

## Концепція паливно-енергетичної системи, що базується на підземному спалюванні вугільних пластів

Однією з основних особливостей гірської промисловості є та обставина, що нові поклади корисних копалин, що розробляються, виявляються, як правило, біднішими або менш доступними, ніж відпрацьовані раніше. Тому у вугільній галузі не тільки поліпшення, але навіть збереження сучасного рівня техніко-економічних показників неможливо, якщо орієнтуватися на відомі технологічні, технічні й організаційні рішення. У цьому зв'язку, особливого значення набувають перспективні пошукові дослідження паливно-енергетичних систем, що припускають підземне спалювання (газифікацію) вугілля на місці його залягання.

До невирішених проблем підземної термохімічної переробки вугілля варто віднести високі втрати енергії в надрах (від 30 до 50 % її витрачається на марний розігрів порід), труднощі керування процесом горіння й поширення деформацій земної поверхні над вигорілим простором, недостатню теплоту згоряння одержуваного генераторного газу. Незважаючи на ряд незаперечних достоїнств свердловинних геотехнологій, вони не можуть забезпечити ефективне рішення зазначених проблемних завдань.

Підвищення економічних та екологічних активів підземної термохімічної переробки вугілля може бути досягнуте при виробленні електроенергії безпосередньо в шахтних умовах. Для цього розробляються особливі газоелектричні комплекси, що використовують для виробництва електроенергії синтетичний газ переробки вугілля на місці його залягання. Слід зазначити, що необхідне (рентабельне) підвищення теплоти згоряння одержуваного газу (до 8 і більше МДж/м<sup>3</sup>) може бути отримано лише в умовах високого тиску й інтенсивної подачі кисню у зону горіння (т.зв. технологія інтегрованої газифікації IGCC) і вимагає чіткого керування параметрами процесу горіння вугілля. Крім того, необхідно забезпечити утилізацію тепла, що витрачає на розігрів порід, що вміщують.

### ОПИС НОВОГО СПОСОБУ ПІДЗЕМНОГО СПАЛЮВАННЯ ТОНКИХ ПЛАСТІВ

Для рішення поставлених завдань у Донбаському технічному університеті розроблений спосіб керування процесом горіння й теплообміну при переробці вугілля на місці залягання, заснований на шахтній підготовці енергетичних блоків і використанні трубного колектора у підшві пласта для циркуляції теплоносія. Загальна схема відпрацьовування блоку представлена на мал. 1, поздовжній і поперечний розріз - на рис. 2.

Спосіб здійснюють таким чином. Ділянка вугільного пласту 1 оконтурюють виробками 2, формуючи задані розміри (а, б) енергетичного блоку. Виробки проходять широким вибоєм по вугіллю, підготовляючи простір для каналів газифікації 3 і бутової смуги 4. Уздовж зони планованого вогневого вибою розміщують запальні пристрої. Вогневий вибій 5 рухається в міру згоряння вугілля зі швидкістю 0,5-1,5 м/добу. Бутову смугу 4 створюють шляхом закладки породи, отриманої при проведенні виробки, що оконтурює, з наступною ін'єкцією розчину, що твердіє. На з'єднанні виробок зводять бетонну опорну конструкцію 6, що виконує також ізолюючі функції, та перешкоджає поширенню високих температур і газових потоків за межі блоку. Кріплення виробки, що оконтурює блок 2 доцільно здійснювати набризкбетоном у сполученні з опорними конструкціями.

З виробок 2 у породи підшви пласта 7 просвердлюють отвори 8, у яких розміщують сталеві труби 9, пов'язані із вхідною й вихідною магістралями 10. З поверхні до енергетичного блоку бурять повітряно-подавальну (11) і газовідвідну (12) свердловину, з'єднані з каналами газифікації 3. Таким чином, підготовлюють кілька суміжних блоків, розміщених поблизу підземної електростанції. Люди в гірських виробках присутні тільки

при спорудженні енергетичних блоків, а їхнє вогневе відпрацювання здійснюється безлюдним способом.

