

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 628.4.03

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВПЛИВУ НА ШЛЯХИ ПОВЕДІНКИ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

О. В. Березюк

Виявлено параметри, які впливають на шляхи поведінки з твердими побутовими відходами в різних країнах світу. Запропоновано математичну модель прогнозування процентних часток основних шляхів поводження з твердими побутовими відходами в різних країнах світу.

Выявлены параметры, которые влияют на пути обращения с твердыми бытовыми отходами в разных странах мира. Предложена математическая модель прогнозирования процентных долей основных путей обращения с твердыми бытовыми отходами в разных странах мира.

Revealed parameters, which influence upon way of address with hard domestic waste in different countries of world. Offered mathematical model of forecasting by percent shares of the main ways of address with hard domestic waste in different countries of world.

Вступ. Постановка проблеми

Щорічна маса утворення твердих побутових відходів (ТПВ) для розвинутих країн коливається в межах 350-800 кг на душу населення. У цих країнах поширені такі шляхи поведінки з ТПВ: захоронення на полігонах та сміттєзвалищах, спалювання з використанням енергії, компостування, повторне використання, біомеханічна обробка. Згадані методи поведінки з ТПВ потребують застосування цілого комплексу різноманітних машин та обладнання у величезних кількостях. Тому прогнозування процентних часток основних шляхів поведінки з ТПВ для різних країн з метою визначення потреби у машинах та обладнанні для поведінки з ТПВ є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень

В роботах авторів [1, 2] наводяться статистичні дані щодо шляхів поведінки з ТПВ в різних країнах світу. Вартість спалювання та захоронення ТПВ у різних країнах порівнюють автори [3]. Вони також стверджують, що в останні роки відсоток ТПВ, які спалюються, має тенденцію до значного зниження. Однак конкретних залежностей, які б описували прогнозування шляхів поведінки з ТПВ, в результаті аналізу відомих публікацій, нами виявлено не було.

Формулювання мети досліджень

Мета роботи – побудова математичних моделей прогнозування процентних часток основних шляхів поведінки з ТПВ для різних країн з метою визначення потреби у машинах та обладнанні для поведінки з ТПВ.

Виклад основного матеріалу

Найбільш поширеними серед відомих шляхів поведінки з ТПВ є захоронення на полігонах сміттєзвалищах та спалювання з використанням енергії. Основними параметрами, які впливають на шляхи поведінки з ТПВ є такі: густина населення країни, величина валового внутрішнього продукту (ВВП) на душу населення, співвідношення витрат на спалювання та захоронення ТПВ [1-3], значення яких наведено в табл. 1. Порівняно із абсолютними параметрами, відносні – дозволяють порівнювати країни з різними рівнями розвитку економіки, кількістю населення та площами території. Отже, цільові функції – процентні частки ТПВ, що захоплюються $P_{зах}^{ТПВ}$ та спалюються $P_{спал}^{ТПВ}$ можна подати як функції трьох аргументів

$$\Pi_{зах}^{ТПВ}, \Pi_{спал}^{ТПВ} = f\left(\frac{n_n}{S_{кр}}, \frac{ВВП}{n_n}, \frac{B_{спал}}{B_{зах}}\right), \quad (1)$$

де $n_n/S_{кр}$ – густина населення, осіб/км²;
 $ВВП/n_n$ – ВВП на душу населення, тис. \$/осіб;
 $B_{спал}/B_{зах}$ – співвідношення витрат на спалювання $B_{спал}$ та витрат на захоронення $B_{зах}$ ТПВ;
 n_n – кількість населення країни, осіб;
 $S_{кр}$ – площа території країни, км².

