

Лекція 2. Методи проектування. Техніко-економічний аналіз проектних рішень

1. Види і точність початкових даних

Точність рішення більшості задач при проектуванні залежить не тільки від правильного розрахунку, але і від достовірності початкових даних і їх відповідності умовам задачі. Початкові дані, що використовуються при проектуванні гірничовидобувних підприємств, за оцінкою їх точності і достовірності можна поділити на геометричні, технічні і економічні.

Геометричні (геологічні) початкові дані – це елементи залягання родовища (потужність, кут падіння тощо), величини, що характеризують властивості порід, запаси родовища, розміри елементів гірничих робіт (розміри кар'єру, об'єми розкриву тощо).

Точність геометричних (геологічних) початкових даних залежить від достовірності геологорозвідувальних матеріалів, до яких пред'являються певні вимоги за змістом, об'ємом і ступенем деталізації. Вона залежить від складності геологічних умов і топографії поверхні родовища, детальності розвідки, способів вимірювання і точності вимірювальних приладів, достовірності прийнятих методів моделювання геологічних умов. Наприклад, допустима похибка в підрахунку запасів складає: для категорій $A \pm 10\%$, для категорій B від ± 20 до $\pm 25\%$, для категорій $C_1 \pm 50\%$, $C_2 \pm 100\%$. Похибка визначення розмірів покладу (потужності, кута падіння, довжини, площі) звичайно складає $\pm 10\%$, об'ємної ваги щільних і пухких порід відповідно $\pm 1\%$ та $\pm 5\%$, коефіцієнту розпилення $\pm 5\%$, вмісту корисного компоненту від ± 1 до $\pm 10\%$ тощо. Так як точність визначення фізико-механічних властивостей порід і ступінь розвіданості запасів для верхніх горизонтів родовища, як правило, вищі (особливо якщо вони розкриті гірничими виробками), то і точність розрахунків при проектуванні для першого періоду тривалістю 10-12 років повинна бути вищою, ніж для подальших. Для періодів понад 20-25 роки звичайно можливі лише наближені розрахунки.

Технічні початкові дані – це робочі розміри обладнання (наприклад, місткість ковша екскаватора), коефіцієнти корисного використання об'єму транспортних засобів, потужності обладнання, робочого і календарного часу; продуктивність обладнання, витрата матеріалів тощо.

Технічні початкові дані умовно поділяються на:

– теоретичні, які відповідають прийнятим при проектуванні і створенні машин ідеальним (розрахунково-конструктивним) гірничотехнічним умовам. Вони використовуються для порівняння і оцінки різних машин між собою, а також оцінки їх технічних можливостей;

– експлуатаційні, які використовуються при проектуванні і повинні відповідати дійсним гірничотехнічним умовам. Ступінь цієї відповідності визначає їх точність. Експлуатаційні дані звичайно відрізняються від теоретичних настільки, наскільки дійсні умови відрізняються від розрахунково-конструктивних.

При визначенні (виборі) технічних початкових даних задача проектувальника полягає в тому, щоб з найбільшою достовірністю встановити гірничотехнічні умови, в яких буде використовуватись обладнання, прийняте у проєкті, і досягнути найбільшої відповідності цим умовам технічних початкових даних. Зрозуміло, що при наявності результатів проведення кар'єра (шахти) дослідного-промислового видобування або при розробці проєкту реконструкції підприємства ця точність буде вищою.

На точність технічних даних впливають природні геологічні умови, організація праці, загальна культура виробництва, ступінь кваліфікації працівників, ступінь фізичного зносу машин, забезпечення охорони праці і техніка безпеки на виробництві, кліматичні умови.

Економічні початкові дані – це:

1) офіційно затверджені показники (ціни, тарифні ставки, одиничні розцінки, норми вироблення, нормативи витрати матеріалів, енергії тощо), які використовуються для розрахунку кошторисів, калькуляцій, визначення штату обслуговуючого персоналу, витрати матеріалів і приймаються із затверджених прейскурантів і інших офіційних матеріалів;

2) питомі економічні показники (собівартість 1 т (1 м³) добутих корисних копалин, собівартість 1 м³ розкриття, собівартість 1 ткм, питомі витрати матеріалів, електроенергії, палива тощо), що приймаються як початкові дані для техніко-економічних розрахунків з проєктних або звітних фактичних матеріалів.

Достовірність економічних початкових даних залежать від природних умов, стану техніки і організації виробництва, від коливання ринкових цін, темпів технічного прогресу і чинника часу. Точність офіційних економічних показників залежить від ступеня їх відповідності умовам задачі. Точність питомих економічних показників також залежить від ступеня відповідності умов задачі тим умовам, для яких одержані фактичні або проєктні матеріали (це гірничогеологічні, кліматичні і інші природні умови, приблизно однаковий масштаб робіт, однаковий технічний і організаційний рівень робіт, один і той же період часу і однакові джерела показників).

В цілому при проєктуванні приймається похибка геологічних і технічних даних в межах 10-15%, а економічних даних – 5-10%.

2. Точність розрахунків при проєктуванні

Детальність і точність рішення основних задач в проєкті (визначення основних параметрів кар'єру, вибір гірничотранспортного обладнання, встановлення основних елементів систем розробки і способів розкриття, призначення початкових даних до економічних розрахунків і визначення техніко-економічних показників) повинні відповідати етапам розробки:

– для першого періоду тривалістю 10-12 років розрахунки виконуються з високою точністю і достатньо повно враховують реальні гірничогеологічні і техніко-економічні умови, а допустима похибка вирішення основних техніко-економічних задач залежно від ступеня розвіданості знаходиться в межах 10-20%.

– для другого періоду тривалістю 10-12 років точність розрахунків знижується, оскільки базується на наближених показниках техніки і технології найближчого майбутнього, залежно від ступеня розвіданості допустима похибка складає 20-30%.

