

УДК 332.658

*О. В. Федоренко,
к. е. н., доцент кафедри економіки та управління,
Черкаський державний технологічний університет
Н. М. Соколенко,
старший викладач кафедри економіки та управління,
Черкаського державного технологічного університету, м. Черкаси*

ГЛОБАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО УСТАТКУВАННЯ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

*O. Fedorenko,
Ph.D., Associate Professor of Economics and Management Cherkasy State Technological University, Cherkasy
N. Socolenko,
Senior lecturer, Department of Economics and Management Cherkasy State Technological University, Cherkasy*

GLOBAL PROBLEMS OF RECYCLING OF THE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT'S WASTE AND THEIR RESOLVE

У роботі розглянуто глобальні проблеми накопичення електронних відходів, вирішення яких набуває все більшої актуальності із стрімким розвитком ІТ-технологій. Запропоновано розроблення стратегічного підходу, що передбачає вдосконалення та налагодження механізму торгівлі відходами електричного та електронного устаткування. Проаналізовано методичні підходи утилізації електронних відходів на основі використання зарубіжного досвіду, які використовуються для визначення обсягів відходів та дозволяють врахувати фази життєвого циклу електричного та електронного устаткування. Розглянуті методи базуються на використанні моделі "матеріального потоку", що описує відповідні типові операції та різних зацікавлених сторін процесу утилізації електричного та електронного устаткування. Застосування проаналізованих методів дозволяє організувати ефективне управління відходами електричного та електронного устаткування у вітчизняних умовах.

In this work, we consider the problem of global accumulation of electronic waste, the solution of which is becoming increasingly important with the rapid development of information technology. Proposed the development of strategic approach that involves the improvement and adjustment the mechanism of trade waste electrical and electronic equipment. Analysis of methodological approaches of recycling of electronic waste based on international experience, are used to determine the volume of waste and allow for the phases of the life cycle of electrical and electronic equipment. The methods based on the model "material flow", which describes the corresponding model operation and the various interested parties of waste electrical and electronic equipment. Application the methods allows for effective management of waste electrical and electronic equipment in domestic conditions.

Ключові слова: відходи, електричне та електронне устаткування, утилізація, методики утилізації електронних відходів.

Key words: waste, electrical and electronic equipment, recycling, electronic waste recycling methods.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогодні проблеми вичерпання природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища та утилізації відходів набувають глобальних масштабів. У результаті посилюються законодавчі вимоги, направлені на захист навколишнього середовища, що змінюють характер процесу розробки, виробництва, використання та утилізації матеріалів. Найбільш гостро постала проблема щодо ефективного використання електричного та електронного устаткування. Ця галузь характеризується постійним зростанням обсягів продукції у всьому

світі, коротким життєвим циклом і великою собівартістю. Матеріальний і енергетичний потенціали електронних відходів досить високі і можуть бути ефективно реалізовані в умовах виснаження первинних природних ресурсів. Вплив цих тенденцій на переробку та утилізацію відходів електричного та електронного устаткування залишається відкритим питанням для багатьох країн світу.

Сучасне суспільство продовжує споживати щорічно все більшу кількість електронних виробів, постійно збільшуючи обсяги відходів електричного та

