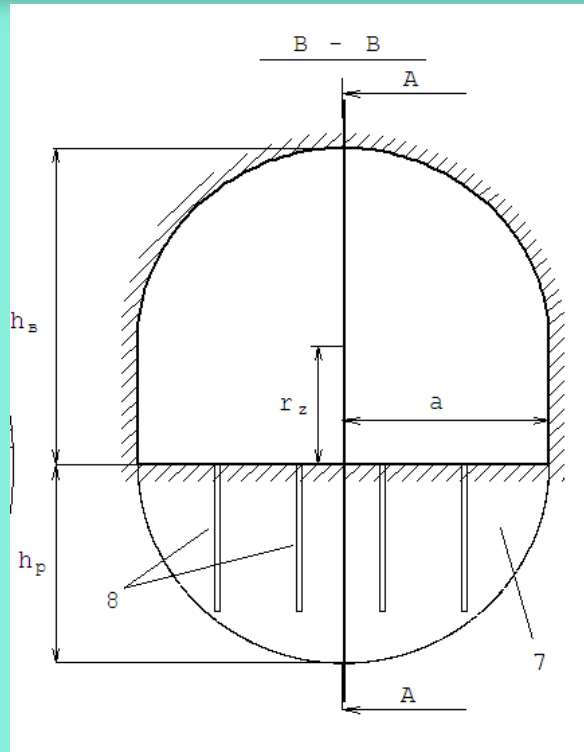
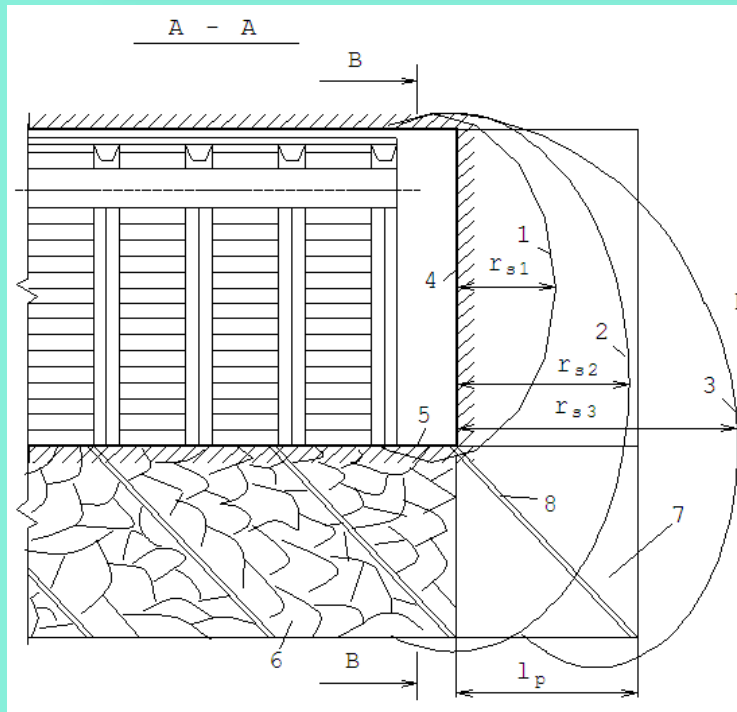
СПОСІБ РОЗВАНТАЖЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД



Комбінований спосіб охорони "Моноліт" за своєю сутністю ідентичний активному розвантаженню з наступним зміцненням, проте розвантажувальні та тампонажні шпури буряться по всьому контуру виробки

1 – радіальні шпури; 2 – трубчасті анкери; 3 – приконтурна зона; 4 – заряд ВР; 5 – пересувне кріплення опалубка; 6 – зона розвантажених від напружень порід;
7 – камуфлетна порожнина; 8 – зона зміцнених порід