– для третього і подальших періодів на основі загальних закономірностей в розвитку технічного прогресу встановлюються лише перспективні параметри і показники. Точність розрахунків для цих періодів не перевищує 30-50%, оскільки внаслідок переважання запасів категорії C_1 ступінь розвіданості ділянок родовища, що підлягають розробці через 20-25 років, дуже невисока.

Проектні рішення другого і подальших періодів переглядаються і уточнюються у відповідних проектах реконструкції кар'єрів.

3. Особливості гірничоекономічних задач при відкритій розробці

Проектування кар'єрів – це творчий процес, що складається з рішення різних технічних, економічних і техніко-економічних задач.

Технічними задачами є гірничогеометричні, технологічні, механічні, будівельні та інші задачі, наприклад, визначення кута сталого укосу борту або уступу, визначення об'ємів розкриття і запасів корисних копалин в контурах кар'єра, розрахунок мінімальної ширини робочого майданчика, розрахунок продуктивності екскаватора, визначення тривалості рейсу поїзда, визначення поперечного перерізу ЛЕП тощо. Вони вирішуються звичайними і спеціальними методами і прийомами математики, механіки та інших спеціальних дисциплін.

Економічні задачі проекту, наприклад, визначення кошторисної вартості будівництва кар'єру і його об'єктів, розрахунок собівартості продукції та інших техніко-економічних показників, розв'язуються загальновідомими методами і прийомами і характеризуються однозначністю їх вирішення.

Найскладнішими є **техніко-економічні (гірничоекономічні) задачі** – задачі, які характеризуються множинністю можливих рішень, всі з яких відповідають технічним або технологічним вимогам заданих умов, проте розрізняються економічними результатами. Тому виникає необхідність у виконанні економічної оцінки результатів можливих рішень задачі і вибору такого рішення, яке б найбільше відповідало заданим економічним умовам, тобто було б найкращим – оптимальним для даних умов.

Техніко-економічні задачі розв'язуються різними методами техніко-економічного аналізу. Техніко-економічний аналіз – це сукупність методів кількісної і якісної оцінки чинників і параметрів, що визначають шуканий результат рішення задачі.

Кількісна оцінка дозволяє виконувати вимірювання і зіставлення визначальних чинників і параметрів за допомогою прийнятих технічних і економічних показників. Як такі показники використовуються величина грошових витрат або прибутку за певний період часу, величина капіталовкладень, собівартість продукції,

продуктивність праці, витрата енергії, металу, вибухових речовин і т.п. Кількісна оцінка найбільш точна і об'єктивна, оскільки може бути здійснена сукупним однозначним вимірником, вираженим у вигляді числа. Важлива перевага кількісної оцінки полягає також в можливості використання обчислювальних машин для вирішення задачі.

Проте більшість гірничоекономічних задач відкритих гірничих робіт відрізняється різноманітністю і складністю взаємозв'язків між основними геологічними, технічними і економічними чинниками. Для обліку цих залежностей в деяких випадках виникає необхідність, крім кількісної оцінки, використовувати також якісну оцінку, тобто оцінювати форму і ступінь впливу певних факторів (таких, як безпека робіт, вимоги найменших втрат, вимоги санітарних норм, пожежної безпеки тощо) шляхом логічних суджень. Певний варіант схем розробки, що порівнюються між собою, може виявитися, наприклад, найкращим за техніко-економічними показниками – після кількісної оцінки, але він повинен бути відкинутий, якщо умови безпеки робіт при ньому гірші, ніж при інших варіантах.

Найважливішими гірничоекономічними задачами при проектуванні і плануванні відкритих гірничих робіт є визначення меж кар'єру, його виробничої потужності, техніко-економічне порівняння способів валової і селективної розробки складних руд або карбонатних порід, вибір способу розкриття, порядку і інтенсивності відробки покладів, обґрунтування раціонального режиму гірничих робіт і календарного графіка розкриття, вибір раціонального виду кар'єрного транспорту, способу відвалоутворення і т.п.

Гірничоекономічні задачі відкритої розробки поділяються на:

- статичні, в яких економічна оцінка технічних рішень проводиться лише за величиною витрат без урахування часу їх вкладення;
- динамічні, в яких при економічній оцінці варіантів враховується не тільки величина, але і час вкладення витрат, тобто фактор часу відіграє істотну, часто вирішальну роль.

До динамічних задач відносяться задачі, пов'язані з геометричним аналізом кар'єру і тривалим часом розробки (10-20 і більше років) – встановлення меж відкритої розробки, обґрунтування виробничої потужності кар'єру, техніко-економічне порівняння способів валової і селективної розробки складних руд, вибір способу розкриття, порядку і інтенсивності відробки покладів, обґрунтування раціонального режиму гірничих робіт і календарного графіка розкриття, вибір виду транспорту, способу відвалоутворення тощо.

Більшість динамічних задач відрізняється не тільки різноманітністю і складністю взаємозв'язків між геологічними, технічними і економічними чинниками, але і тим, що у міру відробки родовища, тобто з розвитком кар'єру в просторі і в часі відбувається зміна цих чинників і їх взаємозв'язків. В різні періоди розвитку кар'єру будуть різними умови, що визначають рішення задачі: річні об'єми гірничих робіт, дальність транспортування, технологічні схеми і моделі гірничотранспортного устаткування, а також різні економічні показники, на базі яких робиться техніко-економічна оцінка.

Економічні параметри кар'єру як об'єкту, що розвивається в просторі і в часі, характеризуються нерівномірністю і різночасністю витрат і доходів, великим значенням капіталовкладень і мінливістю техніко-економічних показників. Тому можна перерахувати такі характерні ознаки динамічних задач:

1. Результати рішення задачі розповсюджуються на тривалий період, це прогнозування на багато років, іноді десятки років вперед.