Таблиця 1

Статистичні дані щодо шляхів поведінки з ТПВ в різних країнах світу та факторів впливу

Країна	Шляхи управління ТПВ, %		Фактори впливу		
	Захоронення	Спалювання з використанням енергії	Густина населення, осіб/км ²	ВВП на душу населення, тис. \$/осіб	Співвідношення витрат на спалювання/захоронення ТПВ
Великобританія	86,2	5,7	247	46,432	2,261
Данія	5,3	54,3	126,4	34,7	2,058
Ірландія	90,3	–	60,3	43,6	1,5
Іспанія	74,6	21,0	79,7	35,557	2,182
Нідерланди	13,1	36,6	394	51,657	2,378
Німеччина	30,2	12,3	230	40,415	2,185
Норвегія	59,0	17,0	12	72,306	1,255
США	57	15	31	46,954	1,5
Фінляндія	65,2	3,0	16	36,217	2,182
Франція	40,3	28,6	114	45,858	3
Швеція	34	56	21,9	55,427	1

Після обробки даних наведених в табл. 1 за допомогою методу найменших квадратів отримано регресійні залежності процентних часток ТПВ, що захоронюються та спалюються у вигляді квадратичних регресійних моделей із ефектами взаємодій факторів 1-го та 2-го порядків

$$\begin{aligned} \Pi_{зах}^{ТПВ} = & 22,19 - 16,33 \frac{n_n}{S_{кр}} - 6,546 \frac{ВВП}{n_n} + 49,94 \frac{B_{спал}}{B_{зах}} + 0,4575 \frac{n_n}{S_{кр}} \frac{ВВП}{n_n} + 6,267 \frac{n_n}{S_{кр}} \frac{B_{спал}}{B_{зах}} + \\ & + 2,319 \frac{ВВП}{n_n} \frac{B_{спал}}{B_{зах}} - 0,178 \frac{n_n}{S_{кр}} \frac{ВВП}{n_n} \frac{B_{спал}}{B_{зах}} - 1,549 \cdot 10^{-3} \left(\frac{n_n}{S_{кр}}\right)^2 + 0,0282 \left(\frac{ВВП}{n_n}\right)^2 - 7,993 \left(\frac{B_{спал}}{B_{зах}}\right)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{спал}^{ТПВ} = & -18,31 + 16,93 \frac{n_n}{S_{кр}} + 6,346 \frac{ВВП}{n_n} - 50,59 \frac{B_{спал}}{B_{зах}} - 0,3673 \frac{n_n}{S_{кр}} \frac{ВВП}{n_n} - 7,728 \frac{n_n}{S_{кр}} \frac{B_{спал}}{B_{зах}} - \\ & - 4,475 \frac{ВВП}{n_n} \frac{B_{спал}}{B_{зах}} + 0,1722 \frac{n_n}{S_{кр}} \frac{ВВП}{n_n} \frac{B_{спал}}{B_{зах}} - 1,224 \cdot 10^{-3} \left(\frac{n_n}{S_{кр}}\right)^2 + 1,668 \cdot 10^{-3} \left(\frac{ВВП}{n_n}\right)^2 + 52,03 \left(\frac{B_{спал}}{B_{зах}}\right)^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Середньоквадратичні відносні похибки для рівнянь (2) та (3) склали 3,701 % та 0,073 % відповідно, що свідчить про адекватність отриманих регресійних моделей.

Аналіз моделей (2) та (3) показує, що найбільший вплив на процентні частки ТПВ, що захоронюються та спалюються має густина населення $n_n/S_{кр}$, а найменший – співвідношення витрат на спалювання та захоронення ТПВ $B_{спал}/B_{зах}$.

Наявність додатного знака для квадратичного ефекту $ВВП/n_n$ свідчить про те, що при подальшому зростанні $ВВП/n_n$ подальше зменшення значення цільової функції (2) носитиме затухаючий характер, а наявність від’ємного знака для квадратичного ефекту $B_{спал}/B_{зах}$ свідчить про те, що при подальшому зростанні $B_{спал}/B_{зах}$ подальше збільшення значення цільової функції (2) носитиме затухаючий характер. Наявність від’ємного знака для квадратичного ефекту $n_n/S_{кр}$ свідчить про те, що при подальшому зростанні $n_n/S_{кр}$ подальше збільшення значення цільової

функції (3) носитиме затухаючий характер, а наявність додатного знака для квадратичного ефекту $B_{спал}/B_{зах}$ свідчить про те, що при подальшому зростанні $B_{спал}/B_{зах}$ подальше зменшення значення цільової функції (3) носитиме затухаючий характер.