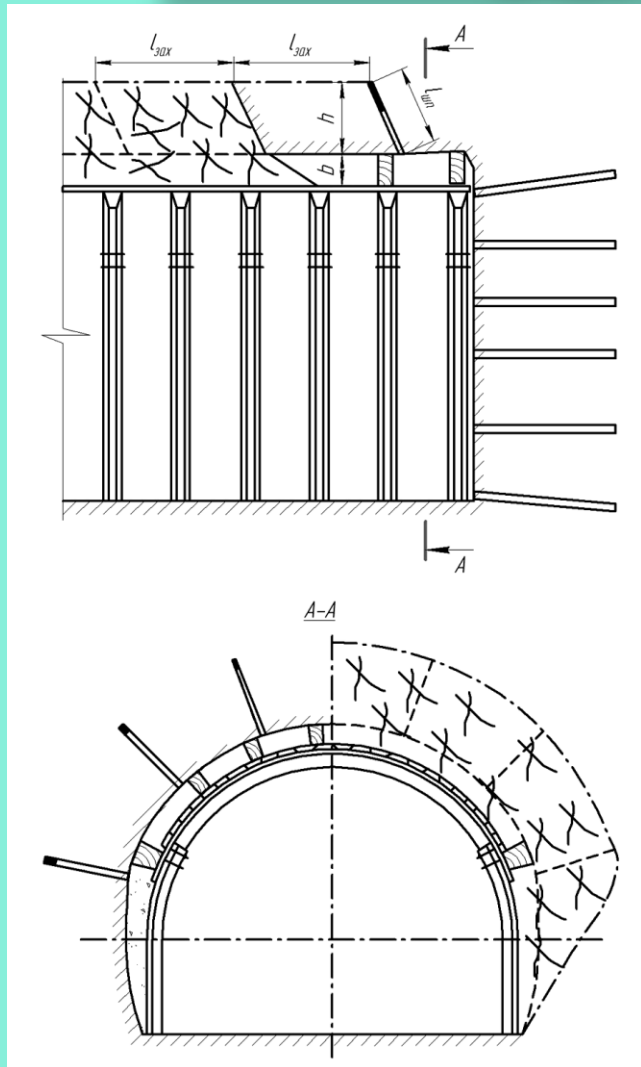
СПОСІБ АКТИВНОГО ПОПЕРЕДНЬОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ ПОРІД ПІДОШВИ ПЕРЕД ВИБОЄМ ГІРНИЧОЇ ВИРОБКИ



1, 2, 3 - області деформацій, що розтягують; 4 - вибій гірничої виробки; 5 – підшва виробки; 6 - область тріщинуватості; 7 – масив; 8 – розвантажувальні шпури.

Сутність способу полягає в штучному створенні перед вибоєм виробки в підшви області розвантаження, відокремленої тріщинами від решти масиву, шляхом підривання камуфлетних зарядів вибухової речовини в розвантажувальних шпурах, формуючи новий контур виробки, близький до еліпсу. У той же час її технологічний поперечний переріз залишається найбільш зручним для експлуатації. Крім того, розвантаження порід ґрунту створює найбільш сприятливі умови для використання енергії вибуху за рахунок зміни форми і розмірів області деформацій, що розтягуються, перед вибоєм гірничої виробки.

СПОСІБ КРІПЛЕННЯ ГРНИЧИХ ВИРОБОК З ВИБУХОВОЮ ЗАБУТОВКОЮ ЗАКРІПНОГО ПРОСТОРУ



Спосіб включає в себе: буріння розвантажувальних шпурів по контуру виробки під кутом 80° до площини поперечного перерізу виробки в протилежний бік від напрямку її проведення, їх зарядження та підривання в них зарядів розпушування. Недоліком цього способу є необхідність буріння великої кількості розвантажувальних шпурів навколо виробки, ускладнення робіт з їх буріння за рахунок необхідності забезпечити кут нахилу 80° до площини поперечного перерізу виробки, велика трудомісткість і складність виконання робіт.