2. Витрати і доходи протягом всього або тривалого періоду нерівномірні. Звичайно в період будівництва та перший період розробки об'єми робіт, а отже, і витрати систематично зростають, а потім в другий період знижуються. Протягом терміну розробки змінюються не тільки річні витрати, але і внаслідок зміни об'ємів видобування корисних копалин, їх якості та інших факторів змінюються також щорічні доходи, тобто щорічна цінність товарної продукції, виробленої гірничими підприємствами.

3. Витрати і доходи різночасні – виконуються в різний час. При економічній оцінці варіантів небайдуже, коли були понесені витрати; важлива не тільки величина витрат, але не менш важливий також час вкладення витрат. Оцінити ефективність видобування корисних копалин можна лише у тому випадку, коли всі витрати на розкривні і видобувні роботи, виконані в різний час (різні роки), будуть приведені до одного моменту оцінки – стануть співставними.

4. Великі розміри капітальних витрат. Величина капітальних витрат, які звичайно вкладаються в перші роки освоєння, в загальній сумі витрат, приведених до одного моменту оцінки, складає до 30% і більш. Капітальні витрати вкладаються не тільки під час будівництва об'єкту, але і в період його експлуатації. Якщо в період будівництва і в перший період експлуатації капіталовкладення прямують на створення нової виробничої потужності, то пізніше вони прямують на її підвищення, на підтримку виробничої потужності при збільшенні глибини кар'єру і на реконструкцію, яка звичайно проводиться через 12-15 років експлуатації. Різні варіанти розробки відрізняються не тільки величиною, але і часом вкладення капітальних і поточних витрат, а також величиною і часом отримання доходів.

5. Динамічність, систематична зміна факторів, що визначають рішення динамічних задач. Потужність кар'єру, прийняте устаткування, показники роботи підприємства систематично змінюються. Виробнича потужність кар'єру по корисним копалинам і по розкриву, як правило, зростає і іноді у декілька разів перевищує прийняту початковим проектом, техніко-економічні показники систематично покращуються.

Техніко-економічна оцінка динамічних задач викликає необхідність кількісного обліку фактора часу, а ця обставина визначає специфіку методики рішення даного класу задач. Задача розв'язується не стосовно якогось одного чи декількох моментів часу, а з врахуванням економічних результатів кожного року протягом даного періоду. Для цього в кожному варіанті повинні бути визначені щорічні об'єми робіт і щорічні об'єми корисної продукції і на їх підставі підраховані щорічні витрати і доходи, сума яких після їх приведення до одного моменту оцінки служить підставою для економічного порівняння варіантів.

Основним методом рішення динамічних задач є метод безпосереднього порівняння варіантів за прийнятим як економічний критерій показником. Кількість технічно можливих і доцільних варіантів в більшості динамічних задач обмежена і порівняно невелика (звичайно не більше одного-двох десятків), вони звичайно вибираються з врахуванням обмежень, що накладаються умовами безпеки і технічними можливостями (наприклад, параметрами гірничого обладнання тощо). Метод варіантів дозволяє не тільки вибрати оптимальний варіант, але і виконати його порівняння з іншими варіантами, щоб оцінити ті якісні чинники (наприклад, безпека праці), які не піддаються безпосередній кількісній економічній оцінці.

4. Техніко-економічні критерії

Для оцінки і порівняння проекту гірничого підприємства з іншими діючими або проєктованими підприємствами використовуються звичайно такі показники:

- можлива за гірничотехнічними умовами і економічно раціональна виробнича потужність по корисним копалинам (млн.т за рік);
- термін окупності капітальних вкладень;
- повна собівартість добутих корисних копалин (по головним етапам гірничих робіт) і експлуатаційні витрати на 1 м³ розкриву;
- приведений прибуток;
- планова рентабельність підприємства;
- терміни будівництва до запуску першої черги і до досягнення повної проєктної потужності (місяців);
- загальні і капітальні питомі витрати (на 1 т добутих корисних копалин) до запуску в експлуатацію першої черги кар'єру і до освоєння проєктної потужності;
- капітальні додаткові витрати (за етапами розробки) на освоєння району, що не включаються в кошторис будівництва кар'єру (дороги, житловий фонд, електростанції, порти, залізничні станції, водопроводи тощо);
- продуктивність праці (в т корисних копалин на працівника за місяць) за головні етапи гірничих робіт.

Для оцінки проєктних рішень у будь-яких випадках використовується допустима і розрахункова собівартість корисних копалин у споживача, вона і визначає величину прибутку.

Гірничі підприємства повинні бути рентабельними – тобто приносити прибуток за рахунок перевищення доходів над витратами. Але в окремих випадках при необхідності видобування дефіцитних матеріалів у несприятливих умовах витрати на розробку в деякі періоди існування підприємства можуть перевищувати доходи від реалізації продукції за умови, що держава встановить дотацію для ліквідації цієї різниці.

5. Допустима величина собівартості корисних копалин

Величина допустимої собівартості видобування корисних копалин потрібна в першу чергу для визначення доцільності розробки даного родовища. При позитивній оцінці приймається найбільш вигідний спосіб розробки родовища: відкритий, підземний або комбінований. Більшість похилих і крутопадаючих покладів, досить глибоко поширених у надрах, можуть розроблятися відкритим, підземним або комбінованим способом. Питання про доцільність підземної розробки звичайно не розглядається для родовищ будівельних матеріалів, а також для багатьох вугільних і деяких рудних родовищах з горизонтальним або пологим заляганням при значній потужності покладів і незначних коефіцієнтах розкриття, та для родовищ, розташованих поблизу від поверхні.

Як показник допустимої собівартості в проєктах часто приймається собівартість видобування цих же корисних копалин підземним способом, їх відпускна ціна або їх допустима собівартість в даному економічному районі.