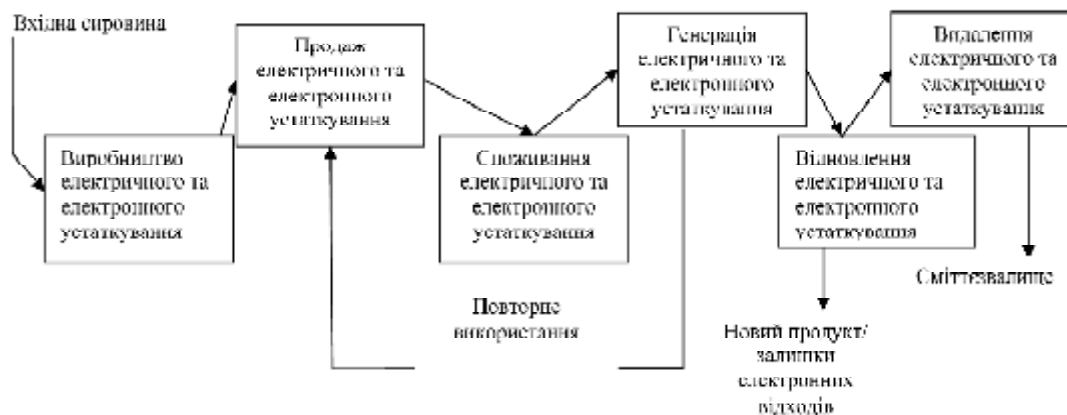


Рис. 1. Життєвий цикл електричного та електронного устаткування

електронного обладнання та спричиняючи все більшу шкоду довкіллю. В Україні, на жаль, практично не здійснюються заходи щодо утилізації відходів електричного та електронного устаткування, працює дуже мало спеціалізованих організацій, які займаються прийманням та переробкою електронних відходів. Ця ситуація є наслідком низького попиту на подібні послуги та невисокою рентабельністю подібної діяльності. Будь-яка система приймання електронних відходів від населення взагалі відсутня, проводяться лише окремі акції громадськими організаціями та волонтерами [1, с. 127].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблеми накопичення відходів електричного та електронного устаткування стали об'єктом дослідження Г. Виговської, Л. Абалкіна, А. Ганопольського, О. Богнара, О. Бента, О. Бондаря, Л. Філатова, В. Хомякова та ін. Результати досліджень методичних підходів утилізації відходів електричного та електронного устаткування містяться в роботах М. Carnegie, Н. Selin, Stacy D. Van Deveer, В. Choi, Н. Shin, В. Hikwama, М. Tekawa, S. Miyamoto та ін. Однак, слід зазначити, що в Україні вирішення глобальних економіко-екологічних проблем, пов'язаних з утворенням і накопиченням електронних відходів, є недостатньо вивченими.

МЕТОЮ СТАТТІ

Метою статті є дослідження глобальних проблем накопичення відходів електричного та електронного устаткування й визначення основних методичних підходів щодо їх утилізації.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

У глобальному світі розвиток держав став неможливим без застосування передових інформаційних технологій та засобів зв'язку. В Україні спостерігається стрімкий розвиток ІТ-інфраструктури, неодмінним атрибутом якого є постійне оновлення та модернізація апаратної складової для підтримання необхідного рівня інформаційних і телекомунікаційних систем, що викликає швидке моральне старіння існуючої техніки та сприяє утворенню значної кількості відходів електричного та електронного устаткування (ВЕЕУ) [1, с. 124].

Постає необхідність вирішення глобальних проблем накопичення відходів електричного та електронного устаткування. В роботі запропоновано розроблення стратегічного підходу, що передбачає вдосконалення та налагодження механізму торгівлі відходами електричного та електронного устаткування. Даний механізм включає три основні елементи: 1) матеріальний потік; 2) життєвий цикл; 3) географічні межі.

Схема життєвого циклу електричного та електронного устаткування представлена на рисунку 1 [4].

Встановлення матеріального потоку в межах географічних кордонів допомагає чіткому визначенню ланцюга та окремих його складових, що пов'язують різні фази життєвого циклу електричного і електронного устаткування та зацікавлені сторони. Визначення форми ланцюга, балансу матеріального потоку "вхід (input) = вихід (output)" для кожної фази створює базу для кількісної оцінки відходів в аналізі життєвого циклу електричного та електронного устаткування.

Модель матеріального потоку відходів електричного та електронного устаткування (ВЕЕУ) зображена на рисунку 2 [5].

Типові ознаки моделі матеріального потоку ВЕЕУ полягають у такому:

- 1) модель базується на "підході типового процесу", коли типовий процес визначає технологію або вид діяльності;
- 2) модель матеріального потоку розглядає всі типові процеси і потоки в межах існуючих кордонів;
- 3) існує два типи процесів. Перший тип отримує матеріал без будь-яких змін або перетворень. Тому в цьому випадку "вхід = вихід", наприклад, використаного та зібраного електричного та електронного устаткування. Для другого типу має місце перетворення матеріалів, тобто створюються нові матеріали, відходи, наприклад, обробка електронних відходів, включаючи їх розборку і спалювання.

Модель потоку матеріалів стосовно життєвого циклу електричного та електронного устаткування включає чотири фази, кожна з яких описує відповідні типові операції та різних зацікавлених сторін.

Фаза 1. Основні виробництва, види діяльності, виробництво й продаж електричного та електронного устаткування, включаючи експорт, імпорт та надход-

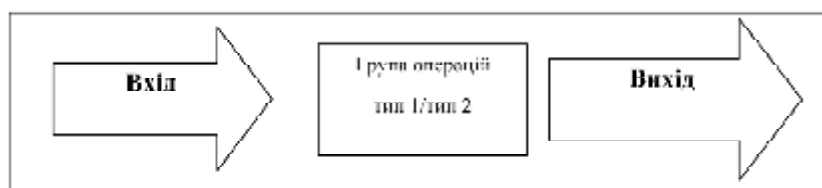


Рис. 2. Модель матеріального потоку ВЕЕУ

Таблиця 1. Фази життєвого циклу електричного та електронного устаткування

Фаза 1. «Виробництво/Продаж»	
Основним параметром для розробки цієї системи є обсяг проданого устаткування споживачам протягом певного періоду часу. Тому Вхід = Вихід	Вхід = Вихід для проданих: Вхід = Виробництво + Імпорт + Повторне використання зібраних ВЕЕУ – Обробка/Видалення непроданого електричного та електронного устаткування Вихід = Споживання + Експорт
Фаза 2. «Споживання»	
Проектування моделі на другій фазі вимагає встановлення обсягу устаткування, що придбане і використовується споживачем. Після певного часу використання до кінця терміну служби товари підлягають збиранню. Передбачається, що під час споживання товарів їх перетворення та втрати не відбуваються, тобто не враховується заміна деталей та обслуговування устаткування. Тому Вхід = Вихід	Вхід = Вихід для споживання: Вхід = Вихід проданих - Експорт Вихід = Генеровані ВЕЕУ
Фаза 3. «Збирання»	
Проектування моделі на третій фазі вимагає встановлення обсягу устаткування, зібраного після споживання. Передбачається, що під час збирання не відбувається перетворення матеріалу та втраг. Також необхідно врахувати імпорт ВЕЕУ. Під час транспортування потреба в енергії не розглядається. Тому Вхід = Вихід	Вхід = Вихід для споживання: Вхід = Генеровані ВЕЕУ після споживання + Імпорт електричного та електронного устаткування в кінці життєвого циклу Вихід = Товари в кінці життєвого циклу передані для розміщення/Обробки/ Повторного використання [Перспективи 1...n(t)] + Експорт
Фаза 4. «Обробка/Розміщення»	
Проектування моделі на четвертій фазі вимагає встановлення обсягу ВЕЕУ, зібраних та переданих до різних методів обробки/видалення. Протягом цього етапу відбувається створення нових матеріалів, шляхом утворення фракцій різних компонентів та небезпечних речовин. На четвертій фазі повинна бути розроблена модель для кожного конкретного виду обробки/розміщення з урахуванням вхідного матеріалу і перетворення матеріалу. Вихід залежить від перетворення/переходу матеріалу, що призведе до конкретних змінних факторів.	Обробка/розміщення складається з одного, двох або декількох послідовних кроків з використанням різних технологій. Формула на цьому етапі може залежати від ступеня обробки та розміщення.

стання їх в домогосподарствах, офісах та промисловості.

Зацікавленими сторонами є: споживачі-домогосподарства, офіси, промислові організації.

Фаза 3. Процеси, виробництва та види діяльності: збір відпрацьованих електричних та електронних виробів, включаючи передачу на підприємства з переробки та розміщення у відвалах, а також на експорт/імпорт.

Зацікавленими сторонами є: споживачі, експортери, імпортери, збиральні та торговельні організації, особи, зайняті розборкою і демонтажем, переробники відходів.

Фаза 4. Процеси, виробництва та види діяльності: альтернативні методи обробки/видалення електронних відходів: ремонт, демонтаж, подрібнення, сміттєзвалище, спалювання.

У таблиці 1 наведені фази життєвого циклу електричного та електронного устаткування [5].

Чотири стадії (фази) життєвого циклу електричного та електронного устаткування зображені на рисунку 3, а матеріальні баланси "вхід/вихід" пояснюють математичні взаємозв'язки, показані в таблиці 1. Штрихова вертикальна лінія на рисунку 3 фіксує стадію "Зносу", яка розділяє другу і третю фази життєвого циклу [5].

Облік відходів електричного та електронного устаткування в конкретній країні (регіоні, місті) створює основу для розробки будь-якої стратегії їх утилізації. На

ження устаткування для повторного їх використання після ремонту.

Зацікавленими сторонами є: виробники, імпортери, експортери та торговельні організації (новими виробами та виробами "секонд-хенд").

Фаза 2. Основні виробництва та види діяльності: споживання електричних та електронних виробів, викори-

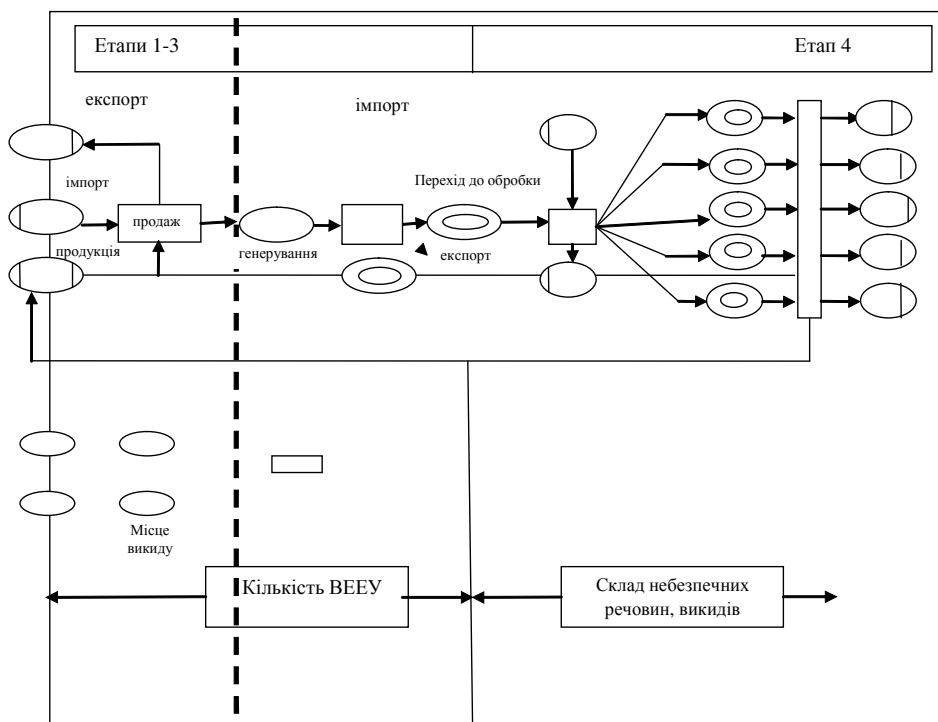


Рис. 3. Вибір методик визначення обсягів ВЕЕУ

глобальному рівні існують методи, які використовуються для визначення обсягів відходів електричного та електронного устаткування. Кожен з цих методів базується на використанні моделі "матеріального потоку". Розглянемо основні з них.

Першим методичним підходом є розрахунок ВЕЕУ на основі приватних та промислових запасів продажу. Потенціал на стадії "Збирання" розраховується як різниця запасів приватного та промислового обладнання, а на стадії "Споживання" в період між двома точками протягом часу t плюс період продажу та вираховування щорічних відходів, що утворюються в цей період до часу $t-1$.

Генеровані відходи електричного та електронного устаткування розраховуються за формулою:

$$\text{Генеровані ВЕЕУ}(t) = [\text{Запаси}(t_1) - \text{Запаси}(t)]_{\text{приватні}} +$$

$$n = t+1 \text{ to } t-1 \quad n = t+1 \text{ to } t$$

$$+ [\text{Запаси}(t_1) - \text{Запаси}(t)]_{\text{промислові}} + \text{Продажі}(n) - \text{ВЕЕУ}(n) \quad (1),$$

де $t_1 < t$.

Приватні запаси відповідно до праці [2] розраховуються за формулою:

$$\text{Запаси}(t)_{\text{приватні}} = \text{Кількість домогосподарств} * \text{Рівень насичення домогосподарств}/100 = \text{Населення}/\text{Середній розмір домогосподарств} * \text{Рівень насичення домогосподарств}/100 \quad (2).$$

Промислові запаси розраховуються за формулою [2]:

$$\text{Запаси}(t)_{\text{промислові}} = \text{Кількість робочих місць} * \text{Рівень насичення в галузі}/100 = \text{Кількість робітників}/\text{Кількість користувачів на прилад}. \quad (3).$$

Розглянемо наступний "Метод ринку запасу". Генеровані відходи електричного та електронного устаткування за даним методичним підходом розраховуються за формулою:

$$\text{Генеровані ВЕЕУ}(t) = \text{Продажі}(t-d_N) + \text{Повторне використання}(t-d_S) \quad (4),$$

де d_N — середній термін служби нового товару;

d_S — середній термін служби старого товару.

Метод "Метод Carnegie Mellon" є варіацією "Методу ринку запасу", де розрахунок відходів електричного та електронного устаткування проводиться з даних продажу, припущення про типовий термін служби, переробки та зберігання. Методичний підхід враховує поведінку споживачів при утилізації в кінці життєвого циклу електричного та електронного устаткування. Також цей метод визначає шляхи використання електричного та електронного устаткування від придбання до кінця життєвого циклу. Під час старіння устаткування власник має такі варіанти поводження з ВЕЕУ:

— повторне використання (передання іншому користувачеві без важливої модифікації);

— зберігання (не використовується);

— переробка (вилучаються окремі матеріали, а інші продаються на металобрухт);

— сміттєзвалище.

ВИСНОВКИ

Таким чином, усвідомлення та вирішення глобальних проблем утилізації електронного та електричного обладнання дозволить забезпечити ефективне управління ВЕЕУ в сучасних умовах. При визначенні механізму торгівлі відходами електричного та електронного устаткування необхідно враховувати три складові елементи: матеріальний потік, життєвий цикл та географічні межі.

Розглянуто світовий досвід застосування методичних підходів утилізації відходів електричного та електронного устаткування, що дає можливість визначити обсяги відходів та дозволяє врахувати фази життєвого циклу електричного та електронного устаткування. Дані методики базуються на моделі "матеріального потоку", що описує відповідні типові операції та різних зацікавлених сторін процесу утилізації електронних відходів

та дозволяє організувати ефективне управління відходами електричного та електронного устаткування у вітчизняних умовах.

Література:

1. Філатов А.Г. Поводження з електронними відходами в Україні. Аналіз проблеми та шляхи вирішення. / Філатов А.Г., Сидоренко С.В., Кононенко О.С. — 2012. — С. 124—130. — Режим доступу: <http://www.kpi.kharkov.ua/archive/>
2. Хомяков В.І. Забезпечення підвищення ефективності національної економіки: колективна монографія. / За заг. ред. проф. Хомякова В.І. — Черкаси: 2013. — 442 с.
3. E-waste. Volum I: Inventory Assessment Manual / United Nations Environmental Programme division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga. — 2007. — Режим доступу: http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/EWasteManual_Vol1.pdf
4. E-waste. Volum II: E-waste Management Manual // United Nations Environmental Programme division of Technology, Industry and Economics. — International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga. — 2007. — Режим доступу: http://www.unep.or.jp/ietc/publications/spc/ewastemanual_vol2.pdf
5. E-waste. Volum III: WEEE/E-waste "Take Back System" // United Nations Environmental Programme division of Technology, Industry and Economics. — International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga. — 2011.
6. Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council. // Official Journal of the European Union. — 2003. — P. 19—23.
7. V. Simic' B. Dimitrijevic. Sustainable Production Research-Optimization Model for Processing End-of-life Vehicles // 5th International Quality Conference Serbia. — University of Kragujevas. — Belgrade. — 2011.

References:

1. Filatov, L.G. Sidorenko, S.V. Kononenko, O.S. (2012), "Management of electronic waste in Ukraine. Analysis of problems and solutions", *Vistnyk Harikivskoho politehnychnoho dergavnjgo universytetu* [Online], available at: <http://www.kpi.kharkov.ua/archive/>
2. Khomiakov, V.I. (2013), *Zabezpechennia pidvyshchennia efektyvnosti natsional'noi ekonomiky*, [Improving the efficiency of the national economy], *Kolektyvna monohrafiia*, Cherkasy, Ukraine.
3. United Nations Environmental Programme division of Technology (2007), "E-waste. Volum I: Inventory Assessment Manual", Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga, available at: http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/EWasteManual_Vol1.pdf
4. United Nations Environmental Programme division of Technology (2007), "E-waste. Volum II: E-waste Management Manual", Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga, available at: http://www.unep.or.jp/ietc/publications/spc/ewastemanual_vol2.pdf
5. United Nations Environmental Programme division of Technology (2012), "E-waste. Volum III: WEEE/E-waste "Take Back System", Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga.
6. Official Journal of the European Union (2003), "Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council" (Accessed 27 January 2003).
7. V. Simic', B. D. (2011), "Sustainable Production Research-Optimization Model for Processing End-of-life Vehicles", 5th International Quality Conference Serbia, University of Kragujevas, Belgrade.

Стаття надійшла до редакції 22.10.2014 р.