

УДК 622.014.3:504.05

Бардась А.В., Бабець Д.В.

ПАРАМЕТРИ ЕНТРОПІЙНОЇ ПРИРОДИ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЩОДО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ВИРОБНИЧІ ВИТРАТИ

Розглянуто можливості проведення кількісної оцінки впливу природних факторів на функціонування вугільних шахт. Досліджено характер впливу діяльності шахти на зміну стану природного середовища і рівень виробничих витрат.

Ключові слова: природні фактори, шахта, природне середовище, виробничі витрати.

Quantitative assessment the natural environment's factors influence on the coal mines economic outputs have been considered. The nature of environmental conditions and production expenditures changes as results of coal mine operations has been researched.

Keywords: environmental conditions, coal mine, environment, production expenditures.

Основоположник сучасної теорії інновації, австрійський вчений Йозеф Шумпетер, розумів під останньою «використання нових комбінацій існуючих виробничих сил для розв'язання комерційних задач» та «запоруку розвитку економічних систем» [6]. Проблема пошуку інноваційних підходів до розвитку як економічних мінісистем, так і великих соціально-економічних утворень є домінуючою в сучасному світі не в останню чергу через те, що самі інновації розглядаються як довготермінова конкурентна перевага одного учасника ринку над іншими. В умовах глобалізації такими учасниками можуть бути як міжнародні фірми, так і окремі держави. При оцінці рівня розвитку окремих країн сьогодні доволі часто звертаються до концепції зміни техніко-економічних парадигм, ендогенним механізмом якого і є, власне, процес нововведень. Проте саме з цією концепцією пов'язана одна з основних проблем – наскільки прагнення нашого суспільства досягти високих темпів розвитку сумісне з існуючим рівнем промислового розвитку, та в першу чергу – з техногенним впливом на довкілля та використанням енергетичних ресурсів, а по друге – наскільки пов'язаними між собою є проблеми екологізації економіки та формування стратегій інноваційного розвитку вуглевидобувних регіонів. З точки зору концепції зміни еколого-економічних парадигм провідні країни світу здійснюють перехід до так званої «економіки знань» або п'ятої техніко-економічної парадигми, у той момент як одна із основ української економіки – вуглевидобувні підприємства – належать до другого та третього техніко-економічних укладів.

Розгляд вугільних шахт як дисипативних систем дозволяє говорити про їх внутрішню ентропію, яка проявляється в ускладненні структури, зменшені віддачі від інвестиційних вкладень по мірі розвитку системи і посиленні негативного впливу на довкілля, як зазначено в роботах [4-6]. Стратегія розвитку окремих вугільних підприємств і галузі в цілому розглядається у працях Амоші О.І., Скубенко В.П., Решетиллової Т.Б., Павленко І.І., Райхеля Б.Л. та інших вчених [1,2,7,9]. Методика здійснення аналізу залежності стану системи вугільної шахти від впливу різних груп факторів описана у праці [8]. У дослідженні Саллі В.І, Райхеля Б.Л. і Швеця В.Я. [3] проведено поділ шахтного фонду на три групи, на основі відмінностей у техніко-економічних та гірничо-геологічних параметрах, визначеній привабливості для реалізації інноваційних проектів, у роботі [4,6] запропоновано поняття «економічна ентропія», яка визначає міру зв'язків між показниками економічної надійності підприємства та ефективності управлінських впливів. Ці два показники характеризують впорядкованість досліджуваного суб'єкту господарювання з точки зору стану шахтного фонду та якості діяльності адміністративного апарату. Питання оцінки стану шахтного фонду та визначення параметрів, які найбільш суттєво впливають на ефективність та

результативність діяльності вугільних шахт знайшла відображення в багатьох роботах [2, 4, 6, 9], де запропоновано використовувати оцінкові показники, зокрема економічної надійності, який дозволяє визначати стан шахти із врахуванням трьох параметрів – економічного рівня, технічної надійності та геологічної надійності.

У роботі [1] автором, ґрунтовно проаналізовано фактори забезпечення конкурентних переваг економіки України і відзначено, що за рівнем економічного розвитку Україна опинилася у групі країн початкової стадії розвитку, основними перевагами яких є дешева сировина чи робоча сила. До того ж, віддача від інновацій в нашій країні є дуже низькою, що може бути пояснено, зокрема, незначною інвестиційною привабливістю вітчизняних підприємств.

