УДК 628.477
© 2014

Коцюба І. Г., кандидат технічних наук
Житомирський державний технологічний університет

МАТЕМАТИЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ УТВОРЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ У МІСТІ ЖИТОМИРІ

Рецензент – кандидат технічних наук В. В. Дорощенко

Вивчений практичний досвід поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) в Україні та розвинених країнах світу. Проаналізовано теоретико-методологічні підходи стосовно проведення аналізу процесів утворення ТПВ із урахуванням екологічних, соціальних і економічних факторів. Запропонована методика обсягу накопичення ТПВ дозволяє прогнозувати його утворення з урахуванням рівня соціально-економічних чинників та оцінений морфологічний склад ТПВ залежно від сезонів року для організації збирання та вивезення ТПВ м. Житомира. Створено науково-методичне забезпечення для прогнозування обсягів утворення ТПВ на території міста.

***Ключові слова**: математична модель, обсяг твердих побутових відходів, виробнича функція.*

Актуальність проблеми. Стрімке утворення значної кількості відходів – гостра проблема для всіх міст України, у тім числі для Житомира. До того ж у нашій країні відсутня єдина концепція її вирішення: чиимало перспективних методів знешкодження та переробки ТПВ стикаються з реальною проблемою впровадження через недостатню увагу й фінансування, а також відсутністю єдиної системи класифікації ТПВ. Протягом останніх років інтенсифікувалися дослідження з проблем регіональної екологічної безпеки, особливо в сфері поводження з ТПВ.

Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Значний вклад у вирішення цих проблем внесли, насамперед, такі провідні фахівці, як А. М. Трофімчук, В. Г. Петрук, А. Г. Шапар, А. М. Касимов, В. Т. Семенов, А. Н. Александров, А. М. Коваленко, М. С. Мальований, М. Д. Гомеля, В. Ю. Некос, А. І. Горова, А. В. Гриценко, Г. М. Франчук, В. М. Шмандій та інші.

У зв'язку зі зростанням міського населення все більшого значення набуває проблема вивезення відходів на далеку відстань. На сьогодні однією з основних причин екологічно небезпечної ситуації в окремих регіонах України є недосконаліть системи збирання й транспортування твердих побутових відходів (ТПВ), яка потребує вдосконалення та постійної адаптації до зростання кількості й різноманітності побутових відходів унаслідок збільшення чисельності міського населення, підвищення добробуту, зміни обсягу житлового фонду, роздрібної торгівлі та виробництва [1, 3].

Програма соціального розвитку, поліпшення житлових умов, зростання міського населення в нових житлових мікрорайонах і збільшення ризику епідеміологічних спалахів інфекційних захворювань населення вимагають поліпшення якості послуг у розширенні сфери поводження з ТПВ [3].

Установлено, що нинішня система поводження з ТПВ в Україні, особливо в м. Житомирі, не відповідає сучасним вимогам і потребує вдосконалення. Аналіз використання вторинних ресурсів в Україні, здійснений за допомогою системи показників, свідчить про наявність тенденції до зростання рівня використання макулатури, пластмаси, склобою та брухту, а також можливостей підвищення показників використання вторинних ресурсів через залучення до утилізації значних обсягів ТПВ.

Мета і завдання досліджень. *Метою* даної роботи є вдосконалення процесів технологічних схем збирання і транспортування твердих побутових відходів, що дозволить суттєво зменшити антропогенне й техногенне навантаження на довкілля регіону.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі *завдання*:

1. Провести аналіз основних аспектів ефективного збирання та безпечного транспортування твердих побутових відходів.

2. Визначити залежності між обсягами накопичення ТПВ та екологічними, соціально-економічними чинниками й спрогнозувати обсяги утворення твердих побутових відходів на території міста.

Методика досліджень. Оскільки місто Житомир – населений обласний пункт, його можна розглядати як об'єкт, який утворює ТПВ (по аналогії з підприємством, яке виготовляє продукцію). Це дає можливість розробити математичну модель на основі виробничих функцій для ви-

значення об'ємів ТПВ.

Мета побудови функції полягає в прогнозуванні об'єму утворення ТПВ у регіональній соціально-природо-економічній системі.

