



**Методичні аспекти
аналітичних досліджень**



Кучер В.А., канд. екон. наук
Донецький національний технічний університет

**ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГУ ВИРОБНИЦТВА
НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ
(НА ПРИКЛАДІ ВУГЛЕДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА)**

Проведено статистичний аналіз обсягу виробництва на великому вугледобувному підприємстві. Запропоновано методичний підхід до прогнозування обсягів виробництва продукції. Досліджені кореляційні зв'язки і отримана модель прогнозування, заснована на економічних і технічних показниках роботи підприємства. Обґрунтована адекватність отриманої моделі.

У світі економічних перетворень, що відбуваються останнім часом, вітчизняні промислові підприємства отримали нові перспективи розвитку. Тому на даному етапі становлення економіки вони мають потребу у використанні методів планування та довгострокового прогнозування виробничо-господарської діяльності [1, с.11]. Особливо актуальною дана проблема є для вугледобувних підприємств, велика частина яких зараз нерентабельна. Проте серед більшості збиткових шахт, які поступово закриватимуться, є і великі комплексно-механізовані підприємства, які є прибутковими і, зважаючи на великий запас корисних копалин, ще довгий час функціонуватимуть. Планування і прогнозування техніко-економічних показників роботи таких підприємств є основою їх стабільного розвитку і функціонування [2, с.79]. В умовах конкуренції між підприємствами, що стрімко розвиваються, необхіден механізм, який забезпечив би просту і ефективну систему прогнозування. В роботах В.Міщенко, Б.Данилишина [3, с. 4], Ф.Поклонського [4, с. 45] стверджується, що такий механізм повинен забезпечувати можливість ухвалення правильних управлінських рішень і акцентувати увагу керівника тільки на ключових показниках. Таким чином, їх урахування повинне відповідати критерію релевантності, тобто високого умовного внеску в результат схвалюваного рішення. *Метою статті* є визначення і апробація механізму відбору чинників та методу прогнозування обсягу виробництва продукції на основі таких факторів, які мають найбільший вплив на формування обсягів виробництва промислового підприємства.

Дослідженням щодо необхідності розроблення методів прогнозування такого найважливішого інтегрального критерію, як обсяг виробництва і реалізації продукції, присвячені роботи багатьох відомих учених-економістів,



таких як Г.Скударь [5, с. 9], О.Олейников [6, с. 7]. В роботі Е.Забарної і С.Харічкова [7] наголошується важливість прогнозування обсягу виробництва як визначального етапу планування інвестиційної і інноваційної діяльності. Суттєвим недоліком цих і інших робіт є відсутність пропозицій щодо дієздатного механізму прогнозування обсягів виробництва продукції на промислових підприємствах.

У результаті проведених досліджень розроблено методичний підхід до прогнозування обсягів виробництва продукції на промисловому підприємстві, який забезпечує заданий рівень надійності. Він полягає в реалізації таких етапів:

1. Визначення номенклатури факторів, що суттєво впливають на формування обсягів виробництва.

2. Побудова множинної регресійної моделі залежності обсягу виробництва від факторів, що впливають, і перевірка її адекватності. На цьому ж етапі перевіряється значущість, тобто внесок кожної змінної (фактора) в загальний обсяг виробництва. У випадку, якщо всі залежні змінні виявляються значущими, обґрунтовується висновок, що на основі даної моделі можна робити прогноз і визначати перспективи розвитку підприємства. Якщо частина залежних змінних виявиться статистично незначущою, то необхідно перейти до наступного етапу.

3. Побудова нової адекватної моделі. Вона будується на основі виключення з попередньої моделі статистично незначущих змінних і нової перевірки їх на адекватність. Таке виключення змінних виконується до тих пір, поки всі змінні, включені в модель для прогнозування обсягу виробництва продукції, не виявляються статистично значущими.

4. Після побудови остаточної моделі робиться прогноз обсягу виробництва продукції на основі тільки тих факторів, які присутні в остаточній моделі.

Познайомимо з практичним застосуванням запропонованого алгоритму на основі статистичних даних, які одержані по ОП "Шахта ім. О.Ф.Засядька".

Характеристика підприємства. ОП "Шахта ім. О.Ф.Засядька" є одним із провідних підприємств вугільної галузі України. Шахта введена до експлуатації в 1958 р. і з 1979 р. має стабільні показники роботи. В 2004 р. видобуток вугілля склав 3 млн 260 тис. т. Конкурентоспроможність вугілля, що видобувається, обумовлена наявністю власної збагачувальної фабрики, прийнятими раціональними, науково обґрунтованими технологічними схемами відробітку вугільних пластів, а також іншими організаційними чинниками, що обумовлюють конкурентоспроможність орендного підприємства на ринку енергоносіїв України. Особлива увага на підприємстві приділяється питанням планування і прогнозування об'єму видобутку вугілля. В табл. 1 наведені дані про видобуток вугілля і фактори, що впливають на цей показник. Дані взяті з 1979 по 2004 рр., тобто за увесь період стабільної роботи підприємства.

Таблиця 1

Статистичні дані для прогнозування обсягу виробництва видобутку вугілля

Показник	Одиниця виміру	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Видобуток вугілля	<i>тис. т</i>	1244,6	1557,3	1709	1808,2	1905,2	1994,1	2103,6	2146,8	2321,1	2327,1	2207,6	2311,6	2103,8
Навантаження на діючі очисні забої	<i>т/добу</i>	503	719	696	678	671	688	781	851	924	933	1090	914	946
Посування діючої лінії очисних забоїв	<i>м/міс.</i>	28,1	42,1	36,4	34,9	36,8	32,8	36,2	43,7	47	47,6	51,1	43,3	48,5
Проведення підготовчих виробок	<i>км</i>	11,2	15,4	16,5	16,2	15,4	17	17	16,5	16	16,1	14,3	15,6	13,6
У тому числі розтинаючих і готуючих	<i>км</i>	8,7	12	12,9	12,4	11,3	13,5	14,1	13,6	14,2	13,9	12,4	14	12
Рівень механізованого проведення підготовчих виробок	<i>км</i>	6	11	12,9	13,2	11,8	15,1	14,1	14,7	15,1	15	14	14,9	12,9
Рівень комбайнового проведення	<i>км.</i>	2,1	5	7,7	8,7	5,7	9,6	10,2	10,1	9,8	9,9	9,5	12,2	10,5
Продуктивність праці робітників по видобутку	<i>т/міс.</i>	30,7	33,5	31,5	29,5	30,1	30,8	31,6	32,9	35,1	35,2	34,9	38,4	27,7

