

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 629.114.4

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБ'ЄМІВ УТВОРЕННЯ
ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ТА ПЛОЩ ПОЛІГОНІВ І СМІТТЄЗВАЛИЩ В
УКРАЇНІ**

О. В. Березюк

Побудовано математичну модель прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів в Україні. Отримано регресійні залежності, які дозволяють описувати динаміку зміни площ полігонів та сміттєзвалищ в Україні.

Построена математическая модель прогнозирования объемов образования твердых бытовых отходов в Украине. Получены регрессионные зависимости, которые разрешают описывать динамику изменения площадей полигонов и мусоросвалок в Украине.

Built mathematical model of forecasting volumes a forming the hard domestic waste in Ukraine. Received regressive to dependencies, which allow to describe the speaker of change the areas of firing ranges and scrambles of rubbish in Ukraine.

Вступ. Постановка проблеми

За даними статистики річний об'єм твердих побутових відходів (ТПВ), що утворюються в населених пунктах України, в 2007 році перевищив 46 млн. м³. Переважна їх більшість захоронюються на 4530 полігонах та сміттєзвалищах, що розташовані на земельних ділянках загальною площею майже 7,7 тис. гектарів та лише частково утилізуються на сміттєспалювальних заводах або перероблюються. Збирання ТПВ є основним завданням санітарного очищення населених пунктів і здійснюється більше ніж 4,1 тис. спеціальними автомобілями (сміттєвозами) [1], а тому пов'язане із значними фінансовими витратами. Крім того, зношеність спецавтотранспорту складає майже 70 %, що обумовлює необхідність у виробництві нових сміттєвозів. Тому прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів в країні для визначення потреби у нових сміттєвозах та площ земельних ділянок під полігони та сміттєзвалища є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень

Автором [2] запропонована математична модель короткострокового прогнозування об'ємів утворення ТПВ на території Липецької області Російської Федерації. Дана математична модель побудована за допомогою функції Солоу і враховує вплив таких п'яти факторів: кількість населення, обсяг житлового фонду, оборот роздрібною торгівлі (включаючи заклади громадського харчування, де утвориться істотна частка ТПВ), обсяг виробленої промислової продукції і загальні грошові доходи населення. На нашу думку, запропонована автором [2] математична модель є достатньо громіздкою і потребує великої кількості даних для кожного населеного пункту області за кожним із п'яти факторів впливу, забезпечуючи при цьому порівняно невисоку точність, не враховуючи можливих ефектів взаємодії факторів.

Формулювання мети досліджень

Метою дослідження є побудова математичних моделей прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів в країні для визначення потреби у нових сміттєвозах та площ земельних ділянок під полігони та сміттєзвалища.

Виклад основного матеріалу

Запропоновані автором [2] параметри математичної моделі: обсяг житлового фонду, оборот роздрібною торгівлі, обсяг виробленої промислової продукції і загальні грошові доходи населення, на нашу думку, можна замінити таким узагальнюючим показником як валовий

внутрішній продукт (ВВП) країни, який серед інших показників опосередковано включає в себе згадані вище фактори. Таким чином, цільову функцію – об’єм утворення ТПВ на території України – можна представити як функцію двох змінних

$$Q_{ТПВ} = f(n_n, ВВП), \quad (1)$$

де n_n – кількість населення України, млн. осіб.

Статистичні дані [1, 3] кількості населення, обсягу ВВП, об’єму утворення ТПВ та площі полігонів та сміттєзвалищ на території України за 1999-2007 рр. наведені в табл. 1.

Вибір виду функції, яка описує залежність (1) за критерієм мінімального значення середньоквадратичного відхилення проводився серед таких варіантів: лінійна регресія, квадратична регресія із ефектом взаємодії 1-го порядку та степеневий поліном. Порівняння вказаних видів функції (1) наведено в табл. 2.

Таблиця 1

Кількість населення, обсяг ВВП, об’єм утворення ТПВ та площі полігонів та сміттєзвалищ на території України за 1999-2007 рр.