На відміну від підприємств обробної промисловості вугільні шахти, як і інші гірничо-видобувні об'єкти промисловості, одночасно є і виробничими і природними системами. Тому важливим є визначення впливу діяльності шахти на стан довкілля, зокрема, за допомогою побудови математичних залежностей оцінки стану шахт від інтенсивності її основних продуктивних потоків (вугілля, газу, породи і шахтної води).

Метою дослідження є визначення характеру взаємодії факторів природного середовища та результатів їх комбінованого впливу на економічні результати діяльності шахти

Екологічний підхід до розвитку економічних систем базується на розробці та впровадженні нововведень, які забезпечують розширене відтворення таких систем, передбачає для цього залучення значних обсягів ресурсів, у тому числі й мінерально-сировинних та енергетичних. Наша цивілізація на даному етапі розвитку у якості основних мінеральних енергетичних ресурсів використовує вугілля, газ, нафту та уранову руду. Оскільки запаси нафти та газу поступово вичерпуються, а запасів уранової руди при існуючих технологіях вистачить на декілька десятиліть, то вугілля продовжує лишатися єдиним надійним джерелом енергії для США, Польщі, Німеччини, Китаю, Австралії та більшості інших країн. Україна не є виключенням, і хоча стан більшості наших вугільних шахт лишається надзвичайно складним, вони виконують функцію чи не єдиного гаранту стабільного промислового та економічного розвитку суспільства.

Традиційно вугільні шахти розглядалися дослідниками як соціотехнічні системи, але при цьому не враховувалася специфіка їх промислового виробництва, при якому робочі місця переміщуються у часі і просторі, а якість та вартість продукції значною мірою визначаються впливом природного середовища. Збільшення глибини відпрацювання запасів, деконцентрація гірничих робіт, необхідність регулювання притоку шахтної води та видача на поверхню породи та шахтного повітря є тими чинниками, які визначають як вартість самого вугілля, так і вплив на довкілля.

Розглядаючи питання екологічної безпеки при відпрацюванні запасів вугілля, яка безпосередньо пов'язана із питаннями інноваційного потенціалу шахтного фонду, слід зазначити, що доцільність експлуатації того або іншого родовища визначається на основі співставлення індивідуальних та граничних витрат. Однак в умовах України, коли її конкурентні переваги досягаються за рахунок штучного заниження цін на енергоресурси, такий підхід не завжди відображає реальний стан речей, а саме поняття «граничних витрат» повинно бути розглянуто із врахуванням впливу факторів природного середовища вугільної шахти (природного газу, шахтної води та оточуючої породи) на результати її виробничо-господарської діяльності.

Таким чином, сутність проблеми полягає у доведенні доцільності оцінки потенціалу вугільних шахт щодо впливу на довкілля із врахуванням ентропійного характеру впливу оточуючого природного середовища.

Проблема покращання екологічної ситуації у промислових регіонах полягає у тому, що для її забезпечення потрібно споживати все більший обсяг ресурсів, однак при цьому якість природних ресурсів поступово зменшуються. Наприклад, вугільні шахти спочатку відпрацьовують найкращі запаси та лише після цього переходять до відпрацювання гірших за якість та умовами залягання, причому для видобутку останніх шахти потребують залучення все більшої кількості виробничих ресурсів та застосування більш досконалих технологій при паралельному збільшенні відходів виробництва готової вугільної продукції. Зміна природного середовища та порушення природного балансу екосистем в результаті ведення гірничих робіт змушує підприємства витратити все більше коштів на їх відновлення та на підтримку своєї життєдіяльності у нових, менш придатних для функціонування умовах. Все це призводить до збільшення потреби у нововведеннях, одночасно погіршуючи інвестиційну привабливість вугільних шахт. Серед причин цього варто відзначити рівень організації виробництва та повноту використання природних ресурсів як в процесі видобутку та збагачення вугілля, так і в процесах, пов'язаних із підтриманням життєдіяльності шахти (відкачування підземних вод, виймання гірської породи, видобуток супутніх корисних копалин та їх використання у господарській діяльності).

Будь-яка діяльність людини, пов'язана із перетворенням природи, погіршує її стан, тобто вести мову про ентропію можна лише як про відносно низьку або відносно високу, через те, що сам характер виробничої діяльності людини призводить до збільшення її значень. Найменше (мінімальне) значення ентропії можливе при відмові від промислового втручання людини в надра землі, але це суперечить сутності матеріального виробництва та унеможливить подальший розвиток людства.

