

**О.К. Кушнір**, аспірант,  
Тернопільський національний економічний університет

## **ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕГРОВАНІХ ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ ДОВКІЛЛЮ ВНАСЛІДОК НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ АВТОТРАНСПОРТУ**

*АНОТАЦІЯ. Оцінено збитки внаслідок забруднення приземистого шару атмосфери автотранспортом по центральній частині міста Тернопіль. Розглянуто моделювання економічних збитків на основі реальних концентрацій шкідливих речовин. Проведено розрахунок інтегрованих збитків із застосуванням динамічної моделі економічних збитків. Проаналізовано переваги і недоліки традиційної методики визначення збитків довкіллю та запропонованої методики, що ґрунтується на реальних концентраціях шкідливих речовин.*

*ANNOTATION. Losses were appraised as a result of contamination of stocky layer of atmosphere by a motor transport in a central part of the city Ternopil. The modelling of economic losses based on actual concentrations of harmful substances was researched in the article. The calculation of damages using the integrated dynamic model for economic losses was made. The advantages and disadvantages of traditional methods of determining damages the environment and the proposed technique, based on actual concentrations of harmful substances were analysed.*

*КЛЮЧОВІ СЛОВА: інтегровані економічні збитки, оцінювання збитків, потім викиди шкідливих речовин, динамічна модель економічних збитків.*

### **Вступ**

Забруднення довкілля є не лише екологічною проблемою, але й економічною. У великих містах джерелами забруднення є промисловість та транспорт. Для оцінювання обсягу шкідливих викидів в атмосферу існують стандартні методики [1]. Для підприємств роблять припущення, що розмір сплати за шкідливі викиди еквівалентні нанесеним економічним збиткам довкіллю. На відміну від випадку з підприємствами, автотранспорт слід розглядати як розподілений об'єкт. Обсяги забруднень і збитки довкіллю будуть залежати не тільки від характеристик автотранспорту, але і від території розподілу автотранспортних одиниць, часу доби, погодних умов тощо. Стандартні методики оцінювання обсягів шкідливих речовин внаслідок діяльності автотранспорту базуються на інтегрованих показниках та не точних статистичних даних. З іншого боку, існує реальна лабораторна база вимірювань

концентрацій шкідливих речовин, яка міститься у СЕС великих міст. Тому в праці [2] розроблено більш точнішу методику, яка базується на реальних вимірюваннях концентрацій шкідливих речовин, відображає динаміку збитків та уможливорює визначати обсяги збитків на будь-яких часових інтервалах.

Метою даної праці є порівняльний аналіз оцінок класичної методики із методикою, що пов'язана з оцінюванням концентрацій шкідливих викидів.

### **Оцінка збитків внаслідок забруднення приземистого шару атмосфери автотранспортом**

Оцінювання збитків будемо проводити на основі методики розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів [3] на даних міста Тернополя. Розрахунок проводимо окремо для транспортних засобів юридичних осіб та окремо для фізичних осіб. У даних випадках у нас слугують різні вхідні, і відповідно, вихідні дані. Розраховуємо збитки від шкідливої речовини діоксиду азоту.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від використання окремих видів палива транспортними засобами фізичних осіб у населених пунктах здійснюється за формулою:

$$B_{ij} = P_{inn} \cdot K_{ji} \cdot K_{jmc}, \quad (1)$$

де:  $B_{ij}$  — обсяги викидів  $j$ -ї забруднюючої речовини та парникового газу (крім свинцю) від використання  $i$ -го виду палива;

$P_{inn}$  — річне споживання  $i$ -го виду палива на потреби транспортних засобів у приватній власності населення у населеному пункті;

$K_{ji}$  — усереднений питомий викид  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) та парникового газу для транспортних засобів населення від споживання  $i$ -го виду палива;

$K_{jmc}$  — коефіцієнти впливу технічного стану автотранспорту на викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини від використання  $i$ -го виду палива.

За даними відділу ДАІ УМВС України в Тернопільській області в місті Тернополі на 2009 рік числилося 51927 транспортних засобів у власності населення, тобто  $K_{mз} = 51927$ .

За даними відділу державної статистики в Тернопільській області у 2009 році було використано фізичними особами пального у кількості:

## ФОРМА 3-торг

	№ рядка	Продано (відпущено) у роздріб населенню		Крім того оптовий продаж (відпуск) підприємствам і підприємцям		Запаси на АЗС, тонн
		тонн	тис. грн	тонн	тис. грн	
Бензин моторний	500	7903,6		1657,5		
у тому числі						
А-72-80	501	1967,3		1171,2		
А-90-93	502	2792,3		210,0		
А-94-98	503	3144,0		276,3		
Дизельне пальне (газойль)	504	4571,9		652,2		
Газ стиснений для автомобілів	505					
Газ скраплений для автомобілів	506	814,4				23,7
Газ скраплений для побутових потреб	507					

Річні обсяги використання палива  $P_i$  на потреби транспортних засобів, що перебувають (зарєстровані) у приватній власності населення, у розрізі населених пунктів розраховуються на підставі даних таблиці (графіа 1).