Роки	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Кількість населення, млн. осіб	50,1	49,7	49,3	48,0	47,6	47,3	46,9	46,6	46,4	
ВВП у фактичних цінах, млрд. грн.	130,4	170,1	204,2	225,8	267,3	345,1	441,5	544,2	712,9	
Темпи зростання до відповідного періоду попереднього року у порівняльних цінах, %	99,8	105,9	109,2	105,2	109,6	112,1	102,7	107,3	107,6	
ВВП у порівняльних цінах, млрд. грн.	130,4	138,1	185,7	214,8	247,5	299,7	354,4	473,7	585,5	
Об’єм вивезених ТПВ, млн. м ³	26,31	29,78	36,67	32,39	37,65	43,23	46,79	44,34	46,05	
Площі полігонів та сміттєзвалищ, га	загальна	3063	3115	3451	4043	5312	5848	5622	6263	7683
	перевантажених				746	889	986	890	1021	1037
	що не відповідають нормам екобезпеки	–	–	–	547	841	939	1068	1509	2187
	перевантажених, які не відповідають нормам екобезпеки	1278	1365	903	1293	1729	1925	1958	2530	3224
	несанкціонованих сміттєзвалищ	–	–	–	318	404	367	307	2217	1130

Таблиця 2

Порівняння видів функції, які описують залежність (1)

Вид функції	Середньоквадратичне відхилення, %
$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$	7,084
$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2$	2,794
$y = b_0 + b_1x_1^m + b_2x_2^n$	6,229

Як видно із табл. 2 найбільш точно залежність (1) описується рівнянням квадратичної регресії із ефектом взаємодії 1-го порядку. Причому встановлено, що коефіцієнт b_0 малозначимий, і тому ним можна знехтувати. Таким чином, річний об’єм утворення ТПВ на території України можна спрогнозувати за допомогою таких математичних моделей, млн. м³

$$Q_{ТПВ} = 0,01663n_nВВП_{ф} - 0,2732n_n - 0,6179ВВП_{ф} + 0,005602n_n^2 - 0,0001235ВВП_{ф}^2; \quad (2)$$

$$Q_{ТПВ} = 0,02986n_nВВП_n - 0,5481n_n - 1,162ВВП_n + 0,005488n_n^2 - 0,000207ВВП_n^2, \quad (3)$$

де $ВВП_{ф}$, $ВВП_n$ – валовий внутрішній продукт України у фактичних та порівняльних (до 1999 р.) цінах, відповідно, млрд. грн.

Графічне порівняння даних, отриманих за допомогою рівнянь (2), (3), з фактичним об’ємом ТПВ, що утворився на території України протягом 1999–2007 р.р., показано на рис. 1.

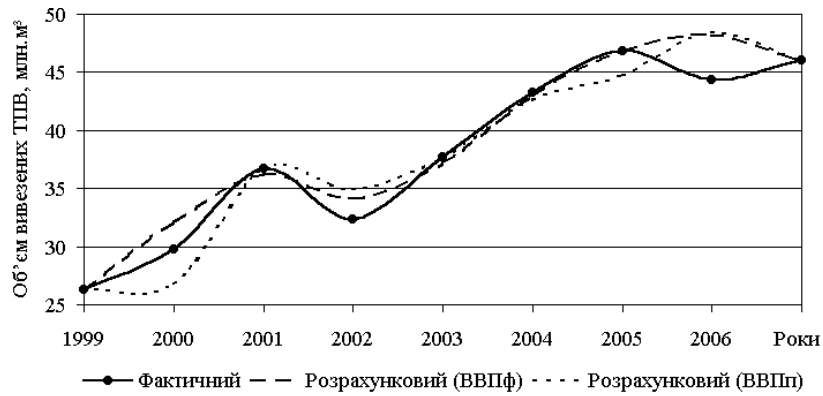


Рис. 1. Об'єми утворення ТПВ в Україні в 1999–2007 рр.

Як видно із табл. 1 тільки протягом 1999–2007 рр. загальна площа полігонів та сміттєзвалищ в Україні зросла в 2,5 раза. Також зросла площа (більше ніж в 2,5 рази) перевантажених, а особливо тих полігонів та сміттєзвалищ, що не відповідають нормам екологічної безпеки.

