

ОСОБЛИВОСТІ РУДНИХ РОДОВИЩ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНОЛОГІЮ РОЗРОБКИ Й СПОСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ГІРНИЧИХ РОБІТ

1. Значно більш висока міцність і абразивність руд у порівнянні з вугіллям. Так, якщо коефіцієнт міцності по шкалі проф. М. М. Протодьяконова для кам'яного вугілля рівний 1-1,5 і для антрациту 2-2,5, то більшість руд мають коефіцієнт міцності близько 8-12, а досить міцні — від 15 до 20 і вище. За абразивністю кам'яне вугілля можна порівнювати з неабразивними рудами (такими, наприклад, як кам'яна сіль). Звичайно ж руди в 5-10 разів, а в окремих випадках навіть у 20 раз більш абразивні, ніж кам'яне вугілля.

2. Різноманітність розмірів і мінливість елементів залягання рудних тіл. Розміри рудних тіл коливаються в дуже широких межах. Потужність змінюється від декількох сантиметрів до сотень метрів. Глибина поширення від поверхні розроблювальних у цей час родовищ доходить до 3,9 км. Довжина рудних покладів за простяганням коливається від декількох метрів до декількох кілометрів, а окремі рудні родовища простягаються на десятки кілометрів.

3. Мінливість вмісту корисних компонентів, а іноді й мінералогічного складу руд за обсягом покладів, характерна для більшості рудних родовищ і особливо для руд кольорових металів.

Вміст металів звичайно міняється із глибиною, а нерідко й за потужністю, і за простяганням рудних тіл. Якість рудної маси, що надходить із різних очисних блоків, як правило, різна, причому навіть в одному блоці воно міняється згодом, у міру відпрацьовування запасів.

4. Порівняно менша руйнація відбитої руди при самопливному переміщенні її по рудоспусках і очисному простору. При самопливному переміщенні вугілля відбувається значне руйнування його шматків, що супроводжується утворенням надмірної кількості дріб'язку й вугільний пили, що різко знижує якість добутого вугілля як товарної

продукції. Перездрібнювання відбитої руди (за рідкісним винятком, що стосуються, наприклад, деяких видів залізних руд) практично не знижує товарної якості рудної маси, тому що перед збагаченням її однаково подрібнюють у дробарках і кульових млинах. На вугільних шахтах прагнуть усіляко усунути або скоротити перепуск вугілля. На рудниках же, навпаки, дуже часто має місце самопливне переміщення руди під дією власної ваги. Широко поширені не тільки короткі й звичайні (до 40-60 м), але й глибокі рудоспуски (довжиною більш 100 і навіть 300-400 м). Завдяки цьому на рудниках використовуються інші, відмінні від практики вугільних шахт схеми розкриття й підготовки родовищ і виемкових ділянок (очисних блоків).

5. Набагато менша вірогідність і оперативність інформації про гірничо-геологічні умови й протікання технологічних процесів. Ця особливість визначається як недосконалістю існуючих методів випробування, так і об'єктивними причинами, пов'язаними з різноманітністю складу й мінливістю вмісту корисних компонентів у руді. На випробування й наступний хімічний аналіз проб витрачається значний час і засоби. Забезпечити необхідну оперативність інформації про якість продукції, що добувається, не завжди вдається. Так, на деяких поліметалевих рудниках об'єктивні дані про вміст металів у рудній масі, що добувається, надходять із хімлабораторії лише через 1-2 доби після взяття проб, що надзвичайно ускладнює керування якістю.

6. Широкий діапазон стійкості руд й порід, що вміщують, визначає різноманіття використовуваних на рудниках способів підтримки очисного простору й систем розробки. Більшість руд більш стійка, ніж вугілля, хоча в окремих випадках буває й навпаки. Тектонічні ж порушення в рудних родовищах зустрічаються частіше, чим у вугільних. Зсуви, зрушення, зони зминання, розлами звичайно ускладнюють як розвідку, так і розробку багатьох рудних родовищ.

