

Ю.І. ЛЕРНЕР, канд. екон. наук, професор, НТУ «ХПІ», Харків,
О.Б. БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПІ», Харків,
П.О. ГАВРИСЬ, аспірант, НТУ «ХПІ», Харків.

ПРОГНОЗУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ВИТРАТ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АВТОРЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

У роботі проведено прогнозування операційних витрат. Побудовано одночленні та двошчленні авторегресійні моделі. Перевірено неавтокорельованість залишків, використовувався критерій Неймана. Зроблено точковий та інтервальний прогноз за кварталами 2011-2013 р.р.

В работе проведено прогнозирование операционных расходов. Построены одночленные и двухчленные авторегрессионные модели. Проверено неавтокоррелированность остатков, использовался критерий Неймана. Сделан точечный и интервальный прогноз за кварталами 2011-2013 г.г.

In the report forecasting of operating expenditures is carried out. Monomial and two-term autoregressive models are built. Nonautocorrelation of remainders is tested. Neumann criterion is used. During the 2011-2013 a point and interval prognosis by the quarter is done.

Вступ. *Операційні витрати* (англ. *OPEX*, скор. від *operating expense, operating expenditure, operational expense, operational expenditure*) – це повсякденні витрати компанії для ведення бізнесу, виробництва продуктів і послуг [1]. Операційні витрати протиставляються прямим витратам – витратам компанії на безпосереднє створення товарів і послуг. Іншими словами, *операційні витрати* – це сума грошей, які компанія витрачає на перетворення сировини або комплектуючих у готову продукцію. У звіті про прибутки і збитки, *операційні витрати* указуються в прив'язці до періоду часу, в яких вони були понесені – місяць, квартал або рік, тобто фактично вони є рядом динаміки [2]. Для дослідження рядів динаміки існує багато методів [2], проте вони далеко не завжди дозволяють побудувати адекватну модель, для якої ряд залишків буде задовольняти основним передумовам регресійного аналізу [3]. Широке застосування одержали авторегресійні моделі, у яких регресорами виступають лагові змінні, тобто змінні, вплив яких в економетричній моделі характеризується деяким запізнюванням [3]. Тому використання авторегресійних моделей для прогнозування операційних витрат є актуальним та має важливе практичне значення.

1. Постановка задачі. Дані про операційні витрати ВАТ «Харківський машинобудівний завод «Світло шахтаря» за 2003-2010 р.р. наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Елементи операційних витрат в тис. грн

Найменування показника	2003*	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010*
Матеріальні витрати	<u>56,5 %</u> 47926,1	99102	101459	101487,6	148680,5	149553	127984	<u>51,3 %</u> 185760
Витрати на оплату праці	<u>19,2 %</u> 16435,2	26996,8	32770,9	38704,4	47578,3	58094	61702	<u>25,8 %</u> 86084
Відрахування на соціальні заходи	<u>7,2 %</u> 6105,5	10516	12748,9	14612,6	18138,2	22327	23653	<u>9,1 %</u> 32838
Амортизація	<u>8,4 %</u> 7137,1	9137,8	10270,3	11269,2	13516,1	16535	18368	<u>5,8 %</u> 21135
Інші операційні витрати	<u>8,7 %</u> 7382,8	7609,8	12244	16507,7	11937,7	27492	26121	<u>10 %</u> 36352
Разом	<u>100 %</u> 84986,7	153362,4	169493,1	182581,5	239850,8	274001	257828	<u>100 %</u> 362169

Примітка: у чисельнику наведено питому вагу (%), в знаменнику – значення операційних витрат (тис. грн.).

Необхідно річні дані табл. 1 перетворити в квартальні, за цими даними побудувати авторегресійні моделі, перевірити неавтокорельованість залишків, зробити точковий та інтервальний прогноз на квартали 2011-2013 р.р. та проаналізувати розроблені моделі. Алгоритм побудови авторегресійних моделей був розроблений Лернером Ю.І. [5], комп'ютерна програма його реалізації – Білоцерківським О.Б. (див. опис програм), розрахунки за вказаною програмою та аналіз виконані Гаврисем П.О.