Продовження табл. 1

Показник	Одиниця виміру	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Видобуток вугілля	<i>тис. т</i>	1863,4	1363,9	1704,3	1709,4	1894,5	2703	3175	3051	4071	3999,9	3207,3	4039	3260,2
Навантаження на діючі очисні забої	<i>т/добу</i>	864	628	737	816	931	1432	1919	1618,3	1790,7	1674,6	1597,9	1707,3	1487,3
Посування діючої лінії очисних забоїв	<i>м/міс.</i>	46,2	31,2	38,9	41,7	44,2	85,5	85,4	92,8	93,88	86,11	78,4	83,87	70,29
Проведення підготовчих виробок	<i>км</i>	13	10,8	7,6	11,1	10,2	15,8	20	18,1	20,92	20,41	13,21	14,76	16,32
У тому числі розтинаючих і готуючих	<i>км</i>	11,8	10,2	6,8	10,3	9,7	14,8	17,2	15,995	19,329	18,37	11,35	13,73	15,18
Рівень механізованого проведення підготовчих виробок	<i>км</i>	12,8	10,6	7,6	10,5	9,7	15,4	19,2	16,58	18	17,5	16,8	17,8	16,9
Рівень комбайнового проведення	<i>км.</i>	10	8,6	5,6	7,4	6,6	12,1	14,8	13,1	16,5	16,41	13	16,3	15
Продуктивність праці робітників по видобутку	<i>т/міс.</i>	23,9	10,4	24,1	23,3	26,8	36,5	40,6	39,66	48,23	44,66	35,08	42,55	38,32



Для побудови множинної регресії введемо такі умовні позначення змінних. Позначимо залежну змінну видобутку вугілля (1) через **DU**. Незалежні змінні: навантаження на діючі очисні забої (2) – **NZ**; посування діючої лінії очисних забоїв (3) – **PZ**; проведення підготовчих виробок (4) – **PV**; проведення розтинаючих і підготовчих виробок (5) – **VP**; механізоване проведення підготовчих виробок (6) – **MP**; комбайнове проведення (7) – **KP**; продуктивність праці робітника з видобутку вугілля (8) – **PT**.

Багатовимірну регресійну модель або модель множинної регресії в загальному вигляді можна представити таким виразом [8, с. 60]:

$$y_t = \beta_1 + \beta_2 x_{t2} + \dots + \beta_k x_{tk} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

$$t = 1, \dots, n,$$

де x_{tk} – значення регресора в спостереженні, а ε_t – залишки моделі.

З урахуванням зроблених нами позначень регресійна модель залежності обсягу виробництва від впливаючих факторів матиме такий вигляд:

$$DU = \beta_1 + \beta_2 NZ + \beta_3 PZ + \beta_4 PV + \beta_5 VP + \beta_6 MP + \beta_7 KP + \beta_8 PT + \varepsilon_t. \quad (2)$$

Всі подальші розрахунки і результати для простоти викладу і виключення складних математичних операцій виконувалися за допомогою програми *Econometric Views* 3.1 [9] та рекомендацій щодо використання програми EXCEL [10; 11].

Використовування стандартного методу оцінювання параметрів регресійної моделі дає такі результати (табл. 2).

Таблиця 2

Результати оцінювання параметрів регресійної моделі при включенні всіх пояснюючих змінних у модель

R=,98084830 R ² =,96206339 Adjusted R ² =,94731026 F(7,18)=65,211 p<,00000 Std.Error estimate: 187,54						
	BETA	St. Err. BETA	B	St. Err. B	t(18)	p-level
Intercept			200,166	232,1968	0,862053	0,399998
NZ	0,192123	0,264623	0,366647	0,505007	0,726025	0,477159
PZ	0,146124	0,228677	5,492349	8,595261	0,638997	0,530873
PV	0,250766	0,249847	64,4559	64,21965	1,003679	0,328836
VP	-0,41122	0,2779	-118,278	79,93224	-1,47972	0,156236
MP	-0,29743	0,186994	-74,731	46,9839	-1,59057	0,129117
KP	0,838385	0,205766	182,9027	44,89006	4,074458	0,000712
PT	0,353784	0,091413	37,11055	9,588838	3,870182	0,001122

R – коефіцієнт кореляції; RI – коефіцієнт детермінації; Adjusted RI – скорегований коефіцієнт детермінації; F – значення статистики F-критерію; p – рівень значущості регресійної моделі; Std.Error estimate – стандартна помилка оцінювання; **BETA** – оцінки параметрів регресійної моделі для нормалізованих змінних; **St. Err. BETA** – стандартні помилки оцінок параметрів регресійної моделі для нормалізованих змінних; **B** – оцінки параметрів регресійної моделі в абсолютному виразі; **St. Err. B** – стандартні помилки оцінок параметрів регресійної моделі в абсолютному виразі; **t** – значення статистики t-критерію; **p-level** – p-рівень значущості оцінки параметрів регресійної моделі.



У верхній частині табл. 2 наведені дані адекватності отриманої моделі: коефіцієнт кореляції $R = 0,9808$, коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9621$ і скорегований коефіцієнт детермінації $\text{Adjusted } R^2 = 0,9473$. Далі приведені значення F -критерію, p -рівень значущості і стандартна помилка оцінювання. В першому стовпці таблиці результатів приведені досліджувані змінні, слово "Intercept" означає наявність вільного члена в рівнянні регресії. У другому стовпці таблиці результатів (BETA) наведені значення так званих β -коефіцієнтів, тобто коефіцієнтів регресійної моделі, представлені в стандартизованому вигляді. Для їх отримання використовується вираз [8, с. 108]

$$y^* = \frac{y - \bar{y}}{\sigma_y}; \quad x_j^* = \frac{x_j - \bar{x}_j}{\sigma_{x_j}}, \quad (3)$$

де y^* – нормалізована залежна змінна; x_j^* – нормалізовані незалежні змінні; \bar{x}_j – середнє значення j -ої незалежної змінної; \bar{y} – середнє значення j -ої залежної змінної; σ_y і σ_{x_j} – середньоквадратичні відхилення.

Нормалізовані змінні мають такі властивості: їх середні значення \bar{x}_j^* і \bar{y}^* дорівнюють нулю, а дисперсії – одиниці.

У третьому стовпці таблиці (St. Err. BETA) подані значення стандартних помилок β -коефіцієнтів. У четвертому стовпці представлені коефіцієнти отриманого рівняння регресії, значення при перетині з першим рядком (Intercept) представляє собою вільний член. У наступному стовпці (St. Err. B) представлені значення стандартних помилок коефіцієнтів. Далі представлені значення статистики t -критеріїв. Останній стовпець таблиці результатів характеризує значущість отриманих оцінок рівняння регресії.

Таким чином, отримана модель залежності обсягу виробництва від факторів, що впливають, має такий вигляд (коефіцієнти взяті з четвертого стовпця "B" таблиці результатів):

$$DU = 200,17 + 0,367NZ + 5,492PZ + 64,46PV - 118,2VP - 74,73MP + 182,90KP + 37,11PT. \quad (4)$$

Дані свідчать про помилкову специфікацію моделі, оскільки коефіцієнти, що стоять при змінних VP (проведення розтинаючих і готуючих виробок) і MP (обсяг комбайнового проведення), мають знаки "-". Отриманий результат свідчить про неможливість прогнозування обсягу виробництва на основі виділених спочатку факторів. В основному це пояснюється наявністю мультиколінеарності (властивість тісного зв'язку) між вибраними змінними. Для перевірки специфікації моделі і перевірки правильності даної гіпотези проаналізуємо кореляційну матрицю. Вона має такий вигляд:



$$r = \begin{pmatrix} & \text{NZ} & \text{PZ} & \text{PV} & \text{VP} & \text{MP} & \text{KP} & \text{PT} & \text{DU} \\ \text{NZ} & 1 & 0,975 & 0,546 & 0,712 & 0,806 & 0,875 & 0,740 & 0,934 \\ \text{PZ} & 0,975 & 1 & 0,541 & 0,707 & 0,760 & 0,832 & 0,737 & 0,910 \\ \text{PV} & 0,546 & 0,541 & 1 & 0,945 & 0,804 & 0,652 & 0,760 & 0,622 \\ \text{VP} & 0,712 & 0,707 & 0,945 & 1 & 0,876 & 0,817 & 0,789 & 0,770 \\ \text{MP} & 0,806 & 0,760 & 0,804 & 0,876 & 1 & 0,922 & 0,736 & 0,844 \\ \text{KP} & 0,875 & 0,832 & 0,652 & 0,817 & 0,922 & 1 & 0,676 & 0,920 \\ \text{PT} & 0,740 & 0,737 & 0,760 & 0,789 & 0,736 & 0,676 & 1 & 0,818 \\ \text{DU} & 0,934 & 0,910 & 0,622 & 0,770 & 0,844 & 0,920 & 0,818 & 1 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

З кореляційної матриці, представленій у виразі (5), видно, що всі досліджувані змінні мають властивості тісного зв'язку. Наприклад, коефіцієнт кореляції між змінними *PZ* (навантаження на діючі очисні забої) і *NZ* (посування діючої лінії очисних забоїв) складає 0,975; зв'язок між *MP* (обсяг механізованого проведення підготовчих виробок) і *VP* (проведення розтинаючих і готуючих виробок) складає 0,876.

Відзначимо, що проблема мультиколінеарності є загальною для багатьох методів кореляційного аналізу. Оскільки в аналізі використовується багато пояснюючих змінних, то часто не відразу є очевидним існування цієї проблеми, і вона може виникнути тільки після того, як деякі змінні будуть вже включені в регресійне рівняння. Проте, якщо така проблема виникає, це означає, що принаймні одна із залежних змінних (предикторів) є абсолютно зайвою за наявності інших предикторів. Існує досить багато статистичних індикаторів надмірності (наприклад, толерантність), а також чимало засобів для боротьби з надмірністю (наприклад, метод гребеневої регресії).

Окрім негативних властивостей мультиколінеарності, всі змінні (окрім *KP* і *PT*) мають низький рівень статистичної значущості. Про це свідчать значення останнього стовпця підсумкової таблиці результатів регресії, оскільки їх *p*-рівень значущості більший за 0,05 (статистичну значущість всіх розрахунків приймаємо рівною 95%-му рівню надійності, що є загальноприйнятим в багатьох дослідженнях [12]).

Згідно із запропонованим алгоритмом перейдемо до наступного етапу оцінки параметрів рівняння регресії і отримаємо більш адекватну модель, яка є придатною для прогнозування обсягу видобутку вугілля. Скористаємося для отримання адекватних оцінок рівняння регресії методом покрокового відбору регресорів [див. 8, с. 108]. Сутність даної процедури полягає в такому. На першому кроці з початкового набору пояснюючих змінних вибирається, тобто вводиться в число регресорів, та змінна, яка має найбільший за модулем коефіцієнт кореляції із залежною змінною *y*. Другий крок можна умовно розділити на декілька частин. На першій з них, який виконується, якщо число регресорів вже більше двох, робиться спроба виключити один з регре-



