

О. В. Березюк, канд. техн. наук, доц.

ВИЗНАЧЕННЯ РЕГРЕСІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ВИТРАТ НА УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ ВІД РІВНЯ ДОХОДІВ НАСЕЛЕННЯ

Виявлено параметри, від яких залежать витрати на управління твердими побутовими відходами. Отримано регресійні залежності витрат на управління твердими побутовими відходами від рівня доходів населення.

Вступ

Щорічний об'єм ТПВ, що утворюються в українських населених пунктах перевищує 46 млн. м³ [1]. Переважна їх більшість захоронюються на 4530 полігонах та сміттєзвалищах, які займають площу майже 7,7 тис. гектарів та лише частково утилізуються на сміттєспалювальних заводах або перероблюються. Лише протягом 1999–2007 рр. загальна площа полігонів та сміттєзвалищ в Україні зросла в 2,5 рази. Крім того, більше ніж в 2,5 рази зросла площа перевантажених, а також особливо тих полігонів та сміттєзвалищ, що не відповідають нормам екологічної безпеки. Збирання ТПВ є основним завданням санітарного очищення населених пунктів і здійснюється більше ніж 4,1 тис. спеціальними автомобілями (сміттєвозами) [1], а тому пов'язане зі значними фінансовими витратами. Лише на перевезення ТПВ сміттєвозами до місця їх утилізації з мінімальною відстанню 30 км, що відповідає розмірам санітарної зони, витрачається більше 45 тис. тонн пального [2]. Постанова Кабінету Міністрів України № 265 [3] сформувала базис для розробки Національної стратегії поводження з твердими побутовими відходами в Україні. Тому визначення регресійних залежностей витрат на управління твердими побутовими відходами від рівня доходів населення, що можуть бути використаними під час розробки стратегії поводження з ТПВ, є актуальною науково-технічною задачею.

Автор [4] наводить статистичні дані щодо витрати на управління ТПВ для груп жителів з низькими, середніми та високими річними доходами. В роботі [5] виявлено параметри, які впливають на шляхи управління ТПВ у різних країнах світу, а також запропоновано математичну модель прогнозування процентних часток основних шляхів управління ТПВ у різних країнах світу. Однак конкретних залежностей витрат на управління ТПВ від рівня доходів населення, в результаті аналізу відомих публікацій, автором статті не виявлено.

Метою дослідження є визначення регресійних залежностей витрат на управління твердими побутовими відходами від рівня доходів населення для розробки стратегії поводження з ТПВ.

Основна частина

У табл. 1 показані середні показники витрат на управління ТПВ у державах з різними рівнями доходів населення: низькими (Афганістан, Ефіопія, Нігер), середніми (Боснія і Герцеговина, Македонія, Албанія), високими (Німеччина, Франція, Великобританія).

Таблиця 1

Витрати на управління ТПВ для груп жителів з різними доходами [4]

Річні доходи, \$/(рік-осіб)	Низькі	Середні	Високі
	370	2400	22000
Річна маса утворення ТПВ на душу населення, кг/(рік-осіб)	200	300	600
Витрати на збирання, \$/т	10–30	30–70	70–120
Витрати на транспортування, \$/т	3–5	5–15	15–20
Витрати на захоронення, \$/т	1–5	3–10	20–50
Загальні витрати, \$/т	14–40	38–95	105–190
Витрати як відсоток від доходів	0,8–2,2	0,5–1,2	0,3–0,5

На основі даних табл. 1 планувалось отримати парні регресійні залежності витрат на окремі складові управління ТПВ, витрат як відсотка від доходів та загальних витрат від рівня доходів населення.

Вибір виду залежностей парних регресій проводився з 16 найпоширеніших математичних залежностей за критерієм максимального значення коефіцієнта кореляції. Регресії проводились на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної [6]. Результати регресійного аналізу показані в табл. 2.

Таблиця 2

Результати регресійного аналізу

№	Вид регресії	коефіцієнт кореляції R для парних регресій			
		$B_{зб} = f(D_p)$	$B_{тр} = f(D_p)$	$B_{зах} = f(D_p)$	$B_{\%} = f(D_p)$
1	$y = a + bx$	0,94811	0,93070	0,99989	0,85610
2	$y = 1/(a + bx)$	0,74505	0,73243	0,85726	0,98244
3	$y = a + b/x$	0,87313	0,89680	0,68369	0,95834
4	$y = x/(a + bx)$	0,99907	0,99950	0,91179	0,99906
5	$y = ab^x$	0,85778	0,83802	0,97417	0,93676
6	$y = ae^{bx}$	0,85778	0,83802	0,97417	0,93676
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,85778	0,83802	0,97417	0,93676
8	$y = 1/(a + be^{-x})$	0,97134	0,97547	0,91081	0,71342
9	$y = ax^b$	0,98874	0,98248	0,98692	0,99948
10	$y = a + b \lg x$	0,99781	0,99988	0,93055	0,98825
11	$y = a + b \ln x$	0,99781	0,99988	0,93055	0,98825
12	$y = a/(b + x)$	0,74505	0,73243	0,85726	0,98244
13	$y = ax/(b + x)$	0,99474	0,99648	0,95769	0,79903
14	$y = ae^{b/x}$	0,95741	0,96750	0,82249	0,88919
15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	0,95741	0,96750	0,82249	0,88919
16	$y = a + bx^n$	0,92164	0,90070	0,99598	0,81500

Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів [7]. Оцінка адекватності регресійних моделей проводилась на підставі коефіцієнта кореляції.