2. Алгоритм. Дано деякий ряд динаміки величини y . Ставиться проблема прогнозування значення величини на майбутній період по ряду попередніх значень за допомогою деякого рівняння регресії, зокрема, лінійного

$$\tilde{y}_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_k y_{t-k}, \quad (1)$$

з коефіцієнтами, що визначаються за методом найменших квадратів. Доведено, що залежність (1) в тому і тільки в тому разі відображає поведінку випадкової величини y в генеральній сукупності, якщо різниця $\varepsilon_t = \tilde{y}_t - y_t$ є величиною незалежною від часу. Ця умова замінюється двома іншими:

- а) значення ε_t нормально розподілені;
- б) значення ε_t некорельовані між собою.

З огляду на те, що ряд ε_t містить невелику кількість членів, то умова а) не перевіряється. Таким чином, на практиці вважається за достатньою перевірка неавтокорельованості залишків.

Ця перевірка здійснюється за допомогою критерію Неймана. Розглядається відношення середнього квадрата послідовних різниць $(\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})$ до середнього квадрата ε_t :

$$K = \frac{\sum_{t=k+2}^n (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{n-k-1} \cdot \frac{\sum_{t=k+2}^n \varepsilon_t^2}{n'} \quad (2)$$

Для критерію K складена таблиця істотності при 5%-ному і 1%-ному рівнях значущості для різних значень $n' = n - k$ ($4 \leq n' \leq 60$).

Якщо розрахункове значення K (по 2) потрапляє в допустиму область при 5%-ному рівні значущості, приймаємо гіпотезу неавтокорельованості залишків ε_t і затверджуємо k -членну авторегресійну модель (1). Якщо ж K потрапляє в критичну область при 1%-ному рівні значущості, то бракуємо гіпотезу неавтокорельованості залишків ε_t і відмовляємося від моделі (1), при цьому намагаємося збільшити кількість членів рівняння (якщо довжина ряду дозволяє).

Помилка прогнозу по (1) визначається за дисперсією ε_t .

Оскільки $\tilde{y}_t - y_t = \varepsilon_t$,

то
$$P\{|\tilde{y}_t - y_t| \approx |\varepsilon_t| \leq \tau_\alpha \sigma_\varepsilon\} = P_\alpha \quad (3)$$

де P_α – задана імовірність, $P_\alpha = 1 - \alpha$, а τ_α – відповідна межа з $(n - k)$ ступенями волі за Стьюдентом (див. таблицю функції розподілу Стьюдента).

Середнє квадратичне відхилення σ_ε визначається за формулою:

$$\sigma_\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{t=k+1}^n \varepsilon_t^2}{n-k}} \quad (4)$$

3. Аналіз чисельних результатів. Для збільшення обсягу вибірки перетворимо річні дані у кварталні за допомогою коефіцієнтів, що характеризують співвідношення кількості днів у кварталі та кількості днів у році, умовно вважаючи, що величина витрат постійна в кожен день кварталу і року. За допомогою отриманих таким чином даних складаємо одночленні або, за наявності автокорельованості залишків ε_t , двохчленні моделі:

$$\tilde{y}_t = a_1 y_{t-1}; \quad (5)$$

$$\tilde{y}_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2}. \quad (6)$$

З ряду значень використовуємо перші 30 членів, зберігаючи останні два члени для перевірки помилки прогнозування. Результати моделювання наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати моделювання

Найменування показника	Рівняння авторегресійної моделі, критерій Неймана	Останній член часового ряду (фактичний)	Інтервальний прогноз для \tilde{y}_{31}		Інтервальний прогноз для \tilde{y}_{32}	
			min	max	min	max
Матеріальні витрати	$\tilde{y}_t = 1,03y_{t-1},$ $K = 2,19$	46821,7	39361,2	56043,1	39885,42	56567,29
Витрати на оплату праці	$\tilde{y}_t = 1,05y_{t-1},$ $K = 2,6$	21697,9	20058,9	25011,4	20306,5	25259,02
Відрахування на соціальні заходи	$\tilde{y}_t = 1,05y_{t-1},$ $K = 2,59$	8276,98	7641,6	9551,1	7736,07	9645,58
Амортизація	$\tilde{y}_t = 0,68y_{t-1} + 0,37y_{t-2}$ $K = 2,305$	5327,18	5078,43	5963,27	5139,33	6024,17
Інші операційні витрати	$\tilde{y}_t = 1,04y_{t-1},$ $K = 2,245$	9162,7	7598,9	11252,4	7702,47	11355,93
Разом	$\tilde{y}_t = 1,04y_{t-1},$ $K = 2,367$	91286,43	81766,6	106045	82798,5	107077,3

