

ВСТАНОВЛЕННЯ РЕГРЕСІЙ ПАРАМЕТРІВ ЗАХОРОНЕННЯ ВІДХОДІВ ТА ПОТРЕБИ В УЩІЛЬНЮВАЛЬНИХ МАШИНАХ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ «REGANALIZ»

¹Вінницький національний технічний університет

Визначено параметри, від яких залежать площа полігона та збір за розміщення твердих побутових відходів. Розроблено та зареєстровано комп'ютерну програму «RegAnaliz» для регресійного аналізу парних залежностей. Отримано необхідні для розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з твердими побутовими відходами регресійні залежності площі полігона та збору за їхнє розміщення від основних параметрів впливу.

Ключові слова: комплекс машин та обладнання для поводження з твердими побутовими відходами, стратегія поводження з твердими побутовими відходами, регресійний аналіз, парна регресія.

Вступ

Річний об'єм твердих побутових відходів (ТПВ), що утворюються в населених пунктах України складає, понад 46 млн. м³ [1], основна кількість яких захоронюється на 4530 полігонах та сміттєзвалищах площею майже 7,7 тис. гектарів та лише частково переробляється або утилізуються на сміттєспалювальних заводах. Тільки за 1999—2007 рр. загальна площа полігонів та сміттєзвалищ в Україні збільшилась в 2,5 рази. Також більше ніж в 2,5 рази зросла площа перевантажених та тих полігонів і сміттєзвалищ, що не відповідають нормам екологічної безпеки. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 303 [2] нормативи грошового збору за розміщення відходів суттєво залежать від класу їхньої небезпеки. Постанова Кабінету Міністрів України № 265 [3] заклала основні засади для розробки Національної стратегії поводження з ТПВ в Україні. На відміну від високорозвинутих країн, де широко поширені сучасні технології переробки та утилізації ТПВ, в Україні 96,5 % відходів захоронюються на полігонах та сміттєзвалищах, і, враховуючи теперішній стан вітчизняної економіки, в короткотерміновій перспективі кардинальна зміна цього становища виглядає малоімовірною. А тому раціональна організація таких полігонів ТПВ, що забезпечують захист атмосферного повітря та водних об'єктів від забруднення, замість перевантажених полігонів і сміттєзвалищ, що не відповідають нормам екологічної безпеки, паралельно з поступовим впровадженням прогресивних методів поводження з відходами не втрачатиме актуальність, на нашу думку, ще деякий час. Тому визначення регресійних залежностей площі полігона та збору за розміщення твердих побутових відходів від основних параметрів впливу з метою розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ, є актуальною науково-технічною задачею.

Автор [4] наводить дані щодо необхідної площі ділянки полігона ТПВ і господарської зони залежно від висоти (глибини) та чисельності обслуговуваних жителів. В роботі [5] наведено регресійні залежності, які дозволяють описувати динаміку зміни площі полігонів та сміттєзвалищ в Україні, а в роботі [6] запропонована математична модель прогнозування процентних часток ТПВ, що захоронюються в різних країнах. В статті [7] визначено регресійну залежність витрат на захоронення ТПВ від рівня доходів населення. Однак конкретних математичних залежностей площі полігона та збору за розміщення ТПВ від основних параметрів впливу, в результаті аналізу відомих публікацій, нами не виявлено.

Метою дослідження є визначення регресійних залежностей площі полігона та збору за розміщення ТПВ від основних параметрів впливу для розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ.

Основна частина

У табл. 1 показані дані щодо необхідної площі ділянки полігона ТПВ і господарської зони залежно від висоти (глибини) та чисельності обслуговуваних жителів. На основі даних табл. 1 планувалось отримати парні регресійні залежності площі полігона захоронення ТПВ від їхньої висоти (глибини) складування для різної чисельності обслуговуваного населення.

Таблиця 1

Орієнтовна площа полігона ТПВ для терміну експлуатації 15 років [4]

Середня чисельність обслуговуваного населення, тис. осіб	Площа полігона ТПВ, га, для висоти (глибини) складування ТПВ, м			
	25	35	45	60
250	17	13,5	—	—
500	31	23	20	—
750	45	34	26	—
1000	80	60	46	40

Відповідно до [2] існує чотири класи небезпеки відходів, ступені небезпечності та норматив збору за розміщення, які наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Нормативи збору за розміщення відходів

Клас небезпеки відходів	Ступінь небезпечності відходів	Норматив збору, грн/т
I	надзвичайно небезпечні	55
II	високо небезпечні	2
III	помірно небезпечні	0,5
IV	мало небезпечні	0,2

На основі даних табл. 2 планувалось отримати парну регресійну залежність нормативу збору за розміщення відходів від їхнього класу небезпеки.

