

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.
Ефективна економіка. 2025. № 5.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.5.54>

УДК 657.221:504.03

*Н. М. Майстренко,
здобувач вищої освіти третього рівня,
Державники університет “Житомирська політехніка”
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-9270-5919>*

АНАЛІТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

*N. Maistrenko,
Applicant for third-level higher education,
State University "Zhytomyr Polytechnic"*

ANALYTICAL MODELING OF THE IMPLEMENTATION OF THE CIRCULAR ECONOMY CONCEPT

З огляду на сучасні виклики, особливого значення набуває застосування принципів циркулярної економіки, які передбачають не лише зниження ресурсоспоживання, а й мінімізацію утворення відходів та їх повторне використання. Тому, метою дослідження є побудова аналітичних моделей реалізації концепції циркулярної економіки на прикладі відходів виробництва.

З урахуванням особливостей впровадження концепції циркулярної економіки на основі аналітичного моделювання розроблено порядок оцінки утворення та поводження з відходами виробництва. Адже перехід до

циркулярної моделі господарювання має забезпечити зменшення обсягів відходів, підвищення ефективності використання ресурсів і створення доданої вартості за рахунок повторного використання матеріалів.

Аналіз результатів моделювання свідчить про потенціал циркулярної економіки у досягненні сталого розвитку та формуванні нових бізнес-моделей, орієнтованих на збереження природного капіталу. Запропонований підхід може бути використаний як інструмент підтримки прийняття управлінських рішень у сфері екологічної політики та інноваційного розвитку.

За результатами дослідження запропонована ключові показники оцінки ефективності поводження з відходами виробництва. Кожен з показників характеризує специфічні аспекти використання відходів як вторинного ресурсу, що, у сукупності, дозволяє сформувати цілісне уявлення про ефективність управління ними та прийняти обґрунтовані управлінські рішення.

Ці показники дозволяють сформувати повноцінну систему економічного аналізу поводження з відходами виробництва, що є важливим для прийняття управлінських рішень у контексті ресурсозбереження, екологічної безпеки та фінансової ефективності підприємства. Загалом, запропонована система показників дозволяє здійснювати порівняльний та динамічний аналіз ефективності управління відходами, оптимізувати внутрішньогосподарські процеси, мінімізувати втрати та посилити екологічну відповідальність підприємств аграрного сектору.

Given the current challenges, the application of the principles of the circular economy is of particular importance, which involve not only reducing resource consumption, but also minimizing waste generation and its reuse. Therefore, the purpose of the study is to build analytical models for implementing the concept of a circular economy using the example of production waste.

Taking into account the specifics of implementing the concept of a circular economy, a procedure for assessing the generation and management of production

waste has been developed based on analytical modeling. After all, the transition to a circular business model should ensure a reduction in waste volumes, increased resource efficiency, and the creation of added value through the reuse of materials.

Analysis of the modeling results indicates the potential of the circular economy in achieving sustainable development and the formation of new business models focused on preserving natural capital. The proposed approach can be used as a tool to support management decision-making in the field of environmental policy and innovative development.

Based on the results of the study, key indicators for assessing the effectiveness of production waste management are proposed. Each of the indicators characterizes specific aspects of the use of waste as a secondary resource, which, taken together, allows you to form a holistic picture of the effectiveness of their management and make informed management decisions.

These indicators allow you to form a full-fledged system of economic analysis of production waste management, which is important for making management decisions in the context of resource conservation, environmental safety and financial efficiency of the enterprise. In general, the proposed system of indicators allows you to carry out a comparative and dynamic analysis of the efficiency of waste management, optimize internal business processes, minimize losses and strengthen the environmental responsibility of enterprises in the agricultural sector.

Ключові слова: аналітичне забезпечення, моделювання, циркулярна економіка, відходи, аналіз, управління відходами, сталий розвиток, екологоорієнтоване управління.

Keywords: analytical support, modeling, circular economy, waste, analysis, waste management, sustainable development, environmentally friendly management.

Актуальність теми дослідження. Значної актуальності в сучасних умовах набуває необхідність трансформації діючих економічних моделей у напрямі сталого розвитку та зменшення негативного впливу на довкілля. За наявності

глобальних викликів – таких як виснаження природних ресурсів, зміна клімату, екологічна деградація та зростання обсягів промислових відходів – циркулярна економіка розглядається як стратегічно важливий підхід до забезпечення довгострокової економічної, екологічної та соціальної стійкості.