Як видно з табл. 2, елементи операційних витрат описуються однако-вими залежностями: витрати на оплату праці, відрахування на соціальні заходи та амортизація (якщо $y_{t-1} = y_{t-2}$) – рівнянням $\tilde{y}_t = 1,05y_{t-1}$; інші та сумарні операційні витрати – рівнянням $\tilde{y}_t = 1,04y_{t-1}$. Побудовані авторегресійні моделі є адекватними за критерієм Неймана, оскільки значення K потрапляють в допустиму область при 5%-ному рівні значущості. Також авторегресійні моделі є прийнятними для прогнозування, тому що останні члени часового ряду $y_{31} = y_{32}$ потрапляють у довірчі інтервали з 95%-ною гарантійною імовірністю.

Графіки рівнянь одночленних та двохчленних авторегресійних моделей елементів операційних витрат наведено на рис. 1 – 6.

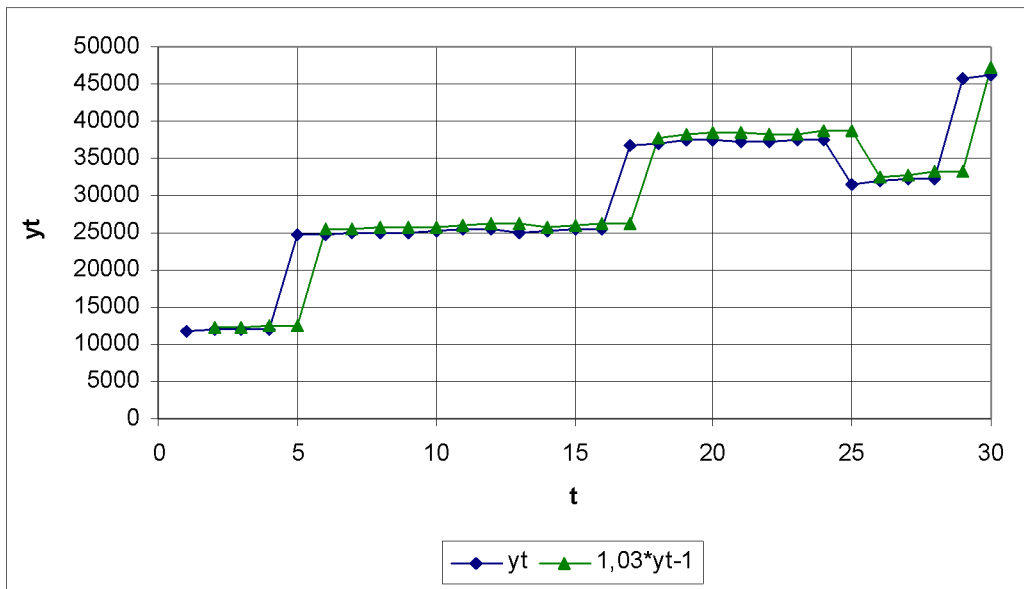


Рис. 1. Одночленна авторегресійна модель матеріальних витрат

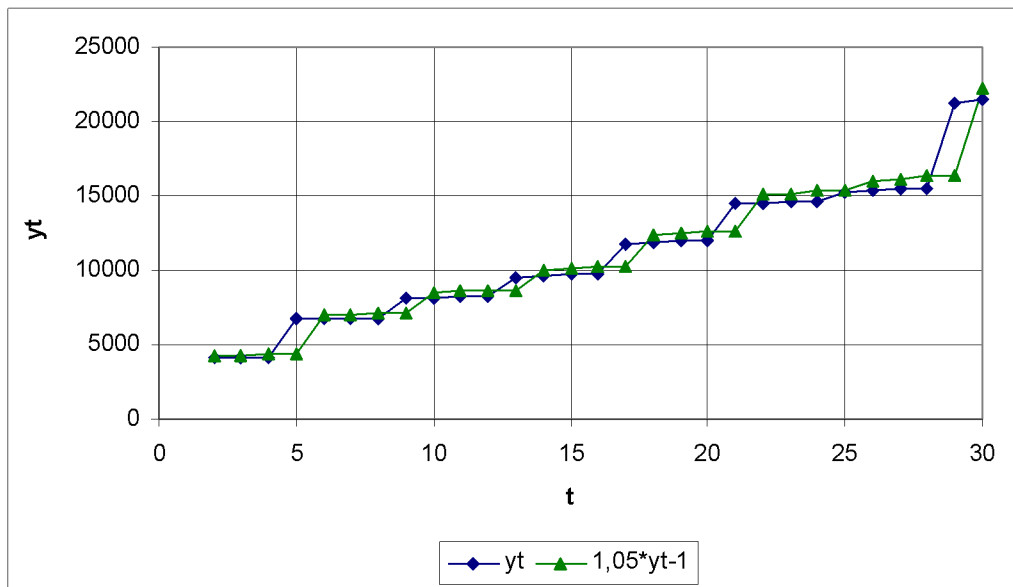


Рис. 2. Одночленна авторегресійна модель витрат на оплату праці.