Порядок визначення допустимої собівартості C_d залежить від кількості видів корисних копалин, які одночасно планується добувати на родовищі, їх якості та наявності супутніх корисних копалин і компонентів. Виділяють такі основні випадки:

I. На родовищі видобувається один вид корисних копалин певної якості ціною Π . Допустима собівартість для таких підприємств забезпечується за умови отримання мінімального прибутку Π_{min}

$$C_d \leq \Pi - \Pi_{min}, \text{ грн./м}^3 (\text{т}).$$

Замість відпускної ціни Π в проєктних розрахунках можуть фігурувати інші показники граничної вартості продукції.

II. На родовищі разом видобувається декілька видів або сортів корисних копалин (або основна і супутні корисні копалини) в кількості q_1, q_2, \dots, q_n , кожен з яких має свою ціну або гранично допустиму вартість $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$. Тоді середня допустима собівартість корисних копалин, що видобуваються в даному кар'єрі

$$C_d = \frac{q_1 \Pi_1 + q_2 \Pi_2 + \dots + q_n \Pi_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n} = \frac{\sum q_i \Pi_i}{\sum q_i}, \text{ грн./м}^3 (\text{т}).$$

III. На родовищі видобуваються корисні копалини, що не відповідають діючим стандартам, і для отримання кондиційної продукції q_k з відпускною ціною Π_k потрібна спеціальна вибірка з видобутих корисних копалин та складування q_n некондиційних корисних копалин в постійних або тимчасових відвалах. Тоді допустима собівартість корисних копалин (якщо витрати на видобування некондиційних корисних копалин до витрат на розкривні роботи не відносяться)

$$C_d = \frac{q_k \Pi_k}{q_k + q_n}, \text{ грн./м}^3 (\text{т}).$$

IV. На родовищі видобуваються корисні копалини, що не відповідають діючим стандартам, і для їх реалізації потрібна первинна переробка сировини на кар'єрі (для доведення до кондиції) з додатковими витратами на переробку B_n , грн./м³ (т). Тоді допустима собівартість

$$C_d \leq \Pi - \Pi_{min} - B_n, \text{ грн./м}^3 (\text{т}).$$

V. На родовищі видобувається сировина (руди чорних і кольорових металів, хімічна сировина тощо), що реалізовується переробними підприємствами на місці. При цьому кар'єр входить на правах цеху в комбінат, і його економіка підпорядкована економіці комбінату; відпускні ціни на сировину звичайно не встановлюються, а економічність гірничого виробництва оцінюється за показниками кінцевого продукту (метал, концентрат тощо). У цьому випадку допустима собівартість корисних копалин є складовою частиною допустимої собівартості кінцевого продукту, її можна визначити за рахунок виключення витрат на дроблення, збагачення, металургійний чи хімічний поділ і на утримання загальнокомбінатського господарства.

Так як цінність корисних копалин залежить від їх якості, а на різних родовищах навіть одного виду сировини вона може значно відрізнятись, то потрібно при порівнянні підприємств економічні показники відносять до одиниці (т чи м³) готової продукції з урахуванням її цінності.

У проєкті гірничого підприємства обов'язково повинні бути визначені річні експлуатаційні витрати і собівартість продукції на розрахунковий рік – рік стабільних умов роботи підприємства. Найчастіше за нього приймають рік досягнення проєктної потужності.

Основною метою розрахунку проєктної собівартості є отримання даних для визначення економічної ефективності та доцільності будівництва. Найбільш простим методом визначення собівартості є метод групування витрат за економічними елементами в цілому на підприємстві. Методи проєктного калькулювання повинні відповідати прийнятому на практиці та передбаченому відповідними інструкціями групуванню витрат за статтями витрат. Але для оцінки результатів проєктування доцільно виконувати розрахунок проєктної собівартості також і за процесами виробництва.

Для розрахунку проєктної собівартості використовується вартість лише основних матеріалів з найбільшою питомою вагою, вартість інших матеріалів визначається за укрупненими нормативами або за аналогією з діючими підприємствами. Визначити і використовувати у проєкті вартість всіх матеріалів і витрат (а їх кількість може досягати 2-3 тис. найменувань) дуже складно, да це і не потрібно.

6. Визначення капітальних витрат

Загальні капітальні витрати поділяються на:

- 1) витрати, призначені для створення нової виробничої потужності по корисним копалинам і розкриттю в період будівництва і в період експлуатації;
- 2) витрати, призначені для створення додаткової потужності (на часткову реконструкцію в період експлуатації);
- 3) витрати, призначені для підтримання виробничої потужності у зв'язку зі зміною фізично або морально застарілого обладнання, збільшенням глибини кар'єру, дальності транспортування, міцності порід;

4) витрати, спрямовані на повну реконструкцію кар'єра, пов'язану із збільшенням виробничої потужності. Вони вкладаються, як правило, лише після того, коли окупляться раніше вкладені кошти, тобто через 10-12 років.

Капітальні вкладення у відкриті гірничі роботи виконуються:

- у період будівництва кар'єру – для створення виробничої потужності підприємства (на гірничо-капітальні роботи, на придбання та монтаж обладнання, на будівництво промислових будівель і споруд, на соціально-побутове будівництво тощо);
- у період експлуатації кар'єру – для підтримки виробничої потужності кар'єру по гірничій масі та, при потребі, для розвитку виробничої потужності по корисним копалинам або збільшення річних об'ємів розкриття (на додаткові гірничо-капітальні та будівельні роботи, на придбання та монтаж додаткового обладнання, необхідного для збільшених об'ємів робіт, дальності транспортування, глибини робіт, а також нового обладнання замість фізично і морально зношеного тощо). Розподіл капітальних витрат, що вкладаються на додаткову або повну-реконструкцію, проводиться відповідно до календарного графіку, звичайно протягом 2-4 років.

Розмір капітальних витрат на будівництво кар'єра визначається природними, економічними та географічними факторами.