Запровадження принципів циркулярної економіки вимагає науково обґрунтованих аналітичних інструментів, здатних оцінити ефективність реалізації таких підходів на рівні підприємств, галузей та національної економіки в цілому. Аналітичне моделювання дозволяє не лише формалізувати процеси, пов'язані з переходом від лінійної до циркулярної моделі господарювання, але й ідентифікувати критичні точки втрат ресурсів, прогнозувати результати впровадження циркулярних практик та розробляти рекомендації для управлінських рішень.

Висока актуальність теми зумовлена також необхідністю гармонізації української економіки з європейськими екологічними та ресурсно-ефективними стандартами, що є важливим у контексті інтеграції України до єдиного європейського ринку. У цьому контексті аналітичне моделювання стає ключовим інструментом для оцінки доцільності, ефективності та масштабованості циркулярних ініціатив.

У багатьох країнах, зокрема і в Україні, щорічно накопичуються значні обсяги промислових і сільськогосподарських відходів, які не лише створюють загрозу навколишньому середовищу, а й супроводжуються суттєвими економічними втратами через нераціональне використання ресурсів.

Відходи виробництва становлять потенційне джерело вторинних матеріальних ресурсів, енергії та прибутків, однак без системного економічного аналізу їх утворення, структури, вартості утилізації та можливостей повторного використання – ці резерви залишаються неактивованими. Економічний аналіз відходів дозволяє оцінити не лише прямі та непрямі витрати, пов'язані з їх поводженням, але й виявити економічну доцільність впровадження «зелених» технологій, циркулярних рішень, методів зниження відходоутворення та підвищення ефективності виробництва.

Особливої ваги ця тематика набуває в умовах воєнного часу та післявоєнного відновлення економіки України, коли необхідно раціонально використовувати кожен одиницю ресурсу, мінімізувати втрати та одночасно забезпечити екологічну безпеку. Таким чином, наукове дослідження, спрямоване на економічне обґрунтування ефективного управління виробничими відходами, є вкрай актуальним як з точки зору сталого розвитку підприємств, так і для формування державної політики у сфері поводження з відходами.

Огляд останніх досліджень. Дослідженням проблематики економічного аналізу здійснювали Б. Гринів, Є. Мних, О. Олійник, І. Лазаришина, П. Попович, Н. Єршова, Л. Тринька, О. Липчанська, І. Лукінов, В. Серединська, О. Загородна, Р. Федорович та інші. Аналіз матеріальних ресурсів, зокрема оборотних активів, які є одними з об'єктів управління в циркулярній економіці, автори розвивали за певними напрямками. Так, ефективність використання матеріальних ресурсів досліджували І. Корнієнко [1], О. Жук [2], Л. Коваленко, Д. Жданюк [3], П. Бечко, Д. Попиченко [4], Т. Пізняк, І. Неценко [5], Ю. Івашків, Г. Руссева [6], І. Заюков [7], О. Одношєвна, О. Пильгун, Є. Біловол [8], Г. Свидло [9], Г. Нагаєва [10], О. Рибалко, І. Варламова, Б. Андрусенко [11], С. Терещенко, В. Федай [12] та інші; багатофакторний аналіз матеріальних ресурсів підприємства, зокрема матеріаломісткість, матеріаловіддачу та кореляційний аналіз – Т.А. Талах, В.І. Талах [13]; методичні положення аналізу матеріальних ресурсів підприємства, акцентуючи увагу на діагностиці та ефективності їх використання – В.С. Кулага, С.Е. Кучіна [14]; досліджували сучасні підходи до методики аналізу використання матеріальних ресурсів, підкреслюючи необхідність удосконалення існуючих методик – А.О. Касич, Н.М. Яценко, Є.В. Калько [15]; В.В. Биба, Н.Б. Теницька та Д.Л. Каліновська [16] запропонували матричний метод оцінки ефективності використання матеріальних ресурсів підприємства.

Проте поглибленого дослідження потребує аналітичне моделювання реалізації концепції циркулярної економіки.

Метою є дослідження аналітичних моделей реалізації концепції циркулярної економіки на прикладі відходів виробництва.

Викладення основного матеріалу дослідження. Відходи виробництва є частиною матеріальних ресурсів підприємства. Саме тому, аналіз даних активів доцільно здійснювати за методиками оцінки ефективності використання матеріальних ресурсів підприємства.