Річне споживання  $i$ -го виду палива транспортними засобами у приватній власності населення, як видно з таблиці, є: бензину моторного — 7903,6 т; дизельного пального — 4571,9 т; газу скрапленого для автомобілів — 814,4 т.

Питомі викиди шкідливих речовин в атмосферу від споживання однієї тонни палива та коефіцієнти технічного стану транспортних засобів подано в табл. 2.

**ПИТОМІ ВИКИДИ ДІОКСИДУ АЗОТУ  
ТА КОЕФІЦІЄНТИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Забруднююча речовина	Види палива ( кг/т)				Коефіцієнт впливу технічного стану транспортних засобів на питомі викиди ( <i>K<sub>тс</sub></i> )			
	бензин	газойлі (дизельне паливо)	газ скраплений	газ стиснений	бензин	газойлі (дизельне паливо)	газ скраплений	газ стиснений
Діоксид азоту	21,0	31,4	21,0	27,4	0,9	0,95	0,9	0,9

Проведемо оцінку викидів по шкідливій речовині — діоксид азоту у повітря від роботи транспортних засобів, що перебувають у приватній власності населення у Тернополі:

$$B_{\text{оа}} = 7903,6 \cdot 21,0 \cdot 0,9 + 4571,9 \cdot 31,4 \cdot 0,95 + 814,4 \cdot 21,0 \cdot 0,9 = 301,15 \text{ (тонн)}.$$

Далі проведемо оцінку викидів у повітря від автотранспорту, який використовується юридичними особами.

Витрати палива на експлуатацію автомобілів у звіті за формою №2-тр (річна) наводяться в одиницях об'єму. Для їх переведення у вагові одиниці застосовуються такі коефіцієнти ( $K_i$ ): для бензину — 0,74 кг/л; для газойлів (дизельного палива) — 0,85 кг/л; для газу скрапленого — 0,55 кг/л; для газу стисненого — 0,59 кг/м<sup>3</sup>.

Розрахунок обсягів витраченого палива  $m$ -суб'єктом господарської діяльності за групами автотранспорту у вагових одиницях здійснюється за формулою:

$$M_{ikm} = Q_{ikm} \cdot K_i, \quad (2)$$

де:  $M_{ikm}$  — маса витраченого  $i$ -го виду палива  $k$ -ю групою автотранспорту  $m$ -го суб'єкта господарської діяльності (т);

$Q_{ikm}$  — кількість витраченого  $i$ -го виду палива  $k$ -ю групою автотранспорту  $m$ -го суб'єкта господарської діяльності в одиницях об'єму (тис. л, тис. м<sup>3</sup>).

За даними відділу державної статистики в Тернопільській області для 2009 року витрати палива на експлуатацію автомобілів в місті Тернополі були:

Таблиця 3

**ВИТРАТИ ПАЛИВА НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ АВТОМОБІЛІВ**

Найменування показника	Код рядка	Бензин, тис. літрів	Дизельне паливо, тис. літрів	Газ зріджений, тис. літрів	Газ стиснений, тис. м <sup>3</sup>
А	Б	1	2	3	4
Усього (сума рядків 902, 905, 907, 908, 911)	901	7624,0	16726,4	607,3	5387,8
у тому числі: вантажними автомобілями	902	3616,1	12435,1	558,9	2310,8
з них газодизельними	903	х	—	х	—
пасажирськими автобусами	905	1063,5	2899,9	—	2975,8
пасажирськими легковими автомобілями	907	1973,2	189,5	5,8	—
спеціальними автомобілями легковими	908	357,7	—	—	—
спеціальними автомобілями нелегковими	911	613,5	1201,9	42,6	101,2
з них газодизельними	912	х	—	х	—

Обсяги витрат палива будуть відповідно: для бензину —  $M = 0,74 \cdot 7624,0 = 5641,76$  (т); для газойлів (дизельного палива) —  $M = 0,85 \cdot 16726,4 = 14217,44$  (т); для газу скрапленого —  $M = 0,55 \cdot 607,3 = 334,02$  (т); для газу стисненого —  $M = 0,59 \cdot 5387,8 = 3178,80$  (т).

Для оцінки викидів забруднюючих речовин від автотранспорту юридичних осіб використовують такі показники (табл. 4).