сорів. Шукається той регресор x_j , видалення якого приводить до якнайменшого зменшення коефіцієнта детермінації. Потім порівнюється значення F -статистики для перевірки гіпотези H_0 про незначущість цього регресора з деяким наперед заданим граничним значенням $F_{\text{викл}}$. Якщо $F < F_{\text{викл}}$, то x_j вилучається з моделі. Відзначимо, що гіпотеза H_0 про рівність коефіцієнтів при x_j нулю еквівалентна гіпотезі про рівність коефіцієнтів детермінації до і після видалення регресора, а також гіпотезі про те, що коефіцієнт приватної кореляції x_j і y рівний 0. Друга частина полягає у спробі включення нового регресора з початкового набору прогностичних змінних. Визначаємо наступну змінну x_j з найбільшим за модулем приватним коефіцієнтом кореляції (при цьому виключається вплив раніше включених у рівняння регресорів) і порівнюємо значення F -статистики для перевірки гіпотези H_0 про незначущість цього регресора з деяким граничним значенням $F_{\text{вкл}}$. Якщо $F > F_{\text{вкл}}$, то x_j включається в список регресорів. Друга частина описаного етапу повторюється доти, поки відбувається зміна списку регресорів.

Таким чином, послідовність виконання даних дій може бути представлена у вигляді такого алгоритму. На першому етапі проводиться нормалізація змінних. Далі визначають кореляційну матрицю, тобто матрицю парних коефіцієнтів кореляції. Вона має такий вигляд:

$$r^* = \begin{pmatrix} r_{yy} & r_{yx_1} & r_{yx_2} & r_{yx_3} & \dots & r_{yx_m} \\ r_{x_1y} & r_{x_1x_1} & r_{x_1x_2} & r_{x_1x_3} & \dots & r_{x_1x_m} \\ r_{x_2y} & r_{x_2x_1} & r_{x_2x_2} & r_{x_2x_3} & \dots & r_{x_2x_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_my} & r_{x_mx_1} & r_{x_mx_2} & r_{x_mx_3} & \dots & r_{x_mx_m} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

де r_{yx_j} – парні коефіцієнти кореляції між залежною і незалежними змінними.

Вони визначаються виразом

$$r_{yx_j} = \frac{1}{n} y^* x_j, \quad (7)$$

де n – кількість спостережень; $r_{x_kx_j}$ – парні коефіцієнти кореляції між незалежними змінними, які визначаються з виразу

$$r_{x_kx_j} = \frac{1}{n} x_k^* x_j. \quad (8)$$

На наступному етапі на основі порівняння абсолютних значень r_{yx_j} вибирають $\max |r_{yx_j}|$. Найбільше значення $|r_{yx_j}|$ указує на ту незалежну змінну, яка найбільш тісно пов'язана із залежною змінною y . Далі визначають оцінки параметрів цієї моделі:



$$\hat{y}^* = \hat{\beta}x_j^*, \quad (9)$$

де $\hat{\beta}$ – оцінки параметрів моделі, які визначаються на основі нормалізованих даних.

На наступному етапі із значень r_{yx_j} , що залишилися, вибирається і вводиться в модель така змінна

$$\hat{y}^* = \hat{\beta}_1x_j^* + \hat{\beta}_2x_d^* . \quad (10)$$

Ітераційний процес продовжується до тих пір, поки модель не задовольнятиме заданим умовам адекватності.

Результати покрокового оцінювання нових параметрів рівняння наведені в новій таблиці підсумкової регресійної статистики (табл. 3).

Таблиця 3

Результати оцінювання параметрів регресійної моделі на основі реалізації покрокового відбору змінних

R=,97305281 RI=,94683177 Adjusted RI=,93958155						
F(3,22)=130,59 p<,00000 Std.Error estimate: 200,82						
	BETA	St. Err.	B	St. Err.	t(22)	p-level
Intercept			-200,426	181,8094	-1,1024	0,282202
NZ	0,390156	0,111617	0,744575	0,213011	3,495473	0,002046
KP	0,407525	0,101958	88,90588	22,24332	3,99697	0,000608
PT	0,253471	0,073351	26,58817	7,694262	3,455584	0,002251

З даних табл. 3 видно, що нова регресійна модель складається тільки з трьох змінних: 1– навантаження на діючі очисні забої (NZ); 2 – обсяг комбайнового проведення виробок (KP); і 3 – продуктивність праці робітників з видобутку вугілля (PT). Статистична значущість даних змінних дуже висока. Про це свідчить останній стовпець таблиці результатів (p-level). Модель має високий коефіцієнт детермінації $R^2=0,94683177$ (див. верхній рядок таблиці) і є адекватною при перевірці по F-критерію. Таким чином, отримана модель має вигляд:

$$DU = -200,42 + 0,745NZ + 88,906KP + 26,588PT. \quad (11)$$

В табл. 4 наведені статистичні результати покрокового оцінювання параметрів регресивної моделі на кожній ітерації.

В табл. 4 показана послідовність дій на кожному кроці, яка характеризує включення-виключення змінних з моделі. Ці дії представлені в другому стовпці (Step +in/-out). Основою для включення-виключення змінних з моделі є прирости значення множинного R^2 і значення F-статистики. У передостанньому стовпці таблиці (p-level) показаний рівень значущості. З наведених даних видно, що на кожній ітерації рівень значущості регресійної моделі зростає і на останній ітерації він складає 0,04833, що свідчить про отримання аде-



кватної моделі. В останньому стовпці даної таблиці показана кількість включених у модель змінних на кожному кроці. На останній ітерації, на якій значущість моделі є максимальною, в модель включено три змінні.

Таблиця 4

Результати оцінювання регресійної статистики на кожному етапі включення-виключення змінних

	Step +in/-out	Multiple R	Multiple R-square	R-square change	F - to entr/rem	p-level	Variabls included
PZ	-1	0,98041	0,961203	-0,00086	0,408318	0,529422	6
PV	-2	0,979467	0,959356	-0,00185	0,90447	0,351918	5
VP	-3	0,977748	0,955991	-0,00336	1,655666	0,211565	4
MP	-4	0,973053	0,946832	-0,00916	4,370723	0,04833	3

Step +in/-out – шаг включення або виключення змінної з регресійної моделі; **Multiple R** – множинний коефіцієнт кореляції; **Multiple R-square** – множинний коефіцієнт детермінації; **R-square change** – зміна коефіцієнт детермінації; **F - to entr/rem** – значення статистики F-критерію на кожному кроці; **p-level** – р-рівень значущості оцінки параметрів регресійної моделі; **Variabls included** – кількість включених змінних в регресійну модель.