Матеріальні ресурси становлять одну з ключових складових виробничої діяльності підприємства, оскільки вони безпосередньо впливають на рівень витрат і формування фінансових результатів. У зв'язку з цим методика аналізу використання матеріальних ресурсів набуває особливої значущості в контексті забезпечення економічної ефективності та сталого розвитку суб'єктів господарювання. Рациональне використання ресурсів, впровадження інноваційної сировини, а також інтеграція принципів циркулярної економіки сприяють підвищенню обсягів виробництва, зниженню витрат та поліпшенню фінансового стану підприємства.

У традиційному підході методика аналізу охоплює послідовність аналітичних процедур, спрямованих на оцінку ефективності управління ресурсами:

1. Аналіз потреби підприємства в матеріальних ресурсах;
2. Аналіз обсягів і динаміки виробничих запасів;
3. Оцінка виконання контрактів щодо постачання матеріальних ресурсів;
4. Аналіз ефективності використання матеріальних ресурсів у виробничому процесі.

Водночас, сучасна економічна наука акцентує увагу на розширенні традиційної методики за рахунок урахування новітніх підходів, пов'язаних з концепціями ресурсоефективності та сталого розвитку. На думку А.О. Касич, Н.М. Яценко та Є.В. Калька [15], у процесі аналізу доцільно розглядати додаткові напрями, зокрема аналіз енерговитрат і екологічної політики підприємства.

Аналіз енерговитрат зосереджується на дослідженні забезпечення підприємства енергетичними ресурсами (електрична, теплова енергія), які є невід'ємною частиною виробничого процесу. З метою зниження енерговитрат доцільно аналізувати їх вартісне та кількісне вираження, зокрема в розрахунку на одиницю готової продукції. При цьому слід враховувати інфляційні коливання, що впливають як на ціни сировини, так і на реалізаційні ціни продукції. У зв'язку з цим пропонується порівняльний аналіз темпів зростання цін на закупівлю матеріалів і темпів зростання цін на продукцію підприємства. Якщо приріст цін на продукцію перевищує приріст вартості матеріалів, це свідчить про позитивну динаміку, і навпаки — у разі зворотної ситуації підприємству варто впроваджувати ресурсозберігаючі технології.

Аналіз екологічної політики орієнтується на дослідження поводження з матеріальними ресурсами не лише на етапі їх використання, але й після завершення виробничого процесу. Особливої актуальності ця проблема набуває для підприємств агропромислового сектору, в яких спостерігається високий рівень генерації відходів. У зв'язку з цим зростає потреба в оцінці рівня утворення відходів, витрат на їх утилізацію чи зберігання, а також в аналізі таких показників, як: динаміка обсягів утворення відходів, структура відходів, ступінь їх придатності до повторного використання, економічна ефективність різних методів поводження з ними.

Таким чином, інтеграція розширених напрямів аналізу до загальної методики дозволить підвищити інформативність аналітичної системи підприємства, що, у свою чергу, сприятиме прийняттю обґрунтованих управлінських рішень в умовах сучасних викликів сталого економічного розвитку.

Проскуріна Н.М. та Пушкарь І.В. [17] обґрунтовують, що ефективне управління матеріальними ресурсами підприємства передбачає підтримання їх оптимального, економічно обґрунтованого рівня. Це дає змогу мінімізувати витрати на зберігання, запобігти дефіциту ресурсів і забезпечити їх раціональне використання.

У процесі оцінки ефективності використання матеріальних ресурсів застосовується система узагальнювальних та часткових показників, які дозволяють виявити рівень продуктивності активів підприємства. Серед ключових аналітичних індикаторів автори виділяють:

- Матеріаломісткість (відношення вартості витрачених матеріалів до вартості виробленої продукції) – показник, що відображає витрати матеріальних ресурсів на одиницю продукції. Даний показник є індикатором раціональності використання сировини у виробничому процесі.

- Матеріаловіддача (частка вартості виготовленої продукції до вартості використаних матеріалів) – обернений до матеріаломісткості показник, який демонструє обсяг продукції, отриманий з одиниці матеріальних витрат. Підвищення значення цього показника свідчить про зростання ефективності матеріального забезпечення виробництва.

- Прибуток на 1 грн матеріальних витрат (частка прибутку від реалізації до суми матеріальних витрат, понесених для виготовлення відповідної продукції) – один із найбільш інтегральних показників, що характеризує кінцеву результативність використання матеріальних ресурсів.

- Коефіцієнт співвідношення темпів зростання обсягу виробництва та матеріальних витрат (частка від ділення темпів зростання обсягу виробництва та матеріальних витрат) – цей показник відображає зміну матеріаловіддачі у динаміці, дозволяє встановити фактори, що впливають на її зміну, а також дає змогу виявити ефективність ресурсного забезпечення з урахуванням структурних змін у виробництві.