Таблиця 4

**ПИТОМІ ВИКИДИ ДІОКСИДУ АЗОТУ ТА КОЕФІЦІЄНТИ  
ВПЛИВУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОТРАНСПОРТУ**

Групи автомобілів	Вид палива	Питомі викиди (кг/т)	Коефіцієнти впливу технічного стану
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Вантажні автомобілі	Бензин	21,6	0,9
	Газойлі (дизельне паливо)	31,4	0,95
	Газ скраплений	21,6	0,9
	Газ стиснений	27,4	0,9
Пасажи́рські автобуси	Бензин	20,5	0,9
	Газойлі (дизельне паливо)	31,0	0,95
	Газ скраплений	20,5	0,9
	Газ стиснений	26,5	0,9
Пасажи́рські легкові автомобілі	Бензин	21,0	0,9
	Газойлі (дизельне паливо)	31,4	0,95
	Газ скраплений	21,0	0,9
	Газ стиснений	27,4	0,9
Спеці́альні легкові автомобілі	Бензин	21,0	0,9
	Газойлі (дизельне паливо)	31,4	0,95
	Газ скраплений	21,0	0,9
	Газ стиснений	27,4	0,9
Спеці́альні нелегкові автомобілі	Бензин	21,6	0,9
	Газойлі (дизельне паливо)	31,4	0,95
	Газ скраплений	21,6	0,9
	Газ стиснений	27,4	0,9

Розрахунок викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря (крім свинцю) від використання палива автотранспортом юридичних осіб здійснюється за формулою:

$$B_{jim} = M_{ikt} \cdot K_{nejik} \cdot K_{mcijk}, \quad (3)$$

де:  $B_{jim}$  — обсяги викидів  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) від спожитого палива  $i$ -го виду  $k$ -ю групою автотранспорту  $m$ -го суб'єкта господарської діяльності;

$M_{ikt}$  — обсяги спожитого палива  $i$ -го виду  $k$ -ю групою автотранспорту  $t$ -го суб'єкта господарської діяльності;

$K_{nejik}$  — питомі викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) від використання палива  $i$ -го виду  $k$ -ю групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності;

$K_{mcjik}$  — коефіцієнт впливу технічного стану на питомі викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) від використання  $i$ -го виду палива  $k$ -ю групою автотранспорту.

Зробимо розрахунок сумарних викидів діоксиду азоту у повітря від використання палива автотранспортом юридичних осіб у Тернополі:

$$\begin{aligned} B_{\text{da}} = & 5641,76 \cdot (21,6 + 20,5 + 21,0 + 21,0 + 21,6) \cdot 0,9 + \\ & + 14217,44 \cdot (31,4 + 31,0 + 31,4 + 31,4 + 31,4) \cdot 0,95 + \\ & + 334,02 \cdot (21,6 + 20,5 + 21,0 + 21,0 + 21,6) \cdot 0,9 + \\ & + 3178,80 \cdot (27,4 + 26,5 + 27,4 + 27,4 + 27,4) \cdot 0,9 = 3072,98 \text{ (тонн)}. \end{aligned}$$

Отже, від роботи транспорту юридичних та фізичних осіб міста Тернополя у 2009 році в атмосферне повітря потрапило 3374,13 тонн діоксиду азоту.

Відповідно до «Інструкції про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища», затвердженої спільним наказом Мінекобезпеки та ДПА від 19.07.99 р. №162/379, сума збору визначається залежно від кількості використаного пального [4].

Величину збитків по видах, віднесених до тонни шкідливих викидів, можна розрахувати за формулою:

$$P_{\text{en}} = \sum_{i=1}^n M_i \cdot H_{ni} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (4)$$

де  $M_i$  — кількість використаного пального  $i$ -того виду, у тоннах (т);  $H_{ni}$  — норматив збору за тону  $i$ -того виду пального, у гривнях (грн/т) з урахуванням індексації (131 (грн/т),  $I = 1,252$  (для 2008 року);  $K_1$  — коригуючий коефіцієнт, який враховує чисельність жителів населеного пункту (1,2 (100,1 — 250 тис.чол);  $K_2$  — коригуючий коефіцієнт, який враховує народногосподарське значення населеного пункту (1,25 (місто державного значення).

Тоді сума річних збитків від викидів діоксиду азоту буде:

$$P_{\text{en}} = 3374,13 \cdot 131 \cdot 1,252 \cdot 1,2 \cdot 1,25 = 830,10 \text{ (тис. грн)}.$$

Для отримання середньомісячних збитків поділимо річні збитки від викидів діоксиду азоту на 12:

$$P_{\text{вим}} = \frac{830.10}{12} = 69.18 \text{ (тис. грн).}$$

Тоді отримаємо, що збитки від викидів діоксиду азоту внаслідок діяльності автотранспорту по місту Тернопіль за місяць (наприклад, квітень) 2009 року становлять 69,18 тисяч гривень.

