

УДК 658.788.4:502.131.1:338.47 DOI: <https://doi.org/10.18664/btie.94.362318>

**КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ РЕВЕРСИВНИМИ
ПОТОКАМИ ОБОРОТНОЇ ТАРИ В ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ В
УМОВАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ**

Галак І.І., к.т.н, доцент (НТУ)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5038-7771>

Костюченко О.В., ст. викладач (НТУ)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0959-9135>

Халацька І.І., асистент (НТУ)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0896-3421>

У статті досліджено теоретичні та прикладні аспекти управління багатооборотною тарою в ланцюгах постачання. Узагальнено підходи до класифікації оборотної тари та проаналізовано основні конфігурації її використання, включаючи

системи обмінного пулу, системи з реверсивною логістикою та моделі без організованого зворотного потоку. Особливу увагу приділено практичним питанням обліку та контролю обігу тари на рівні логістичного провайдера.

Розроблено двоступеневу модель замкненого ланцюга постачання зі спільним використанням багатооборотної тари двома неконкуруючими виробниками через логістичного провайдера. Модель дозволяє оцінювати кооперативні та некооперативні сценарії управління оборотними транспортними одиницями за критеріями рівня сервісу, втрат продажів і витрат на формування палетного парку. Отримані результати підтверджують ефективність спільного використання оборотних транспортних одиниць як інструменту підвищення економічної та екологічної стійкості логістичних систем.

Ключові слова: циркулярна економіка, реверсивна логістика, багаторазова тара, пулінг, ланцюг постачань, сталий розвиток, управління оборотною тарою на складі, логістичний провайдер.

KEY ASPECTS OF MANAGING REVERSE FLOWS OF RETURNABLE PACKAGING IN SUPPLY CHAINS UNDER THE CONDITIONS OF A CIRCULAR ECONOMY

Halak I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (NTU)

Kostiuchenko O., Senior Lecturer (NTU)

Khalatska I., Assistant Lecturer (NTU)

The article examines the theoretical and practical aspects of managing reusable transport packaging in modern supply chains in the context of increasing demands for sustainable development, resource efficiency and optimization of logistics costs. The existing scientific approaches to the classification of reusable transport packaging are systematized and the main configurations of its circulation are analyzed, including exchange pooling systems, reverse logistics systems and decentralized models without an organized reverse flow. Particular attention is paid to operational and organizational problems associated with tracking, accounting and control of reusable transport items at the level of the logistics service provider, as well as the risks arising from losses, shortages, inefficient redistribution and delays in packaging return cycles.

The study emphasizes the growing role of reusable transport packaging in the transition to the principles of a circular economy and environmentally responsible logistics practices. The advantages of reusable transport items compared to disposable packaging are identified, including waste reduction, improved asset utilization, lower environmental impact, and increased sustainability of supply chain operations. At the same time, the article emphasizes the need for effective coordination between supply chain participants to ensure balanced circulation and efficient allocation of reusable assets.

A two-stage closed-loop supply chain model is developed with the shared use of reusable vehicles by two non-competing manufacturers through a logistics service provider. The results obtained confirm the effectiveness of the shared use of RTI as a tool for improving the economic and environmental sustainability of logistics systems, strengthening inter-organizational cooperation, and increasing the overall efficiency of logistics operations.

Keywords: *circular economy, reverse logistics, reusable packaging, pooling, supply chain, sustainable development, warehouse-based returnable packaging management, logistics service provider*

Постановка проблеми та її зв'язки з науковими чи практичними завданнями. Сектор логістики та управління ланцюгами постачань перебуває на етапі трансформації, зумовленої необхідністю впровадження принципів сталого розвитку та відповідності новим екологічним вимогам ЄС [1]. Зростання обсягів торгівлі супроводжується збільшенням пакувальних відходів, що стимулює перехід до циркулярних моделей управління тарою та упаковкою [2]. В Україні ключовою проблемою залишається домінування лінійної моделі використання тари, зокрема дерев'яних палет, які мають обмежений термін служби, потребують постійного ремонту та створюють додаткові екологічні й фінансові витрати. Це обумовлює необхідність розвитку ефективних систем оборотної тари, оптимізації зворотних логістичних потоків та впровадження сучасних підходів до управління пакувальними ресурсами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень свідчить, що відповіддю на сучасні екологічні та логістичні виклики є концепція циркулярної економіки, центральним елементом якої виступають замкнені ланцюги постачань (CLSC), що інтегрують пряму та реверсивну логістику в єдину систему управління матеріальними потоками [3]. Дослідники Kellen Betts та R. Carrasco-Gallego визначають ключовими чинниками ефективності таких систем довговічність логістичних активів, їх стандартизацію та кооперацію між учасниками ланцюга постачань [4,5]. Значна увага приділяється і регуляторному середовищу, зокрема Регламенту ЄС 2025/40, який передбачає скорочення пакувальних відходів та розширення використання оборотної тари у B2B-перевезеннях [2], а також стандартам ISPM 15 для дерев'яної тари [6]. Дослідження у сфері оцінювання життєвого циклу підтверджують, що системи багаторазового пакування здатні

зменшувати екологічний вплив за рахунок повторного використання, централізованого пулінгу та ефективного управління зворотними потоками [7–9]. Окремий напрям наукових праць присвячено пулінгу як моделі спільного користування оборотною тарою, що дозволяє оптимізувати логістичні витрати, знизити втрати активів і підвищити прозорість логістичних процесів [10,11].