При цьому мають місце усі можливі ефекти взаємодії 1-го порядку: при збільшенні кожного множника згаданих ефектів значення цільової функції (2) зростає, а цільової функції (3) спадає. В той же час, збільшення кожного множника ефекту взаємодії 2-го порядку призводить до зменшення значення цільової функції (2) та до збільшення значення цільової функції (3).

На рис. наведено порівняння фактичних та теоретичних даних процентних часток ТПВ, що захоронюються та спалюються для різних країн, ранжованих в порядку спадання. Як видно із рис. теоретичні процентні частки ТПВ, що захоронюються та спалюються для різних країн, розраховані за допомогою регресійних моделей (2) та (3), несуттєво відрізняються від фактичних даних, що свідчить про високу точність отриманих залежностей.

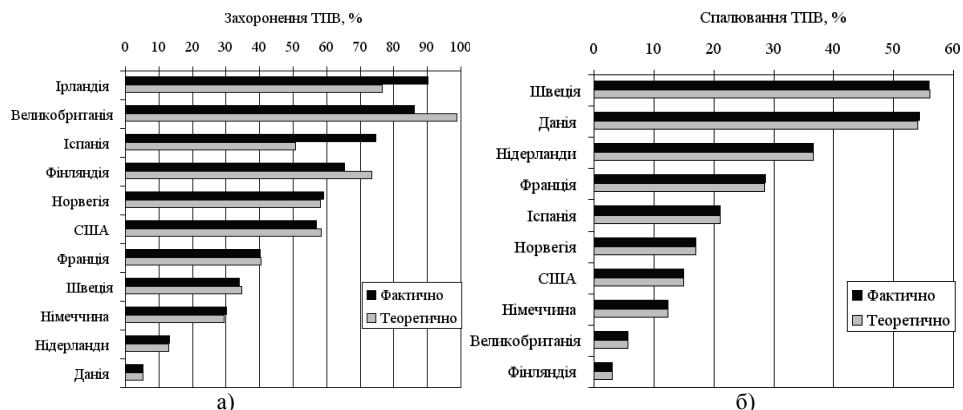


Рис. 1. Порівняння фактичних та теоретичних даних процентних часток ТПВ, що захоронюються (а) та спалюються (б) в різних країнах

Отримані регресійні моделі прогнозування процентних часток ТПВ, що захоронюються та спалюються для різних країн можуть бути використаними для визначення потреби у машинах та обладнанні для поведінки з твердими побутовими відходами.

Висновки

- Виявлено, що на процентні частки твердих побутових відходів, що захоронюються та спалюються впливають такі параметри: густина населення країни, величина валового внутрішнього продукту на душу населення, співвідношення витрат на спалювання та захоронення відходів.
- Запропоновано математичні моделі прогнозування процентних часток твердих побутових відходів, що захоронюються та спалюються для різних країн у вигляді квадратичних регресій із ефектами взаємодій 1-го та 2-го порядків, які можуть бути використані для визначення потреби у машинах та обладнанні для поведінки з твердими побутовими відходами.

Використана література

1. Орлова Т. А. Экологическая оценка земельных участков, занятых объектами отходов / Т. А. Орлова // Містобудування та територіальне планування. – С. 167-180.
2. Масленников А. Ю. Характеристика твердых бытовых отходов / А. Ю. Масленников // Отраслевой портал ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ. – Режим доступа: <http://www.recyclers.ru>.
3. Черп О. М. Проблема твердых бытовых отходов: комплексный подход / Олег Черп, Вадим Виниченко // Эколайн-Ecologia. – 1996. – С. 18. – Режим доступа: <http://www.ecolife.org.ua/education/apress/tbo/g11.php>.

Березюк Олег Володимирович – к.т.н., доцент кафедри безпеки життєдіяльності Вінницького національного технічного університету.