**Моделювання економічних збитків на основі реальних концентрацій шкідливих речовин**

Задача моделювання динаміки економічних збитків, пов'язаних з забрудненням концентраціями шкідливих речовин внаслідок діяльності автотранспорту зводиться до побудови моделі, яка в силу стохастичності та не стаціонарності процесів забруднення та наявності похибок вимірювань є не детермінованою. Тому для розв'язування даної задачі використали методи аналізу інтервальних даних та, зокрема, методи ідентифікації дискретних динамічних систем, описані у праці [5].

Моделі динаміки збитків описують лінійними різницевиими рівняннями

$$\begin{cases} x_{1k+1} = \bar{g}_1^T \cdot \bar{x}_k + \bar{q}_1^T \cdot \bar{u}_k \\ \vdots \\ x_{ik+1} = \bar{g}_i^T \cdot \bar{x}_k + \bar{q}_i^T \cdot \bar{u}_k, \quad k = 0, \dots, N-1, \\ \vdots \\ x_{mk+1} = \bar{g}_m^T \cdot \bar{x}_k + \bar{q}_m^T \cdot \bar{u}_k \end{cases} \quad (5)$$

а взаємозв'язок між миттєвими значеннями концентрацій шкідливих викидів автотранспорту та збитками описують такими рівняннями:

$$\bar{y}_{k+1} = NZV \cdot \bar{x}_{k+1} + \bar{e}_{k+1}, \quad k = 0, \dots, N-1, \quad (6)$$

де  $\bar{g}_i$  — невідомі вектори параметрів моделі,  $\bar{g}_i \in R^m$ ,  $i = 1, \dots, m$ ;

$\bar{q}_i$  — невідомі вектори параметрів факторів впливу на забруднення,  $\bar{q}_i \in R^p$ ,  $i = 1, \dots, m$ ;



$$NZV = \begin{pmatrix} nzv_{11} & \cdots & nzv_{1i} & \cdots & nzv_{1n} \\ nzv_{12} & \cdots & nzv_{2i} & \cdots & nzv_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ nzv_{m1} & \cdots & nzv_{mi} & \cdots & nzv_{mn} \end{pmatrix} \text{ — відома матриця коефіцієнтів}$$

перерахунку вимірюваних концентрацій шкідливих викидів у розмірі економічних збитків;

$k$  — дискретне часове значення,  $k = 0, \dots, N-1$ ;

$\bar{y}_{k+1}$  — вектор вимірюваних концентрацій шкідливих викидів,  $\bar{y}_{k+1} \in R^n$ ;

$\bar{x}_k$  — вектор економічних збитків по видах у  $k$ -й дискретний момент часу,  $\bar{x}_k \in R^m$ ;

$\bar{x}_{k+1}$  — вектор економічних збитків по видах у  $k+1$ -й дискретний момент часу,  $\bar{x}_{k+1} \in R^m$ ;

$\bar{u}_k$  — вектор факторів впливу на забруднення в  $k$ -й дискретний момент часу (інтенсивність руху транспортних засобів, рівень провітрюваності частин міста, погодні умови, напрям вітру та ін.),  $\bar{u}_k \in R^p$ ;

$\bar{e}_{k+1} = (e_{1k+1}, e_{2k+1}, \dots, e_{nk+1})^T$  — вектор похибок із відомими граничними значеннями.

Для оцінювання параметрів  $\bar{g}_i$  моделі динаміки економічних збитків та факторів впливу  $\bar{q}_i$ ,  $i = 1, \dots, m$  складають систему інтервальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} [\hat{x}_{k=0}] = [\hat{x}_0] \subseteq [\bar{z}_0] \\ z_{1k+1}^- \leq \hat{g}_1^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_1^T \cdot \bar{u}_k \leq z_{1k+1}^+ \\ \vdots \\ z_{ik+1}^- \leq \hat{g}_i^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_i^T \cdot \bar{u}_k \leq z_{ik+1}^+ \\ \vdots \\ z_{mk+1}^- \leq \hat{g}_m^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_m^T \cdot \bar{u}_k \leq z_{mk+1}^+, k = 0, \dots, N-1 \\ [\hat{x}_{1k+1}] = \hat{g}_1^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_1^T \cdot \bar{u}_k \\ \vdots \\ [\hat{x}_{ik+1}] = \hat{g}_i^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_i^T \cdot \bar{u}_k \\ \vdots \\ [\hat{x}_{mk+1}] = \hat{g}_m^T \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_m^T \cdot \bar{u}_k \end{array} \right. \quad (7)$$