На рис. 2 показана динаміка зміни площ полігонів та сміттєзвалищ в Україні в 1999–2007 р.р., а на вільному полі рисунка наведені отримані регресійні залежності зміни цих площ з часом із зазначенням коефіцієнта детермінації, який свідчить про точність отриманих залежностей. Як видно із рис. 2 загальна площа полігонів та сміттєзвалищ, а також тих, що не відповідають нормам екобезпеки збільшується з часом приблизно за експоненціальним законом. Тоді як площа перевантажених полігонів та сміттєзвалищ як тих що відповідають, так і тих, що не відповідають нормам екобезпеки, зростає щорічно майже лінійно.

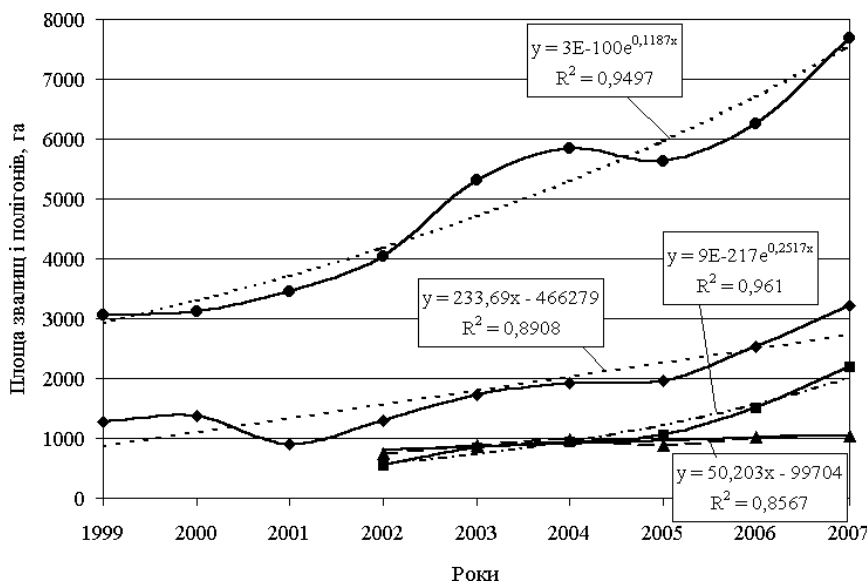


Рис. 2. Динаміка зміни площ полігонів та сміттєзвалищ в Україні в 1999–2007 рр. (загальна ●; перевантажених ▲; тих, що не відповідають нормам екобезпеки ■; перевантажених, які не відповідають нормам екобезпеки ◆)

Висновки

- Побудовано математичну модель прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів в Україні у вигляді квадратичної регресії із ефектом взаємодії 1-го порядку, яка враховує кількість населення та ВВП (як у фактичних, так і порівняльних цінах) України, і може бути використана для визначення потреби у нових сміттєвозах.

- Отримано регресійні залежності, які дозволяють описувати динаміку зміни площ полігонів та сміттєзвалищ в Україні. При цьому встановлено, що загальна площа полігонів та сміттєзвалищ, а також тих, що не відповідають нормам екобезпеки збільшується з часом приблизно за експоненціальним законом, тоді як площа перевантажених полігонів та сміттєзвалищ як тих що відповідають, так і тих, що не відповідають нормам екобезпеки зростає щорічно майже лінійно.

Використана література

1. Портал України з поводження з твердими побутовими відходами. – Режим доступу: <http://www.ukrwaste.com.ua>.
2. Моисеева Н. М. Повышение эффективности управления процессами перевозок твердых бытовых отходов на территории области: автореф. дис... канд. техн. наук / Н. М. Моисеева. – М., 2008. – 19 с.
3. Макроекономічні показники. – Режим доступу: <http://www.bank.gov.ua/Macro/>.

Березюк Олег Володимирович – к.т.н., доцент кафедри менеджменту у будівництві, охорони праці та безпеки життєдіяльності Вінницького національного технічного університету.