7. Здатність деяких руд до злежуваності або самозайманню, а також значна обводненість ряду рудних родовищ також суттєво впливають на способи ведення гірничих робіт. Так, злежуваність руд, що містять багато зволжених глинистих і мулистих часток,

перешкоджає застосуванню систем розробки з магазинуванням руди, при яких відбита руда акумулюється (накопичується) в очисному просторі й певний час перебуває в ньому без руху. Самозаймистість руд і порід (що містять більш 18-20 % сірки) перешкоджає застосуванню систем розробки з обваленням руди і порід, що вміщують, і звичайно вимагає переходу до більш дорогих систем розробки із закладкою, що твердіє.

8. Висока цінність більшості руд у порівнянні з вугіллям обумовлює більш тверді вимоги до повноти і якості добування корисної копалини з надр і виправдовує у відповідних умовах трудомісткі й дорогі способи ведення гірничих робіт, що відрізняються невеликими втратами й розубоженням руди.

9. Відсутність на більшості підземних рудників метановиділення. Майже на всіх рудниках дозволяються роботи з відкритим вогнем, не потрібна апаратура у вибухонебезпечному виконанні.

Проте окремі рудники, що розробляють калійні солі або рудні поклади, поблизу яких у породах, що вміщують, є непромислові прошарки вугілля, що містять метан, відносять до газових (але не вище другої категорії). Крім того, при розробці уранових родовищ виділяються газоподібні радіоактивні домішки (у тому числі радон), небезпечні з погляду іонізуючих впливів на людину, а при розробці покладів ртутних і мишьяковистих руд - отрутні пари цих металів. Тому на таких рудниках здійснюється цілий комплекс відповідних заходів щодо охорони праці й техніці безпеки.

ПОКАЗНИКИ, ЩО ОЦІНЮЮТЬ ДОБУВАННЯ РУДИ З НАДР

При розробці рудних родовищ ніколи не витягають руду у чистому виді, тобто з тим вмістом корисного компонента й точно у тій кількості, у якій вона перебуває у балансових запасах родовища, що підлягають відпрацьовуванню. Частина балансових запасів руди за різних причин безоплатно залишається у надрах і називається втратами руди. У той же час при видобутку завжди відбувається розубоження руди, тобто зниження вмісту корисного компонента у добутій рудній масі у порівнянні з вмістом його у масиві руди. Втрати є кількісними показниками

добування руди з надр при видобутку, а розубоження — якісними (мал. 1).

За класифікацією М. І. Агошкова й Е. І. Панфілова прийнято виділяти наступні види втрат: загальнорудничні, експлуатаційні у масиві й експлуатаційні для відбитої руди.

Загальнорудничні втрати складаються із запасів руди, залишених у різних видах охоронних ціликів біля капітальних виробок і під об'єктами на поверхні, що підлягають охороні (будинками, спорудженнями, водоймами, залізницями й т.п.).

Експлуатаційні втрати руд у масив відбуваються через залишення руд у ціликах, що не виймаються, в середині очисних блоків (см. рис. 1, а), у штреках і виробках, що повстають, поблизу місць завалів, затоплень і пожарів, а також у контактів рудних покладів через неможливість точно повторити при очисній виїмці мінливі контури рудних тіл (см. рис. 1). Експлуатаційні втрати відбитої руди мають місце при припиненні випуску руди із блоку, коли розубоження заваленими породами, що налягають, стає надмірним (див. мал. 1, д); при застряванні руди на лежачому боці через нерівності (див. мал. 1, г) або недостатнього для самопливного переміщення нахилу контакту руди з породами; при потраплянні рудного дріб'язку через настил у закладку; через просипи на шляхах при транспортуванні руди, у місцях перевантаження і складування.

За причинами виникнення розубоження можна розділити на три види:

1. Розубоження від засмічення, тобто через збільшення обсягу видобутку при тій же кількості металу:

а) при випуску руди безпосередньо під заваленими породами, що налягають, коли шматки порід просочуються в руду, перемішуються з нею (див. мал. 1, д);

б) при відбійці разом з рудою породи через мінливі контури рудних покладів (див. мал. 1, б) або необхідності підробляти породи поблизу тонких жил, щоб створити очисний простір шириною не менш 0,6-0,8 м для вільного переміщення по ньому людей (див. мал. 2.1, б);

в) при мимовільному відшаровуванні й потраплянні в руду породи з покрівлі або блоків відкритого очисного простору.