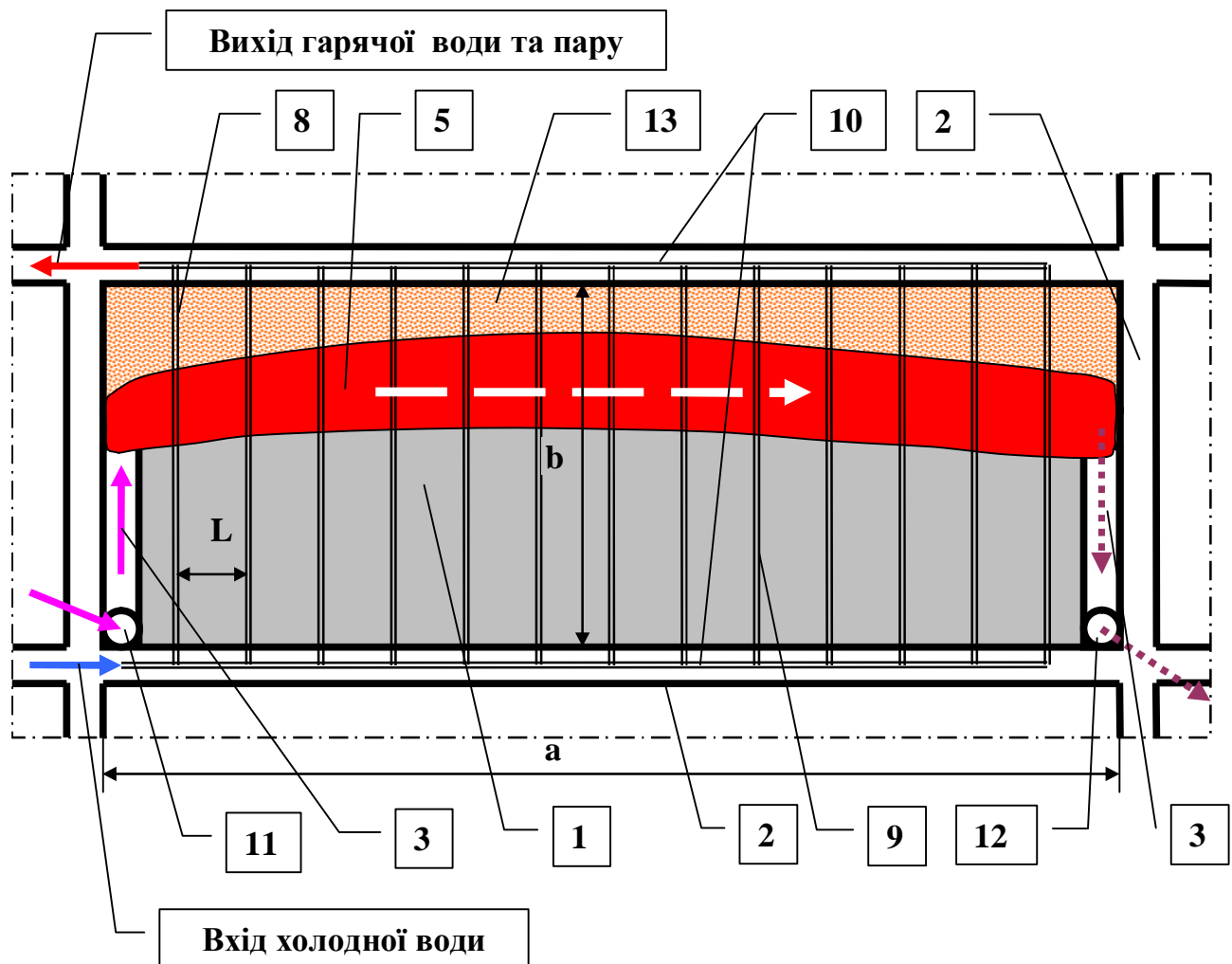


Рисунок 1 – Схема відпрацювання енергетичного блоку

При термохімічній переробці вугілля до вогневого вибою 5 через повітряно-подавальну свердловину 11 і канал 3 подають високонапірний повітряний струмінь, що забезпечує окисні процеси. Вихідні гази рухаються в напрямку свердловини 12, звідки усмоктувальним способом подаються в когенераційні системи на поверхні.

Температура в зоні горіння перевищує  $1000^{\circ}\text{C}$ , розжарюючи породи ґрунту й покрівлі, які тривалий період зберігають високотемпературний потенціал. При цьому на нагрівання гірських порід витрачається близько 50% енергії отриманої при згорянні вугільного шару.

У період вогневого відпрацювання блоку в сформований трубний колектор подають енергоносії (воду), що, розігріваючись до заданої температури (що регулюється швидкістю руху води в трубах), забезпечує роботу електрогенеруючих пристроїв. З огляду на те, що швидкість горіння (газифікації) вугільного шару становить 0,5 – 1,5 м/добу, час експлуатації кожного енергетичного блоку може скласти півроку й більше (залежно від прийнятих розмірів блоку). Представляється доцільним використати як турбогенератори модульні геотермальні енергоблоки «Туман 2» які використовують воду з температурою близько  $200^{\circ}\text{C}$ . Крім того, такий енергоблок має досить малі розміри ( $10,5 \times 3 \times 3,5\text{м}$ ), що є істотною перевагою при його розміщенні в підземній камері.