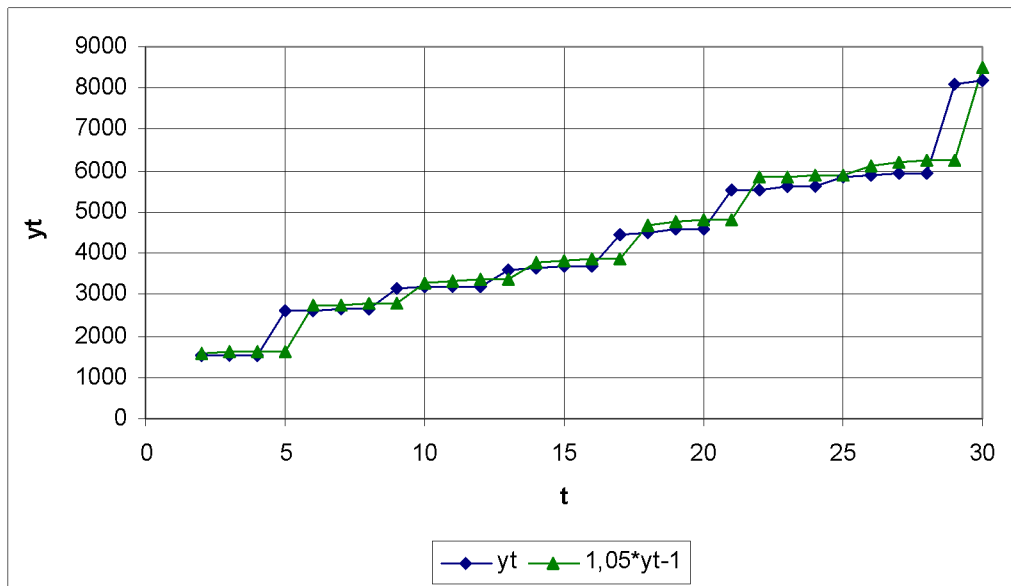


Рис. 3. Одночленна авторегресійна модель відрахувань на соціальні заходи

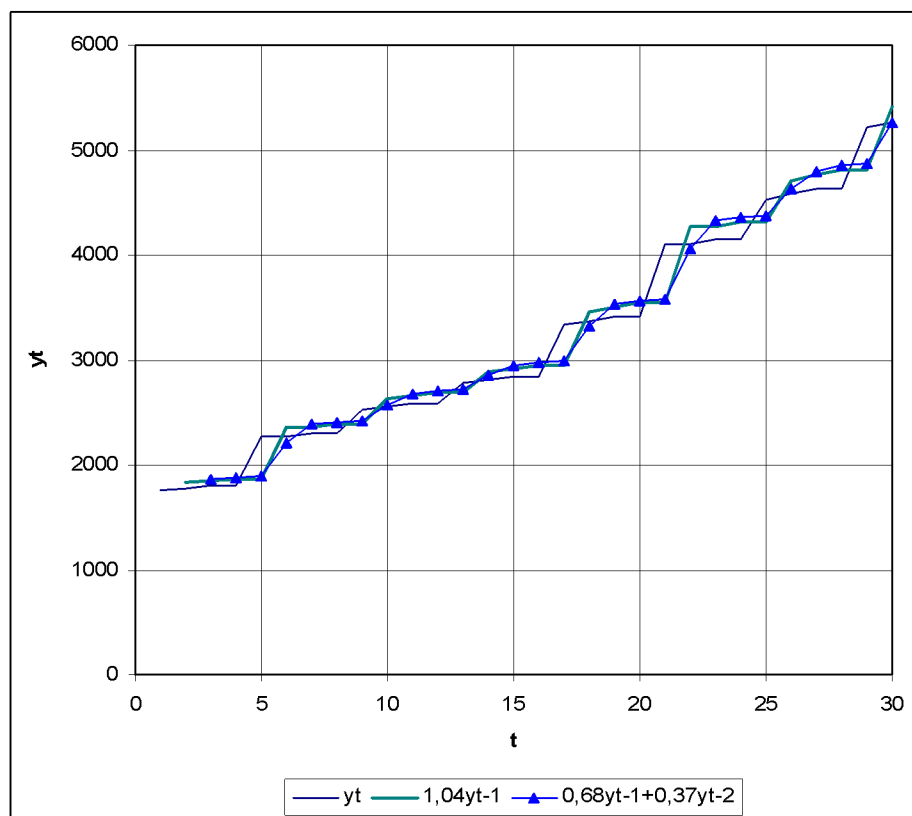