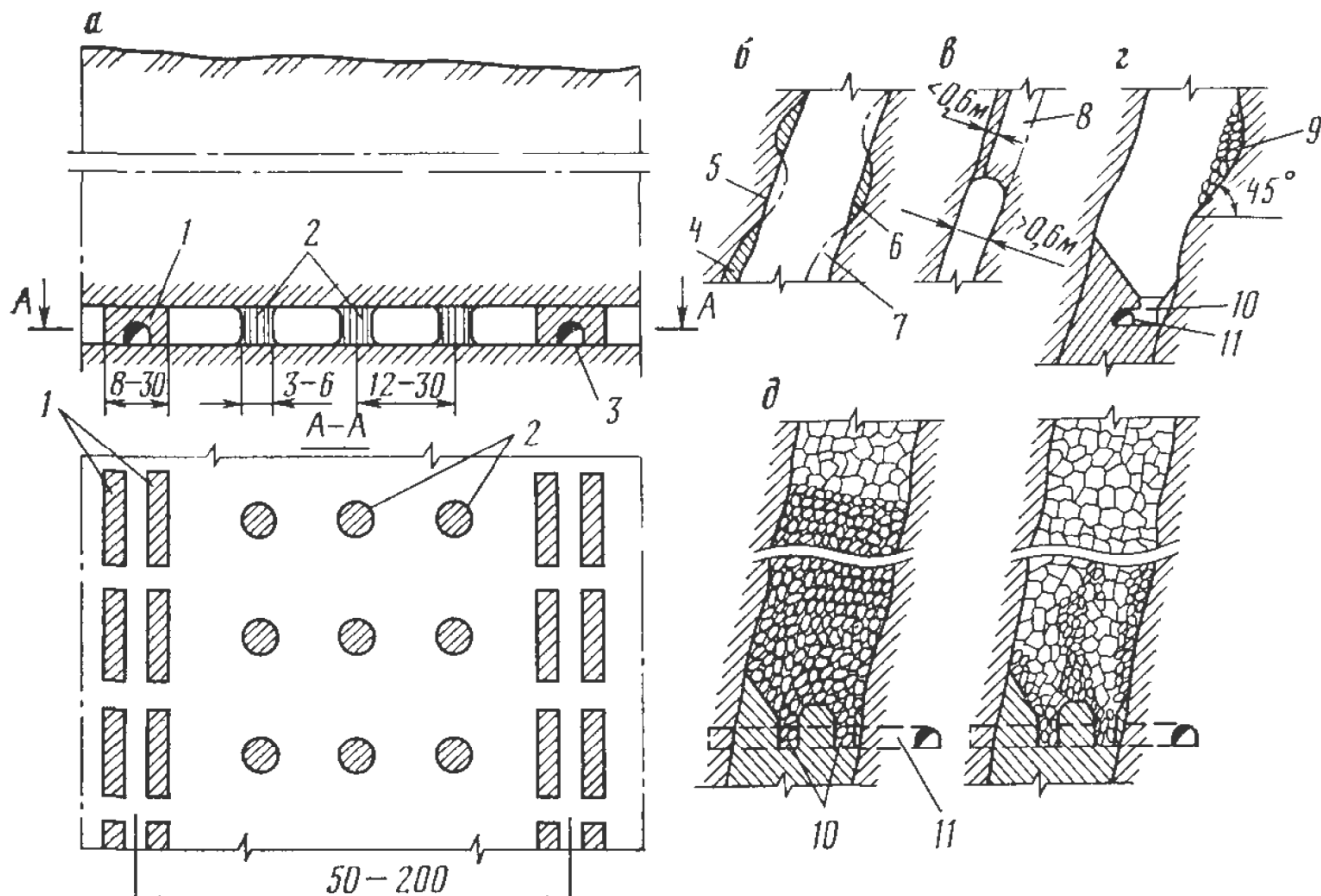


Рис. 1. Схеми, що пояснюють утворення втрат і розубоження руди:

1 - навколоштрекові цілики, 2 - опорні цілики; 3 - штреки; 4 - рудний контур; 5 - виїмковий контур, 6 - ділянка втраченої руди у масиві, 7 - ділянка порід, відбитих разом з рудою, 8 - породи, відбивані одночасно з вилученням тонкої жили; 9 - відбита руда, що залишилася у нерівностях лежачого боку; 10 - виробка для випуску руди, 11 - виробка для доставки руди

4. Розубоження від потрапляння у втрати руди з більш високим вмістом корисного компонента, чим у балансових запасах, що зменшує кількість металу в об'ємі рудної маси, що виймається:

а) при наявності у рудному дріб'язку, що втрачається в нерівностях лежачого боку, у закладці або в процесі транспортування більш високого вмісту металу, ніж в іншій руді (через підвищену крихкість і легкість викрашування рудних мінералів);

б) при необхідності за умовами гірського тиску залишати цілики там, де руда виявилася багатше;

в) при наявності більш багаті руди на ділянках, де по конструктивних

особливостях очисного вилучення рівень втрат вище, чим на інших (наприклад, у днищі блоку).

5. Розубоження від вилуговування металу з руди шахтними водами, якщо цей метал утримується в руді у вигляді розчинних з'єднань (має місце на медноколчеданових і уранових рудниках).

У цей час найбільш часто користуються чотирма основними показниками, що оцінюють повноту і якості добування руди з надр при видобутку. Ці показники є відносними величинами й при розрахунках, і у формулах вимірюються звичайно в частках одиниці, а в описах можуть вказуватися й у відсотках. До основних показникам добування руди з надр належать наступні:

1. Втрати металу (корисного компонента)

$$n = (M_{\text{пот}} - M_{\text{пор}}) / M_{\text{руд}}, \quad (1)$$

де $M_{\text{пот}}$ - кількість металу в загубленій руді, т;

$M_{\text{пор}}$ - кількість металу в домішаній породі, т;

$M_{\text{руд}}$ - кількість металу в підметах відпрацьовуванню балансових запасах руди, т.

2. Розубоження руди (корисної копалини)

$$p = (A_{\text{руд}} - A_{\text{р. м}}) / A_{\text{руд}}, \quad (2)$$

де $A_{\text{руд}}$ - вміст металу в балансових запасах руди, % або г/т;

$A_{\text{р. м}}$ - вміст металу в добутий рудній масі, % або г/т.

3. Втрати руди (що раніше називалися дійсними втратами)

$$n_p = П / Б, \quad (3)$$

де $П$ - кількість руди, втраченої з балансових запасів, т;

$Б$ - кількість руди у балансових запасах, т.

4. Засмічення руди (що раніше називалося дійсним розубоженням)

$$\rho_p = В / Д, \quad (4)$$

де $В$ - кількість порід, що вміщують, потрапили у руду в процесі видобутку, т;

$Д$ - кількість добутої рудної маси, т.

Оскільки кількість металу є добуток кількості руди (породи) на вміст металу в цій руді (породі), то формулу (1) можна записати у такий спосіб:

$$n = (\Pi \cdot A_{nom} - B \cdot A_{nor}) / (B \cdot A_{руд}). \quad (5)$$

Величини $n = n_p$ і $\rho = \rho_p$ у випадках, коли вміст металу у загубленій руді A_{nom} і вміст його у балансових запасах $A_{руд}$ однакові, а вміст металу у породі, що розубожує руду, A_{nor} практично дорівнює нулю, тобто якщо $A_{nom} = A_{руд}$ і $A_{nor} \approx 0$. В інших випадках перераховані показники добування різняться за величиною.

При звітності, нормуванні й оцінці економічного збитку користуються показниками втрат металу n і розубоження руди ρ , а при аналізі технічних рішень і оцінці якості ведення гірничих робіт — показниками втрат руди n_p і засмічення її ρ_p .