Регресії проводились на основі лінеаризувальних перетворень, які дозволяють звести нелінійну залежність до лінійної. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювалась методом найменших квадратів за допомогою розробленої комп'ютерної програми «RegAnaliz», яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір [8]. Загальний вигляд діалогового вікна програми наведено на рис. 1.

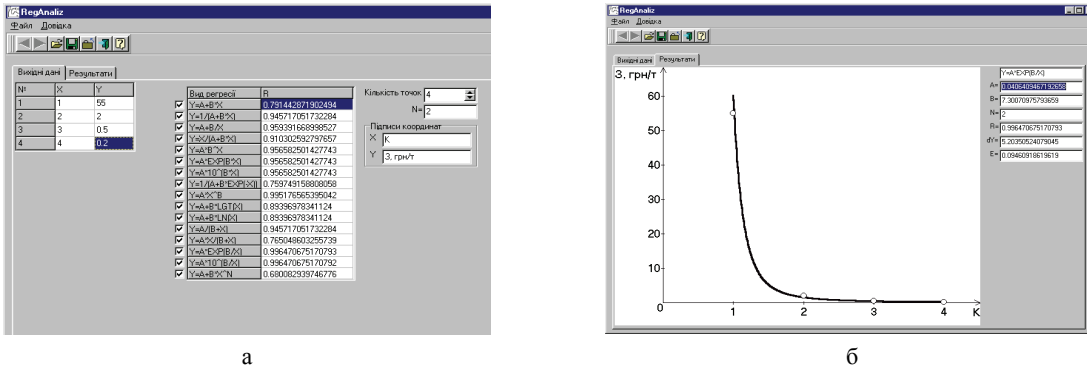


Рис. 1. Загальний вигляд діалогового вікна програми «RegAnaliz»: а — вихідні дані; б — результати

Програма «RegAnaliz» дозволяє проводити регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором кращого виду функції із 16 найпоширеніших варіантів за критерієм максимального коефіцієнту кореляції зі збереженням результатів в форматі MS Excel (рис. 2) та Vitmar.

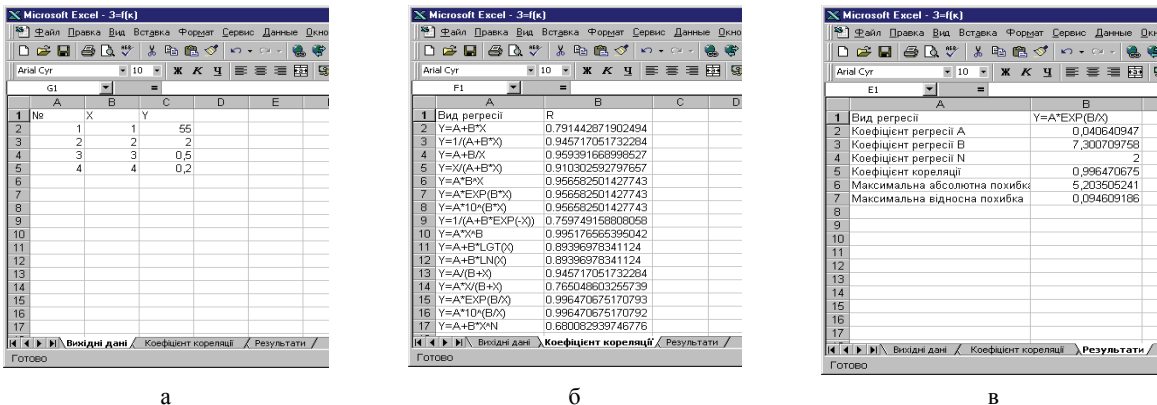


Рис. 2. Збереження результатів роботи програми «RegAnaliz» в книзі MS Excel: а — вихідні дані; б — коефіцієнти кореляції; в — результати

Результати регресійного аналізу наведені в табл. 3, де сірим кольором позначено комірки з максимальними значеннями коефіцієнта кореляції R для кожної із парних регресій.