- Частка матеріальних активів у загальній собівартості продукції (у контексті циркулярної економіки – частка виробничих відходів) – розраховується як співвідношення вартості отриманих відходів до повної собівартості виробленої продукції. Показник є орієнтиром для оцінки потенціалу повторного використання залишків виробництва.

- Коефіцієнт використання матеріалів (відходів) (відношення фактично використаних матеріалів до запланованого обсягу їх витрачання) – індикатор,

що дозволяє оцінити ефективність використання сировини або її залишків (відходів), які повторно залучаються у виробничий цикл.

Зазначені показники дозволяють формувати комплексне уявлення про ефективність використання матеріальних ресурсів, виявляти напрями оптимізації виробничого процесу та сприяти підвищенню рівня економічної й екологічної стійкості підприємства в умовах сучасних викликів.

Підходи іноземних науковців до аналізу використання матеріальних ресурсів суттєво відрізняються від традиційних вітчизняних підходів. Зокрема, Рім Хліфа, Сомпогда Адісса Ліді Юго та Марк Журно [18] запропонували у своїй праці інноваційну методика, яка спрямована на удосконалення системи управління матеріальними ресурсами та відходами підприємств. Згідно з їх баченням, інтеграція даного підходу дозволить не лише підвищити ефективність управління ресурсами, а й надати управлінському персоналу інструменти для ухвалення рішень щодо зменшення обсягів споживання, повторного використання або переробки матеріалів.

Ключовим результатом застосування методики є формування системи кількісних показників, що відображають обсяг спожитих ресурсів, утворених відходів і рівень викидів. Це, у свою чергу, сприяє посиленню інформованості процесу ухвалення управлінських рішень щодо підвищення ресурсоефективності підприємства.

Методика аналізу вказаних авторів включає вісім послідовних етапів:

1. Формулювання цілей аналізу – визначення проблеми, що підлягає вирішенню, та цілей дослідження. Наприклад, оцінка поточного стану матеріального споживання, виявлення проблемних питань у системі постачання або утилізації ресурсів.

2. Демаркація системи аналізу – встановлення меж дослідження шляхом ідентифікації просторових або функціональних одиниць (наприклад, ферма, цех тощо), вибору об'єктів аналізу (сировина, відходи, біоактиви), та визначення процесів (споживання, утворення, зберігання, утилізація тощо).

3. Визначення матеріальних потоків – класифікація вхідних, вихідних і проміжних потоків у межах системи. Потоки відображають обмін матеріальними ресурсами між різними елементами виробничої структури.

4. Збір та компіляція даних – кількісна фіксація значень матеріальних потоків: наприклад, обсяги закупленої сировини, обсяги сформованих відходів, матеріальні витрати тощо.

5. Оцінка масових потоків і запасів – перетворення інформації про потоки в одиниці маси (наприклад, кг), що дозволяє кількісно оцінити масштаб ресурсоспоживання та залишкових матеріалів.

6. Розрахунок варіації запасів – обчислення змін у запасах шляхом або прямого вимірювання (згідно з бухгалтерськими чи складськими записами), або за допомогою швидкої оцінки (для нестабільних запасів, таких як витратні матеріали). Варіація визначається як різниця між вхідними та вихідними потоками.

7. Оцінка невизначеності даних – включає статистичне визначення середнього значення та стандартної похибки.

8. Візуалізація результатів – для представлення результатів рекомендується використовувати діаграму Санкі, яка дозволяє наочно зобразити межі системи, потоки та запаси, забезпечуючи інтуїтивне розуміння основних джерел споживання і утворення матеріалів.

Незважаючи на складність у застосуванні, запропонована методика є важливою аналітичною основою для подальшої оптимізації матеріальних потоків у межах виробничих систем. Хоча вона не фокусується безпосередньо на розрахунку коефіцієнтів ефективності використання ресурсів, її перевагою є глибокий рівень деталізації даних, що забезпечує високу інформативність для наступних етапів управлінського аналізу та прийняття рішень у сфері ресурсоефективності та циркулярної економіки.

З огляду на складність природи відходів як об'єкта управління та їхню багатокомпонентну класифікацію, аналіз таких активів повинен бути максимально деталізованим. Це забезпечує глибше розуміння сутності відходів

і дозволяє виявити ключові тенденції за окремими напрямками: утворення, накопичення, використання, реалізація, переробка тощо.