Крім вищевказаних основних показників добування нерідко користуються ще й іншими, до яких можна віднести:

коефіцієнт зміни якості рудної маси при видобутку

$$k_k = 1 - \rho = A_{р.м} / A_{руд} \quad (6)$$

коефіцієнт добування металу (корисного компонента) з надр

$$k_u = 1 - n = D \cdot A_{р.м} / (B \cdot A_{руд}) \quad (7)$$

коефіцієнт виходу рудної маси при видобутку

$$k_d = k_u / k_k = (1 - n) / (1 - \rho) \quad (8)$$

З формул (2) і (8) можна вивести два важливі співвідношення, що дозволяють визначати якість і кількість добутої рудної маси через відповідні характеристики руди в балансових запасах, якщо відомі величини втрат і розубоження:

$$A_{р.м} = A_{руд} \cdot (1 - \rho) \quad (9)$$

$$D = B \cdot (1 - n) / (1 - \rho) \quad (10)$$

Ці формули дійсні при $A_{nom} = A_{руд}$ і $A_{nor} = 0$. Якщо ж у порожніх породах утримується корисний компонент ($A_{nor} > 0$), то формула (2) для визначення розубоження прийме вигляд

$$\rho = (A_{руд} - A_{р.м}) / (A_{руд} - A_{nor}), \quad (11)$$

а формула (9) - вид

$$A_{p.m} = A_{руд} \cdot (1 - \rho) + A_{нор} \cdot \rho \quad (12)$$

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНИХ ВТРАТ І РОЗУБОЖЕННЯ

Існують прямі, непрямі й комбіновані методи визначення фактичних втрат і розубоження на рудниках.

Прямий метод заснований на безпосередніх вимірах у місцях утворення окремих складових (видів) втрат і розубоження з наступним підсумовуванням цих складових. По кожному *i*-му виду втрат заміряються величини Π_i й $A_{номi}$, а по засміченню — величини B_i й $A_{норi}$. Ці виміри можна здійснити тільки при наявності безпосереднього безпечного доступу людей в очисний простір.

При непрямому методі вимірюють не самі складові втрат і розубоження, а ряд параметрів ($A_{p.m}$, D , $A_{руд}$, B , $A_{ном}$, $A_{нор}$), функціонально пов'язаних із втратами й розубоженням. Потім по формулах, виведених з балансів руди й металу, розраховують шукані втрати й розубоження.

Комбінований метод визначення показників добування руди з надр полягає в одночасному застосуванні на руднику й прямого (для тих видів втрат і розубоження, для яких цей спосіб підходить), і непрямого методу (для визначення сумарних, тобто загальнорудничних, втрат і розубоження). При використанні комбінованого методу вдається дізнатися не тільки величини загальнорудничних (сумарних) показників добування руди з надр, але й конкретні значення втрат і засмічення по видах, тобто причинам утворення. Це дозволить обґрунтовано оцінити «вузькі місця» у системі керування якістю рудної маси на руднику. Однак комбінований метод як і непрямий, що входить у нього, не відрізняється високою точністю.

Недостатньо повне і якісне добування руди з надр має негативні економічні наслідки, тому що гірничодобувне підприємство несе збиток від втрат і розубоження руди. Знати величину цього збитку необхідно, щоб порівнювати варіанти технічних рішень, що різняться як витратами, так і значеннями показників добування руди з надр.

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПІДЗЕМНОГО РУДНИКА Й ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, ЩО ВХОДЯТЬ У НЕЇ

Технологія підземної розробки родовищ корисних копалин — це сукупність способів і прийомів здійснення взаємозалежних технологічних процесів гірничих робіт, виконуваних за допомогою засобів механізації в гірничих виробках, що є ємностями, що акумулюють, транспортними й повітряподавальними артеріями, виробничими приміщеннями для розміщення устаткування й ін. Технологічна схема підземного рудника — це принциповий зміст технології того або іншого виробництва, що включає її основні структурні елементи — технологічні процеси й засоби виробництва — з їхньою послідовністю, взаємозв'язками й параметрами. Саме технологічна схема за суттю своєю визначає ступінь погодженості (взаємодії) усіх вхідних у неї елементів. Найважливішим структурним стрижнем, що зв'язують воедино в технологічну схему всі технологічні процеси, гірські машини й установки, проміжні ємності, що акумулюють (рудоспуски, бункери) і інші гірничі виробки, є система вантажопотоків рудника.

