



УДК 658:622.012

Саллі В.І., Петренко Д.О.

ЕКОНОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДОРОВКИ ОБМЕЖЕНИХ ЗАПАСІВ

Розкриваються питання кількісної оцінки управління доробкою залишкових запасів шахт з великими строками служби

The questions of quantitative estimation open up by the management by the revision of remaining supplies of mines with the large terms of exploitation

На фоні деякої стабілізації роботи галузі за рахунок благополучних шахт (Західний Донбас, «Красноармійська–Західна №1», Південно-Донбасівська група і ін.) несприятлива обстановка зберігається сьогодні в регіонах, де помітно відчувається дефіцит балансових запасів, шахтний фонд довоєнної, а то і дореволюційної споруди, велика глибина розробки, круте залягання пластів. Саме до таких регіонів відносяться Центральний, Шахтарський, Торезко-Снежнянській та інші.

Економічні аспекти моделювання параметрів відпрацювання такої категорії запасів, на жаль, вивчені недостатньо, багато питань залишаються не вирішеними, оскільки раніше практично не стояло питання дострокового закриття шахт, і позапланове вибуття потужностей вважалося неприпустимим.

У даній роботі зроблена спроба поглянути на цю проблему крізь призму необхідності ефективного методу використання природних ресурсів за рахунок оптимізації техніко-економічних параметрів до рівня наближення роботи шахт до порогу беззбитковості. Це свідчить про актуальність теми дослідження.

Метою роботи є теоретичне узагальнення і облік взаємовпливу чинників, сприяючих адресному інвестуванню технологічних ланок антрацитних шахт при доробці запасів, що залишилися, в режимі наближення до беззбитковості.

Аналіз попередніх досліджень дозволив констатувати, що до теперішнього часу не відпрацьований механізм взаємостосунків вхідних і вихідних параметрів шахт зі значними термінами служби, тому нинішня політика реструктуризації вугільної промисловості України призвела до дострокового закриття великої групи збиткових антрацитових шахт[1].

Навність протилежно діючих чинників щодо збереження шахт з обмеженими запасами дає підставу вважати, що не існує однозначної відповіді про доцільність відпрацювання запасів через унікальність стану кожного конкретного підприємства. Ця доцільність визначається конкретними умовами на кожній шахті. Але схожість діючих факторів дає підставу для розгляду питання в загальному вигляді, з тим, щоб одержану модель або схему розрахунків застосувати до тієї або іншої шахти.

Аналіз роботи діючих шахт галузі за забезпеченості запасами дозволив зробити висновок, що оцінка можливості роботи малоефективної шахти, із запасами на 10 й більше років, вимагає багатокритеріальної оптимізації параметрів підприємства, тобто встановлення їх граничних значень, досягнення яких і визначає необхідний рівень і адресність інвестицій. Необхідна гарантована межа параметрів, що визначають можливість збереження потенціалу шахт. Тобто, відомі гарантії повернення інвестицій. Сказане повною мірою відноситься і до проблеми встановлення граничних значень потужності і зольності пластів.

Відомо, що для шахт, забезпечених запасами на тривалу перспективу, зміна витрат на видобуток відбувається за наростаючою траєкторією відповідно до зміни умов залягання пластів, а також під впливом глибини розробки й рівня концентрації гірничих робіт. Якщо ж запаси, що залишилися, залягають у складних умовах, кращі пласти відпрацьовані, шахти для продовження терміну служби змушені видобувати вугілля з некондиційних запасів. то з'являється необхідність зіставлення витрат при відпрацюванні балансових і позабалансових запасів і оцінки доцільності подальшої підтримки потужності таких шахт [2].

Таким чином, можна розглядати два підходи до рішення задачі, причому кожний з них альтернативний:

- у сучасних умовах доречна постановка питання про доцільність відпрацювання запасів, що залишилися на різних ділянках шахтних полів;
- повернення до відпрацювання запасів біля границь шахтних полів і на погашених горизонтах має свої позитивні й негативні сторони.

Доцільність відпрацювання запасів, що залишилися, визначається конкретними умовами на кожній шахті. Але подібність діючих факторів дає підставу для розгляду питання в загальному вигляді для того, щоб отриману модель або схему розрахунків застосувати до тієї або іншої шахти. Тому потрібен порівняльний аналіз доцільності збереження групи старих шахт, де видобуваються цінні вугілля з урахуванням можливих ризиків. Суть цього методу полягає у тому, що заздалегідь аналізуються дані, що стосуються результативності завершення робіт з підготовки запасів чергового (можливо останнього) горизонту шахти. Крім того, як початкові дані використовуються: обсяг підготовлених запасів, потужність шахти, термін її служби.