Найбільший вплив на абсолютну величину капітальних витрат мають об'єми гірничо-капітальних робіт з розкриття покладу, їх частка в загальному об'ємі розкриття кар'єра звичайно становить 9-12%. Для їх зменшення розрізні траншеї звичайно розташовують поблизу місць найбільшого наближення покладу до земної поверхні. Об'єм гірничо-капітальних робіт більше залежить від умов залягання корисних копалин, рельєфу поверхні, глибини закладення розкриваючих траншей і довжини фронту, необхідного для розташування обладнання при здачі кар'єра в експлуатацію, ніж від виробничої потужності підприємства.

Частина об'єму гірничо-капітальних робіт, необхідна для створення фронту видобувних робіт і розкритих запасів корисних копалин (на 4-12 місяців) до моменту здачі кар'єра в експлуатацію, залежить від прийнятої виробничої потужності підприємства. Більша частина капітальних вкладень в будівництво кар'єра включається до складу витрат зведеного кошторисно-фінансового розрахунку (кошторису). До них відносяться витрати на проведення капітальних зовнішніх і внутрішніх траншей, виймання в необхідних об'ємах розкривних порід, попутний видобуток корисних копалин, витрати на осушення і дренаж родовища, придбання основного гірничого та транспортного устаткування, будівництво залізниць і автомобільних доріг для транспортування розкриття і корисних копалин в межах кар'єру, будівництво відвалів і складів, обладнання контактної мережі тощо.

Витрати на поверхневі будівлі та споруди (адміністративно-побутовий комбінат, склади вибухових речовин і вибухових матеріалів, пересувні майстерні тощо) відносяться до витрат по будівельних об'єктах. А витрати на залізничні депо, гаражі та інші об'єкти кар'єрного транспорту належать до витрат по об'єктах транспортного господарства та зв'язку.

Якщо кар'єр є складовою частиною гірничого або гірничо-збагачувального комбінату, то в кожен главу його витрат входить частка загальнокомбінатських витрат, які розподіляються між кар'єром, дробильно-сортувальною та збагачувальною фабриками пропорційно сумах витрат на об'єкти і розподілу персоналу загальних цехів. Звичайно в комбінатах такі "додаткові" загальні витрати складають від 40 до 70 % від безпосередніх витрат на кар'єр. Збільшення об'ємів гірничо-капітальних робіт і складності переробного комплексу звичайно призводить до зниження частки додаткових загальних витрат.

Оскільки введення кар'єра в експлуатацію може бути виконано при неповному освоєнні його виробничої потужності (25-60 %), то розрахунок капітальних витрат проводиться на момент здачі кар'єра в експлуатацію і на момент повного освоєння його проектної потужності. Об'єми гірничо-будівельних робіт по розкритті після введення кар'єра в експлуатацію, пов'язані з нарощуванням продуктивності, можуть не включатися в об'єми гірничо-капітальних робіт, якщо витрати на їх виконання відносяться на собівартість продукції.

Дійсно виконані капітальні вкладення (за винятком витрат на підготовку кадрів і повернення коштів за рахунок розбираємих тимчасових будівель і споруд та будівельного обладнання) закріплюються за кар'єром як його основні фонди на розрахунковий рік і підлягають амортизації.

Капітальні питомі витрати звичайно набагато менші при будівництві кар'єра в простих гірничогеологічних умовах і використанні високопродуктивного обладнання серійного виготовлення. Вони вищі при залізничному транспорті і нижчі при автомобільному. А застосування потужного обладнання, виготовленого за спеціальним замовленням (наприклад, транспортно-відвальних мостів, консольних відвалоутворювачів тощо), збільшує показники питомих витрат .

7. Визначення експлуатаційних витрат

Повна собівартість видобування корисних копалин складається з витрат на розкривні і власне видобувні роботи, які доповнюються загальнокар'єрними $C_{Зк}$ і загальнокомбінатними витратами $C_{Ком}$

$$C = V_P C_P + V_{Кк} C_{Кк} + C_{Зк} + C_{Ком},$$

де V_P і $V_{Кк}$ – річні об'єми відповідно розкривних і видобувних робіт;

C_P і $C_{Кк}$ – відповідно собівартість видалення розкриття та виймання корисних копалин.

Річні об'єми виймання розкриття і корисних копалин – величини змінні, крім того, часто бувають змінними і значення собівартості розкриття і корисних копалин. Цінність добутої корисної продукції, яка залежить від річної потужності по корисним копалинам та вмісту корисних компонентів в ній, також може щорічно змінюватися, тобто змінюються і величини річних доходів.

Тому протягом усього терміну експлуатації кар'єру, встановленого проектом, річні витрати на видобування і річні доходи щорічно змінюються, тому для економічної оцінки варіантів повинні бути приведені до одного моменту оцінки не

тільки капітальні витрати, а й річні витрати на видалення порід і виймання корисних копалин руди, а також річні доходи підприємства.

Залежно від умов розробки собівартість може змінюватися у досить широких межах. Її визначення здійснюється двома способами, окремо або одночасно.

Перший полягає в зборі та статистичній обробці даних практики в аналогічних умовах. При цьому враховують, що собівартість залежить не тільки від гірничогеологічних умов, але і від способу розкриття, системи розробки, комплексної механізації та інших факторів. Вартісні показники з часом змінюються, тому їх потрібно усереднювати за ряд років з метою врахування випадкових змін і тенденцій.

Другий спосіб полягає в складанні калькуляцій на основі попередніх (ескізних) проєктів виконання гірничих робіт.