На серії графіків (рис. 1–6), які характеризують адекватність отриманої моделі, підтверджується її достовірність, а отже, і можливість її застосування для прогнозування.

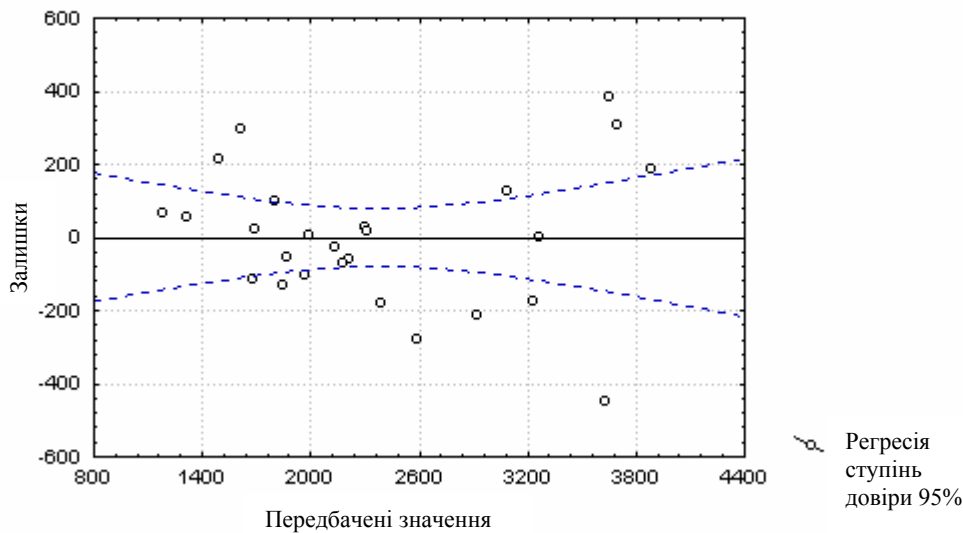


Рис. 1. Графік залежності залишків від передбачених за допомогою моделі значень

На графіку, наведеному на рис. 1, зіставлені передбачені значення (на осі X) і залишки (на осі Y). Цей графік є корисним для перевірки припущення лінійності відносно спорідненості між незалежними змінними і залежною



змінною. У випадку, якщо зв'язок між пояснюючими і незалежними змінними лінійна, то залишкові значення формують однорідну "хмару" навколо лінії центру. У випадку, якщо в моделі присутня нелінійність, то в розташуванні залишків можуть утворюватися закономірності. Наприклад, якщо дійсний зв'язок між змінними не є лінійним, залишки можуть сформувати перевернену "U", яка розташована навколо лінії центру. При цьому одна частина залишків розташовується дуже високо в екстремальних кінцях графіка, а інша – низько в центральній його частині. Для усунення даного негативного явища необхідні спеціальні перетворення незалежних змінних регресії. З даного графіка можна бачити достатньо хаотичне розташування залишкових значень моделі, що свідчить про її хороші властивості.

Графік, наведений на рис. 2, відрізняється від попереднього тим, що в даному випадку на осі абсцис відкладаються передбачені на основі отриманої моделі значення, а по осі ординат – квадрат залишків (Squared Residuals).

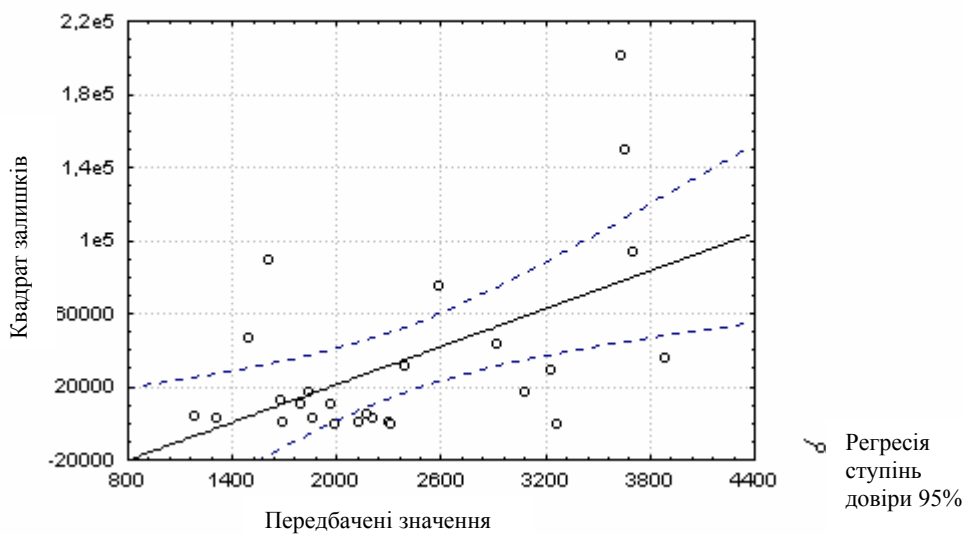


Рис. 2. Графік залежності квадрата залишків від передбачених за допомогою моделі значень

На наступному графіку (рис. 3) представлена залежність спостережуваних від передбачених змінних по отриманій моделі. Даний графік є корисним для ідентифікації потенційних кластерів (окремих груп зі схожими властивостями) в спостереженнях, які погано передбачаються отриманою моделлю. На представленому графіку не простежується чітких закономірностей в розташуванні яких-небудь груп точок, що свідчить про відсутність характерних кластерів у вихідних даних.



Графік на рис. 4 використовується для виявлення наявності сторонніх груп спостережень у вихідних даних, на основі яких будується модель. На цьому графіку також не спостерігаються які-небудь закономірності в розташуванні точок, що підтверджує адекватність моделі.