Як відомо, політика оптимального використання природних ресурсів повинна будуватися на оцінці економічної ефективності запасів, що залишилися, обґрунтованому, плануванні розвитку гірничих робіт і відповідності виїмкової техніки умовам експлуатації. При цьому підвищення концентрації виробництва може бути досягнуте за рахунок перерозподілу запасів, що залишилися, і об'єднання шахт гірничими роботами.

Нами запропоновані економіко-математичні моделі рішення деяких з перерахованих вище задач, що стосуються підвищення ефективності регулювання руху обмежених запасів в шахтному полі.

Стосовно будь-якої задачі цього класу, що має мету оптимізації виробничої діяльності, повинна виконуватися умова, що сумарний дохід підприємства пропорційний обсягу наявних ресурсів. Коефіцієнти a_{ij} інтерпретуються як відповідні норми споживання i -го ресурсу у виробничому процесі. Сумою $\sum_{i=1}^m a_{ij} U_i^m$ задається економічний ефект за рахунок j -го виробничо-технічного процесу, обчисленого з урахуванням тіньової оцінки. Обмеження подвійної задачі повинні гарантувати строгу пропорційність економічного ефекту витраченим зусиллям, якщо має місце оптимальний режим функціонування підприємства. Більш того, за вказаних умов виключаються варіанти рішень, не

виправданих з економічної точки зору і що мають яскраво виражений стохастичний характер.

Необхідність такого підходу при створенні стохастичних економіко-математичних моделей диктується не тільки наявністю параметрів, що мають характеристики ймовірності. Необхідно також брати до уваги не завжди дотримувані категорії подільності і адитивності.

Для кожного виробничо-технологічного процесу сумарна кількість кожного із споживаних ресурсів і відповідний прибуток повинні бути строго пропорційні обсягу видобутку (тобто з розрахунку на одиницю часу пропорційні відповідній виробничій потужності, а значить рівню виробничої активності).

Властивість адитивності виявляється в наступному. Якщо значення кожної з керованих змінних x_j визначене (тобто вказаний відповідний рівень виробничої активності), то повна кількість кожного із спожитих ресурсів дорівнює сумі однойменних ресурсів, витрачених при реалізації всіх технологічних процесів, що застосовувалися, а повний прибуток (збиток) дорівнює сумі прибутків (збитків), що одержані в результаті цих технологічних процесів.

Ці обставини стосовно даної роботи мають першорядне значення. Річ у тому, що украй неефективна робота вугільних шахт (і особливо збиткових) багато в чому пояснюється неучастю значної частини виробничих ресурсів в технологічних процесах. Формально вартість цих ресурсів так чи інакше переноситься на собівартість видобування, але з погляду подільності і адитивності ці ресурси в процесі видобування не беруть участь. Ці міркування, а також характер багатьох параметрів, що мають яскраво виражений характер ймовірності, зумовили використання як основний інструмент якісного аналізу стохастичні оптимізаційні моделі.

Слід ще раз підкреслити, що ступінь використання виробничих ресурсів шахт не такий ефективний, що тіньова ціна цих ресурсів ніяк не може відповідати їх дійсній вартості, як це закладено в граничних теоремах подвійності [3].

Якщо коефіцієнти при невідомих у функції мети не залежать від вибору значень керованих змінних, то оптимальне рішення може бути знайдене шляхом рішення еквівалентної моделі з очікуваними значеннями відповідних коефіцієнтів у функціоналі задачі.

Алгоритм побудови двокрокової стохастичної оптимізаційної моделі припускає наступні припущення:

1. Значення випадкових величин не залежать від x_j .
2. Значення x_j повинні фіксуватися на першому кроці до того, як стануть відомими фактичні значення, що приймаються випадковими величинами.
3. Система обмежень містить тільки змінні першого кроку, причому відповідні значення a_{ij} і b_i є відомими.
4. Завжди існують допустимі значення решти змінних x_j , вибраних на другому кроці. Значення цих змінних підлягають визначенню після того, як стають відомими фактичні значення всіх випадкових величин.
5. Існує кінцеве число Q можливих комбінацій значень C_j , a_{ij} і b_j ; визначувані ними стани позначимо через C_{qj} , a_{qij} , b_{qi} , а ймовірність їх появи P_q .