Калькуляції складають на конкретний розрахунковий рік і відносять до 1 м³ або 1 т видобутих корисних копалин, розкриву та некондиційних корисних копалин. Витрати розраховують за первинними елементами витрат (наприклад, як у **табл. 1**), які залежно від структури майбутнього підприємства додають і групують по цехах, наприклад, розкривна ділянка, видобувна ділянка, транспортування породи, транспортування руди тощо. Потім витрати поділяють на дві категорії – витрати на розкривні роботи і витрати на видобувні роботи – і за відомими об'ємами розкривних і видобувних робіт встановлюють витрати на 1 м³ (т) розкривних робіт C_p і витрати на власне видобування 1 т (м³) корисних копалин C_v .

Зведена форма річних експлуатаційних витрат, тис. грн.

Найменування цехів і процесів робіт (статей витрат)	Елементи								Примітки	
	Зарплата основна і	Нарахування на	Матеріали	Електроенергія	Теплова енергія	Вода	Амортизація	Інші витрати		Разом
<i>А. Кар'єр</i>										
I. Розкривні роботи										
Буровибухові роботи										
Виймально-навантажувальні роботи										
Відвальне господарство										
Разом по розділу I										
II. Видобування корисних копалин										
Гірнокапітальні роботи										
Буровибухові роботи										
Виймально-навантажувальні роботи										
Роботи, цехи і служби кар'єра, загальні для розкривних і видобувних робіт, за якими витрати повністю включаються до собівартості видобування										
Разом по розділу II										
III. Транспорт корисних копалин і розкриву										
Власний транспорт (включаючи колійне господарство)										
Електровозо-вагонне депо або автогараж										
Разом по розділу III										
IV. Інші роботи, цехи і служби кар'єра, загальні для розкривних і видобувних робіт, за якими витрати розподіляються між розкривних і видобувних роботами										
<i>Всього по кар'єру</i>										
Б. Фабрика										
Власне фабрика										
Хвостове господарство										
Навантажувальні бункера і склад готової продукції										
<i>Всього по фабриці</i>										
В. Цехи і служби, загальні для кар'єра і фабрики (загальнорудні)										
<i>Разом за А + Б + В</i>										
Г. Під'їзна залізнична гілка										
<i>Всього по підприємству</i>										

Загальнокар'єрні витрати на поточні ремонти та утримання основних засобів, утримання адміністрації і служб кар'єра, доставлення та підготовку ВР і ВМ, амортизацію гірничо-капітальних робіт, слабкострумове господарство, охорону праці, лабораторії звичайно відносять тільки на видобувні роботи без виділення їх частки в експлуатаційні витрати на розкривні роботи.

Частина загальнокомбінатних експлуатаційних витрат, що припадає на кар'єр, при калькулюванні собівартості розкладається на видобувні і розкривні роботи. Аналогічно розкладаються витрати на загальний і господарський кар'єрний транспорт, центральні та пересувні ремонтні майстерні, енергію, воду, пневматичне господарство тощо. Експлуатаційні витрати підраховують за діючими ставками заробітної плати, оптовими цінами на матеріали, тарифів на електроенергію і транспорт, прийнятими для даного району, і диференційованими нормами амортизації та плати за обігові фонди.

При визначенні повної собівартості видобування корисних копалин C_{KK} за певний період враховують встановлений для даного періоду плановий коефіцієнт погашення розкриву $k_{пл}$

$$C_{KK} = C_P + k_{пл} \cdot C_B, \text{ (грн. / т)}$$

Так як плановий коефіцієнт розкриву змінюється по періодах (етапах) розробки і для кожного етапу характерні свої показники C_P і C_B , то повна собівартість корисних копалин визначається не тільки на розрахунковий рік (рік освоєння проектної потужності), а й на інші характерні періоди розробки, але вже аналітично за спрощеною методикою.

Калькуляція витрат на розкривні і видобувні роботи через його трудомісткість звичайно використовується тільки для декількох основних варіантів технології та механізації. Для розрахунків інших варіантів економічні показники можуть встановлюватися аналітичним методом.

Загальна собівартість видобування корисних копалин не є постійною величиною, вона змінюється з розвитком кар'єру при зміні в першу чергу поточного коефіцієнта розкриву, а також при збільшенні відстані транспортування, введенні нового обладнання, в результаті удосконалення техніки і технології розробки, покращення організації робіт.

8. Кошторис

Кошторис – фінансовий документ, у якому в плановому порядку визначаються обсяги коштів на фінансування певних об'єктів, програм і заходів з визначенням їх цільового призначення і розподілом за окремими періодами фінансування. У кошторисі відображається кількість виконуваних робіт і обсяг матеріальних ресурсів, які планується задіяти для реалізації запланованої діяльності.

Кошторисна вартість будівельно-монтажних робіт визначається у кошторисній частині проекту і є основою для визначення питомих капітальних та інвестиційних вкладень основних фондів і обігових коштів проектного підприємства. На окремі витрати і види будівельно-монтажних робіт складаються локальні кошториси і потім

формується зведений кошторис будівництва, розширення або реконструкції гірничого підприємства.

Кошторисна вартість окремих об'єктів, видів робіт і витрат у главах зведеного кошторисного розрахунку показується окремим рядком із розподілом на графи "гірничі роботи", "будівельні роботи", "монтажні роботи", "облаштування, пристрої, меблі, інвентар", "інші витрати" і "загальна кошторисна вартість". Кошторисна вартість частини робіт, обсяги, характер і методики виконання яких не можуть бути точно визначені наперед, визначається за допомогою укрупнених показників вартості, укрупнених або одиничних розцінок, показників по аналогічним підприємствам і підлягає уточненню у процесі виконання робіт. Вартість накладних витрат, пов'язаних з обслуговуванням виробничого процесу будівництва об'єктів, його організацією та управлінням, визначається не шляхом прямого підрахунку, а приймається у відсотках від прямих витрат.

Для визначення кошторисної вартості об'єктів застосовуються такі основні нормативні документи:

- Будівельні норми і правила (БНіП);
- прейскуранти цін на будівельно-монтажні роботи для будівництва і реконструкції гірничих підприємств;
- єдині районні одиничні розцінки (ЄРОР) на будівельно-монтажні роботи.