Таблиця 3

Результати регресійного аналізу

№	Вид регресії	Коефіцієнт кореляції R для парних регресій						
		$S = f(h)$				$a = f(n)$	$b = f(n)$	$z = f(K)$
		$n = 250$	$n = 500$	$n = 750$	$n = 1000$			
1	$y = a + bx$	0,99587	0,99587	0,99587	0,94558	0,96467	0,97893	0,79144
2	$y = 1/(a + bx)$	0,99782	0,99782	0,99782	0,98390	0,91092	0,95814	0,94572
3	$y = a + b/x$	0,99737	0,99737	0,99737	0,99582	0,89884	0,97357	0,95939
4	$y = x/(a + bx)$	1,00000	0,99999	0,99998	0,99813	0,94576	0,95300	0,91030
5	$y = ab^x$	0,99992	0,99992	0,99992	0,96830	0,94486	0,98747	0,95658
6	$y = ae^{bx}$	0,99992	0,99992	0,99992	0,96830	0,94486	0,98747	0,95658
7	$y = a \cdot 10^{bx}$	0,99992	0,99992	0,99992	0,96830	0,94486	0,98747	0,95658
8	$y = 1/(a + be^{-x})$	1,00000	0,93166	0,83116	0,78313	0,58488	0,64636	0,75975
9	$y = ax^b$	0,99750	0,99750	0,99750	0,99109	0,89598	0,96282	0,99518
10	$y = a + b \lg x$	0,99997	0,99997	0,99997	0,98011	0,94309	0,99221	0,89397
11	$y = a + b \ln x$	0,99997	0,99997	0,99997	0,98011	0,94309	0,99221	0,89397
12	$y = a/(b + x)$	0,99782	0,99782	0,99782	0,98390	0,91092	0,95814	0,94572
13	$y = ax/(b + x)$	1,00000	0,99993	0,97377	0,98543	0,75475	0,82020	0,76505
14	$y = ae^{b/x}$	1,00000	0,99909	0,98865	0,99463	0,82953	0,91206	0,99647
15	$y = a \cdot 10^{b/x}$	1,00000	0,99909	0,98865	0,99463	0,82953	0,91206	0,99647
16	$y = a + bx^{n-2}$	1,00000	0,94311	0,98504	0,89800	0,96033	0,93900	0,68008

Отже, за результатами регресійного аналізу на основі даних табл. 1 та табл. 2, як адекватніші, остаточно прийняті такі регресійні залежності:

$$S_{250} = \frac{h}{0,1122h - 1,334}; \quad (1)$$

$$S_{500} = \frac{h}{0,07218h - 1}; \quad (2)$$

$$S_{750} = \frac{h}{0,05876h - 0,9514}; \quad (3)$$

$$S_{1000} = \frac{h}{0,0345h - 0,5795}; \quad (4)$$

$$z = 0,04064e^{\frac{7,301}{K}}; \quad (5)$$

де S — орієнтовна площа полігона ТПВ, га; h — висота (глибина) складування ТПВ, м; z — норматив збору за розміщення відходів, грн/т; K — клас небезпеки відходів.

Рівняння регресії (1)–(4) в загальному вигляді можна записати так:

$$S = \frac{h}{b(n)h - a(n)}, \quad (6)$$

де a , b — коефіцієнти регресії; n — середня чисельність обслуговуваного населення, тис. осіб.

За допомогою додаткового регресійного аналізу визначено коефіцієнти регресії a та b як функції від середньої чисельності обслуговуваного населення n

$$a = 1,56 - 9,614 \cdot 10^{-4}n; \quad (7)$$

$$b = 0,4083 - 0,05366 \ln n. \quad (8)$$

Під час визначення величини збору за розміщення ТПВ за допомогою рівняння регресії (5) потрібно також враховувати поправочні коефіцієнти, які враховують зону розміщення полігона ТПВ та обумовлюють місця для складування ТПВ, відповідно до [2]. Вказані коефіцієнти суттєво впливають на вартість розміщення ТПВ на полігонах та сміттєзвалищах.

Отже, після підстановки функцій (7, 8) в рівняння (6) та урахування поправочних коефіцієнтів рівняння регресій площі полігона та вартості захоронення ТПВ остаточно виглядають так:

$$S = \frac{h}{(0,4083 - 0,05366 \ln n)h + 9,614 \cdot 10^{-4} n - 1,56}; \quad (9)$$

$$Z = 0,04064 k_1 k_2 e^{\frac{7,301}{K}}, \quad (10)$$

де k_1 — коефіцієнт, який встановлюється в залежності від зони розміщення відходів у навколишньому середовищі ($k_1 = 3$ в адміністративних межах населених пунктів або на відстані менше 3 км, $k_1 = 1$ за межами населених пунктів); k_2 — коефіцієнт, який встановлюється в залежності від характеру місця розміщення відходів ($k_2 = 1$ для спеціально створених місць складування (полігонів), що забезпечують захист атмосферного повітря та водних об'єктів від забруднення; $k_2 = 3$ для звалищ, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря та водних об'єктів).