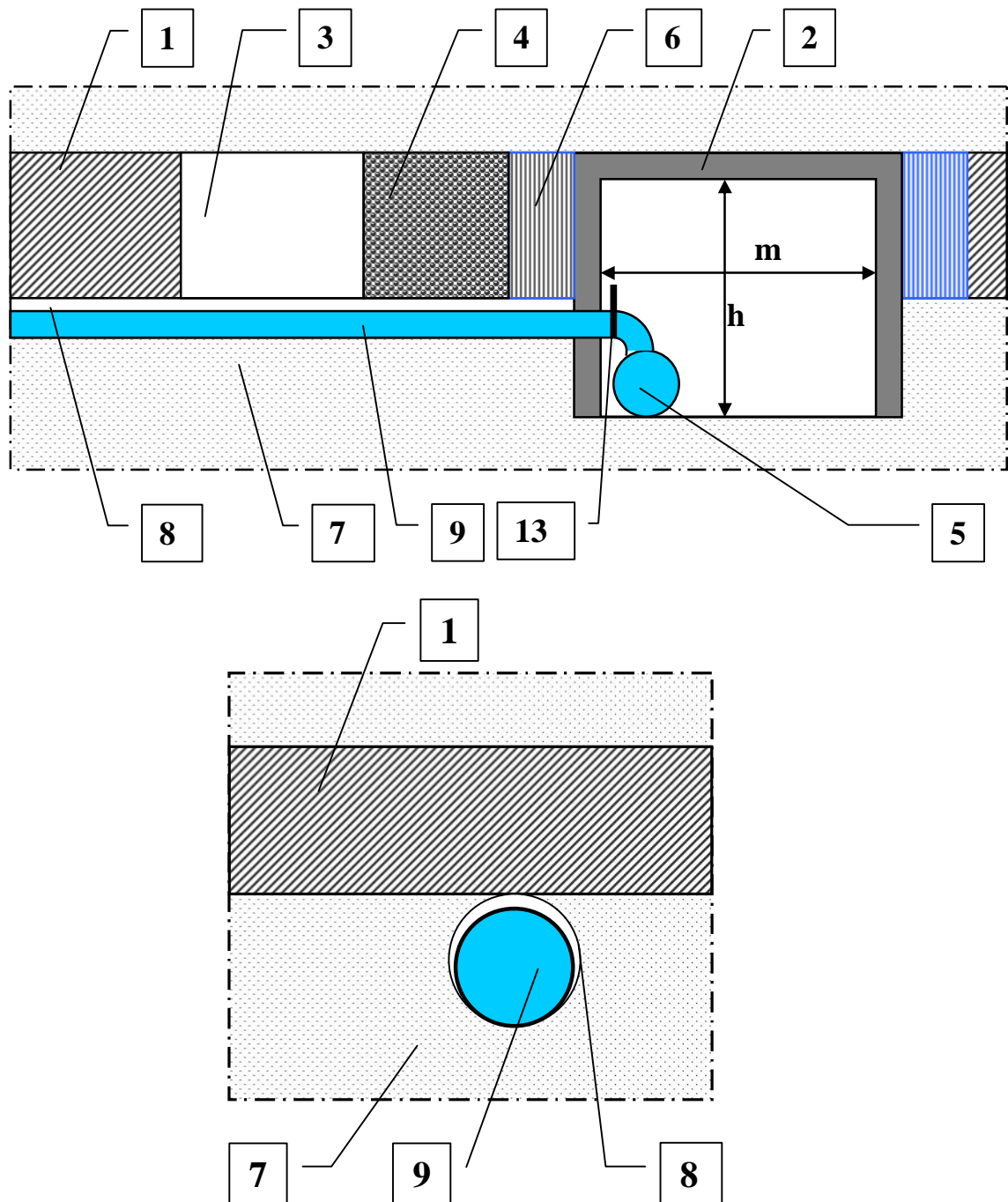


Рисунок 2 – Поздовжній і поперечний розрізи енергетичні блоки

Важливим технологічним показником системи, що визначає витрату труб колектора й собівартість отриманої електроенергії є відстань між трубами  $L$ , що повинне бути по можливості максимальним (з обліком найбільш повного витягу тепла із зони горіння й розпечених порід). Для визначення доцільної міжтрубної відстані  $L$  розглянемо завдання теплообміну.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАМЕТРІВ СПОСОБУ