Проведений системний аналіз процесу накопичення ТПВ в місті Житомир дав можливість виявити залежність їх структури й об'ємів від основних показників (чинників). Із-поміж безлічі чинників були вибрані найбільш значимі, що істотно впливають на утворення обсягу ТПВ. Вибір досліджуваних чинників ґрунтується на нижченаведених вихідних положеннях. Під контроль брали ті чинники, які суттєво впливали на вихід досліджуваного об'єкта. Якщо число чинників достатньо велике, то слід вдатися до відсіювання неістотних чинників. Однак необхідно пам'ятати, що виключення з обліку істотного чинника досить негативно позначиться на результатах дослідження. Чинники бувають кількісні й якісні. Кількісні чинники повинні піддаватися точному виміру. Точність виміру чинника має бути не менше ніж на порядок вищою за точність виміру виходу об'єкта. Для якісних чинників може бути побудована умовна порядкова шкала. Чинники мають бути взаємно незалежними.

Це означає, що зміна одного чинника не повинна супроводжуватися зміною інших чинників. Кожний із факторів повинен бути однозначно визначеним. Це означає, що фактор – як параметр будь-якої природи – повинен безпосередньо впливати на об'єкт.

Отже, на об'єм утворення ТПВ у місті впливають безліч розглянутих раніше факторів, кількість яких обмежимо найбільш значними [1, 3].

Передусім необхідно враховувати чисельність населення (c_n, тис. чол). Тут існує пряма залежність: чим більше жителів населеного пункту, тим більший обсяг ТПВ. Окрім того існує вплив чисельності жителів на питомий обсяг ТПВ через відмінності рівня споживання.

Обсяг житлового фонду (g_f, тис. м^2), як показник розвиненості населеного пункту, так само є чинником впливу. Підтвердженням цього служать вимоги нормативних документів, що регламентують оплату населенням послуг із вивезення ТПВ не за кількістю проживаючих у квартирі, а за її метражем.

У якості значного фактора необхідно вказати оборот роздрібної торгівлі, включаючи громадське харчування, де утворюється істотна частка ТПВ (r_t, млн грн).

В якості факторів, що характеризують розвиток суспільства і добробут населення, прийняті: обсяг виробленої промислової продукції (p_v, млн грн) та грошові доходи населення (d_n, млн грн).

Результати дослідження. На основі статистичних даних [2] середньорічної чисельності населення міста в цілому й адміністративно-територіальних одиниць зокрема були отримані апроксимуючі поліноміальні залежності. Як приклад розглянуто місто в цілому (див. рис.). Аргументом для цього і наступних графіків, а також залежності, використовується різниця y = G - 2008, де G – рік. Так, наприклад, значенням y = -2 відповідає y = 2006, а значенню y = 2 відповідає G = 2010. Тобто, за нуль прийнятий 2008 рік. Це дало змогу зменшити величини коефіцієнтів у формулах.

Статистичні дані по місту в цілому можуть бути добре апроксимовані (коефіцієнт детермінації R^2 = 0,77) поліноміальної залежністю:

$$c_n = 0{,}0161y^2 - 0{,}4884y + 272{,}27 \quad (1)$$

Із залежності видно, що населення міста постійно знижується, що вказує на несприятливу демографічну ситуацію.

Аналіз статистичних даних [2] за об'ємом житлового фонду дозволив отримати наступну залежність. Наявні статистичні дані можна апроксимувати наступною залежністю для м. Житомира ($R^2 = 0{,}99$):

$$g_f = 0{,}0009\,y^2 + 0{,}1423\,y + 33{,}07 \quad (2)$$

Із цього можна зробити висновок, що об'єм житлового фонду, незважаючи на зменшення чисельності населення, збільшується.

Статистичні дані [2] за об'ємом роздрібної торгівлі, включаючи громадське харчування, представлені нижче. На основі цих даних отримана апроксимуюча залежність для м. Житомира ($R^2 = 0{,}96$): $r_n = -18{,}721y^2 + 286{,}94y + 1824{,}5$ (3)

На підставі цього можна дійти висновку, що об'єм роздрібної торгівлі, включаючи громадське харчування, найближчим часом зросте.