НАВАНТАЖЕННЯ НА КРІПЛЕННЯ

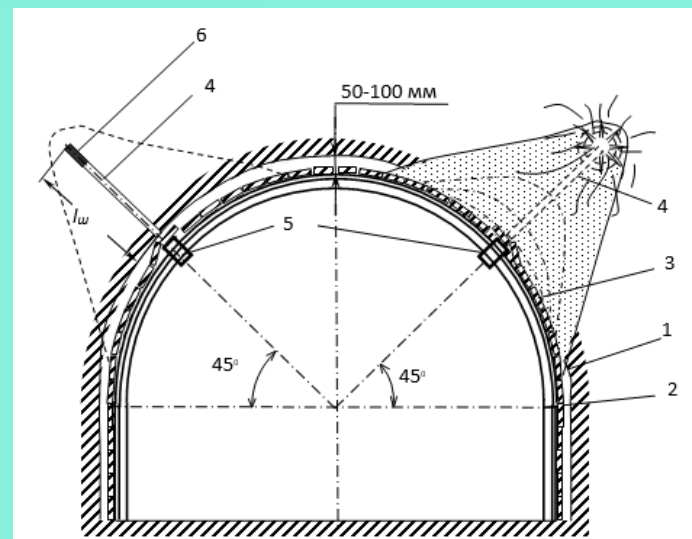
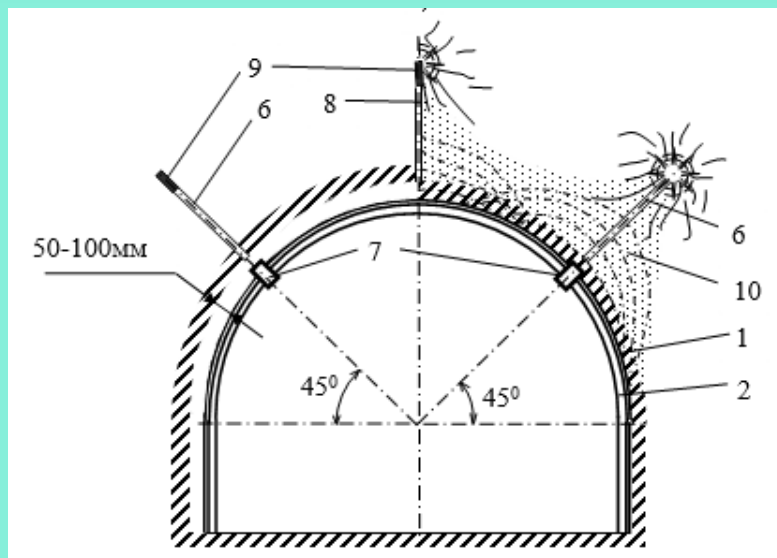
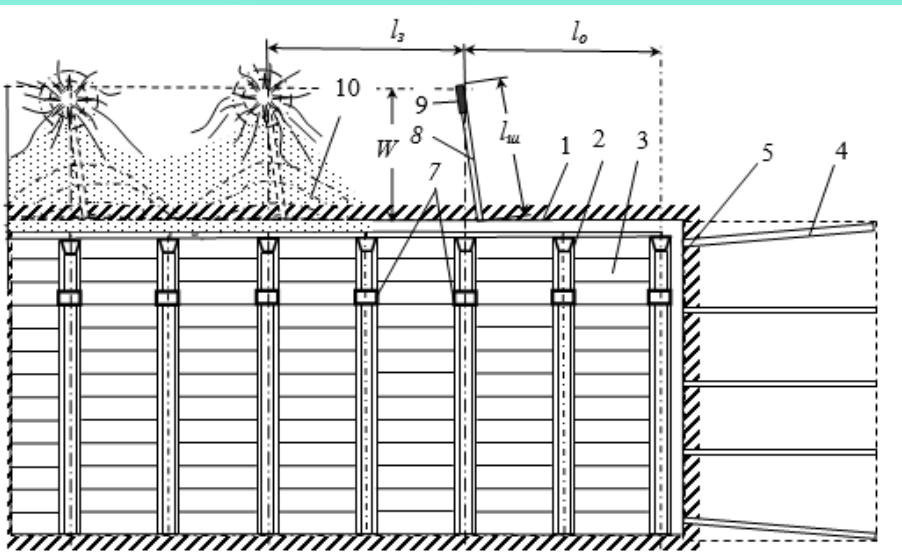
Під **стійкістю** гірничої виробки розуміється її здатність протягом усього терміну експлуатації зберігати задані розміри і форму (у тому числі кріплення).

Це поняття поєднує стійкість породних оголень і кріплення, які взаємодіють між собою, тобто системи кріплення-масив.

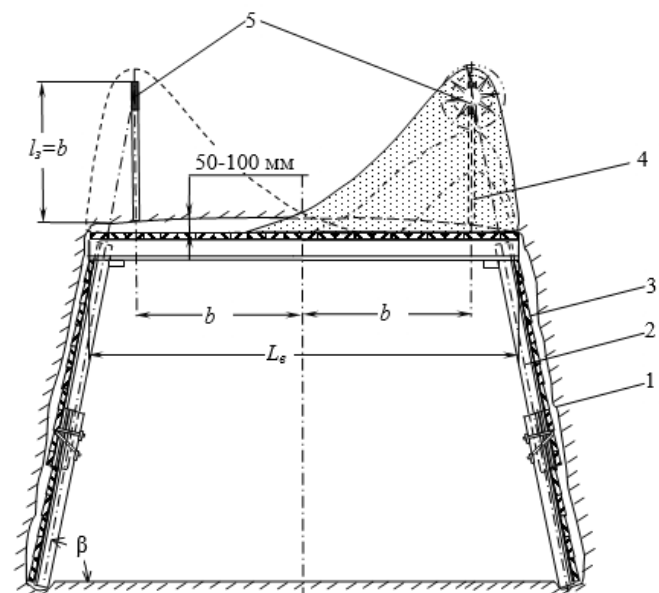
Заповнення порожнеч закріпного простору відіграє дуже значну роль у формуванні навантаження на кріплення.