У цьому контексті доцільно розглядати відходи як частину системи матеріальних ресурсів підприємства та застосовувати поетапний підхід до їх економічного аналізу:

- 1) аналіз наявності, структури та динаміки утворення відходів;
- 2) оцінка структури та динаміки напрямів поводження з відходами;
- 3) оцінка поводження з різними класифікаційними групами відходів;
- 4) аналіз структури та динаміки утворення відходів за ступенем небезпечності;
- 5) поглиблений аналіз ефективності поводження з відходами.

Запропонована послідовність аналітичних процедур охоплює повний життєвий цикл відходів і дозволяє комплексно оцінити ефективність їх використання та управління ними. Такий підхід дозволяє здійснювати якісний аналіз наявних, утворених і використаних відходів протягом певного періоду. Це, своєю чергою, забезпечує можливість оцінки поточного стану, виявлення динаміки змін, причинно-наслідкових зв'язків, а також підґрунтя для ухвалення обґрунтованих управлінських рішень.

Перший етап – *аналіз наявності, структури та динаміки утворення відходів* – передбачає оцінку зміни їх загальної вартості, обчислення темпів зростання (приросту) та визначення основних тенденцій (позитивних або негативних). Аналіз структури дає змогу ідентифікувати обсяги утворення відходів за окремими технологічними процесами, що дозволяє виявити недоліки у виробництві, які потребують модернізації.

Другим етапом є *оцінка структури та динаміки напрямів поводження з відходами*. Цей блок аналізу дає змогу визначити цінність відходів як вторинної сировини, оцінити ефективність їх реалізації, утилізації або повторного використання. Зокрема, визначення переважаючих каналів поводження з відходами дає змогу керівництву підприємства оптимізувати ресурсні потоки з урахуванням екологічної та економічної доцільності.

Наступним етапом є оцінка поводження з різними класифікаційними групами відходів. За результатами дослідження може бути встановлено, що відходи тваринного походження мають високий попит як сировина для виробництва біопалива. Відповідно, реалізація такого ресурсу спеціалізованим підприємствам стає економічно та екологічно доцільною альтернативою його утилізації.

Таким чином, запропонований підхід до аналізу поводження з відходами дозволяє підвищити інформативність управлінських рішень, сприяє впровадженню принципів циркулярної економіки та забезпечує більш ефективне використання наявних матеріальних ресурсів підприємства.

Аналіз структури та динаміки утворення відходів за ступенем небезпечності дозволяє виявити, яка категорія небезпечності домінує у загальному обсязі відходів, що утворюються підприємством. Цей підхід є надзвичайно важливим для прийняття управлінських рішень щодо удосконалення технологічних процесів, спрямованих на мінімізацію утворення відходів з високим рівнем загрози. Зокрема, динаміка збільшення відходів I або II класу небезпеки сигналізує про зниження екологічної безпеки та ефективності виробничих процесів, що зумовлює необхідність перегляду технологічної карти або впровадження нових екологічно орієнтованих рішень.

Крім того, прогнозування обсягів відходів за ступенем небезпеки дозволяє точніше планувати витрати на їх зберігання, утилізацію або транспортування, що особливо важливо з огляду на високі вимоги щодо поводження з небезпечними матеріалами.

Поглиблений аналіз ефективності поводження з відходами базується на системі узагальнених показників, що характеризують рівень використання, рентабельність та ресурсозберігаючі аспекти діяльності підприємства. Основні показники, які використовуються на цьому етапі, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Узагальнюючі показники оцінки утворення та поводження з відходами виробництва