Існує деякий рівень економічної ентропії, по досягненні якого шахта як виробнича та економічна система припиняє своє існування, хоча як природна система продовжує впливати на оточуюче середовище. Економісти оцінюють доцільність існування гірничо-видобувних підприємств на основі різниці між індивідуальними та граничними витратами на видобуток певного виду мінеральної сировини (у випадку, що розглядається – це вугілля).

Зникнення відмінності між витратами на видобуток для окремої шахти та гранично припустимими для суспільства витратами на видобуток даного виду корисної копалини, свідчить про наближення шахти до того ентропійного стану, за якого її подальша експлуатація негативним чином відбиватиметься як на стані галузі або ж національної економіки загалом, так й призводить до вельми істотної зміни існуючих природних екосистем (включно до їх деградації). Саме тому, зв'язок між диференційною рентою та ентропією має вигляд «обмеження зверху» (1):

$$Z_{ind} - Z_z \leq E \quad (1)$$

Одночасно, економічна ентропія шахти може розглядатися як функція стану природного середовища (h - глибина розробки родовища корисної копалини, м; $Q_{ув}$ - приток шахтної води, м³/год; $Q_{газ}$ - газонасиченість вугільних пластів, що розробляються, м³/т; Q_n - обсяг виданої на поверхню породи, м³ та $S_{земля}$ – площа земель поверхні, зайнятих під відвали, ставки-відстійники та сховища шламів, а також площі деформованих в результаті проведення гірничих робіт земель, тис. м² (2):

$$E = f(h; Q_{ув}; Q_{газ}; Q_n \times S_{земля}) \quad (2)$$

Економічний зміст наведеної залежності полягає, власне, у специфіці діяльності більшої частини вітчизняних шахт, коли визначення диференційної ренти є недоцільним через збитковість вугільних підприємств, тобто досягнутий високий рівень економічної ентропії підприємств вугільної галузі. Оскільки ентропійна природа системи шахти визначається значною мірою природними чинниками, які також впливають на зростання витрат з видобутку вугілля на окремій шахті, то залежність між індивідуальними та граничними витратами з одного боку, та ентропією може мати наступний вигляд (3):

$$Z_{ind} - Z_z \leq f(h; Q_{шв}; Q_{газ}; Q_n \times S_{земля}) \quad (3)$$

Якщо збиткова шахта продовжує працювати, досягнувши або перевищивши рівень граничних витрат, тоді можна зробити припущення про те, що:

1) не досягнутий граничний для суспільства рівень витрат (тобто ціна ресурсу є штучно заниженою);

2) відбувається так званий «ентропійний стрибок», коли при відсутності альтернативних енергоресурсів-замінників суспільство, за рахунок погіршення соціально-економічних показників, готово продовжувати використовувати даний вид сировини.

Прикладами такого роду «ентропійних стрибків» можуть бути нафтова криза 1973 року, зміна цін на російський природний газ у 1992 та 2005 роках, тривале зростання ціни на нафту. Більш складними є наслідки для оточуючого природного середовища – перехід суспільства до відпрацювання гіршої за якістю частини запасів мінерального ресурсу супроводжується значним зростанням техногенного навантаження на атмосферу, гідросферу та біосферу, причому асиміляційний потенціал природного середовища зменшується до тих значень, які межують з повною деградацією природних систем.

Ентропія може розглядатися як своєрідна плата суспільства за втручання в надра, визначаючи, яку частину розвіданих запасів суспільство готово видобути, а яку – залишити в надрах землі, виходячи з соціально-економічних та екологічних міркувань. Показник ентропії, навіть за наявності ідеальних значень економічного рівня шахти та технологічної надійності [6], є зворотно пропорційним показником, що характеризує обсяг геологічних запасів вугілля(4):

$$E = \frac{k}{K_u} = \frac{1}{K_e \times K_t + K_z} = \frac{1}{1 + K_z} \quad (4)$$

Зменшення значення показника геологічних запасів супроводжуватиметься, за умови ідеальних значень інших показників, зростанням значення ентропії, мінімізувати яку можна лише або за рахунок розвідування нових запасів чи переходу до комплексного відпрацювання техногенних родовищ корисних копалин та супутніх вугіллю мінеральних ресурсів надр.