Статистичні дані по обсягу промислового виробництва можна апроксимувати наступною залежністю м. Житомира ($R^2 = 0{,}96$):

$$p_v = 958{,}83y + 8723{,}6 \quad (4)$$

Таким чином, можна зробити висновок, що останнім часом є істотне зростання обсягу промислового виробництва і така тенденція збережеться на найближчу перспективу. Статистичні дані [2] по доходах населення м. Житомира характеризують рівень життя. Наявні статистичні дані по грошових доходах апроксимуються наступною залежністю для м. Житомира ($R^2 = 0{,}984$): $d_n = -68{,}449y^2 + 857{,}76\,y + 8267{,}8$ (5)

Робимо висновок, що останнім часом спостерігається стійкий ріст грошових доходів населення м. Житомира. Найближчим часом дана тенденція збережеться. Розглянемо питання про можливості заміни аргументів функції *m*.

Дані для побудови виробничої функції по м. Житомир

Фактори	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.
$c_п$, тис. чол	274,26	272,6	271,89	271,68	271,56	270,5	269,87	269,24
$g_ф$, тис. м^2	32,12	32,2	32,2	32,33	32,63	32,641	32,756	32,871
$p_р$, млн грн	6499,8	8414,8	9268,9	9688,2	9945,9	11213,2	12029,76	12846,32
$r_п$, млн грн	1042,1	1617,1	2119,2	2021,1	2117,8	2550,08	2805,62	3061,2
$d_п$, млн грн	960,96	969,12	987,44	907,84	982,88	989	1011	1017
$q_{тпв}$, м^3	1201,2	1211,4	1234,3	1134,8	1228,6	1234,7	1258,2	1264,7

У прогнозному періоді очікується відносно стабільний рівень технологічної заміни між факторами. Умовам поставленого режиму приблизно відповідає пропорційність граничної та середньої продуктивності факторів. У свою чергу, це означає, що еластичність заміни факторів можна прийняти за рівну одиниці. Так як на об'єм утворення ТПВ впливають неоднорідні фактори, то в якості основи для побудови математичної моделі вибирається функція, побудована за допомогою методу найменших квадратів.

Знаходили коефіцієнти моделі, за яких визначається найменше значення функції похибки. Для цього необхідно взяти похідні функції по кожному з аргументів і прирівняти їх до нуля, тоді можемо знайти оптимальні значення $a_1, a_2 \dots a_5$ і $e_1 \dots e_5$ при розв'язані системи з десяти рівнянь. У підсумку виходить залежність:

$$q = 1{,}56 \cdot n_n^{0{,}74} + 0{,}032 \cdot g_ф^{0{,}0042} + 0{,}6 \cdot p_n^{0{,}3} + 0{,}37\, t_n^{0{,}2} + 1{,}72 \cdot d_д^{0{,}94}.$$

Найбільший вплив на дану функцію мають доходи населення і майже ніякого впливу – житловий фонд (або приріст відходів).

Найбільшу кількість відходів можна прогнозувати на 2014 рік у найближчий перспективі.

Дані за фактичними, розрахунковим і прогнозованим обсягам ТПВ із 2006 по 2013 рр. для Житомира, як основної ланки відходотворного об'єкта, нижче представлені графічно (див. рис.). Як видно з графіка, залежність на основі прогнозних величин факторів показує зростання обсягів ТПВ в м. Житомирі.

У зв'язку з тим, що останній час зростають показники соціально-економічного розвитку країни в цілому і регіону зокрема, можна припустити, що в наступний період буде спостерігатися зростання обсягу утворення відходів.

Ступінь впевненості зростання показників соціально-економічного розвитку – висока. Збільшення обсягу ТПВ має здійснюватися за рахунок збільшення обсягу житлового фонду, істотного зростання показників роздрібної торгівлі та громадського харчування, зростання промислового виробництва, значного підвищення доходів. Зменшення чисельності постійного населення не має надати більшого впливу, ніж зазначені фактори.