<i>Показник</i>	<i>Сутність</i>	<i>Формула</i>	<i>Інтерпретація</i>
Відходомісткість продукції	Вартість відходів виробництва на одиницю продукції. Характеризує обсяг матеріальних витрат, задіяних у процесі утворення одиниці відходів, що дозволяє оцінити ефективність використання первинних ресурсів у виробництві	$\frac{\text{Вартість відходів виробництва}}{\text{Обсяг продукції}}$	Чим нижче значення, тим ефективніше використання сировини. Зниження показника свідчить про зменшення обсягів утворення відходів у розрахунку на одиницю продукції, що відповідає принципам раціонального природокористування та ресурсозбереження
Відходовіддача	Вироблена продукція на вартість відходів виробництва	$\frac{\text{Обсяг продукції}}{\text{Вартість відходів виробництва}}$	Зворотний показник до матеріаломісткості
Прибуток на 1 грн вартості відходів виробництва	Економічна ефективність використання відходів виробництва	$\frac{\text{Прибуток}}{\text{Вартість відходів виробництва}}$	Дозволяє оцінити рентабельність відходів виробництва
Коефіцієнт повторного використання відходів	Частка повторно використаних відходів у загальному обсязі. Є індикатором відхилень між фактичними та нормативними (запланованими) обсягами утворення або використання відходів.	$\frac{\text{Повторно використані відходи}}{\text{Утворені відходи}}$	Відображає рівень застосування принципів циркулярної економіки. У динаміці дозволяє виявляти системні проблеми або технологічні збої у виробничому процесі, що призводять до перевищення нормативних рівнів утворення відходів
Частка відходів у собівартості	Вплив залишків та відходів на вартість продукції	$\frac{\text{Вартість утворених відходів}}{\text{Собівартість продукції}}$	Допомагає визначити економічний тиск відходів на бізнес
Економія від утилізації	Фінансовий ефект від продажу або повторного використання	$\frac{\text{Вартість реалізованих/утилізованих відходів}}{\text{Витрати на їх обробку}}$	Визначає економічну доцільність поводження з відходами
Дохід від реалізації відходів на 1 гривню витрат матеріалів, що були використані у процесі їх утворення	Дозволяє оцінити рівень рентабельності реалізації відходів як вторинного продукту.	$\frac{\text{Дохід від реалізації відходів}}{\text{Витрати матеріалів, що були використані у процесі утворення відходів}}$	Демонструє, скільки грошових надходжень генерує підприємство від продажу відходів у розрахунку на кожну гривню витрат, пов'язаних з їх виникненням. Високе значення цього показника є свідченням ефективного включення відходів до економічного обороту та відповідності принципам циркулярної економіки

Джерело: розроблено автором

Отже, у таблиці наведено ключові показники оцінки ефективності поводження з відходами виробництва. Кожен з показників характеризує специфічні аспекти використання відходів як вторинного ресурсу, що, у сукупності, дозволяє сформувати цілісне уявлення про ефективність управління ними та прийняти обґрунтовані управлінські рішення.

Ці показники дозволяють сформувати повноцінну систему економічного аналізу поводження з відходами виробництва, що є важливим для прийняття управлінських рішень у контексті ресурсозбереження, екологічної безпеки та фінансової ефективності підприємства. Запропонована система показників дозволяє здійснювати порівняльний та динамічний аналіз ефективності управління відходами, оптимізувати внутрішньогосподарські процеси, мінімізувати втрати та посилити екологічну відповідальність підприємств аграрного сектору.

Висновки та перспективи подальших досліджень. З огляду на сучасні виклики, особливого значення набуває застосування принципів циркулярної економіки, які передбачають не лише зниження ресурсоспоживання, а й мінімізацію утворення відходів та їх повторне використання.

З урахуванням особливостей впровадження концепції циркулярної економіки на основі аналітичного моделювання, розроблено порядок оцінки утворення та поводження з відходами виробництва. Адже перехід до циркулярної моделі господарювання має забезпечити зменшення обсягів відходів, підвищення ефективності використання ресурсів і створення доданої вартості за рахунок повторного використання матеріалів.

Аналіз результатів моделювання свідчить про потенціал циркулярної економіки у досягненні сталого розвитку та формуванні нових бізнес-моделей, орієнтованих на збереження природного капіталу. Запропонований підхід може бути використаний як інструмент підтримки прийняття управлінських рішень у сфері екологічної політики та інноваційного розвитку.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку індикаторів для моніторингу ефективності реалізації принципів циркулярної економіки на практиці.

Література

1. Корнієнко І.Г. Організація аналізу матеріальних ресурсів в сучасних системах управління. *Фінанси, облік і аудит*. 2012. Вип. 19. С. 294–302. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/items/b5077f3b-8e73-431b-a5f9-8915fb84f42b>
2. Жук О.С. Оцінка ефективності використання оборотних активів підприємства та шляхи її підвищення. *Науковий блог*. 2017. URL: <https://naub.oa.edu.ua/otsinka-efektyvnosti-vykorystannya-ob/>
3. Коваленко Л.О., Жданюк Д.С. Ефективність використання оборотних активів підприємств виробництва харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів та напрямки удосконалення управління ними. *Облік і аналіз оборотних активів підприємства*. 2016. № 17, С. 100–105. URL: <https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/36922/1/Marynovych%20OPDm-21.pdf>
4. Бечко П.К., Попиченко Д.А. Методичні підходи щодо визначення показників ефективності використання оборотних активів. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. Вип. 9. С. 82–86. URL: <https://global-national.in.ua/archive/9-2016/82.pdf>
5. Пізняк Т.І., Неценко І.В. Оцінка ефективності використання оборотних активів як засіб підвищення конкурентоспроможності підприємства. *Економіка, фінанси, право*. 2017. № 3. С. 25–28. URL: <https://efp.in.ua/uk/journal-article/333>
6. Івашків Ю.Д., Руссева Г.К. Економічна ефективність використання оборотних засобів і шляхи її підвищення. *Вісник КНЕУ*. 2016. № 3. С. 45–50. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/items/af1bbe33-b7e3-41c2-a3ed-3009ae8f72be>