Таким чином можна стверджувати наступне. Парадокс суспільного розвитку та ставлення до природи полягає у тому, що доки деякий ресурс існує у значній кількості, доти він не є цінним, а відповідно, й не використовується оптимально (зокрема, задачі оптимального програмування мають справу з розподілом обмежених ресурсів), а сама цінність ресурсу визначається на основі наших теперішніх уявлень про його корисність та існуючих технологій його використання. Неефективність використання ресурсу призводить до зростання економічної ентропії та погіршення соціально-економічних та екологічних умов. Розв'язання цього парадоксу можливе лише на основі запровадження інноваційних технологій видобутку вугілля, що передбачають як комплексне використання вугілля, газу та

шахтної води, так і розробку техногенних родовищ – відвалів та шламосховищ, закладку відпрацьованого простору шахти та рекультивацію земель поверхні.

Кількісна оцінка окремих параметрів процесу зменшення техногенного впливу на довкілля можлива на базі побудови відповідних моделей оцінки зміни економічних запасів вугільних шахт з точки зору впливу на економічну ентропію, оцінка можливості використання шахтної води та газу для задоволення суспільних потреб.

Для вирішення практичних задач, пов'язаних з управлінням природно-економічними системами вугільних шахт, доцільним є виявлення закономірностей впливу параметрів природного та оточуючого середовища шахт на результати їх економічної діяльності, в першу чергу на рівень виробничих витрат. Дослідження зв'язків між природними параметрами та рівнем собівартості вугільної продукції дозволило б оцінити стійкість економічної системи шахти до зміни елементів оточуючого середовища, а також міру залежності від кожного із таких елементів; отримання подібних функціональних залежностей, в свою чергу, було би корисним для прогнозування майбутніх станів шахти як природно-економічної системи.

Проте, серйозною перешкодою при дослідженні такої залежності є надзвичайна складність оточуючого середовища шахти, наявність в ньому великої кількості взаємопов'язаних і незалежних факторів, кожен з яких певною мірою впливає на результуючий стан виробничої системи.

На думку авторів [7], вугільна шахта представляє собою стохастичну систему. Для дослідження характеру залежності між факторами оточуючого середовища шахти – природними умовами, з одного боку, та економічними результатами діяльності шахти, з іншого боку, необхідно обрати методику дослідження стану економічної мінісистеми, яка функціонує у стохастично неоднорідному масиві. Можливості використання такої методики були описані в роботах [3, 8]. Для використання даної методики необхідно узагальнити розрахунки за розробленим в роботі [8] алгоритмом, виконавши попередньо достатню кількість варіантів розрахунків із різними значеннями варіації вихідних даних та різними способами їх генерації датчиком випадкових чисел.

Основною величиною, за якою виконуватиметься оцінка впливу стохастичного розподілення вихідних даних є відносне відхилення ΔU (%), що визначається формулою (5):

$$\Delta U = \frac{U_n - U_o}{U_o} \cdot 100\% \quad (5)$$

де U_n - максимальні значення собівартості, отримані при розв'язанні задачі із врахуванням стохастичного розподілення вихідних даних; U_o - максимальні значення собівартості, отриманні при розв'язанні однорідної задачі.

Вище в роботі розглядалися питання про міру впливу факторів природного середовища на діяльність вуглевидобувного підприємства, але особливий інтерес викликає можливість встановлення функціональних залежностей між розглянутими вище факторами та економічними результатами діяльності шахти. Під економічними результатами діяльності шахти пропонується розглядати не виручку від реалізації вугільної продукції, оскільки вона залежить значною мірою від стану ринку, рівня споживання енергоресурсів та структури енергоринку. Прибуток шахти також не вважається за доцільне приймати в якості показника економічного результату діяльності шахти в силу двох причин. По-перше, значна частина вітчизняних вуглевидобувних підприємств є збитковими, а по-друге, рівень прибутку буде залежати від попиту на продукцію шахти з боку споживачів та від пропозиції аналогічної продукції конкурентами. Безпосереднім результатом діяльності шахти є рівень собівартості

видобутку вугілля, оскільки саме в собівартість, на нашу думку і думку дослідників [10], закладено диференційну гірничу ренту. Іншими словами, більший або менший рівень витрат на видобуток однієї тонни вугільної продукції значною мірою визначається тим, наскільки сприятливими або несприятливими для ведення виробничої діяльності є природні гірничо-геологічні умови.

Завданням дослідження є визначення залежності відносного відхилення ΔU від варіації основних гірничо-геологічних характеристик породного масиву - категорії газоносності вугільної шахти G , глибини відпрацювання запасів корисної копалини D , середньодинамічної потужності вугільних пластів S , дебету води в шахті Q_w , а також показника, що характеризує забезпеченість шахти запасами вугілля – коефіцієнта геологічної надійності K_r . Оскільки виробничі витрати шахти залежать від її продуктивності, а остання визначається пропускною здатністю технологічних ланок шахти, до моделі доцільно включити показник технологічної надійності системи шахти K_T .