При такій постановці задачі оптимальні правила ухвалення результату можуть бути одержані після рішення наступної задачі:

$$\sum_{j=1}^k E[C_j] x_j + \sum_{q=1}^Q P_q \left[\sum_{j=k+1}^n C_{qj} x_{qj} \right] \rightarrow \max \quad (1)$$

Перший крок

$$\sum_{j=1}^k a_{ij} x_j \leq b_i, i = 1, 2, \dots, q . \quad (2)$$

Другий крок

$$\sum_{j=1}^k a q_{ij} x_j + \sum_{j=k+1}^n a q_{ij} x q_j \leq b q_i . \quad (3)$$

при обмеженнях:

$$\begin{aligned} i &= q + 1, \dots, m; q = 1, 2, \dots, Q \\ x_j &\geq 0; j = 1, 2, \dots, n; \\ x_{qj} &\geq 0; j = 1, 2, \dots, n; q = 1, 2, \dots, Q \end{aligned} \quad (4)$$

Якщо які-небудь з коефіцієнтів C_j , b_i , b_{qi} або a_{ij} виявляються відомими, то їх слід зразу ж підставити в співвідношення (1) - (3).

У моделі (1) -(4) передбачається, що до моменту вибору значень керованих змінних на другому кроці фактичні значення всіх випадкових величин повинні бути відомими. При практичному використуванні приведеної економіко-економічної моделі допустима наявність обмежень ймовірності.

Модель з обмеженнями ймовірності володіє двома позитивними якостями. По-перше, вона зводиться до еквівалентної задачі лінійного програмування, що має ту ж розмірність і таку ж структуру, що і аналог детермініста початкової моделі. Отже, після належного визначення всіх констант, що стоять в правих частинах співвідношень (2-4), обчислювані процедури, пов'язані із знаходженням оптимального рішення для стохастичної моделі, відповідають тим, що виконуються для аналога детермініста. По-друге, щодо випадкових величин b_i вимагається знати значення констант β , що є ймовірністю виконання відповідних обмежень по ресурсах.

Через вказані властивості, моделі з обмеженнями ймовірності вигідно відрізняються від двокрокових моделей з характеристиками ймовірності коефіцієнтів функціоналу.

Крім того, математична модель, придатна для вирішення поставлених задач, повинна відображати структуру досліджуваної системи, передбачати циклічність і враховувати динамічні закономірності, властиві реальному виробничому процесу.

Перерахованим вимогам найбільшою мірою задовольняє підхід, заснований на імітаційній моделі, вживаній для дослідження складних динамічних систем, до числа яких відносяться техніко-економічні складові процесу відпрацювання запасів[4].

Рішення цих питань пов'язане з ефективністю виймання запасів, і тому критерію оптимальності повинні бути прийняті як витрати на видобуток. Система обмежень задачі визначена залишковим терміном служби даної групи шахт, можливістю забезпечення певних рівнів видобутку з урахуванням залучення у відпрацювання позабалансових запасів. Як керовані змінні фігурують річні обсяги видобутку кожної шахти із запасів власного шахтного поля і ділянки, яка може бути переданий для відпрацювання від шахти із загальною технічною межею з даною.

У загальному вигляді економіко-математична модель управління запасами може бути представлена функцією багатовимірних аргументів при відповідних обмеженнях

$$F(\alpha, \beta, \gamma) \rightarrow \max;$$

$$0 \leq q(\gamma) \leq P(\gamma);$$

$$\gamma \in H$$

де $F(\alpha, \beta, \gamma)$ - функція мети, що характеризує ефективність виймання запасів; α - важко прогнозовані некеровані характеристики, пов'язані з техніко-економічними показниками роботи шахт; β - прогнозовані некеровані характеристики, пов'язані з гірничо-геологічними умовами відпрацювання; γ - вектор параметрів, що оптимізуються; H - область параметрів, що оптимізуються; q - дане значення параметра; P - максимальне значення параметра.