9. Методи вирішення задач при проектуванні

Завданням проектування є розв'язок поставлених у завданні на проектування задач і отримання їх оптимальних проектних рішень.

Оптимальним рішенням вважається рішення, яке забезпечує досягнення поставленої технологічної, виробничої та підприємницької мети з екстремальним (максимальним або мінімальним) значенням критерію оцінки з врахуванням всього комплексу вартісних і неwartісних обмежень. **Оптимальний проект** гірничовидобувного підприємства є такою комбінацією рішень, яка забезпечує у конкретних умовах досягнення заданого результату (наприклад, директивно заданої виробничої потужності) з мінімальними витратами засобів при умові дотримання обмежень, які накладаються рівнем розвитку техніки і спеціальними умовами роботи майбутнього підприємства.

Проектування гірничого підприємства полягає у послідовному наближенні до оптимальних рішень шляхом серії розрахунків, що поступово звужують діапазони зміни шуканої величини чи кількості можливих варіантів рішення.

Основними методами техніко-економічного аналізу, що використовуються при рішенні техніко-економічних задач відкритої розробки, є: метод варіантів, аналітичний метод, графічний і графоаналітичний методи, а також групи нових обчислювальних методів, об'єднаних під назвою «методи дослідження операцій». До них відносяться методи лінійного і динамічного програмування, ймовірносно-статистичні методи і т.д.

10. Метод варіантів

Метод варіантів (метод безпосереднього порівняння варіантів рішення задачі за їх техніко-економічними показниками) є найпоширенішим в практиці проектування гірничих підприємств. Сутність методу варіантів: з числа технічно можливих і економічно найвірогідніших варіантів рішення задачі приймають той, техніко-економічні показники якого, одержані в результаті розрахунку, виявляються найкращими.

Порядок рішення задачі наступний: виходячи з умов задачі, приймають технічно можливі і економічно вірогідні варіанти рішення; обґрунтовують економічний критерій для оцінки і порівняння варіантів; здійснюють розрахунок варіантів, на основі якого визначають величину показника або комплексу показників, що служать як економічний критерій; проводять кількісну і якісну оцінку варіантів і шляхом порівняння вибирають найдоцільніший в даних умовах.

Метод варіантів є універсальним і може бути використаний для розв'язку більшості техніко-економічних задач, наприклад, визначення меж кар'єру, визначення оптимальної виробничої потужності кар'єру, вибору виду транспорту, вибору схеми механізації тощо.

При використанні методу необхідно дотримуватись таких правил:

1. Вибір варіантів для економічного порівняння повинен ґрунтуватися на ретельному аналізі умов задачі, щоб для детального розрахунку були прийняті дійсно технічно можливі варіанти.

2. Чим більше варіантів, тим вища точність і більша трудомісткість рішення задачі. Тому для детального розрахунку повинна призначатися мінімальна, але достатня кількість варіантів. Для вибору варіантів, що призначаються до детального техніко-економічного порівняння, може проводитися їх попередня оцінка на основі укрупнених розрахунків.

3. Точність рішення і розрахунку в основному залежать від точності початкових даних, що вимагає ретельного аналізу як самих початкових даних, так і їх відповідності умовам задачі.

4. Початкові дані, особливо економічні показники, ціни, нормативи витрати матеріалів і т. п., повинні відноситися до одного моменту часу. Інакше вони не співставні, оскільки техніко-економічні показники систематично змінюються в часі під впливом технічного прогресу або інфляції.

5. Особлива увага повинна бути звернута на вибір економічного критерію, від якого залежить правильність і трудомісткість рішення задачі.

6. Точність розрахунків і достовірність схвалюваних рішень залежать від часу. Тому варіанти можуть бути співставними лише у тому випадку, коли порівнювані рішення відносяться приблизно до одного часу і мають приблизно рівні терміни оцінки.

7. При розрахунках витрат і доходів повинні враховуватися лише істотні витрати і надходження. Мірою істотності витрат і надходжень є їх відносна величина, встановлювана виходячи з точності розрахунків.

8. Оцінка і порівняння варіантів виконується за абсолютною величиною показника, прийнятого як економічний критерій, і за його відносною величиною – у відсотках по відношенню до меншого показника. Для порівняння варіантів звичайно використовується таблиця, в якій показується абсолютна і відносна величина порівнюваних показників.

9. Якщо різниця між варіантами не виходить за межі точності розрахунку і, зокрема, менше погрішності початкових даних, то порівнювані варіанти розглядаються як рівноцінні. У практиці проектування прийнято вважати варіанти рівноцінними, якщо різниця у витратах складає не більше 10%. В цьому випадку перевага віддається варіанту, зручнішому в організаційному відношенні або технічно надійнішому.

До переваг методу варіантів можна віднести універсальність умов його використання, високу точність рішення задачі і наочність результатів рішення, можливість порівняння варіантів в табличній формі не тільки за кількісними критеріями, але й за якісними факторами, які не піддаються безпосередній кількісній економічній оцінці. Недоліком методу є велика трудомісткість рішення, яка значно зростає при збільшенні кількості варіантів, що порівнюються. Хоча трудомісткість рішення в даний час може бути зменшена за рахунок використання спеціальних ПС та іншого програмного забезпечення.

Економічний критерій для оцінки варіантів визначається умовами задачі. Відповідно до “Типової методики визначення економічної ефективності інвестиційних вкладень” за основний критерій оцінки варіантів приймають суму приведених витрат, а для характеристики особливостей варіантів враховують і інші показники (початкові інвестиційні витрати, термін введення в дію підприємства, продуктивність праці одного робітника, собівартість продукції тощо).