Ще одним важливим питанням є вибір шахт, які будуть виступати в якості об'єктів дослідження. Вибір провідних підприємств галузі, так само як і вибір найгірших вугільних шахт може призвести до отримання викривлених результатів, тому найбільш доцільним буде включення до вибірки шахт, які представляють різні вуглевидобувні регіони України та видобувають як коксівне, так і енергетичне вугілля.

Таким чином, структура залежності матиме вигляд (6)

$$\Delta U = f(\eta_G, \eta_D, \eta_s, \eta_{Q_w}, \eta_{K_r}, \eta_{K_T}). \quad (6)$$

Для оцінки значимості впливу кожного з компонентів залежності (6) в умовах, коли міра цієї залежності є невідомою, найбільш ефективним є використання методу групового обліку аргументів [8].

Рішення про вибір структури моделі залежить від вимог до дослідження; зазвичай припускають, що $y(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_m, a_1, a_2, \dots, a_m)$ – це неперервна функція факторів, яку можна апроксимувати поліномами. Дуже імовірно, що деякі із членів, що входять до складу моделі, незначним чином впливають на зміну $y(x)$, оскільки їх значення a_i будуть близькими до нуля. Тому відкидання таких членів не повинно призвести до погіршення прогностичних властивостей моделі чи до втрати нею адекватності. Проте сама модель за цих обставин стає більш економічною, оскільки це дозволить покращити її структуру.

Для визначення ступеня поліному починають з оцінювання коефіцієнтів найпростішої моделі (лінійної стосовно факторів). Згодом перевіряють, чи достатньо добре передбачені по моделі функції $y(x)$ узгоджуються із результатами спостережень. Якщо від початку обрана модель виявиться неадекватною, тобто передбачені по ній значення не узгоджуються із результатами спостережень достатньо добре, то структуру моделі можна змінити, зокрема збільшивши ступінь багаточлену, а дані обробити знов для отримання нових оцінок коефіцієнтів a_i . Ця процедура перевірки адекватності моделі та її оптимізація продовжується доти, доки не буде отримане задовільне узгодження даних спостережень і значень, отриманих по моделі.

Вся множина вихідних точок спостережень, представлених матрицею X розмірністю $(m \times n)$ і результуючий вектор $Y(n \times 1)$ позначимо вибіркою Ψ . При обчисленні критеріїв може бути використана вся вибірка Ψ або її окрема частина A і B , причому якщо $A+B = \Psi$, то $N(A) + N(B) = N$.

Всі критерії умовно можна поділити на дві групи: ті, що використовують всю вибірку даних та ті, що засновані на розбитті вибірки на частини. При обчисленні більшості критеріїв найчастіше використовується значення залишкової суми квадратів (7):

$$RSS(s) = \sqrt{\sum_n [y(x) - f(x, \bar{\theta}(s))]^2}, \quad (7)$$

де s - складність моделі, тобто число параметрів, що підлягають оцінюванню; n - кількість спостережень.

Критерій RSS може застосовуватися для обрання структури моделі, однак при збільшенні складності моделі s відбувається все більш точне наближення до експериментальних даних, а це є припустимим лише у випадку відсутності помилок вимірювання.

На основі критерію залишкової суми квадратів побудований критерій дисперсійного співвідношення (8):

$$RR(s) = \frac{n}{n-s} \cdot \frac{RSS(s)}{\|y - y'\|^2}, \quad (8)$$

Це співвідношення дозволяє застосовувати класичний апарат перевірки гіпотез для обрання статистично достовірних підмножин з s регресорів, а по мінімуму RR - найкращу структуру. Однак, критерій RR неприйнятний для порівняння моделей, він може використовуватися лише для оцінки достовірності окремо взятої регресії.

Інші критерії розглянутої групи основані на обчисленні оцінок параметрів і значень критеріїв на різних частинах вибірки. Це перш за все зовнішній критерій регулярності (середньоквадратична похибка попередження при $N_b = 1$):

$$AR(s) = \|y_B - f(X_B, \bar{\theta}_A(s))\|^2, \quad (9)$$

Зовнішній критерій регулярності (4) має мінімум по s , а його математичне очікування дає незміщену оцінку прогнозу на підвибірці B .