7. Заюков І.В. Вплив запасів на фінансові результати підприємств України. *Економіка і організація управління*. 2024. № 1. С. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2024.1.2>

8. Одношевна О.О., Пильгун О.В., Біловол Є.В. Аналітична діагностика ефективності використання запасів підприємством, як елемент оптимізації системи ведення обліку та контролю. *Проблеми сучасних трансформацій*. Серія: економіка та управління. 2024. № 15. URL: <https://reicst.com.ua/pmt/article/view/2024-15-09-03>

9. Свидло Г.І. Використання статистичного інструментарію в обліку запасів підприємства. *Економіка, фінанси, право*. 2020. № 12/1. С. 28–31. URL: <https://elar.naiu.kiev.ua/handle/123456789/26228>

10. Нагаєва Г.О. Шляхи підвищення ефективності використання оборотних активів у сільському господарстві. *Актуальні проблеми інноваційної економіки*. 2020. № 1. С. 22–27. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/946>

11. Рибалко О.М., Варламова І.С., Андрусенко Б.В. Облік виробничих запасів на шляху підвищення ефективності сучасного виробництва. *Вісник Запорізького національного університету. Економічні науки*. 2021. № 2 (50). С. 65–70. DOI: 10.26661/2414-0287-2021-2-50-08

12. Терещенко С.І., Федай В.В. Ефективне використання оборотних активів підприємством. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2019. № 2. С.13–17. DOI: 10.32845/bsnau.2019.2.13

13. Талах Т.А., Талах В.І. Особливості багатофакторного аналізу матеріальних ресурсів підприємства. *Економічний форум: науковий журнал*. 2019. № 1. С. 124–133. URL: <https://lib.lntu.edu.ua/uk/147258369/5300>

14. Кулага В.С., Кучіна С.Е. Основні методичні положення аналізу матеріальних ресурсів підприємства. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : тези доп. 28-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2020, 28–30 жовтня 2020 р. : у 5 ч. Ч. 3 / ред. Є. І. Сокол. Харків : НТУ "ХПІ", 2020. С. 172.

15. Касич А.О., Яценко Н.М., Калько Є.В. Сучасні підходи до методики аналізу використання матеріальних ресурсів. *Ефективна економіка*. 2016. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5235>
16. Биба В.В., Теницька Н.Б., Каліновська Д.Л. Матричний метод оцінки ефективності використання матеріальних ресурсів підприємства. *Економіка та суспільство*. 2017. №13. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal-13>
17. Пушкарь І., Проскуріна Н. Аналіз господарської діяльності : навч. посіб. Запоріжжя : Запоріж. нац. ун-т, 2024. 115 с. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/24085/1/0060428.pdf>
18. Khlifa R., Yiuogo S. A. L., Journeault M. Methodology for Material Flow Analysis at the Organizational Scale. *Journal of Cleaner Production*. 2024. № 14, с. 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143564> .

References

1. Korniyenko, I.H. (2012), "Organization of the analysis of material resources in modern management systems", *Finance, Accounting and Audit*, vol. 19, pp. 294-302, [Online], available at: <https://ir.kneu.edu.ua/items/b5077f3b-8e73-431b-a5f9-8915fb84f42b> (Accessed 19 March 2025)
2. Zhuk, O.S. (2017), "Evaluation of the efficiency of using current assets of the enterprise and ways to improve it", *Scientific Blog*, [Online], available at: <https://naub.ua.edu.ua/otsinka-efektyvnosti-vykorystannya-ob/> (Accessed 15 March 2025)
3. Kovalenko, L. O. and Zhdanyuk, D. S. (2016), "Efficiency of using current assets of food production enterprises and directions for improving their management", *Accounting and Analysis of Current Assets of the Enterprise*, vol. 17, pp. 100-105, [Online], available at: <https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/36922/1/Marynovych%20OPDm-21.pdf> (Accessed 9 March 2025)
4. Bechko, P. K. and Popichenko, D. A. (2016), "Methodological approaches to determining efficiency indicators of using current assets", *Global and National*