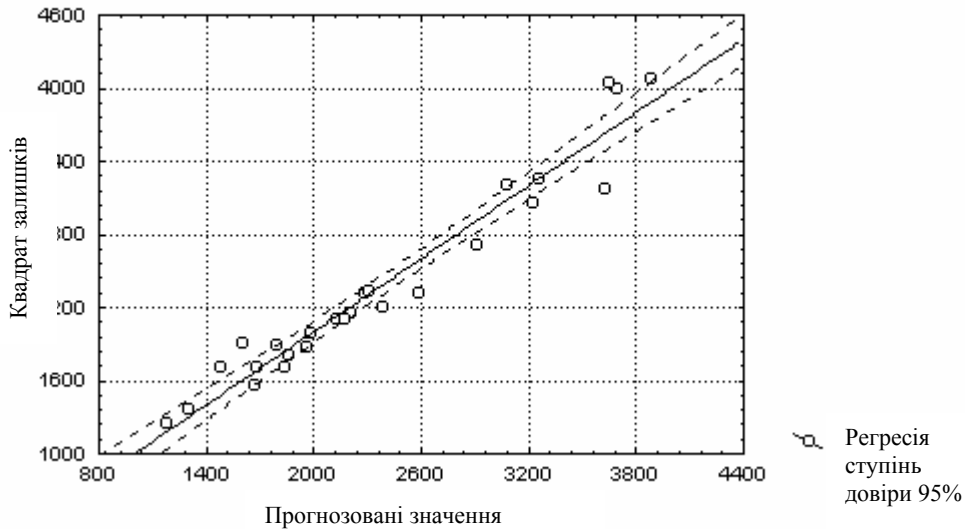


Рис. 3. Графік залежності спостережуваних і передбачених змінних

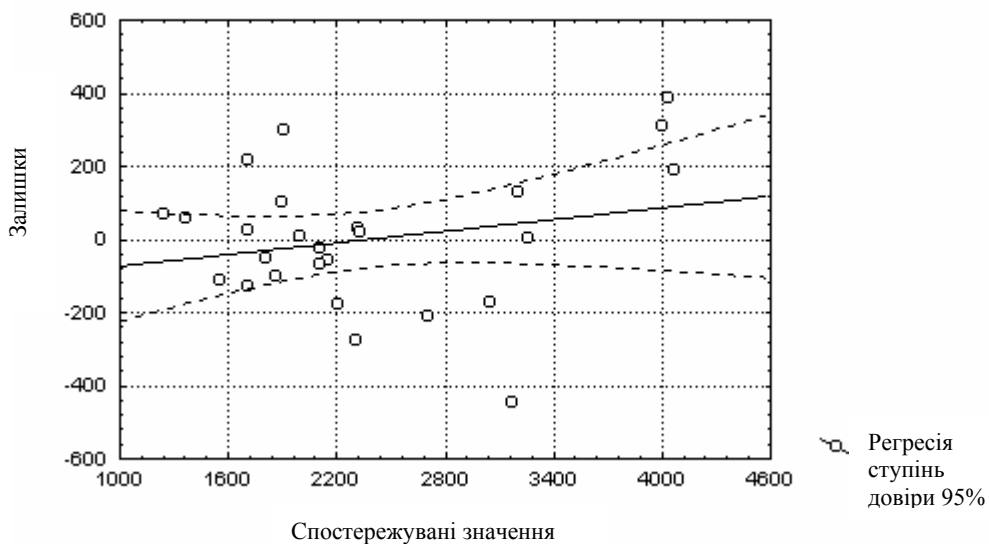


Рис. 4. Графік залежності залишків від спостережуваних змінних

На рис. 5 представлена гістограма залишків, при цьому на неї накладений графік густини нормального розподілу.

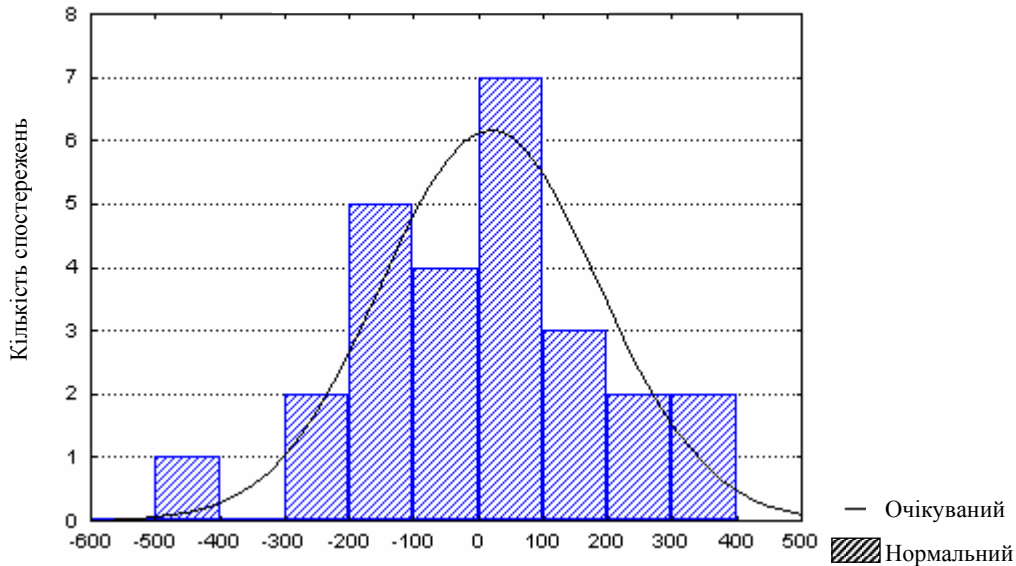


Рис. 5. Гістограма розподілу залишків моделі (накладений графік густини нормального розподілу)