Забутовка, вирівнюючи епюру тисків, робить навантаження на кріплення більш рівномірним, забезпечує податливість системи "кріплення-масив" і заданий режим роботи кріплення

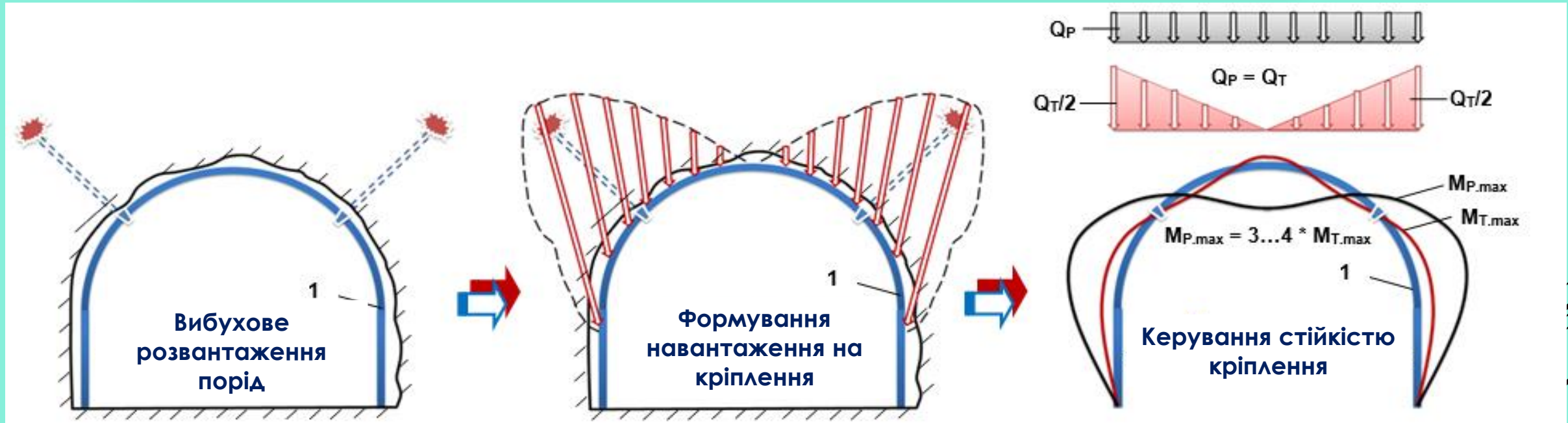
СПОСІБ ВИБУХОВОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ ПОРІД ПОКРІВЛІ



Вибухове розвантаження досягається шляхом вибуху трьох або двох зарядів розпушування вибухової речовини в покрівлі виробки. В результаті в породному масиві створюють тріщинувату зону розвантажених від напружень порід заданої форми, розмірів і ступенем тріщини. Розвантажені вибухом породи за рахунок утворення тріщин і збільшення об'єму повністю заповнюють порожнечі закріпного простору і стискають кріплення розпірними зусиллями з боку масиву. Рамне кріплення стійко фіксується в навколишніх породах і виявляється в найбільш сприятливих умовах експлуатації при проявах гірського тиску.