Система вантажопотоків включає переміщення рудної маси порід, що вміщують, на поверхню до переробних підприємств або відвалів, а також переміщення з поверхні у вибій і з вибою на поверхню матеріалів, устаткування, людей, закладки, води та ін. Основним є вантажопотік рудної маси, тобто рудопотік. При необхідності поділу рудопотоків за сортами і видами руд у технологічній схемі передбачають окремі блокові рудоспуски, роздільний транспорт і підйом кожного сорту.

Із загальної технологічної схеми рудника іноді виділяють окремі ланки: технологічну схему очисного вилучення (у межах очисного блоку); технологічну схему транспортування, механічного дроблення, підйому й складування; технологічні схеми проведення різних гірничих виробок; технологічну схему закладки й ін. Це дозволяє детально досліджувати й удосконалити особливості кожної складової загальної технологічної схеми. Однак головною є технологічна схема видобутку, що включає систему рудопотоків рудника, що й складається із сукупності процесів відбійки руди, доставки,

транспортування й підйому рудної маси, а також дроблення, сортування й складування.

Технологія розробки і її технологічні схеми є об'єктивно існуючими реальностями. Відобразити (описати) їх можна різними моделями, що відображають окремі, істотні для даної моделі особливості варіанта технології або її схеми. Моделі бувають різними по функціональному призначенню, ступеню складності, надійності, структурі й іншим параметрам. Виділяють графічні, імітаційні й цілий ряд інших моделей. Найчастіше графічними моделями технологічної схеми є мнемосхеми або блок-схеми. Іноді технологічні схеми відображають у табличній або індексній формах. На будь-яких графічних моделях даються кількісні характеристики або параметри технологічних схем (число й види машин і установок, місткість бункерів, продуктивність окремих ланок і елементів і т.п.).

Технологічна схема видобутку відображає фактичний стан видобутку на якийсь певний момент часу, і модель такої схеми є одноваріантною, має однозначну структуру й певні (незмінні) параметри. Хоча згодом параметри технологічної схеми, а нерідко й структура її змінюються, що вимагає відповідного коректування моделі схеми.

У процесі ж проектування, при оцінці конкурентоспроможних технологічних схем або при оптимізації їх параметрів використовуються багатоваріативні моделі технологічних схем, у яких передбачаються кілька варіантів кожного окремого елемента системи. Так, розглядається кілька варіантів засобів механізації в кожному процесі або кілька значень якого-небудь параметра схеми (наприклад, місткості бункерів). Така різноманітна модель технологічної схеми призначена для комплексної оптимізації всіх входних у неї елементів і параметрів. Оцінюючи за прийнятим критерієм ефективності всі варіанти схеми (можливі комбінації її елементів), вибирають оптимальний варіант технологічної схеми, який і закладають у проект.

Як вказувалося вище, основними елементами технологічної схеми є технологічні (виробничі) процеси. Технологічний процес — це сукупність робочих дій (прийомів), що характеризуються однорідністю технологічного й

організаційного змісту, єдністю (незмінністю) об'єкта праці й застосовуваними засобами праці (робочою силою, машинами й механізмами, пристосуваннями й т.п.).

Усі процеси, що входять у технологію підземної розробки рудних родовищ, можна класифікувати за ознакою об'єкта праці на основні технологічні процеси, у яких об'єктом праці є руда, рудна маса породи, що й уміщають, і допоміжні технологічні процеси, які забезпечують можливість нормального функціонування основних процесів.

1 клас. Основні технологічні процеси формують структуру вантажопотоків у технологічній схемі підземного рудника й включають п'ять наступних груп процесів.

Група 1.1. Процеси прохідницьких робіт: проходка гірничо-капітальних виробок (при розкритті); проходка виробок і буравлення свердловин експлуатаційної розвідки; проходка підготовчих виробок (при підготовці поверхових горизонтів); проходка підготовчо-нарізних виробок (при підготовці очисного блоку).