Таким чином, за результатами регресійного аналізу на основі даних табл. 2 як найадекватніші остаточно прийняті такі регресійні залежності:

$$B_{зб} = \frac{D_p}{19,63 + 0,009656D_p}; \quad (1)$$

$$B_{тр} = 3,307 \ln D_p - 15,62; \quad (2)$$

$$B_{зах} = 2,702 + 0,001469D_p; \quad (3)$$

$$B_{заг} = \frac{D_p}{19,63 + 0,009656D_p} + 3,307 \ln D_p + 0,001469D_p - 12,92; \quad (4)$$

$$B_{\%} = 10,33D_p^{-0,324}, \quad (5)$$

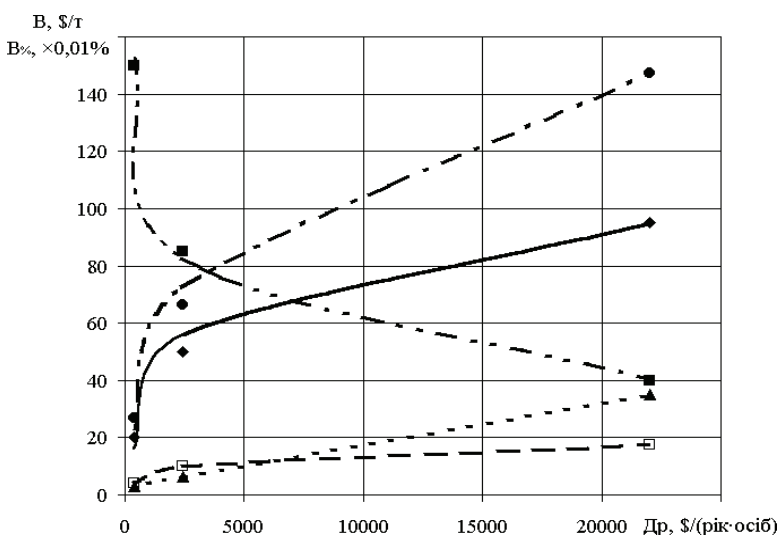
де $B_{зб}$, $B_{тр}$, $B_{зах}$, $B_{заг}$ — витрати на збирання, транспортування, захоронення та загальні відповідно, \$/т; $B_{\%}$ — витрати як відсоток від доходів, %; D_p — річні доходи, \$/(рік·осіб).

При цьому коефіцієнт кореляції склав 0,99907; 0,99988; 0,99989; 0,99696; 0,99948, відповідно, що свідчить про високу точність та адекватність отриманих рівнянь.

На рисунку показано фактичні та теоретичні графічні залежності витрат на управління ТПВ від річних доходів населення. Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретичні витрати на управління ТПВ, розраховані за допомогою регресій (1–5), несуттєво відрізняється від фактичних даних, що свідчить про високу точність отриманих залежностей.

Як впливає з рисунку зі збільшенням річних доходів населення витрати на управління ТПВ зростають таким чином: на збирання ТПВ — гіперболічно, на транспортування ТПВ — логарифмічно, на захоронення ТПВ — лінійно, а відсоток від доходів населення, який витрачається на управління ТПВ зменшується за степеневу залежністю.

Згідно з даними соціологічної компанії GfK у 2010 р. середній річний дохід громадянина України склав 2731 \$/(рік·осіб), для якого згідно з залежностями (1)–(5) витрати на управління ТПВ в Україні мають складати: $V_{зб} = 59,4$ \$/т; $V_{тр} = 10,5$ \$/т; $V_{зах} = 6,7$ \$/т; $V_{заг} = 76,6$ \$/т; $V\% = 0,8$ %.



Залежності витрат на управління ТПВ від річних доходів населення: фактичні на збирання ♦, транспортування □, захоронення ▲, загальні ●, як відсоток від доходів ■; теоретичні на збирання —, транспортування - -, захоронення · · ·, загальні - - -, як відсоток від доходів - - - -

Висновки

1. Визначено регресійні залежності витрат на управління твердими побутовими відходами від рівня доходів населення, що можуть бути використаними під час розробки стратегії поводження з ТПВ.

2. Встановлено, що зі збільшенням річних доходів населення витрати на управління твердими побутовими відходами зростають таким чином: на збирання ТПВ — гіперболічно, на транспортування ТПВ — логарифмічно, на захоронення ТПВ — лінійно, а відсоток від доходів населення, який витрачається на управління ТПВ зменшується за степеневу залежністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Портал України з поводження з твердими побутовими відходами. — Режим доступу : <http://www.ukrwaste.com.ua>.
2. Березюк О. В. Шляхи підвищення ефективності пресування твердих побутових відходів у сміттєвозах / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : Науково-технічний збірник. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. — № 1. — С. 111—114.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 березня 2004 року № 265 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами».
4. Cointreau (2005). Waste Collection Systems in Developing Countries. Презентаційні матеріали. World Bank. URL : <http://www.worldbank.org/urban/urbanforum2005/ulwpresentations/sw/cointreau2.pdf>.
5. Березюк О. В. Визначення параметрів впливу на шляхи поводження з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : наук.-техн. зб. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. — № 2(10). — С. 64—66.
6. Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ : справочник / В. П. Дьяконов. — М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. — 240 с. — ISBN 5-02-014530-0.
7. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. — М. : Финансы и статистика, 2006. — 57 с.

Рекомендована кафедрою хімії та безпеки життєдіяльності

Стаття надійшла до редакції 20.09.12
Рекомендована до друку 3.10.12

Березюк Олег Володимирович — доцент кафедри хімії та безпеки життєдіяльності.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця