

**І.В. Корнієнко**, канд. техн. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

**А.І. Кошма**, аспірант

Чернігівський центр перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників органів державної влади, органів місцевого самоврядування, державних підприємств, установ і організацій, м. Чернігів, Україна

### **ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЗАДАЧИ ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ МЕРЕЖІ ЗБОРУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

**И.В. Корниенко**, канд. техн. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

**А.И. Кошма**, аспирант

Черниговский центр переподготовки и повышения квалификации органов государственной власти, органов местного самоуправления, государственных предприятий, учреждений и организаций, г. Чернигов, Украина

### **ДЕКОМПОЗИЦИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ СЕТИ СБОРА БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

**Ihor Korniienko**, PhD in Technical Sciences

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

**Artem Koshma**, PhD student

Chernihiv Center for Retraining and Skills Employees of State Agencies, Local Governments, State Enterprises, Institutions and Organizations, Chernihiv, Ukraine

### **DECOMPOSITION OF THE ISSUE OF FORMATION OF THE SPACE SYSTEM OF THE NETWORK OF HOUSEHOLD WASTE DISPOSAL**

*Проведено аналіз факторів, що чинить вплив на проблему збирання екологічно небезпечних побутових відходів. Визначені групи чинників, що мають враховуватися під час формування просторової структури збирання відходів. Виконано постановку задачі геоінформаційного синтезу просторової структури мережі збору екологічно небезпечних побутових відходів.*

**Ключові слова:** екологічно небезпечні побутові відходи, просторова структура, мережа збирання відходів.

*Проведен анализ факторов, которые оказывают влияние на проблему сбора экологически опасных бытовых отходов. Определены группы факторов, которые должны учитываться при формировании пространственной структуры сбора отходов. Выполнена постановка задачи геоинформационного синтеза пространственной структуры сети сбора экологически опасных бытовых отходов.*

**Ключевые слова:** экологически опасные бытовые отходы, пространственная структура, сеть сбора отходов.

*The paper analyzes the factors that have an impact on the problem of collection of environmentally hazardous waste. The groups of factors that must be taken into account in the formation of the spatial structure of the collection. Formulation of the problem is made geoinformation synthesis of spatial network structure collection of environmentally hazardous waste.*

**Key words:** environmentally hazardous waste, spatial structure, a network of waste collection.

**Постановка проблеми.** Останніми десятиріччями в містах України спостерігається загострення проблеми утворення, накопичення і збирання множини різноманітних екологічно небезпечних відходів промислового і побутового характеру. Частково це пов'язано зі збільшенням обсягів споживання населенням різноманітної продукції, яка містить складові різного класу небезпеки, від хімічно активних (акумулятори і батарейки) до звичайно забруднюючих з великим терміном розкладення (поліетилен, пінополістирол, скло тощо). Більш докладно причини виникнення цієї ситуації в частині накопичення побутових відходів та заходи, що вживаються з цього питання в нашій державі й у світі, наведені у [1]. Слід зауважити, що особливостями України є низька культура поводження суспільства з побутовими відходами, відсутність обґрунтовано розташованих місць роздільного збирання побутових відходів та, зокрема, відсутність методичного обґрунтування до побудови системи збирання побутових відходів, що робить актуальним завданням формування просторової структури мережі збору побутових відходів. З урахуванням того, що елементами мережі є пункти збирання побутових відходів різного обсягу, маршрути вивезення, а також низькі різнопланові вимоги, що висувуються до місць розташування пунктів, то завдання формування просторової струк-

тури мережі збору побутових відходів набуває ознак системності, що у свою чергу вимагає її декомпозиції на складові.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У межах швейцарсько-українського проєкту «Підтримка децентралізації в Україні» DESPRO було проаналізовано матеріали проєкту «Планування інтегрованого поводження з ТПВ (ШТПВ) у Тульчинському районі Вінницької області (DESPRO, MGSDP)» (А. Артов – експерт DESPRO) [2].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Екологічні питання та протидія забрудненню довкілля за останні століття набули важливого значення у всьому світі. Серед найголовніших питань, присвячених охороні довкілля, є питання поводження з відходами, зокрема з твердими побутовими відходами (ТПВ), які накопичуються в містах та селах України й утворюють господарську та природоохоронну проблеми. На думку авторів, поряд з переробленням побутових відходів основною проблемою сьогодення є налагодження ефективного механізму роздільного збирання відходів у межах населеного пункту, який передбачає наявність певної просторово-розподіленої системи. Формування такої системи передбачає визначення і розгляду основних чинників, що впливають на просторову структуру системи, а також поетапного розв'язування відповідних часткових задач синтезу просторової структури.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є проведення аналізу факторів, що впливають на проблему збирання екологічно небезпечних побутових відходів. Визначити групи чинників, що мають враховуватися під час формування просторової структури збирання відходів. Виконати постановку задачі геоінформаційного синтезу просторової структури мережі збору екологічно небезпечних побутових відходів.

**Виклад основного матеріалу.** Ефективність функціонування системи збору побутових відходів визначається комплексом дій, що забезпечують своєчасний збір і вивезення в задалегідь визначені місця побутових відходів, що накопичуються в житлових і промислових кварталах. Сам процес збору в нормативній базі одержав термін «поводження з побутовими відходами», що визначається як дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення, сортування, зберігання, оброблення, перероблення, утилізацію, видалення, знешкодження і захоронення, включаючи контроль за цими операціями та нагляд за місцями видалення [3].

Сучасні підходи всього цивілізованого світу до поводження з побутовими відходами ґрунтуються на роздільному збиранні відходів різних типів для їх подальшого перероблення. Кількість типів відходів визначається розвиненістю перероблювальної інфраструктури. Економічне обґрунтування роздільного збору пов'язано з рентабельністю вторинного перероблення, підсиленою питаннями екологічної безпеки навколишнього середовища. Виходячи з цих міркувань, ефективною може вважатися така система збору побутових відходів, яка забезпечує роздільний збір побутових відходів з мінімальними витратами, причому обсяг зібраних відходів має забезпечувати рентабельність перероблювальних підприємств, тобто частка вторинної сировини в несортованих відходах, що вивозяться на сміттєзвалища, має бути мінімальною.

Очевидно, що за таким розумінням ефективності до системи збору побутових відходів висуваються вимоги щодо якості її функціонування і множини обмежувальних факторів. Аналіз методів і способів розв'язку подібних задач у розвинених країнах дозволяє визначити основні групи (сектори) чинників, які можна означити як обмежувальні фактори функціонування системи збирання та перероблення твердих побутових відходів, а саме екологічний, економічний і соціальний сектори. Розглянемо їх вплив на ефективність системи детальніше.

**Екологічний сектор.** Очевидно, що утворення відходів та подальші дії людини при поводженні з твердими побутовими відходами (особливо небезпечними відходами)

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

значним чином впливають на навколишнє природне середовище та екологію, що вимагає застосування системи спеціальних методів і засобів різних рівнів – від державного рівня до рівня громади.

Відповідно до ст. 1 Закону України «Про відходи» [3], де чітко дані визначення поняття відходів, поводження з ними тощо, дають можливість конкретизувати шкоду, яка завдається, та визначити спеціальні методи і засоби поводження з відходами. Відповідно до цього можна вважати, що екологічний фактор є ключовим. Для того, щоб наносити менше шкоди довкіллю, потрібно дотримуватись всіх вимог, державних санітарних правил та норм [4].

Наприклад, прийнятими нормативами встановлено, що для збирання та тимчасового зберігання твердих побутових відходів використовуються контейнери, які через довготермінове застосування та недосконалий механізм розвантаження деформуються та псуються. У більшості з наявних контейнерів для збирання ТПВ відсутні кришки, що призводить до підвищення вологості ТПВ, зумовлює прискорення процесів загнивання в теплий період року та примерзання їх до контейнерів у морозну погоду, у зв'язку з чим ускладнюється транспортування та стає практично неможливою подальше перероблення ТПВ. Отже, не дотримуючись встановлених правил і норм (що зазвичай і відбувається) спільноту наноситься значний негативний вплив довкіллю.

Відповідно до нашої задачі, вимогу до забезпечення чинників екологічного сектору можна записати умовою:

$$E \geq E_{\text{дон}}, \quad (1)$$

де  $E$  – узагальнений показник екологічної складової,  $E_{\text{дон}}$  – критерій екологічної безпеки. На сьогодні можна стверджувати, що діюча структура системи санітарного очищення населених пунктів недосконала та не забезпечує достатнього контролю за санітарним станом територій. Впровадження роздільного збирання ТПВ має супроводжуватись проведенням постійної агітаційної роботи щодо безпечного в санітарно-епідемічному та екологічному відношеннях поводження з ТПВ та необхідності свідомої активної участі усіх верств населення у впровадженні роздільного збирання компонентів ТПВ [5]. Для того, щоб впровадження роздільного збирання ТПВ задовольняло всі вимоги екологічної складової, потрібно дотримуватись всіх державних санітарних норм та правил утримання територій населених місць. Згідно з цими нормами [6] встановлюються вимоги до санітарного очищення територій населених місць, а також правила виконання робіт з належного прибирання об'єктів благоустрою та державного санітарно-епідеміологічного нагляду у сфері благоустрою населених пунктів і поводження з відходами. Ці обмеження можна звести до задачі лінійного програмування, яка в загальному матиме вигляд:

$$E = \{e_1 \leq e_1^0; e_2 \leq e_2^0; e_3 \leq e_3^0; \dots e_n \leq e_n^0\}, \quad (2)$$

де  $E$  – показник екологічної безпеки мережі,  $e_1; e_2; e_3; \dots e_n$  – часткові показники екологічної безпеки,  $e_1^0; e_2^0; e_3^0; \dots e_n^0$  – граничні величини дотримання санітарних норм.

**Економічний сектор.** Як зазначалося, успішність реалізації роздільного збору побутових відходів має залежність також і від економічної складової. Нині можна стверджувати, що використання застарілої техніки, устаткування і підходів до збору, перевезення твердих побутових відходів не є оптимальним (і навіть раціональним) і, відповідно, економічно обґрунтованими. Наприклад:

– технічна оснащеність не є достатньою, техніка застаріла і витратна та не відповідає європейським стандартам;

– відсутність контейнерів у місцях скупчення відходів;

- відсутність під'їздів до контейнерів зі сміттям;
- відсутність раціонального логістичного маршруту по збору сміття;
- низький тариф на вивезення ТПВ;
- відсутність баків потрібного стандарту, спеціально обладнаних майданчиків для цих баків;
- навченість обслуговуючого персоналу.

Серед перерахованих факторів знизити собівартість збирання відходів можна за рахунок кількості і раціонального розташування пунктів збору та оптимізації маршрутів руху сміттезбиральної техніки. У разі збільшення кількості точок збору та кількості баків необхідно враховувати місця розташування контейнерних майданчиків на об'єктах благоустрою населених пунктів, що визначаються у складі проектів будівництва житлових і громадських будівель і споруд, а для території садибної забудови – у складі проектів планів цих територій. Враховуючи систему збирання побутових відходів, на об'єктах благоустрою населених пунктів повинні бути обладнані спеціальні майданчики для розміщення контейнерів для зберігання побутових відходів (контейнерні майданчики) зі зручними під'їздами для сміттевозів [7], а також оптимізувати маршрути руху сміттезбиральної техніки.

Отже, для розв'язування нашої задачі ефективною буде вважатися просторова структура мережі збору, де мінімізуються витрати на збирання, тобто:

$$V \rightarrow V_{\min}, \quad (3)$$

де  $V$  – економічні витрати.

Для того, щоб ефективно мінімізувати витрати на збирання, потрібно чітко визначити технологічну схему роздільного збирання та заявлену кількість контейнерів для збору. Кількість контейнерів для збирання відходів як вторинної сировини та змішаних відходів визначають відповідно до обсягу надання послуг, визначеного на підставі відсоткового відношення компонентів, що входять до складу твердих побутових відходів, до загального об'єму ТПВ з урахуванням їх середньої щільності [5].

Загалом, рентабельність збирання відходів можна представити таким функціоналом:

$$V = \{V_s, V_p, V_k, V_t, V_z, V_y\}, \quad (4)$$

де  $V_s$  – прибуток від переробки вторинної сировини;

$V_p$  – облаштування пунктів збору;

$V_k$  – загальна вартість контейнерів,  $V_k = n_k v_k^i$ ,  $n_k$  – кількість контейнерів,  $v_k^i$  – вартість одного контейнера  $i$ -го типу;

$V_t$  – витрати на вивезення відходів з пунктів збору;

$V_z$  – оплата праці персоналу;

$V_y$  – тарифи на прибирання сміття.

**Соціальний сектор.** На цьому етапі розвитку українське суспільство не готове до раптового переходу до європейської манери поведження з ТПВ. На це є багато причин, такі як економічні, соціальні, екологічні, логістичні тощо. Організація чинників соціального сектору в нашій країні, на нашу думку, є найскладнішою проблемою, що пов'язано зі слабким соціальним вихованням. Відповідними програмами [3] передбачені певні напрями підвищення культури поведження з побутовими відходами, як-то:

- організація соціальної реклами тематичного напрямку про шкоду довкіллю, яку наносить неправильне поведження зі сміттям;
- створення тематичних передач у достатній кількості;

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

- впровадження у шкільну програму уроків про охорону довкілля та навчання молоді принципів роздільного збору сміття;
- підвищення соціальної активності населення у сфері поводження з ТПВ;
- зацікавлення у зменшенні відходів, вже починаючи з власного дому (розділяти відходи вже у себе дома);
- зацікавлення у здаванні відходів як вторинної сировини;
- запровадження ефективної системи контролю і штрафних санкцій тощо.

Проте для побудови просторової структури системи збору побутових відходів з урахуванням недосконалості нашого суспільства (що може виражатися в небажанні виносити відходи або їх роздільно збирати) необхідно мати кількісні показники щодо відсотка потенційно можливого роздільного збору відходів, віддаленості пунктів збору відходів від помешкань громадян, кількості типів відходів, які громадяни погодяться сортувати, та інші локальні чинники. На жаль, на сьогодні немає соціальних досліджень щодо зазначених кількісних характеристик, що описують основні правила та соціальну свідомість при поводженні з побутовими відходами. Тому для успішного вирішення завдання формування мережі просторової структури збирання та перероблення екологічно небезпечних відходів проведення такого дослідження буде необхідним, що дозволить сформулювати умови щодо кількості збираного сміття та певних характеристик віддаленості до контейнерів, кількості контейнерів, що в цілому можна узагальнити в певний показник  $S \leq S_{соц}$ , де  $S$  – граничні умови збирання, за яких збирання ТПВ є рентабельним (який може бути виражений відсотком від всього накопиченого сміття). Таким чином, умови соціального сектору також матимуть систему обмежень:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}, \quad (5)$$

де  $s_1, s_2, \dots, s_n$  – локальні чинники, що визначають доступність для населення місць розташування контейнерів, або умови, за яких буде здійснюватися роздільний збір ТПВ.

Отже, просторова структура мережі збирання побутових відходів формується з урахуванням обмежень системи чинників впливу трьох секторів: екологічного, економічного і соціального, при цьому цільову функцію запропонованої мережі можна записати як:

$$V \xrightarrow[\substack{S \leq S_{соц} \\ E \geq E_{дон}}]{\quad} V \min. \quad (6)$$

Така постановка задачі визначає досягнення мінімальної собівартості механізму збирання побутових відходів у разі дотримання всіх екологічних вимог і забезпечення роздільного збирання відходів на місцях не менше заданого.

Формування обмежень цільової функції та синтез просторової структури мережі збирання побутових відходів вимагає розгляду багатьох питань, від детальності дослідження яких залежить якісні і кількісні показники розв'язування цієї задачі. Виділимо найбільш істотні:

- визначення повного складу обмежень екологічного, економічного та соціального показників, а також їх нормативні та стохастичні характеристики;
- вибір й обґрунтування показників і критеріїв оптимальності просторового розташування елементів мережі збирання просторових відходів;
- розроблення математичної моделі процесу збирання побутових відходів;
- розроблення геоінформаційної моделі міста (району) з топологічною ув'язкою дорожньої мережі й елементів прибудинкових територій;
- перевірка принципової можливості розв'язування задачі синтезу просторової структури мережі збирання побутових відходів, відповідної до системи висунутих обмежень;

– розроблення методики геоінформаційного синтезу просторової структури мережі збирання побутових відходів;

– експериментальна перевірка оптимальності синтезованої структури мережі збирання побутових відходів.

**Висновки і пропозиції.** Формування за поставлених умов мережі збирання та переробки екологічно-небезпечних відходів забезпечить вирішення проблеми ефективного поводження з побутовими відходами в місті. Подальше дослідження, розв'язок даної наукової задачі полягає у деталізації і формалізації запропонованих часткових показників ефективності  $E$ ,  $S$ ,  $V$ .

#### Список використаних джерел

1. Корнієнко І. В. Стан і напрями розв'язування проблеми утилізації екологічно-небезпечних побутових відходів [Електронний ресурс] / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма. – Режим доступу : <http://www.chasopis.geci.cn.ua/nomer/2012/1/122-127.pdf>.

2. Артов А. Стратегія інтегрованого поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) в Тульчинському цільовому регіоні [Електронний ресурс] / А. Артов. – Режим доступу : <http://despro.org.ua/library/presentation/>.

3. Про відходи [Електронний ресурс] : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>.

4. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. ДСанПіН 2.2.7.029-99 : Державні санітарні правила та норми від 01.07.1999 № 29.

5. Про затвердження Методики роздільного збирання побутових відходів [Електронний ресурс] : Закон України від 01.08.2011 № 133. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1157-11>.

6. Про затвердження Державних санітарних норм та правил утримання територій населених місць [Електронний ресурс] : Закон України від 17.03.2011 № 145. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0457-11>.

7. Ігнатенко О. П. Побутові відходи – правила гри на ринку : практичний посібник / О. П. Ігнатенко. – К., 2012. – 200 с.

УДК 528.3

**С.Д. Крячок**, канд. техн. наук

**Л.С. Мамонтова**, ст. викладач

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

#### РОЗРОБЛЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОСТІЙНОЇ ПОПРАВКИ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДДАЛЕМІРІВ

**С.Д. Крячок**, канд. техн. наук

**Л.С. Мамонтова**, ст. преподаватель

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

#### РАЗРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОСТОЯННОЙ ПОПРАВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ

**Serhii Kriachok**, PhD in Technical Sciences

**Liudmyla Mamontova**, senior teacher

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

#### THE DEVELOPMENT OF A SPATIAL MATHEMATICAL MODEL OF A PERMANENT AMENDMENT OF ELECTRONIC RANGEFINDERS

Проведено аналіз наявних способів визначення постійної поправки електронних віддалемірів. Виокремлено два способи, які не потребують закріплення точок на місцевості та високоточного вимірювання відстаней між цими точками: з розташуванням середнього штатива поза створом та на різній висоті відносно двох крайніх штативів; з розташуванням штативів у створі та вимірюванням відстаней між ними у всіх можливих комбінаціях. Розробле-