Розв'язками даної системи інтервальних рівнянь є оцінки  $\hat{g}_i$  ( $i=1, \dots, m$ ) параметрів моделі та оцінки  $\hat{q}_i$  ( $i=1, \dots, m$ ) вектора факторів впливу., які дають можливість побудувати таку модель динаміки економічних збитків:

$$\hat{x}_{k+1} = \hat{g}_1 \cdot \hat{x}_k + \hat{q}_1 \cdot \bar{u}_k. \quad (8)$$

Для розв'язування задачі побудови математичної моделі динаміки економічних збитків — наслідків забруднення атмосфери автотранспортом необхідно спочатку знайти коефіцієнти матриці перерахунку вимірних концентрацій шкідливих викидів у розміри економічних збитків, а потім оцінити інтервали економічних збитків за вимірними концентраціями.

Тоді, відповідно до методики [3], величину збитків по видах, віднесених до тони шкідливих викидів можна розрахувати за (4).

Тоді кожен елемент матриці взаємозв'язку між концентраціями виявлених миттєвих значень шкідливих речовин і збитками різних видів обчислюємо за формулою:

$$c_{ij} = 1 / NZV_{ij} \cdot \Pi \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (9)$$

де  $K_3$  — коефіцієнт перерахунку миттєвих значень концентрацій шкідливих викидів у концентрації за певний період.

Методика розрахунку коефіцієнта  $K_3$  зорієнтована на відповідну технологію отримання миттєвих значень концентрацій шкідливих викидів. Розглянемо розрахунок вказаного коефіцієнта при використанні спектроаналізаторів типу «Аквілон 1-1», «СФ-26», «Тайфун Р-20-2». Технологія вимірювання миттєвих значень концентрацій за допомогою вказаних приладів передбачає забір повітря в точках вимірювань на протязі  $t_v = 10$ — $20$  хвилин і з подальшим виділенням концентрацій шкідливих викидів у лабораторних умовах. Тому реально процес вимірювання дозволяє встановити сумарні миттєві концентрації шкідливих викидів автотранспорту та фонові концентрації. В той же час у місцях постійного скупчення великої кількості автотранспорту частка шкідливих викидів у вимірних миттєвих концентраціях суттєво перевищуватиме фонові. Отже, останніми можна знехтувати. До того ж інтенсивне розповсюдження шкідливих викидів в атмосфері внаслідок провітрювання забезпечуватиме співпадання вимірних миттєвих значень концентрацій шкідливих викидів з реальними викидами автотранспорту за період вимірювання.

За цих умов, коефіцієнт  $K_3$  обчислюватимемо за такою формулою:

$$K_3 = V \cdot t_k / t_v,$$

де  $V$  — об'єм призного шару атмосфери, який визначається його товщиною та площею району інтенсивного руху автотранспортних засобів;  $t_v$  — тривалість забору повітря для вимірювання концентрацій шкідливих викидів, виражена у частці до річної;  $t_k$  — тривалість дискретності у частці до року. Для розрахунку коефіцієнта  $K_3$  перерахунку миттєвих значень концентрацій шкідливих викидів у щоденні концентрації встановлено, що об'єм призного шару атмосфери міста Тернополя складає:  $V = 177\,000\,000\text{ м}^3$ .

Вимірювання проводились щоденно протягом квітня 2009 року. Результати вимірювань подано в табл. 5.

Таблиця 5

**МИТТЄВІ ЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ ШКІДЛИВИХ  
ЗАБРУДНЕНЬ АВТОТРАНСПОРТОМ ЗА КВІТЕНЬ 2009 р.**

Дата	$k$	Межі миттєвих значень концентрації діоксиду азоту (NO <sub>2</sub> ), мг/м <sup>3</sup>	
		$\tilde{y}_k^-$	$\tilde{y}_k^+$
1.04	1	0,1415	0,1915
2.04	2	0,1606	0,2174
3.04	3	0,1624	0,2198
4.04	4	0,0641	0,0867
5.04	5	0,0498	0,0674
6.04	6	0,1596	0,2160
7.04	7	0,1318	0,1784
8.04	8	0,1272	0,1722
9.04	9	0,1492	0,2018
10.04	10	0,1530	0,2070
11.04	11	0,0723	0,0979
12.04	12	0,0634	0,0858
13.04	13	0,1683	0,2277
14.04	14	0,1262	0,1708
15.04	15	0,1272	0,1722
16.04	16	0,1717	0,2323
17.04	17	0,1520	0,2056

Дата	k	Межі миттєвих значень концентрації діоксиду азоту (NO <sub>2</sub> ), мг/м <sup>3</sup>	
		$\tilde{y}_k^-$	$\tilde{y}_k^+$
18.04	18	0,1021	0,1381
19.04	19	0,0569	0,0769
20.04	20	0,1454	0,1967
21.04	21	0,1472	0,1992
22.04	22	0,1370	0,1854
23.04	23	0,1464	0,1980
24.04	24	0,1457	0,1971
25.04	25	0,0781	0,1057
26.04	26	0,0748	0,1012
27.04	27	0,1566	0,2118
28.04	28	0,1414	0,1912
29.04	29	0,1420	0,1922
30.04	30	0,0947	0,1281

Далі за значеннями концентрацій шкідливих викидів наведено методику оцінки приведеної добової інтенсивності транспортних потоків.