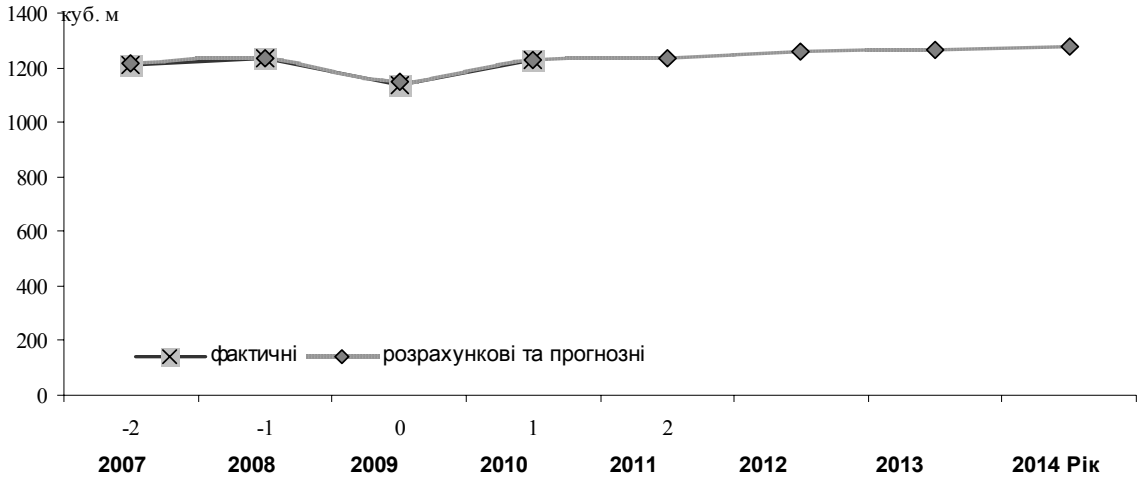

Рис. Результати розрахунків із використанням функції методу найменших квадратів

Найвагоміший вплив на утворення обсягу ТПВ міста мають доходи населення. Найбільшу кількість відходів можна прогнозувати на 2015 рік. Це пояснюється інтенсивною чисельністю населення й залежністю між рівнем життя і розвитку тих чи інших виробництв промисловості міста. Обмеженість ресурсів не дозволяє збільшити населення більше ніж у 1,5 разу в прогнозному періоді, тому можна вважати, що ефективність приросту цього ресурсу падає в силу його подальшого збільшення.

Висновки: 1. В організації й управлінні процесами обігу накопичення ТПВ міста не обмежувалися рамками окремого полігону, а розширили систему до кордонів конкретного регіону (місто Житомир). Таким чином, дослідили особливості факторів соціального, виробничого, економічного розвитку міста, що впливають на процес утворення ТПВ м. Житомир – динамічний регіон, що розвивається, з відносно хорошими для середньоукраїнського рівня показниками оцінки діяльності виробництва.

2. Статистичний аналіз звітних даних дав змогу виявити особливості соціального, виробничого, економічного розвитку міста, що впливають на процес утворення ТПВ.

3. Практичні й теоретичні положення моделі території міста та використання методу функцій найменших квадратів допомогли сформувати математичну модель прогнозування обсягів накопичення ТПВ у регіональній системі. Місто Житомир розглядається як об’єкт, що виробляє ТПВ; вхідними параметрами в систему є чисельність населення, обсяг житлового фонду, обсяг роздрібної торгівлі, обсяг промислового виробництва й грошові доходи громадян; вихідним параметром – об’єм утворення ТПВ населеного пункту. Запропонована методика прогнозування і модель міста дають можливість оперативно реагувати на соціально-економічні зміни в процесі організації вивезення ТПВ з м. Житомира.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Бытовые проблемы больших городов. Зарубежный опыт их использования. / [Куркин П.Ю., Ларионов В. Г., Скрыпников М. Н., Шершнев Е.С.]. – Москва, 2000. – 38 с.

2. Статистичний збірник. / Державний комітет статистики України, Головне управління статистики в Житомирській області. – Житомир, 2013. – 528 с.

3. Твердые бытовые отходы. Проблемы и решения. Технологии, оборудование. / [А. М. Касимов, В. Т. Семенов, А. Н. Александров, А. М. Коваленко]. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – 301 с.