Рис. 4. Одночленна та двохчленна авторегресійні моделі амортизації.

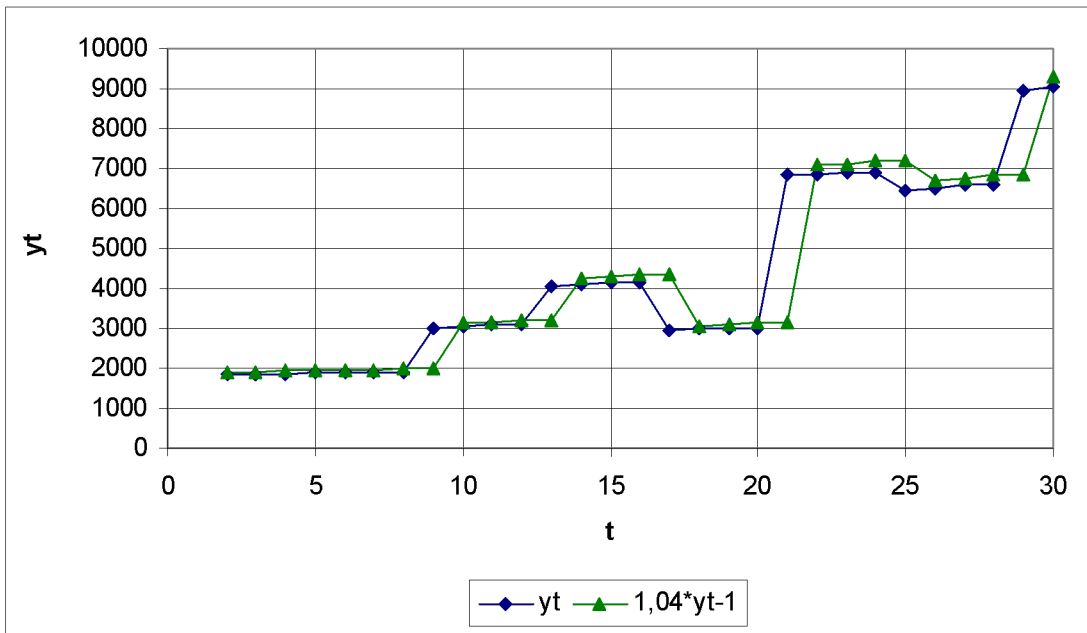


Рис. 5. Одночленна авторегресійна модель інших операційних витрат.