Група 1.2. Процеси очисних робіт (у межах очисного блоку): відбійка руди; вторинне дроблення негабариту; доставка рудної маси; підтримка очисного простору.

Група 1.3. Процеси переміщення й дроблення рудної маси поза очисним блоком: транспортування рудної маси; підземне дроблення в дробарках у шахтних стволах; підйом рудної маси; складування рудної маси на поверхні; відвантаження рудної маси споживачеві.

Група 1.4. Процеси керування якістю: усереднення (стабілізація) якості рудної маси; сортування рудної маси; предконцентрація (породовідбирання).

Група 1.5. Процеси переміщення порід, що вміщають, поза прохідницьким вибоєм: транспортування породи; підйом породи; утворення породних відвалів або використання породи для закладки в очисних блоках.

2 клас. Допоміжні технологічні процеси й роботи також складаються з п'яти груп.

Група 2.1. Монтажні й ремонтні роботи: монтажно-демонтажні роботи в

очисному блоці; ремонт гірничих машин й устаткування; ремонт і чищення гірничих виробок.

Група 2.2. Переміщення людей, матеріалів й устаткування: спуск-підйом людей, матеріалів й устаткування; допоміжний транспорт від ствола до очисного блоку; доставка матеріалів й устаткування в межах очисного блоку

Група 2.3 Процеси енергопостачання, вентиляції й водовідливу: роботи з енергопостачання; роботи з постачання стисненим повітрям; роботи з водопостачання; роботи з вентиляції, кондиціонування й очищення повітря; роботи з водовідливу.

Група 2.4. Геолого-маркшейдерські роботи: роботи з геологічного обслуговування; роботи з маркшейдерського обслуговування; контроль якості рудної маси (ВТК і хімлабораторія).

Група 2.5. Інші допоміжні роботи: обслуговування складів матеріалів й устаткування; обслуговування побутокмбінатів у стволах шахт.

Розглянемо основні технологічні процеси очисного виймання, які найбільшою мірою визначають особливості технології підземної розробки рудних родовищ.

Відбійка руди — це відділення руди від масиву в очисному блоці з метою наступного переміщення її по гірничих виробках до поверхні. Підривна відбійка руди складається з буравлення шпурів або свердловин, заряджання їх вибуховими речовинами й підривання. У м'яких рудах застосовують механічну відбійку комбайнами.

Вторинне дроблення — це руйнування надмірне великих (негабаритних) шматків руди, що утворювалися при підривному відбиванні. Воно проводиться в межах очисного блоку (прямо в очисному просторі, у випускних або доставочних виробках) підривним способом або за допомогою механічних бутобоїв (потужних відбійних молотків).

Доставка полягає у переміщенні відбитої рудної маси з вибою до транспортних засобів у межах очисного блоку або блокових рудоспусків (на відміну від транспортування рудної маси, яке проводиться від очисних блоків по поверхових виробках до шахтних стволів або прямо на земну поверхню при

розкритті штольнями). Доставка буває самопливною або механізованою, безпосередньо по очисному просторі або по підготовчо-нарізних виробках.

Підтримка очисного простору відноситься до способів керування гірським тиском при очисному вийманні. Воно включає природню підтримку очисного простору, обвалення руди і порід, що вміщують, і штучну підтримку очисного простору кріпленням, закладкою або тим і іншим одночасно.

На частку перерахованих основних технологічних процесів очисного вилучення доводиться 20-40 % витрат праці із загальних працезатрат на підземний видобуток руд. Величини втрат і розубоження руди, як правило, визначаються саме цими процесами.

Кожний технологічний процес очисного вилучення може суттєво впливати на показники інших процесів. Так, здешевлення відбійки може помітно погіршити її якість і збільшити обсяг вторинного дроблення, а це у свою чергу може знизити продуктивність доставки. Тому технологічні рішення, як правило, ухвалюються з урахуванням кількісних взаємозв'язків між процесами, тобто на базі комплексної оптимізації всієї технологічної схеми очисного вилучення.