СПОСІБ ВИБУХОВОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ ПОРІД ПОКРІВЛІ



1 – рамне кріплення; Q_P - типове навантаження на кріплення; Q_T - навантаження на кріплення при способі ВРПК; $M_{P,max}$ - максимальний згинальний момент при звичайному навантаженні на кріплення; $M_{T,max}$ – те саме при способі ВРПК

Схема формування навантаження та зміни згинального моменту рами при застосуванні способу ВРПК

КРІПЛЕННЯ - ВУЗОЛ «ЗАХВАТ»

Запропонований винахід вирішує поставлену технічну задачу і дозволяє:

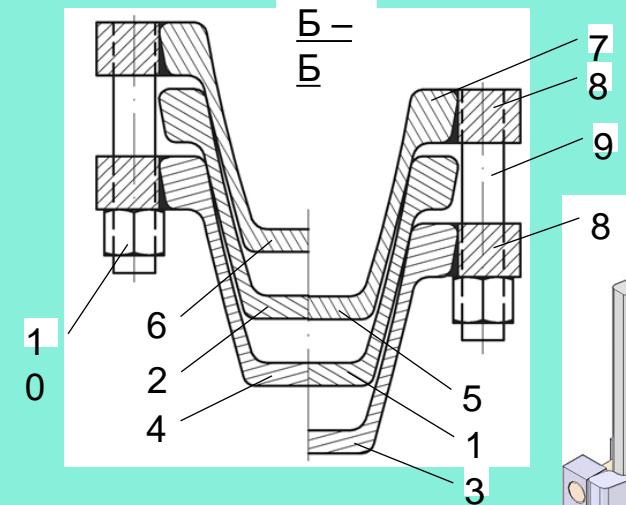
1) перенести в зручні комфортні умови (поза межами прохідницького вибою) роботи по монтажу і наладці піддатливого вузла, що позитивно позначиться на якості монтажу і подальшої роботи вузла піддатливості;

2) значно скоротити час монтажу кріплення у вибої (на 1,5-2,5 люд./час), який тепер є необхідним лише для вставлення верхняка 2 в стійку 1, що до мінімуму скорочує трудові витрати і час перебування шахтарів під розкріпленими породами масиву, полегшує працю гірників, зменшує вірогідність травматизму, покращує комфортність праці;

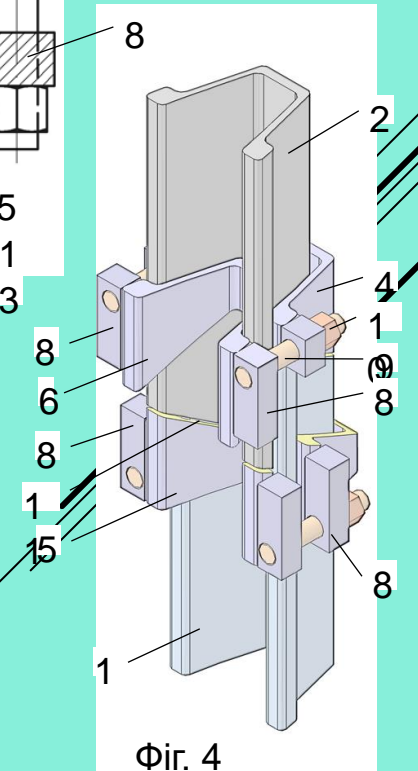
3) заздалегідь задавати, в залежності від гірничо-геологічних умов експлуатації кріплення, бажаний рівень опору піддатливості при монтажі елементів вузла;

4) значно поліпшити адаптивні властивості кріплення в цілому за рахунок фіксації кінців спецпрофілів у захватах і рівномірного зміщення різьбових сполучень вузла;

5) зменшити масу рами кріплення за рахунок зменшення ділянки перекриття спецпрофілів з 400 до 200 мм завдяки встановленню вузла поза межами перекриття спецпрофілів.