Економіко-математична модель досліджена у вигляді однієї або декількох послідовно вирішуваних задач:

- встановити форму зв'язку між невідомими x і некерованими характеристиками α і β ;
- визначити ступінь результату попередніх рішень (досліджувати динамічні властивості задачі);
- встановити ступінь стохастичності параметрів α і β , тобто доцільність перекладу моделі в клас стохастичних оптимізаційних моделей.

Розглянемо кожну з приведених вище особливостей побудови функції мети детальніше.

Цільова функція є витратами на виробництво. Відомо, що за рахунок умовно-постійних витрат збільшення навантаження на пласт приводить до зниження собівартості, причому зв'язок між цими параметрами нелінійний.

Принципова структура імітаційної моделі зображена на рис. 1. Вона задовольняє сформульованим вище вимогам і складається з чотирьох основних елементів:

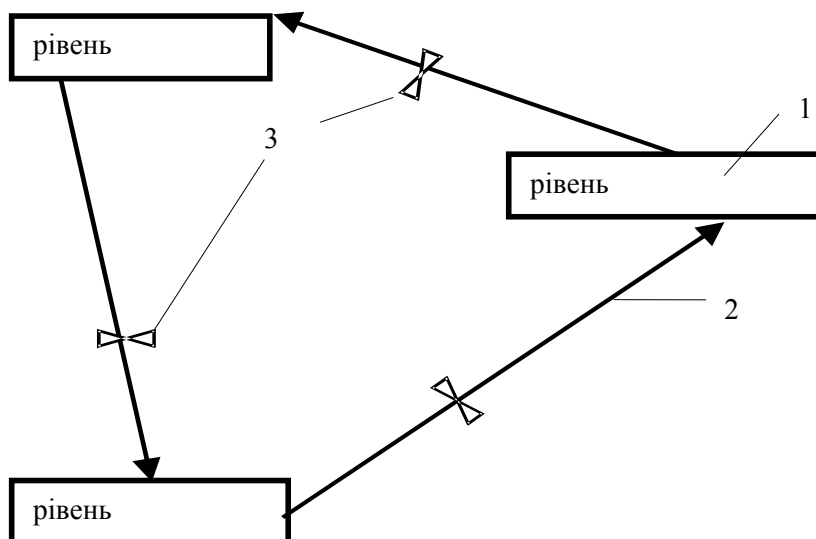


Рис. 1. Принципова схема моделі управління запасами

Рівня 1, що характеризує накопичення, що виникають всередині системи. В даному випадку ці рівні запасів вугілля (кількість вугілля) різного ступеня технологічної готовності до виїмки. Рівні виникають (накопичуються) як різниця в темпах підготовки відповідних запасів. Якщо протягом якогось інтервалу часу t_1 в результаті прохідницьких робіт підготовлена до виїмки кількість запасів Z_1 , а виїмкові роботи в цей же інтервал часу відпрацьовують кількість запасів Z_2 (причому $Z_1 > Z_2$), то накопичується певна величина запасів, готових до виїмки. Це і є рівень запасів, величина якого на кінець інтервалу може бути визначена.

Тоді рівень запасів, підготовлених прохідницькими роботами, по відношенню до очисних робіт, на кінець наступного інтервалу часу t_2 буде рівний рівню запасів, підготовлених прохідницькими роботами за попередньому інтервалі, плюс різниця темпу ведення прохідницьких робіт і темпу видобування за інтервал t_2

При збереженні вказаного співвідношення між темпом ведення прохідницьких робіт і темпом видобування рівень запасів накопичуватиметься. Рівень запасів, готових до виїмки, є виробником по відношенню до очисних робіт, які по відношенню до цих запасів є споживачем. На кожній стадії переходу вугілля з корисних копалин в промисловий продукт (через розкриті, підготовлені і готові до виїмки запаси) можуть виникати і накопичуватися аналогічні рівні запасів.

Різниця полягає лише в їх відношенні один до одного як виробників і споживачів. Так, рівень запасів, підготовлених на стадії розкриття (рівень розкритих запасів), виступає як виробник по відношенню до рівня запасів, підготовлених до виїмки. Останні одночасно виступають як споживач розкритих запасів і як виробник по відношенню до запасів, готових до виїмки.