Сутність графіка залишків (рис. 6) на "нормальному ймовірнісному папері" полягає в такому. Побудова множинної регресії припускає, що залишкові значення (різниця між фактичними спостереженнями і передбаченими значеннями) розподіляються нормально, і що функція залежності між незалежними і залежними змінними регресії є лінійною. Таким чином, у множинній регресії передбачається, що залишки розподілені нормально, тобто підкоряються закону нормального розподілу. Якщо будь-яке з цих припущень порушене, то коефіцієнти рівняння регресії (або β -коефіцієнти) можуть бути змінені. За наявності порушення цих передумов на даному графіку з'являються опуклості (угнутості), якщо ж усі спостереження "хороші," то можна чекати, що залишкові значення нормально розподілені. Графік на "нормальному ймовірнісному папері" забезпечує можливість швидкої візуальної перевірки відповідності зразка протяжності залишків нормальному розподілу. Якщо залишки розподіляються не нормально, то вони відхиляться від лінії, яка відповідає нормальному закону. У випадку, якщо не спостерігається загальна відсутність закономірності розташування залишків щодо лінії, і дані, здається, формують ясний зразок (наприклад, форма "S") навколо лінії або утворюють при розташуванні так звану "тягу в хвіст" і т. ін., це свідчить про недостатню адекватність моделі і необхідність використання при її побудові інших методів. Відзначимо, що з даного графіка не виявляється чітко виражених закономірностей в розподілі залишків.

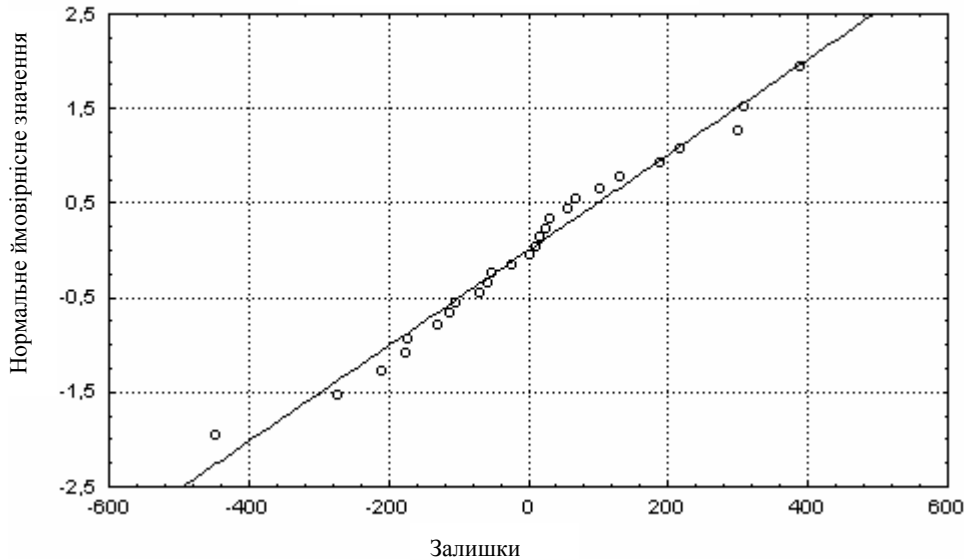


Рис. 6. Графік залишків на "нормальному ймовірнісному папері"

Оскільки адекватність отриманої моделі (11) доведена, виконаємо прогноз для максимальних значень пояснюючих змінних. Результати прогнозу зведені в табл. 5.

Таблиця 5

Результати прогнозу обсягу видобутку вугілля
при максимальних значеннях пояснюючих факторів

	B-Weight	Value	B-Weight * Value
NZ	0,7446	1919	1429
KP	88,906	16,5	1467
PT	26,588	48,23	1282
Intercept			-200
Predictd			3978

B-Weight – коефіцієнт регресійної моделі при незалежній змінній; **Value** – прогнозне значення змінної; **B-Weight * Value** – підсумкове значення змінної в регресійній моделі; **Intercept** – вільний член регресійної моделі; **Predictd** – прогнозне значення залежної змінної.

У першому стовпці даної таблиці наведені змінні, які утворюють модель (11), в другому – отримані коефіцієнти рівняння регресії. У третьому стовпці містяться значення показників, за якими виконуватиметься прогноз обсягу видобутку вугілля. Зауважимо, що як показники були вибрані максимальні значення відповідних змінних. Останній стовпець являє собою добуток значень другого стовпця на третій і характеризує внесок кожного чинника в загальний результат. На перетині останнього рядка і останнього стовпця стоїть прогнозне значення обсяг видобутку вугілля. При заданих значеннях факторів воно складає 3978 тис. т. Отримана модель може використовуватися

не тільки для прогнозу обсягу видобутку вугілля. Вона також характеризує ступінь впливу факторів на схвалюване управлінське рішення. Ця характеристика здійснюється на основі питомого внеску кожного чинника в результат. Так, з результатів регресійного аналізу стає зрозуміло, що найзначущіший вплив на обсяг видобутку вугілля надають навантаження на діючі очисні за-бої, обсяг комбайнового проведення виробок і продуктивність праці робітників по видобутку. Тому ухвалюючи управлінські рішення, керівник підприємства повинен максимально акцентувати увагу саме на цих показниках.

Відзначимо також те, що достовірність отриманої моделі може бути дещо поліпшена. Це може бути зроблено на основі використання нелінійної форми зв'язку залежної змінної з вибраними пояснюючими змінними. З приведених нижче рисунків (рис. 7 і 8) видно, що залежність між об'ємом видобутку вугілля (DU), обсягом комбайнового проведення (KP) і продуктивністю праці робітників по видобутку вугілля (PT) не чітко описується лінійним зв'язком.