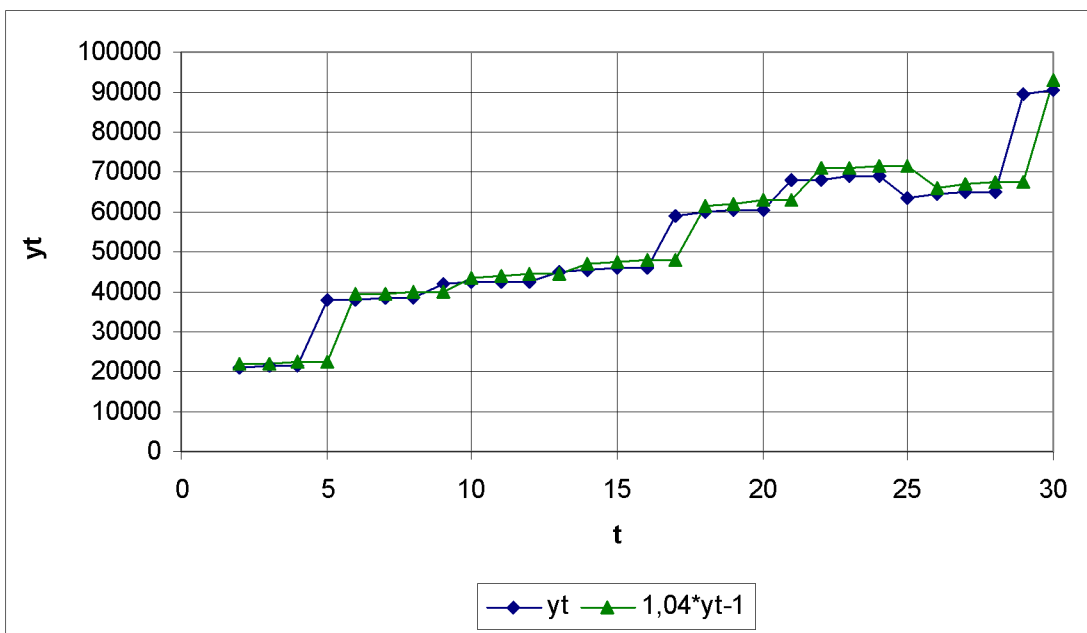


Рис. 6. Одночленна авторегресійна модель сумарних операційних витрат.

Зробимо точковий прогноз елементів операційних витрат на першій квартал 2011 року: 1) матеріальні витрати – $\tilde{y}_{33} = 1,03y_{32} = 48226,35$; 2) витрати на оплату праці $\tilde{y}_{33} = 1,05y_{32} = 22782,795$; 3) відрахування на соціальні заходи $\tilde{y}_{33} = 1,05y_{32} = 8690,83$; 4) амортизація – $\tilde{y}_{33} = 0,68y_{32} + 0,37y_{31} = 5593,54$; 5) інші операційні витрати – $\tilde{y}_{33} = 1,04y_{32} = 9529,2$; 6) сумарні операційні витрати – $\tilde{y}_{33} = 1,04y_{32} = 98735,42$.

Аналізуючи дані, що наведені в табл. 2 і на рис. 1-6, необхідно відзначити наступне:

1) як видно з даних рис. 1-6, фактичні і розрахункові дані не дуже відрізняються один від одного, що свідчить про хорошу адекватність розроблених часових моделей операційних витрат;

2) коефіцієнти авторегресії (a_t) за економічним змістом є ланцюговими коефіцієнтами зміни операційних витрат (c_t);

3) значення коефіцієнтів a_t (c_t) для всіх елементів витрат є майже ідентичними, змінюючись від 3 % до 5 % за кожен квартал, це дозволяє зробити висновок про можливість часової зміни всіх розглянутих елементів витрат щоквартально на величину, що дорівнює 3-5 % від їх значення наприкінці попереднього кварталу;

4) отримані закономірності, в межах допустимої точності аналізу, дозволяють зробити висновок про те, що співвідношення між елементами операційних витрат не змінюються у часі і не будуть змінюватися в майбутньому: так найбільша питома вага елемента операційних витрат «Матеріальні витрати» впродовж 7 останніх років і в майбутньому складає 51-55 % від суми експлуатаційних витрат, а найменша питома вага елемента операційних витрат «Амортизація» за цей же період і в майбутньому – 6-8 % від сумарних експлуатаційних витрат;

5) у разі різкої зміни відносного рівня того або іншого елемента операційних витрат в майбутньому необхідно буде провести перерахунок параметрів авторегресійних моделей або ввести певне коректування в розроблені вже моделі;

6) період випередження при використанні розроблених авторегресійних моделей за допомогою вказаної методики складає не більше 3-4 років, тобто ці моделі можна з указаною надійністю використовувати для прогнозування елементів операційних витрат в короткостроковій і середньостроковій перспективі, наприклад зробимо точковий прогноз елементів операційних витрат за кварталами 2012- 2013 р.р. (табл. 3):

Таблиця 3 – Прогнозування елементів операційних витрат за кварталами 2012-2013 р.р.