Потоки 2, що переміщують вміст одного рівня до іншого. Під терміном "потік" маються на увазі процеси, що становлять виробничий процес шахти, здійснення якого необхідне для перекладу запасів з одного ступеня технологічної готовності до виїмки в іншу. До них відносяться процеси з проведення розкриваючих, готуючих і виїмкових вироблень, що забезпечують запаси всіма технологічно необхідними зв'язками з поверхнею (транспорт, вентиляція, водовідлив і т.д.). Найважливішою характеристикою потоку є його темп, тобто швидкість ведення процесу, яка залежить як від швидкості посування очисного або підготовчого вибою, так і від їх кількості на шахті, тобто від концентрації робіт.

Функції рішення 3, регулюючих інтенсивність потоків між рівнями. У моделі вони необхідні для регулювання швидкостей ведення процесів на основі інформації про стан рівнів (величині накопичених ними запасів), тобто по аналогії з тим, як це відбувається в реальних системах.

Дослідження динамічної імітаційної моделі руху запасів в шахтному полі на даному рівні концентрації виробництва виробляється шляхом дослідження варіантів, що є циклічно повторюються розрахунками, що становлять цю модель рівнянь.

Цим вимогам задовольняє підсистема "видобувна ділянка", що є двома процесами: очисні роботи і роботи з приведення запасів ділянки видобування в ступінь готових до виїмки, знаходяться в постійній взаємодії. Підсистема "видобувна ділянка", прийнята до моделювання, включає також процеси по підвищенню надійності примикаючих вироблень і дільничного транспорту. Ці процеси виконуються у міру інвестування і пов'язані між собою в часі і просторі. Підсистема " видобувна ділянка" володіє рисами, властивими всій системі "виробничий процес видобутку вугілля", але значно більш проста.

Щодо оптимізації витрат на створення і постійну підтримку необхідних запасів вугілля слід помітити, що їх недолік приводить до збитку від простоїв очисних вибоїв,

значно перевищуючому витрати на їх створення і підтримку. Тому задача оптимізації витрат зводиться до встановлення мінімуму запасів, що забезпечують стійку роботу шахти.

У світлі сказаного, забезпеченість запасами вугілля різного ступеня технологічної готовності до виїмки виступає як важлива вимога вдосконалення діючих на шахті планувальних рішень або застосування нових рішень з розкриття, підготовки і відпрацювання шахтного поля. Для виконання цієї вимоги необхідне як мінімум збільшення швидкості посування підготовчих вибоїв.

Облік цих особливостей при підрахунку фактичних величин запасів різного ступеня готовності, що є на шахті на даний момент часу, дозволить з достатньою точністю визначити відповідність того або іншого рішення нової інтенсивності виробничого процесу.

Висновки:

1. Запропонований підхід, заснований на паралельно-последовній взаємодії процесів у виробничій системі шахти і кількісній оцінці процесів управління доробкою запасів принципово важливий з погляду управління підтримкою потужності старих шахт.

2. У міру розвитку гірничих робіт в просторі і зростання глибини розробки погіршення природних умов відбувається по-різному не тільки на різних ділянках певної вугільної компанії, але і в межах гірничого відведення окремої шахти. Оскільки робота в сприятливіших природних умовах підвищує ефективність виробничої діяльності шахти, що породжує природне прагнення спочатку відпрацьовувати кращі ділянки, тому відробіток запасів, що залишилися, все більше полагоджений впливу стохастичності.

3. Тривалість роботи шахт (чинник часу) в цілому робить значніший вплив на ступінь ускладнення підземного господарства шахти, ніж динаміка видобутку вугілля. При тривалій експлуатації шахти загальна протяжність гірничих вироблень з часом зростає. Це важливо враховувати при моделюванні оцінки організованості потокових процесів вугільного виробництва.

Література:

1. Салли В.И., Малов В.И., Бычков В.И. Поддержание угольных шахт при ограниченных возможностях нового строительства. М.: Недра, 1994.-с. 272.
2. Сребный М.А., Харченко В.А., Еремеев В.М. Развитие горных работ на действующих шахтах. М.: Недра, 1980.
3. Трифонова Е.В., Скаженик Ю.Б. К определению „цены” параметров, формирующих уровень экономической надежности угольной шахты // Экономика: проблемы теории та практики. Збірник наукових праць. Випуск 204: В 5 т. Том IV. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2005. – С. 1054-1063.
4. Батманов Ю.К. Техническое перевооружение угольных шахт. - М.: Недра, 1984. - 198с.

*Рекомендовано до публікації
д.е.н., проф. Амошою О.І. 28.03.07*

*Надійшла до редакції
26.03.07*