**Методика оцінки приведеної добової інтенсивності транспортних потоків**

Інтенсивність транспортних потоків можна визначити виходячи з наявних концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Тобто, в момент забору повітря, маючи реальне значення концентрації і врахувавши питомі викиди шкідливої речовини на тону використаного пального, можна дізнатися про кількість витраченого палива на той момент.

Отже, обсяги використаного палива за період забору повітря (10 хв.) на 1 м<sup>3</sup> можна визначити за формулою:

$$\bar{M}_k = \frac{\tilde{y}_k}{K_j},$$

де  $\bar{M}_k$  — середні обсяги спожитого пального в  $k$ -ий момент часу (т);

$\bar{y}_k$  — середні значення миттєвих концентрацій забруднюючої речовини за  $k$ -ий період ( $\text{г}/\text{м}^3$ );

$\bar{K}_j$  — середні питомі викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини від використання палива.

Тоді, щоб дізнатися скільки пального було спожито на всій території міста за добу, то слід скористатися наступною формулою:

$$M = \bar{M}_k \cdot V \cdot 6 \cdot 24.$$

Далі припускаємо, якщо в середньому транспортний засіб, що проїжджає містом витрачає на роботу близько 3 кг палива. Тоді ми отримаємо, що приведена інтенсивність транспортних потоків визначається за наступною формулою:

$$u_k = \frac{M}{3}.$$

Розрахована інтенсивність транспортних потоків була проведена для різних районів міста. Місто ділилось на десять районів, результати фіксувались і співпали. Отримана оцінка за результатами практично співпала з оцінкою експертів із середньою щоденною оцінкою перебування транспорту у момент викидів шкідливих речовин.

Результати розрахунків значення гарантованих меж щоденних збитків для  $k+1$  та  $k$ -тої дискрет разом із значеннями приведеної щоденної інтенсивності транспортних потоків подано в табл. 6.

Таблиця 6

**ЩОДЕННІ ЗБИТКИ ВНАСЛІДОК ЗАБРУДНЕННЯ  
АВТОТРАНСПОРТОМ ПРИЗЕМНОГО ШАРУ АТМОСФЕРИ  
ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ м. ТЕРНОПІЛЬ ЗА КВІТЕНЬ 2009 р.**

Дата	$k$	Приведена інтенсивність транспортних потоків, автомоб./добу	Межі збитків внаслідок забруднення діоксидом азоту, грн	
			$z_k^-$	$z_k^+$
1.04	1	55776	887,44	1200,64
2.04	2	70917	1007,36	1362,89
3.04	3	68790	1018,55	1378,03
4.04	4	29400	401,88	543,71
5.04	5	26300	312,34	422,56

Закінчення таблиця 6

Дата	$k$	Приведена інтенсивність транспортних потоків, автомоб./добу	Межі збитків внаслідок забруднень діоксидом азоту, грн	
		$u_k$	$z_k^-$	$z_k^+$
6.04	6	62700	1000,97	1354,24
7.04	7	58710	826,68	1118,43
8.04	8	55100	797,90	1079,49
9.04	9	64013	935,41	1265,54
10.04	10	63631	959,39	1297,99
11.04	11	29333	453,58	613,66
12.04	12	30920	397,62	537,94
13.04	13	68285	1055,33	1427,79
14.04	14	54495	791,50	1070,84
15.04	15	52810	797,90	1079,49
16.04	16	67778	1076,65	1456,63
17.04	17	65100	953,00	1289,34
18.04	18	45450	640,13	866,05
19.04	19	27012	356,58	482,42
20.04	20	62413	911,42	1233,09
21.04	21	62100	923,15	1248,96
22.04	22	61090	859,19	1162,42
23.04	23	61254	917,82	1241,74
24.04	24	63100	913,56	1235,98
25.04	25	33845	489,83	662,69
26.04	26	34096	469,04	634,57
27.04	27	67200	981,78	1328,28
28.04	28	61100	886,37	1199,20
29.04	29	59400	890,64	1204,97
30.04	30	42900	593,76	803,31

За даними табл. 6 знайшли параметри моделі

$$[\hat{x}_{k+1}] = \hat{g}_{dop} \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_{dop} \cdot u_k, \quad (10)$$

де  $[\hat{x}_{k+1}], [\hat{x}_k]$  — інтервальні прогнози щоденних збитків у квітні 2009 р., нанесених довкіллю внаслідок забруднення автотранспортом:  $\hat{g}_{dop} = -26.74 \cdot 10^{-3}$ ,  $\hat{q}_{dop} = 16.39 \cdot 10^{-3}$ .