Критерій «ковзного контролю» (відомий також як «передбачена сума квадратів» та «опосередкований критерій регулярності»), має вигляд (10):

$$YKP(s) = \frac{1}{N} \sum [y_i - f_i(x_i, \bar{\theta}_i(s))]^2, \quad (10)$$

де (y_i, x_i^T) - i -та точка спостережень, $\bar{\theta}$ - оцінка параметрів з вибірки W із виключеною i -ю точкою.

Більшість відомих методів розв'язання задачі поділяються на дві групи - підбору і ітераційні. Методи підбору призначені для розв'язання задачі перебиранням моделей із кінцевої множини Ω та працездатні при невеликих значеннях m ($m < 30$).

Ітераційні методи, які більш відомі у теорії під назвою «метод групового обліку аргументів», засновані на аналогії з біологічною селекцією організмів. Ускладнення моделей від ряду до ряду селекції відбувається завдяки «схрещуванню» кращих моделей попереднього ряду. Ітераційні методи працездатні й при великих m ($m > 100$), навіть коли $N < m$, вони дозволяють отримувати як лінійні, так і нелінійні моделі. Існують також методи змішаного типу, які використовують одночасно перебірні і ітераційні схеми ускладнення моделей [8].

В ітераційних алгоритмах методу групового обліку аргументів на вхід подається деякий вектор вхідних змінних $X=x_1, x_2, \dots, x_n$. На першому ряду селекції утворюються конкретні описання, які об'єднують вхідні змінні попарно (для лінійних алгоритмів) чи по три елементи (для нелінійних). Тоді для лінійних алгоритмів це виглядатиме наступним чином (11):

$$y_1=f_{11}(x_1, x_2), y_2=f_{12}(x_1, x_2), \dots, y_s=f_{1s}(x_{n-1}, x_n), \quad (11)$$

Із них обирають деяке число F , які найбільшою мірою задовольняють зовнішньому критерію селекції.

На другому ряду утворюються конкретні описання другого ряду (12):

$$z_1=f_{21}(y_1, y_2), z_2=f_{22}(y_1, y_3), \dots, z_{2p}=f_{2p}(y_{s-1}, y_s). \quad (12)$$

З них відбирається F найкращих для використання в наступному, третьому ряду тощо. Для кожного ряду знаходиться найкраща (за критерієм селекції) модель. Ряди селекції зростають, доки оцінка критерію зменшується.

Для спрощення комп'ютерної реалізації алгоритму будемо варіювати число F окремих описань, що найбільш відповідають зовнішньому критерію селекції, та переходять до наступного ряду, в залежності від того, наскільки точно отримане наближення по найліпшому окремому описанню попереднього ряду.

Алгоритм дозволяє за даними спостережень визначити структуру та оцінити коефіцієнти залежності результуючої змінної від набору вихідних змінних в умовах, коли апріорно є невідомим, які саме з набору вхідних змінних беруть участь у формуванні результуючої змінної, а також невідома дисперсія шуму в спостереженнях результуючої змінної.

Залежності можуть бути лінійними за коефіцієнтами або нелінійними за вхідними змінними. Генерація, порівняння і відбір моделей відбуваються за багатоетапною схемою, в якій номер етапу визначає максимально можливе число членів в моделях.

На першому етапі аналізуються всі можливі, а на другому – двочлени. На наступних етапах алгоритму структура і складність генерованих моделей залежать від структури найкращої моделі попереднього етапу.

Клас моделей, згенерованих за допомогою алгоритму багатоступеневого групового обліку аргументів має в загальному випадку наступний вид (13):

$$y = \sum_{q=1}^s a_q * \prod_{j=1}^m x_j^\alpha, \quad (13)$$

Початкова таблиця з даними спостережень за 2005 рік матиме наступний вигляд (табл. 1), причому в якості основних досліджуваних змінних використовуються наступні: x_1 – коефіцієнт технічної надійності вугільної шахти, що характеризує пропускну здатність її основних технологічних ланок, x_2 – газонасиченість (концентрація газу у гірничих виробках шахти), м³/т; x_3 – максимальна глибина відпрацювання запасів вугілля на шахті, м; x_4 – коефіцієнт геологічної надійності шахти, який характеризує забезпеченість шахти запасами вугілля; x_5 – середньо динамічна потужність пластів, що експлуатуються на шахті, м; x_6 – приток води у гірничі виробки, м³/год; результуючою функцією y , що залежить від наведених вище змінних виступає собівартість видобутку вугілля, грн./т.