Найменування показника	2012 рік				2013 рік			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Матеріальні	55907,6	57584,8	59312,3	61091,7	62924,5	64812,2	66756,6	68759,3

витрати								
Витрати на оплату праці	29077,3	30531,1	32057,7	33660,5	35343,6	37110,8	38966,3	40914,6
Відрахування на соціальні заходи	11092	11646,6	12228,9	12840,3	13482,3	14156,4	14864,3	15607,5
Амортизація	6761,6	7019,5	7287,5	7565,6	7854,3	8154,1	8465,3	8788,4
Інші операційні витрати	11593,7	12057,5	12539,8	13041,4	13563	14105,6	14669,8	15256,6
Разом	115506,5	120126,7	124931,8	129929,1	135126,2	140531,3	146152,5	151998,6

7) Розроблені моделі дозволяють зробити висновок про зміну загальної величини витрат в перспективі у зв'язку із зміною того або іншого їх елементу, що досить важливо при проведенні аналізу фінансового стану підприємства;

8) аналізуючи величину елементів операційних витрат на даному підприємстві, необхідно відзначити, що матеріальні витрати тут досить великі, амортизація досить невелика, що свідчить про технічну відсталість підприємства і незавантаженість його потужностей. Розроблені моделі дозволяють кількісно визначати позитивні та негативні сторони діяльності підприємства і давати рекомендації з поліпшення його фінансового стану в кризовій ситуації.

Після проведеного таким чином аналізу, зупинимося на основних принципах функціонування розробленої комп'ютерної програми реалізації алгоритму побудови авторегресійних моделей. При цьому необхідно відзначити, що наявність такої програми дозволяє автоматизувати процес аналізу і ухвалення рішень про фінансовий стан підприємства в умовах кризи.

4. Короткий опис комп'ютерної програми реалізації алгоритму. Табличний процесор EXCEL призначений для зберігання та обробки інформації, яка надається в табличній формі. Головною одиницею зберігання та обробки інформації є електронна таблиця (ЕТ). Вона являє собою двомірні масиви, які складаються з клітинок, збудованих за рядками та стовпцями. Кожна клітинка може містити в собі числа, тексти та формули. До клітинок ЕТ можуть бути вміщені текст, число, формула, дата. У Microsoft працюють з такими типами документів: діаграмою, макротаблицею, робочим аркушем, робочою книгою. ЕТ, як правило, складається із таких елементів:

- заголовку (шапці) таблиці;
- заголовків стовпців;
- заголовків рядків;
- інформаційної частини (даних).

Тому процес проектування ЕТ можна описати як таку послідовність етапів:

- введення заголовка таблиці;
- введення заголовків стовпців та рядків;
- введення вхідних (початкових) даних;
- визначення та введення розрахункових формул;
- оформлення таблиці для придання їй професіонального вигляду;
- зберігання робочої книги з ЕТ на зовнішньому носії;
- підготовка до друку та друкування.

В роботі з ЕТ кожен з цих етапів може повторюватись неодноразово.

Висновки

1. Для моделювання елементів операційних витрат були обрані авторегресійні моделі, що найадекватніше описують зміни в часі значень показників рядів динаміки.

2. Результати моделювання показали, що елементи операційних витрат описуються однаковими залежностями, наприклад витрати на оплату праці, відрахування на соціальні заходи та амортизація (якщо $y_{t-1} = y_{t-2}$) – рівнянням $\tilde{y}_t = 1,05y_{t-1}$, а інші та сумарні операційні витрати – рівнянням $\tilde{y}_t = 1,04y_{t-1}$.

3. Побудовані авторегресійні моделі є адекватними за критерієм Неймана та прийнятними для прогнозування, оскільки останні члени часового ряду $y_{31} = y_{32}$ потрапляють у довірчі інтервали з 95%-ною гарантійною імовірністю.

4. Зроблено точковий прогноз елементів операційних витрат за кварталами 2011-2013 р.р., який може бути використаний для прогнозування річних операційних витрат в цілому.

5. Розроблено алгоритм і комп'ютерну програму його реалізації, що дозволяють в автоматичному режимі проводити аналіз фінансового стану підприємства і розробляти кількісні та оптимальні шляхи його поліпшення.

Список літератури: 1. *Jan R. Williams, Susan F. Haka, Mark S. Bettner, Joseph V. Carcello. Financial & Managerial Accounting*, – 2008. 2. *Лугінін О.Є., Білоусова С.В. Статистика: підручник*. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 580 с. 3. *Кремер Н.Ш., Путко Б.А. Економетрика: учеб. для вузов*. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 311 с. 4. *Лугінін О.Є., Білоусова С.В., Білоусов О.М. Економетрія: навч. посіб.* – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 252 с. 5. *Лернер Ю.И., Воловицкая С.Н. Математические методы обработки рядов динамики (на правах рукописи)*. – Х.: ХИЭИ, 1972.

Надійшла до редколегії 03.02.12