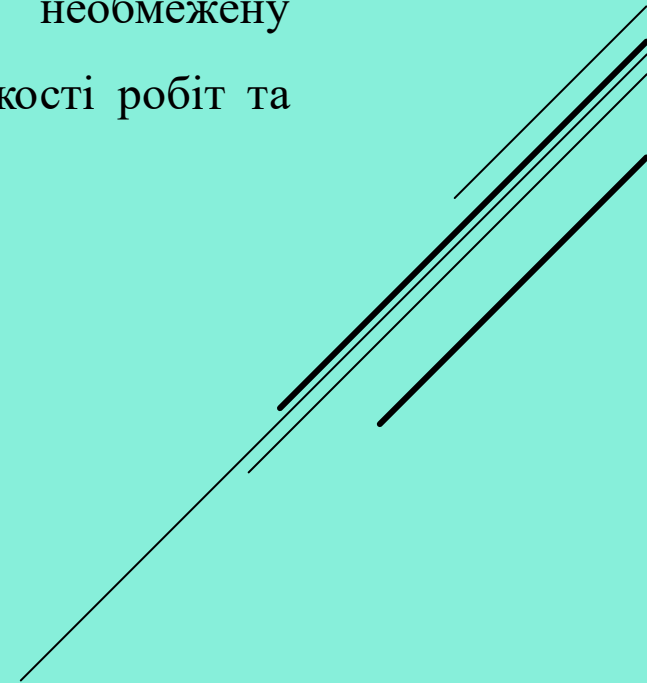
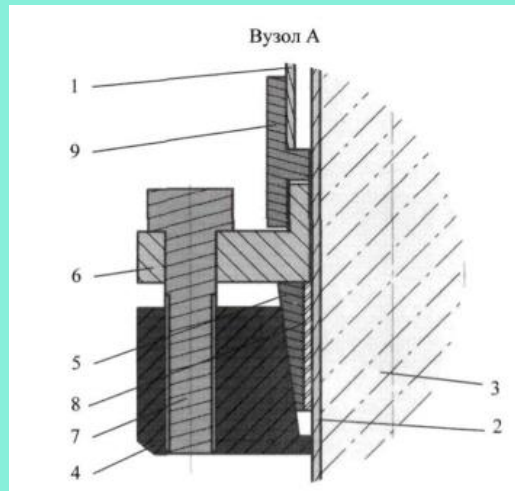
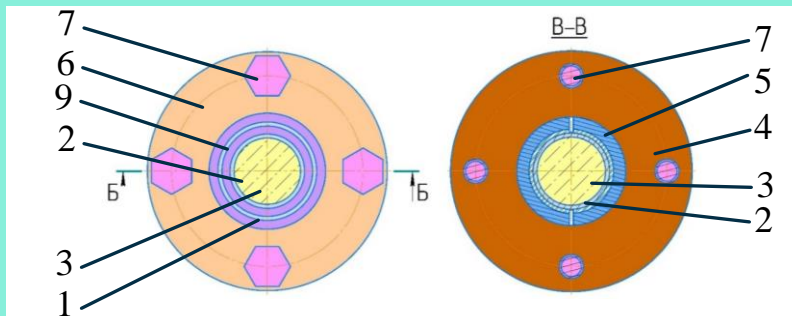
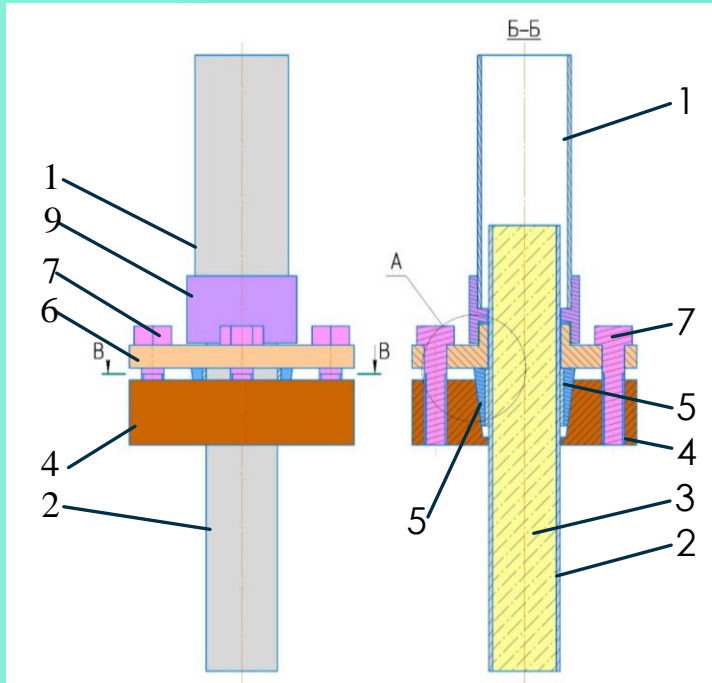
Фіг. 3



Фіг. 4

ВУЗОЛ ПІДДАТЛИВОСТІ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ З КРУГЛОГО МЕТАЛЕВОГО ПРОФІЛЮ

Запропонований вузол піддатливості для кріплення з круглого металевого профілю забезпечує простоту у виготовленні, монтажі, високу швидкість у зведенні кріплення, надійність функціонування, необмежену величину піддатливості, зниження трудомісткості робіт та металоємності кріплення.



ВУЗОЛ ПІДДАТЛИВОСТІ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ З ЗАМКНУТОГО МЕТАЛЕВОГО ПРОФІЛЮ