Теоретично для витягу всієї теплової енергії, що утвориться в результаті згорання вугільного пласту, що поширилася в масив гірських порід, необхідно обмежити місце горіння (знизу і зверху пласту) порожнинами, заповненими циркулюючим теплоносієм. Оскільки розмістити теплоносій у покрівлі технічно не представляється можливим (у зв'язку

з обваленням порід покрівлі при вогневому відпрацьовуванні пласту), будемо оперувати тільки порожниною 1 у ґрунті (рис. 3). Оскільки, розпечені породи покрівлі 2 обрушуються в процесі вигоряння пласта, а розриви суцільності порід покрівлі 3 створюють тепловий опір і перешкоджають поширенню тепла, тоді його більша частина (не менш 80%) може бути витягнута теплоносієм однієї нижньої порожнини. Для виробництва електроенергії необхідно здійснювати відбір тепла порід за допомогою колектора з металевих труб, тому обмежуюча порожнина 1 замінюється в нашому випадку дискретними ділянками 4, що імітують труби колектора.

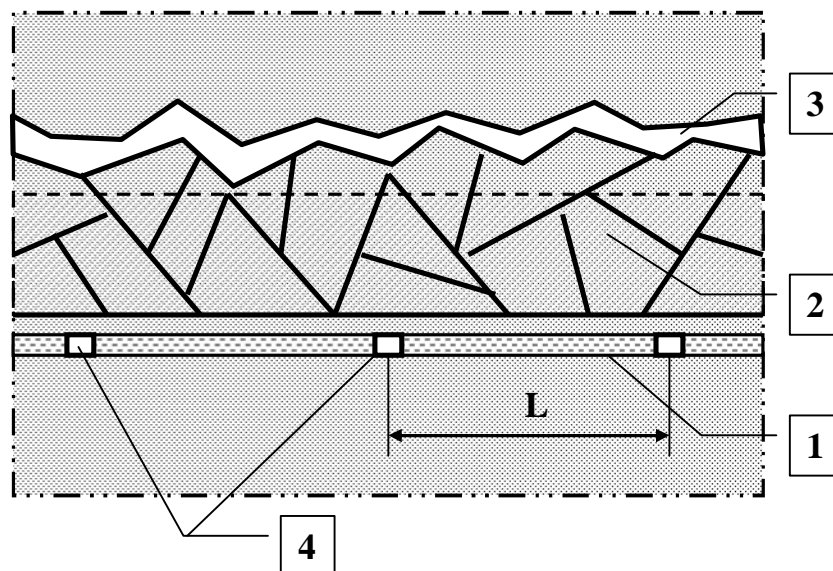


Рисунок 3 – Модель витягу тепла із зони горіння

Як показали розрахунки, рух теплоносія (води) у трубі дозволяє практично одночасно витягти тепло навколишніх порід у зоні горіння шару на відстані рівному чотирьом радіусам труби. Значна частина тепла буде відібрана в наступний період часу, що може скласти до 5 діб (залежно від потужності шару й швидкості руху теплоносія). Відстань, з якого можливий витяг тепла однією трубою колектора визначається температурним градієнтом порід навколо зони горіння, швидкістю горіння шару і його потужністю. Виходячи з даних практичного досвіду використаних у теоретичних дослідженнях, відстань між трубами може перебувати в межах 5 – 20 м, що забезпечує економічну доцільність використання трубного колектора для витягу теплоенергетичного потенціалу порід, та безпосередньо тепла горіння.

Таким чином, при розмірах вугільного блоку 300×100 м і потужності пласта 1 м додатково до продуктів газифікації може бути отримане близько  $23 \cdot 10^6$  кВт/годин електроенергії. Як показали розрахунки, це в 1,5-1,8 рази перевищує витрати на підготовку енергетичного блоку, включаючи його оснащення трубним колектором.

Ефект нового способу забезпечується також завдяки істотному підвищенню теплоти згоряння отриманих продуктів газифікації, тому що в замкнутому блоці можливо здійснити автоматичне регулювання основних параметрів газифікації (температура, тиск, швидкість подачі повітря й «відводу» газів). Крім того, оскільки пласт розділяють на блоки гірничими виробками з теплоізолюючим кріпленням, забезпечуються границі поширення процесу горіння вугілля, що виключає підробку об'єктів на поверхні.

У порівнянні із традиційною підготовкою шахтного поля будівництво підземної шахти-електростанції значно спростить схему й знизить довжину гірських виробок. Максимальна ефективність застосування розробленої технології може бути отримана на існуючих шахтах, що потребують реконструкції або перебувають у стадії ліквідації через низьку ефективність відпрацьовування тонких вугільних пластів.