Problems of the Economy, vol. 9, pp. 82-86, [Online], available at: <https://global-national.in.ua/archive/9-2016/82.pdf> (Accessed 20 March 2025)

5. Piznyak, T.I. and Netsenko, I.V. (2017), "Evaluation of the efficiency of using current assets as a means of increasing the competitiveness of the enterprise", *Economy, Finance, Law*, vol. 3, pp. 25-28, [Online], available at: <https://efp.in.ua/uk/journal-article/333> (Accessed 14 March 2025) (

6. Ivashkiv, Y.D. and Russeva, G.K. (2016), "Economic efficiency of using current assets and ways to improve it", *Bulletin of KNEU*, vol. 3, pp. 45-50, [Online], available at: <https://ir.kneu.edu.ua/items/af1bbe33-b7e3-41c2-a3ed-3009ae8f72be> (Accessed 12 March 2025)

7. Zayukov, I.V. (2024), "The influence of inventories on the financial results of Ukrainian enterprises", *Economics and Organization of Management*, vol. 1, pp. 12-17. <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2024.1.2>

8. Odnoshevna, O.O., Pilhun, O. V. and Bilovol, Y.V. (2024), "Analytical diagnostics of the efficiency of using inventories by the enterprise as an element of optimizing the accounting and control system", *Problems of Modern Transformations. Series: Economics and Management*, vol. 15, [Online], available at: <https://reicst.com.ua/pmt/article/view/2024-15-09-03> (Accessed 15 March 2025)

9. Svyidlo, H. I. (2020), "Use of statistical tools in accounting for enterprise inventories", *Economy, Finance, Law*, vol. 12/1, pp. 28-31, [Online], available at: <https://elar.naiu.kiev.ua/handle/123456789/26228> (Accessed 13 March 2025)

10. Nahaieva, H. O. (2020), "Ways to improve the efficiency of using current assets in agriculture", *Actual Problems of Innovative Economy*, vol. 1, pp. 22-27, [Online], available at: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/946> (Accessed 19 March 2025)

11. Rybalko, O. M., Varlamova, I. S. and Andrusenko, B. V. (2021), "Accounting for production inventories on the way to increasing the efficiency of modern production", *Bulletin of Zaporizhzhia National University. Economic Sciences*, vol. 2 (50), pp. 65-70. <https://doi.org/10.26661/2414-0287-2021-2-50-08>

12. Tereshchenko, S. I. and Fedai, V. V. (2019), “Efficient use of current assets by the enterprise”, *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, vol. 2, pp. 13-17. <https://doi.org/10.32845/bsnau.2019.2.13>

13. Talah, T. A. and Talah, V. I. (2019), “Features of multifactor analysis of enterprise material resources”, *Economic Forum: Scientific Journal*, vol. 1, pp. 124-133, [Online], available at: <https://lib.lntu.edu.ua/uk/147258369/5300> (Accessed 20 March 2025)

14. Kulaha, V. S. and Kuchina, S. E. (2020), “Basic methodological provisions for the analysis of enterprise material resources”, *Informatsiyni tekhnolohiyi: nauka, tekhnolohiyi, tekhnolohiyi, osvita, okhorona zdorov'ya: tezy dop. 28-i mizhnar. nauk.-prakt. konf. MicroCAD–2020* [Information Technologies: Science, Technology, Technology, Education, Health. Proceedings of the 28th International Scientific and Practical Conference MicroCAD–2020], vol. 3, NTU "KhPI", Kharkiv. Ukraine.

15. Kasich, A.O., Yatsenko, N.M. and Kalko, Y.V. (2016), “Modern approaches to the methodology of analyzing the use of material resources”, *Effective Economy*, vol. 11, [Online], available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5235> (Accessed 22 March 2025)

16. Byba, V.V., Tenitska, N. B. and Kalinovska, D.L. (2017), “Matrix method for assessing the efficiency of using enterprise material resources”, *Economy and Society*, vol. 13, [Online], available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal-13> (Accessed 12 March 2025)

17. Pushkar, I. and Proskurina, N. (2024), *Analiz ekonomichnoyi aktyvnosti: Pidruchnyk* [Analysis of Economic Activity: Textbook], Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine, [Online], available at: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/24085/1/0060428.pdf> (Accessed 28 March 2025)

18. Khelifa, R., Yiougo, S. A. L. and Journeault, M. (2024), “Methodology for material flow analysis at the organizational scale”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, pp. 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143564>

Стаття надійшла до редакції 28.04.2025 р.