За відомою площею полігона S , потреба в бульдозерах на виконання технологічних операцій ущільнення ТПВ на карті полігона, згідно з [9], може бути визначена за формулою

$$N_6 = \frac{2S\rho_6}{v_6 K_b b_6 T \rho d}, \quad (11)$$

де ρ_6 — щільність ТПВ після 3-х проїздів бульдозера, кг/м³ (670 кг/м³ при ущільненні шару ТПВ висотою 0,5 м); v_6 — експлуатаційна швидкість бульдозера, м/год (до 3 км/год); K_b — коефіцієнт використання бульдозера (за зміну) за часом (0,7...0,75); b_6 — ширина смуги, що ущільнюється за 1 проїзд бульдозера, м; ρ — щільність ТПВ, що вивантажуються на полігоні, кг/м³; d — товщина шару ТПВ, що формується за один проїзд, м; T — тривалість робочої зміни, год (8 або 11,5 год).

На рис. 3 показано фактичні та теоретичні графічні залежності площі полігона та збору за розміщення ТПВ від основних параметрів впливу. Порівняння фактичних та теоретичних даних показало, що теоретичні площі полігона та збір за розміщення ТПВ, розраховані за допомогою регресій (9, 10), несуттєво відрізняються від фактичних даних, що підтверджує визначену раніше (див. табл. 3) високу точність отриманих залежностей.

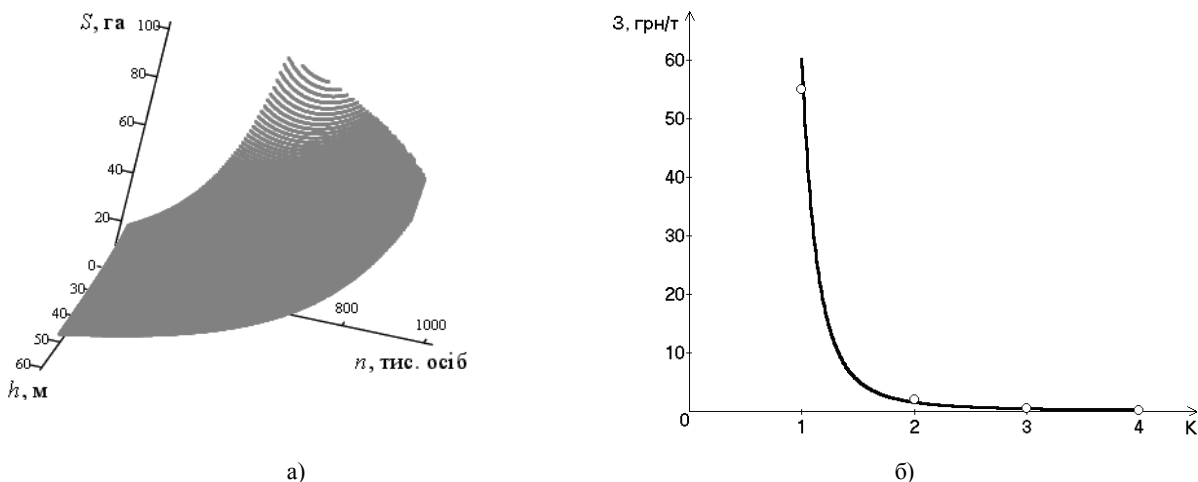


Рис. 3. Залежності: а — площі полігона; б — збору за розміщення твердих побутових відходів; \circ — фактичні; — — теоретичні

Як видно із рис. 3, зі збільшенням висоти (глибини) складування ТПВ та середньої чисельності обслуговуваного населення необхідна площа полігона ТПВ зростає за гіперболічно-логічнійною залежністю, а зі збільшенням класу небезпеки (зменшенні небезпечності) відходів нормативи

збору за їхнє розміщення спадають експоненціально, що економічно стимулюватиме запровадження процесів роздільного збирання та сортування ТПВ. Оскільки співвідношення (11) $N_6 = f(S)$ — лінійне, то потреба в машинах для ущільнення ТПВ зростатиме за гіперболічно-логіфімічною залежністю у разі збільшення висоти (глибини) складування ТПВ та середньої чисельності обслуговуваного населення.