Використовуючи критерії RSS і AR з даних таблиці 1 отримуємо наступні прогностичні моделі:

На основі припущення про лінійність моделі отримуємо

а) на основі критерію RSS

$$y = 2,93x_3 + 0,04x_5x_6, \quad (14)$$

б) на основі критерію AR

RATIONAL MANAGEMENT OF NATURE

$$y = 137,36x_3 - 0,0116x_5x_6 - 0,8x_2x_4, \quad (15)$$

Таблиця 1

Вихідні дані для побудови моделі залежності собівартості видобутку вугілля на шахтах від зовнішніх факторів

№	Шахта	K_r x_1	$G, \text{ м}^3/\text{т}$ x_2	$D, \text{ м}$ x_3	K_r x_4	$S, \text{ м}$ x_5	$Q_w, \text{ м}^3/\text{год}$ x_6	Собівартість грн./т, у
1	Алмазна	0,79	25	810	0,5	1,7	341	91,95
2	Піонер	0,85	15	550	0,5	1,6	260	91,95
3	Білецька	0,76	20	420	0,5	1,9	332	91,95
4	Новодонецька	0,9	15	670	0,5	1,9	750	91,95
5	Добропольська	0,9	25	594	0,5	1,8	590	91,95
6	Білозерська	0,85	25	900	0,5	2,3	547	101,25
7	Ровеньковська №1,2	0,7	1	914	0,6	1,3	380	123,88
8	Ворошилівська	0,85	1	520	0,12	0,87	1100	112,06
9	ім.Дзержинського	0,8	1	1200	0,15	1,1	350	87,71
10	№81 Київська	0,91	1	620	0,25	1	812	98,57
11	Космонавтів	0,82	1	840	0,2	1,1	600	105,78
12	Вахрушего	0,88	1	1115	0,24	1,6	887	92,8
13	Фрунзе	0,73	1	910	0,3	1,62	637	126,28
14	Горького	0,52	30	882	0,5	0,65	1550	169,85
15	Капітальна	0,55	0	380	0,2	0,77	248	169,8
16	Наклонна	0,6	25	559	0,3	0,83	95	169,8
17	Абакумова	0,78	25	760	0,5	0,9	460	128,48
18	Челюскинців	0,6	25	998	0,5	1,4	450	110,14
19	Бутовська	0,62	30	794	0,5	1,65	363	142,45
20	Чайкіно	0,73	30	976	0,5	1,6	100	312,31
21	Північна	0,4	30	860	0,5	0,9	238	185,1
22	Радянська	0,4	30	650	0,4	0,82	650	101,6
23	Постниківська	0,82	5	1025	0,25	1,2	200	116,5
24	Шахтарська	0,55	10	909	0,2	0,9	305	178,2
25	Вінницька	0,5	25	374	0,25	1,1	340	109,7
26	Засядько	0,89	25	1350	0,2	1,67	574	105,3
27	Новгородівська 2	0,65	5	535	0,5	1,6	300	448,1
28	Должанська Капітальна	0,83	5	900	0,5	1,18	1100	100,79

ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

29	Свердлова	0,6	1	1100	0,5	0,83	580	241,27
30	Баракова	0,85	30	850	0,45	1,9	76,5	123,04

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
31	Благодатна	0,5	15	260	0,35	1,02	240	128,26
32	Дніпровська	0,83	15	340	0,5	0,85	187	70,23
33	Героїв Космосу	0,91	25	395	0,5	0,9	41,2	91,43
34	Павлоградська	0,92	15	245	0,24	1	240	68,47
35	Самарська	0,83	15	196	0,5	0,92	448	69,79
36	Степова	0,78	10	390	0,5	0,77	903	70,34
37	Терновська	0,73	25	258	0,35	1,14	291	121,71
38	Ювілейна	0,78	10	370	0,5	0,94	756	75,64

Як видно, до лінійної моделі увійшла глибина шахти, оскільки саме зі зміною глибини відпрацювання запасів найчастіше пов'язані зміни гірничо-геологічних умов, і разом з іншими факторами це призводить до збільшення витрат на видобуток. До числа інших факторів у моделі увійшли середньо динамічна потужність пластів і приток води у гірничі виробки шахти. Як правило, збільшення глибини відпрацювання запасів супроводжується зменшенням середньо динамічної потужності пластів, зростанням їх неоднорідності за рахунок домішок, що додатково ускладнює відпрацювання запасів, а показник притоку води є одним з обмежувачів виробничої потужності шахт і вимагає додаткових витрат на водовідведення.