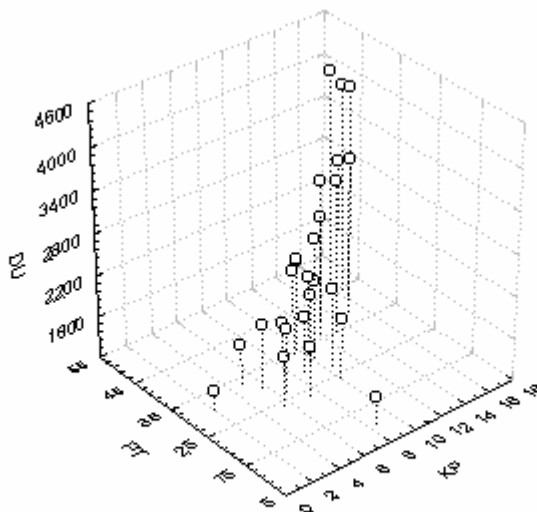


Рис. 7. Залежність обсягу видобутку вугілля від рівня комбайнового проведення виробок і продуктивності праці робітників по видобутку вугілля

На рис. 8 показаний той самий графік залежності, що й на рис. 7, але з накладеною на нього поверхнею. На ньому також показано поліноміальне рівняння поверхні, яким вона апроксимується.

Наведені на рис. 7 і 8 залежності свідчать про складність структурних зв'язків виробничого процесу підприємства і підтверджують гіпотезу про необхідність використання нелінійних зв'язків для отримання більш точних значень прогнозу, а також про дуже складні структурні взаємодії окремих підрозділів підприємства і необхідність досліджування причинно-

$$z = 1943,955 - 198,16 \cdot x + 13,83 \cdot y + 5,069 \cdot x^2 + 7,707 \cdot x \cdot y - 1,172 \cdot y^2$$

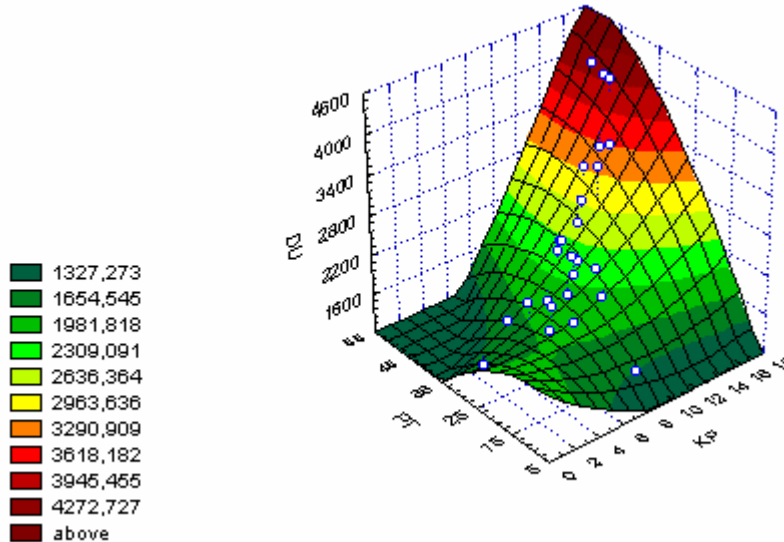


Рис. 8. Залежність обсягу видобутку вугілля від рівня комбайнового проведення виробок і продуктивності праці робітників по видобутку з накладеним графіком поверхні і її рівнянням

наслідкових характеристик ухвалюваних рішень щодо зміни тих або інших умов виробничого процесу.

Отже, у результаті виконаного статистичного дослідження було встановлено, що на обсяг видобутку вугілля найбільш суттєво впливають наступні три чинники: навантаження на діючі очисні забої (NZ); рівень комбайнового проведення виробок (КР) і продуктивність праці робочого по видобутку вугілля (РТ).

ВИСНОВКИ

По-перше, діючі методи прогнозування обсягів виробництва потребують модифікації з тим, щоб їх було можливо використовувати на вітчизняних промислових підприємствах на базі існуючої інформації.

По-друге, планування і прогнозування роботи підприємства мають здійснюватися на основі встановлення значущості факторів, які є складовими управлінського рішення. Номенклатуру і значущість факторів доцільно визначати на основі запропонованого в роботі методичного підходу.

По-третє, запропоновані в роботі методи визначення обсягів виробництва та механізм його реалізації відкривають шлях до підвищення ефективності управління підприємством.

Перспективою подальших досліджень у даному напрямі є визначення економічних кількісних оцінок впливу пояснюючих факторів на об'єми ви-



ництва продукції не тільки для окремо взятих підприємств, а й для різних галузей промисловості України.

Література

1. *Олексюк О.С.* Системи підтримки прийняття фінансових рішень на макрорівні. – К.: Наук. думка, 1998. – 508 с.
2. *Александрова В.П., Захожай А.Б.* Фінансування науково-технічних програм в галузях промисловості та шляхи його удосконалення // Економіка і прогнозування. – № 1. – 2000. – С. 79–90.
3. *Міщенко В., Данилишин Б.* Природоресурсна рента і рентна політика в Україні // Економіка України. – № 12. – 2003. – С. 4–14.
4. *Поклонский Ф.Е.* Маркетинговый подход к организации управления предприятием // Економіка та право. – 2004. – № 1(8). – С. 45–49.
5. *Скударь Г.М.* Управление конкурентоспособностью крупного акционерного общества. – К.: Наук. думка, 1999. – 496 с.
6. Основы экономической безопасности (государство, регион, предприятие, личность) / Под ред. Е.А. Олейникова. – М.: ЗАО Бизнес-школа "Интел-синтез", 1997. – 288 с.
7. *Забарная Э.Н., Харичков С.К.* Инновационно-инвестиционная система: методология формирования и развития. – Одесса: Изд-во Института проблем рынка и экономико-экологических исследований НАН Украины, 2002. – 140 с.
8. *Наконечный С.Л., Терещенко Т.О., Романюк Т.П.* Економетрія. – К.: КНЕУ, 2000. – 296 с.
9. <http://www.eviews.com>.
10. *Додж М., Кината К., Стинсон К.* Эффективная работа с EXCEL 7.0 для Windows 95. – СПб.: Питер, 1997. – 357 с.
11. *Карлберг К.* Бизнес-анализ с помощью EXCEL: Пер. с англ. – К.: Диалектика, 1997. – 314 с.
12. *Bishop C.* Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford: University Press, 1995. 218 p.