Коридор інтервальних моделей разом із експериментальними наведено на рис. 1.

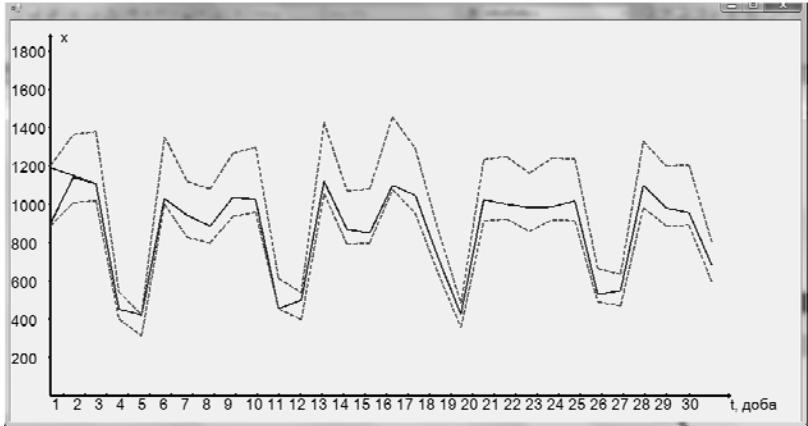


Рис. 1. Динаміка збитків від забруднення шкідливими речовинами діоксиду азоту

На рис. 1 суцільною лінією позначено межі прогнозованого коридору, який звужується із зростанням номера дискрети. Пунктирна лінія відображає коридор експериментальних даних. Як видно із рис. 1, отриманий розв'язок є допусковим, оскільки прогнозні коридори включені в експериментальні. Таким чином, модель є адекватна.

### ***Розрахунок інтегрованих збитків із застосуванням динамічної моделі економічних збитків***

Таким чином, інтервальна модель динаміки економічних збитків — наслідків шкідливих викидів автотранспортом за квітень місяць по м. Тернопіль матиме вигляд (9).

Тепер для оцінки інтегрованих економічних збитків унаслідок забруднення довкілля автотранспортом за певний період використовуємо таку формулу:

$$ZB_{t_1, t_2} = \int_{t_1}^{t_2} [\hat{x}^-, \hat{x}^+] dt, \quad (11)$$

де  $[\hat{x}^-, \hat{x}^+]$  — це інтервальні оцінки збитків, отримані на основі моделі динаміки збитків;  $[t_1, t_2]$  — інтервал інтегрування, який означає початок і кінець періоду на якому проводиться оцінювання збитків.

Формула (11) дає можливість розрахувати збитки для будь-якого терміну часу, який визначається інтервалом інтегрування  $[t_1, t_2]$ . Особливість використання цієї формули виникає, коли є можливість сегментувати район на частини з різною інтенсивністю транспортних потоків.

Враховуючи, що математична модель динаміки економічних збитків (10) отримана в дискретному вигляді, формула (11) набуде вигляду:

$$ZB_{i_1, t_2} = \sum_{k=k_{t_1}}^k [\hat{x}_{ik+1}] = \sum_{k=k_{t_1}}^k \hat{g}_i \cdot [\hat{x}_k] + \hat{q}_i \cdot \bar{u}_k, \quad (12)$$

де  $[k_{t_1}, k_{t_2}]$  — дискрети, які відповідають періоду з  $[t_1, t_2]$ .

Тепер, використовуючи (12), оцінимо збитки за квітень місяць по м. Тернопіль унаслідок забруднення діоксидом азоту. Для цього використаємо інтервальну модель динаміки економічних збитків унаслідок шкідливих викидів автотранспортом, а саме діоксидом азоту:

$$\hat{x}_{k+1} = -26.74 \cdot 10^{-3} \hat{x}_k + 16.39 \cdot 10^{-3} \cdot u_k.$$

У процесі інтегрування використаємо класичну інтервальну арифметику [6]. Для даної моделі формула (12) матиме вигляд:

$$\begin{aligned} ZB_{ii, t_2} &= \sum_{k=k_{t_1}}^k [\hat{x}_{ik+1}] = \sum_{k=k_{t_1}}^k -26.74 \cdot 10^{-3} [\hat{x}_k] + 16.39 \cdot 10^{-3} \cdot \bar{u}_k = \\ &= -26.74 \cdot 10^{-3} \sum_{k=k_{t_1}}^k [\hat{x}_k] + 16.39 \cdot 10^{-3} \sum_{k=k_{t_1}}^k \bar{u}_k. \end{aligned}$$

Використання даної формули дало можливість розрахувати місячні збитки (за квітень) для 2009 року внаслідок забруднення приземистого шару атмосфери міста Тернопіль.