При побудові лінійної моделі на основі критерію RSS малозначимими факторами виявилися коефіцієнт технічної надійності шахти, коефіцієнт геологічної надійності шахти. Визначена залежність визначає, що собівартість видобутку вугілля значною мірою визначається глибиною залягання корисної копалини, потужністю вугільного пласту та притоком води. Незначна потужність пласта та великий приток води будуть призводити до збільшення витрат на видобуток вугілля так само, як і значна глибина: в сучасних умовах і більшості країн світу відпрацювання запасів вугілля на глибинах понад 2 км визнано недоцільним.

При побудові моделі на основі критерію AR залежність має наступний характер: відбувається зростання витрат на видобуток вугілля по мірі збільшення глибини видобутку вугілля; зростання витрат на видобуток може бути зумовлено незначною потужністю пласту (менші обсяги видобутку вугілля призведуть до резервування частини пропускних потужностей та до збільшення умовно-постійних витрат), великим притоком води (різке збільшення його дебету може викликати необхідність відмови від відпрацювання частини запасів або викликати додаткові витрати з водовідведення), зростання газонасиченості виробки може виступити обмеженням навантаження на лаву; висока газонасиченість може навіть призвести до неможливості відпрацювати частину запасів у випадках, коли існують значні запаси вугілля в надрах (показник геологічної надійності).

Висновки та пропозиції. Таким чином, використання багатофакторного аналізу дозволяє виявити прогностичний вплив параметрів середовища шахти на рівень витрат з видобутку вугілля, визначити характер взаємодії факторів природного середовища та

результати їх комбінованого впливу на економічні результати діяльності шахти. На детальну увагу заслуговує дослідження впливу глибини відпрацювання запасів вугілля, оскільки цей показник не був включений до встановлених функціональних залежностей. Поясненням цього може бути неоднозначність самого поняття «глибока шахта», під яким розуміють не лише відпрацювання запасів на певній глибині, а перш за все сукупність несприятливих факторів природного середовища, які впливатимуть на ефективність та результативність діяльності вугільної шахти. Таким чином, шахта з несприятливими умовами (тектонічні порушення, великий приток високо мінералізованих підземних вод, газонасиченість) вважатиметься «глибшою» порівняно із шахтою, яка відпрацьовує на більшій глибині, але не відчуває впливу вищезазначених чинників природного середовища.

Література:

1. Амоша А.И. Анализ и определение эффективности инновационных процессов на предприятии // А.И. Амоша / Проблемы развития внешнеэкономических связей и привлечения иностранных инвестиций: региональный аспект. – Донецк: ДонНУ. – 2001. – Ч.1. – С. 6-9.
2. Амоша А.И., Экономическая политика государства и ее влияние на деятельность предприятий // А.И. Амоша, В.П. Скубенко / Економіка промисловості. – 1997. – № 1. – С. 3-12.
3. Салли В.И. Экономические проблемы поддержания мощности малоэффективных угольных шахт Украины. / В.И. Салли, Б.Л. Райхель, В.Я. Швец. – Днепропетровск, 2002. – 229 с.
4. Бардась А.В. До питання оцінки ентропії економічних міні систем // А.В. Бардась / Економічний вісник Національного гірничого університету. 2005. – № 4. – С. 99-103.
5. Бардась А.В. Оптимізація використання ресурсів вуглевидобувних підприємств на основі врахування внутрішніх ентропійних зв'язків // А.В. Бардась / Економічний вісник Національного гірничого університету. 2006. – № 4. – С. 104-109
6. Бардась А.В. До проблем оцінки інноваційного потенціалу вугільних шахт як систем з ентропійною природою // А.В. Бардась/ СХІД – № 6(84) – С. 55-59.
7. Близнюк А.М. Інноваційна стратегія розвитку вугільної промисловості Донецької області // А.М. Близнюк, Н.Й. Конішева / Економіка промисловості. – 2005. – №1. – С. 25-39.
8. Драйвер Н. Прикладной регрессионный анализ: / Н. Драйвер, Г. Смит – В 2-х кн. – Кн. 2. – М.: Финансы и статистика, 1987. - 351 с.
9. Корзун А.В. Некоторые аспекты состояния и перспектив угольных предприятий Украины // А.В. Корзун, С.В. Янко / Уголь Украины. – 2002. – № 6. – С. 3-6.
10. Райхель Б.Л. Методология и нормативная база платного использования угольных месторождений // Б.Л. Райхель, Т.Б. Решетилова / Уголь Украины. – 1994. - №4. – С. 8-13

Рекомендовано до публікації
д.е.н., проф. Павленко І.І., 15.12.2009

Надійшло до редакції
01.12.2009