Висновки

1. Розроблено та зареєстровано комп'ютерну програму «RegAnaliz», яка дозволяє проводити регресійний аналіз результатів однофакторних експериментів та інших парних залежностей із вибором кращого виду функції із 16 найпоширеніших варіантів за критерієм максимального коефіцієнта кореляції зі збереженням результатів в форматі MS Excel та Bitmap.

2. Визначено регресійні залежності площі полігона та збору за розміщення твердих побутових відходів від основних параметрів впливу, що можуть бути використаними під час розробки стратегії, комплексу машин та обладнання для поводження з ТПВ.

3. Встановлено, що зі збільшенням висоти (глибини) складування ТПВ та середньої чисельності обслуговуваного населення необхідна площа полігона ТПВ та потреба в машинах для їхнього ущільнення зростають за гіперболічно-логіфімічною залежністю, а зі збільшенням класу небезпеки (зменшенні небезпечності) відходів нормативи збору за їхнє розміщення спадають експоненціально, що економічно стимулюватиме запровадження процесів роздільного збирання та сортування ТПВ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Портал України з поводження з твердими побутовими відходами [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ukrwaste.com.ua>.
2. Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору : постанова № 303 / Кабінет міністрів України. 1 березня 1999 р.
3. Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами : постанова № 265 / Кабінет Міністрів України. 4 березня 2004 р.
4. Карлова О. А. Технології виробництва в міському господарстві : навч. посіб. / О. А. Карлова. — Харків : ХНАМГ, 2005. — 156 с.
5. Березюк О. В. Математичне моделювання прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : наук.-техн. зб. — 2009. — № 2. — С. 88—91.
6. Березюк О. В. Визначення параметрів впливу на шляхи поводження з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві : будівництві : наук.-техн. зб. — 2011. — № 2 (10). — С. 64—66.
7. Березюк О. В. Визначення регресійних залежностей витрат на управління твердими побутовими відходами від рівня доходів населення / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2012. — № 5. — С. 24—26.
8. Березюк О. В. Комп'ютерна програма «Регресійний аналіз» («RegAnaliz») / О. В. Березюк // Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 49486. — К. : Державна служба інтелектуальної власності України. — Дата реєстрації : 03.06.2013.
9. Полігони твердих побутових відходів. Основи проектування : ДБН В.2.4-2-2005. — [Чинний від 2006-01-01]. — К. : Держбуд України, Мінприроди України, 2005. — 35 с. — (Національні стандарти України).

Рекомендована кафедрою безпеки життєдіяльності ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 4.12.2013

Березюк Олег Володимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності, e-mail: berezyukoleg@yandex.ru.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. V. Bereziuk¹

DETERMINATION OF REGRESSIONS OF PARAMETERS OF WASTES DEPOSITION AND NEEDS FOR COMPACTING MACHINES ON BASE OF COMPUTER PROGRAM “REGANALIZ”

¹Vinnitsia National Technical University

Parameters on which depend the area of ground and the charge for placing hard domestic wastes are defined. The computer program "RegAnaliz" is developed and registered for the regressive analysis of pair dependences. Required under development of strategies, complex of machines and equipment for handling hard domestic wastes, regressive dependences of area to the ground and charge for their placing from the basic parameters of influence are received in the paper.

Keywords: complex of machines and equipment for handling hard domestic waste, strategy of handling hard domestic waste, regression analysis, pair regression.

Bereziuk Oleh V. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Emergency Management, e-mail: berezyukoleg@yandex.ru

О. В. Березюк¹

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕГРЕССИЙ ПАРАМЕТРОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ И ПОТРЕБНОСТИ В УПЛОТНЯЮЩИХ МАШИНАХ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ «REGANALIZ»

¹Вінницький національний технічний університет

Определены параметры, от которых зависят площадь полигона и сбор за размещение твердых бытовых отходов. Разработана и зарегистрирована компьютерная программа «RegAnaliz» для регрессионного анализа парных зависимостей. Получены, необходимые при разработке стратегии, комплекса машин и оборудования для обращения с твердыми бытовыми отходами, регрессионные зависимости площади полигона и сбора за их размещение от основных параметров влияния.

Ключевые слова: комплекс машин и оборудования для обращения с твердыми бытовыми отходами, стратегия обращения с твердыми бытовыми отходами, регрессионный анализ, парная регрессия.

Березюк Олег Владимирович — канд. тех. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, e-mail: berezyukoleg@yandex.ru