Отже, за допомогою розробленої методики, що ґрунтується на реальних концентраціях шкідливих речовин, встановили, що місячні збитки від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту містяться в межах  $[25,62; 25,91]$  тис. грн.



Перевагою розглянутої методики оцінювання інтегрованих економічних збитків є:

1) оцінювання збитків ґрунтується на реальних концентраціях забруднень приземистого шару атмосфери;

2) методика дає можливість оцінити збитки за будь-який період часу і виділити ті періоди, де збитки є високими, що в свою чергу уможливорює розробити адекватні організаційні заходи з метою зменшення цих збитків;

3) за допомогою вказаної методики суттєво спрощується розподіл збитків між учасниками процесу забруднення, оскільки на короткий період простіше проводити їх ідентифікацію.

Порівняльний аналіз традиційної та запропонованої методик оцінювання збитків показав, що класична методика дає збитки в розмірі 69,18 тис. грн, що в 2,7 разу більше від збитків, обрахованих за методикою, що базується на інтервальному аналізі. Враховуючи переваги запропонованої методики, можна висловити припущення, що дана методика більш адекватно відображає процес розрахунку збитків, бо вона базується на реальних даних і, відповідно, забезпечує більш адекватний розподіл відповідальності за забруднення довкілля.

Таким чином, запропонована методика оцінки економічних збитків є більш гнучкою та точною, проте для її використання необхідно звужувати контрольований район або збільшувати кількість пунктів вимірювання концентрацій шкідливих речовин, сегментуючи площу, яку займає місто на частини з різною інтенсивністю транспортних потоків.

### ***Висновки***

Проведено оцінювання інтегрованих економічних збитків довкіллю унаслідок забруднення приземистого шару атмосфери міста Тернополя діоксидом азоту. Розглянуто дві методики визначення збитків — наслідків діяльності автотранспорту: класичну, що базується на статистичних показниках, та запроповану, що ґрунтується на реальних даних концентрацій шкідливих викидів. Традиційна методика дає дещо завищені результати, бо враховуються збитки для всіх наявних транспортних одиниць, а не лише тих, які реально забруднюють атмосферу в певний період часу. Недоліками класичної методики є те, що вона враховує кількість проданого палива в місті, а не використаного пального. Крім того, не всі автотранспортні засоби, які зареєстровані в населеному пункті використовуються та з однаковою активністю використовують пальне. А це, в свою чергу, дає неточне значення коефіцієнта технічного стану автотранспорту. Запропонована ж методика

інтервального оцінювання динаміки економічних збитків, нанесених середовищу внаслідок забруднення приземного шару атмосфери автотранспортом на відміну від існуючих базується на встановленні миттєвих вимірних концентрацій шкідливих викидів, що дозволяє підвищити точність оцінки збитків та прогнозувати їх динаміку.

### **Література**

1. Про затвердження методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря // Офіційний вісник України від 02.02.2009. — 2009. — №5. — 120 с.

2. Дивак М.П. Інтервальне моделювання динаміки збитків внаслідок забруднення автотранспортом // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2008. — № 3 (13) — С. 32—40.

3. Електронний ресурс. Режим доступу:  
[http://uazakon.com/documents/date\\_3a/pg\\_gmcywc/index.htm](http://uazakon.com/documents/date_3a/pg_gmcywc/index.htm)

4. Інструкція про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища: від 19.07.1999 №162/379 / Міністерство охорони навколишнього середовища та ядерної безпеки України. — Офіц. вид. — К.: ГК, 1999. — 54 с.

5. Кунцевич В. Получение гарантированных оценок в задачах параметрической идентификации / В. Кунцевич, М. Лычак // Автоматика. — 1982. — № 4. — С. 49—59.

6. Алефельд Г. Введение в интервальные вычисления: Пер. с англ. / Г. Алефельд, Ю. Херцбергер. — М.: Мир, 1987. — 360 с.

Стаття надійшла до редакції 16.11.2011 р.

УДК 338.246.4; 338.261.28.

**Л.А. Мусіна**, канд. екон. наук,  
Консультант Міністра  
Міністерство економічного розвитку і торгівлі України

### **ФОРМУВАННЯ ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ: МЕТОДОЛОГІЯ ТА ПРАКТИКА**

АНОТАЦІЯ. Викладено підходи до формування в Україні узгодженої системи стратегічних документів економічного і технологічного розвитку на довго-, середньо- та короткостроковий періоди, зокрема до змісту