Оптимальному варіанту відповідає максимальна величина приведенного прибутку, що дозволяє врахувати витрати – поточні і капітальні протягом всього даного періоду і повністю врахувати їх різночасність і нерівномірність.

11. Аналітичний метод

Сутність *аналітичного методу*: шляхом техніко-економічного аналізу задача розв'язується в загальному вигляді, тобто створюється розрахункова формула, яка закономірно пов'яже шукані явища (процеси) з іншими явищами або окремими факторами, а в конкретних умовах шукане невідоме знаходиться підстановкою у формулу початкових чисельних значень. Рішення задач в загальному вигляді загальновідоме, але в гірничій справі в даному випадку під аналітичним методом розуміють знаходження оптимальних (якнайкращих) значень шуканої величини шляхом використання математичного аналізу, а саме методу «максимуму-мінімуму».

Порядок рішення задачі в загальному вигляді звичайно наступний.

Шляхом техніко-економічного аналізу встановлюється функціональна залежність між шуканою величиною x і вартісним результатом S або яким-небудь іншим економічним критерієм k :

$$S=f(x); \quad k=f'(x)$$

причому можна допустити безперервність цієї функції.

Найкраще (оптимальне) значення шуканої величини x повинне відповідати екстремальному значенню S , наприклад мінімуму витрат або максимуму прибутку. Отже, рішення задачі зводиться до знаходження максимуму або мінімуму функції. Для цього, узявши першу похідну і прирівнявши її нулю, одержимо рівняння

$$\frac{dS}{dx} = 0$$

вирішивши яке, знайдемо шукану величину. Безперервність функції перевіряють, узявши другу похідну, якщо вона не рівна нулю, то функція безперервна і має екстремальне значення.

Результати розв'язку можуть бути перевірені графічним зображенням функціональної залежності, що дозволяє легко виявити помилку як у початкових даних, так і в результаті.

Практика використання аналітичного методу показує, що встановлення функціональних залежностей і створення розрахункових формул дуже трудомістке, вимагає великої обережності і аналізу взаємозв'язків між визначальними параметрами, вивчення технічного і економічного значення одержуваних математичних залежностей. Необхідно насправді складні взаємозв'язки спрощувати, виділяючи головні чинники і головні характерні взаємозв'язки, створюючи, таким чином, техніко-економічну модель, яка відображає складні явища хоча і в спрощених, але в основних рисах.

Основні переваги аналітичного методу: мала трудомісткість і швидкість рішення задач за наявності формули; наочне математичне вираження основних залежностей, що дозволяють встановити форму і ступінь того або іншого чинника. Основні недоліки: однозначність розв'язку, що утрудняє якісну оцінку результатів і порівняння з іншими можливими варіантами; порівняно невисока точність, наближеність рішення, що є слідством спрощення складних гірничогеологічних і техніко-економічних умов; обмеженість умов вживання.

У практиці проектування і дослідження аналітичний метод зазвичай застосовується у двох випадках: для аналізу взаємозв'язків і оцінки різних факторів в якій-небудь техніко-економічній задачі; для отримання наближених рішень, які потім з меншими витратами часу уточнюються іншими методами, наприклад методом варіантів.

Аналітичний метод застосовується тільки для таких задач, варіанти рішення яких відрізняються загальною змінною величиною, що змінюється безперервно, або коли кількість діючих і якісно визначених факторів обмежена, а впливом неврахованих факторів можна знехтувати, довівши їх несуттєвості. Він використовується для розрахунку швидкості проведення гірничих виробок, визначення тривалості будівництва об'єктів, встановлення раціонального поєднання місткості кузова і місткості ковша екскаватора, для визначення кінцевої глибини кар'єру тощо.

12. Графічний і графоаналітичний методи

Графічний метод – метод отримання чисельних рішень різних задач шляхом графічних побудов, наприклад, за рахунок заміни вимірювання площ вимірюванням ліній. Він успішно застосовується для отримання перших наближень розв'язків, які в подальшому уточнюються іншими методами. Найчастіше графічний метод використовується для вирішення окремих вузьких питань спільно з іншими методами. Графічні прийоми базуються на використанні теорії векторних приростів складних топографічних поверхонь для вимірювання об'ємів і площ. Об'єми вимірювання при цьому замінюються вимірюванням площ, а вимірювання площ – вимірюванням ліній.

При проектуванні кар'єрів графічний метод використовується для визначення параметрів систем розробки, перш за все безтранспортних, для визначення площ і об'ємів корисних копалин і розкриву, для визначення швидкості підготовки нових горизонтів, для визначення кінцевої глибини кар'єра і напрямків ведення гірничих робіт тощо. В.В. Ржевський створив метод геометричного аналізу кар'єру і ряд методик, що широко використовується, для вирішення таких задач проекту, як визначення кінцевих контурів кар'єру, побудова графіків режиму гірничих робіт, побудова календарного плану, вибір раціонального порядку розвитку гірничих робіт тощо.

Наприклад, геометричний аналіз розвитку гірничих робіт в кар'єрі, розроблений В.В. Ржевським, дозволяє без складних розрахунків отримати у вигляді безперервної функції такі показники, як об'єм гірничої маси, об'єм розкриву і корисних копалин, середній, поточний, експлуатаційний і шаровий коефіцієнти розкриву, залежно від терміну існування і довжини кар'єру.

Графоаналітичний метод об'єднує переваги графічного і аналітичного методів, а саме простоту і наочність рішень шляхом графічних побудов і можливості математичного аналізу закономірностей і взаємозв'язків між визначальними чинниками. Відомі, наприклад, графоаналітичний метод визначення кінцевих контурів кар'єру проф. А. З. Фідельова; графоаналітичний метод геометричного аналізу кар'єру проф. А. І. Арсентьева. В практиці використовуються графоаналітичні прийоми для визначення об'ємів і площ гірської маси і для вирішення багатьох інших задач.