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Незважаючи на значний науковий інтерес до питань багаторазової транспортної упаковки та замкнених ланцюгів постачань, окремі аспекти цієї проблематики залишаються недостатньо дослідженими. Більшість наукових праць зосереджені переважно на екологічних перевагах багаторазової упаковки та принципах циркулярної економіки, тоді як питання практичної організації управління потоками оборотної тари у діяльності логістичних операторів висвітлені недостатньо. Зокрема, потребують подальшого дослідження механізми координації між учасниками ланцюга постачань в умовах нерівномірного попиту, дефіциту упаковки та обмежених ресурсів.

Формування цілей статті (постановка завдання). Метою статті є обґрунтування ключових аспектів управління реверсивними потоками оборотної тари у парадигмі циркулярної економіки з урахуванням кооперативних моделей її використання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Використання багатооборотної тари забезпечує зниження експлуатаційних витрат і сприяє формуванню екологічно відповідального іміджу компанії, однак водночас потребує ефективної організації реверсивних потоків, систем обліку, планування запасів, ремонту й утилізації. Особливу роль у цих процесах відіграють логістичні провайдери, які здійснюють прогнозування потреби в тарі, координацію маршрутів та інформаційну взаємодію між учасниками

ланцюга постачання. Водночас слід враховувати, що окремі види тари, з огляду на властивості перевезеної продукції, наприклад, після транспортування агрохімікатів або пестицидів, не допускаються до повторного використання та виключаються з обороту [12].

Витрати, пов'язані з поверненням та повторним використанням оборотної тари,

суттєво залежать від її обсягу, організації зворотних потоків та застосовуваних методів обробки. У процесі повернення тара проходить низку послідовних етапів, кожен з яких формує відповідні логістичні та операційні витрати. Основні етапи обробки повернення оборотної тари наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Основні етапи, котрі проходить тара при поверненні

Назва етапу	Роз'яснення етапу
Місцева фільтрація	Місцева фільтрація являє собою процес повернення тари, яка виконала свою функцію в ланцюзі руху товару. У місці збору тара проходить фільтрацію в залежності від висунутих до неї вимог. Повернення подібної тари потребує додаткових витрат. В таких умовах компанії потрібно організувати процес фільтрації якомога ефективніше і з найменшими витратами
Збір	Збір, повернення тари можна здійснювати безліччю способів. Так, наприклад, у Фінляндії створені спеціалізовані пункти прийому пляшок, які потім відправляються на повторне використання або переробку. Торгові точки зобов'язані беззастережно приймати бляшану або пластикову тару, яка за формою і розмірами аналогічна упаковці напоїв, що продаються в даному магазині або кіоску. Щоб залучити покупців до повернення тарної упаковки була розроблена застава система повернення пляшок. Згідно з цією системою, при купівлі будь-якого напою, який розлитий в пляшку або банку, покупець повинен сплатити «заставу». Сума застави залежить від розміру і матеріалу тари. Саме цю суму споживач надалі отримає назад, після того, як поверне порожню тару в один зі спеціальних пунктів прийому. Заставна система забезпечує повернення більше 90 % всіх проданих пляшок, які підлягають утилізації
Сортування	Сортування - значимий етап в організації зворотної логістики, так як на даному етапі приймається рішення про те, як надалі використовувати повернену продукцію. Що стосується спеціально відведених приміщень, то привабливе рішення знайшли деякі торговельні мережі: до вже існуючої будівлі магазину поруч зі входом прилаштовуються додаткові приміщення для прийому порожньої тари. Зовнішній вигляд цих приміщень не відрізняється від виду самої будівлі, до якого вони прилаштовуються. Прибудова розділена на дві частини: в передній частині клієнти повертають порожню тару, в задній частині тара сортується для подальшого транспортування
Утилізація	На сьогоднішній день є три основні варіанти повернення тарної упаковки (етап утилізації): повернення на переробні заводи, де тара переробляється в сировину, повернення на виробництво для повторного використання; ліквідація упаковки. Вибір варіанту утилізації залежить від якості повертається упаковки

Загалом у межах договірних відносин покупець зобов'язаний забезпечити повернення оборотної тари постачальнику у строки та на умовах, визначених договором або чинним

законодавством. У випадку використання підприємством кількох видів багатооборотної тари доцільним є формалізоване врегулювання порядку її застосування, обігу та повернення. Така

регламентація може здійснюватися шляхом затвердження внутрішніх документів (положень, інструкцій, правил), які визначають не лише технічні аспекти поводження з тарою, а й ключові організаційні параметри, зокрема вимоги до умов договорів поставки, процедури повернення та допустимі строки обігу різних видів оборотної тари.

У науковій літературі виділяють три базові конфігурації ланцюгів постачання багатооборотної тари (палет) залежно від розподілу прав власності та відповідальності за управління зворотними потоками [13].

1. Система обмінного пулу (Switch-pool Systems) представлена на рис. 1. У цій системі кожен учасник самостійно керує власним запасом тари (частиною пулу), забезпечуючи її контроль, зберігання, ремонт і очищення. Залежно від кількості учасників та їх ролі в процесі розподілу тари виділяють два різновиди системи:

1.1. Учасниками пулу можуть бути відправники та одержувачі або

відправники, логістичні провайдери та одержувачі товарів, однак запасом тари розпоряджаються лише відправники та одержувачі. Передача палет відбувається під час доставки товару одержувачу. Логістичний провайдер здійснює транспортування тари разом із товарами від відправника до одержувача або перевезення порожньої тари від одержувача до відправника. У цьому варіанті відправник повинен гарантувати, що в довгостроковій перспективі кількість палет, які повертаються, дорівнюватиме кількості відправлених палет.

1.2. У цій системі логістичний провайдер також має власний запас палет. Під час отримання товару від відправника логістичний провайдер передає йому відповідну кількість порожньої тари та контролює повернення порожніх палет від одержувача. У такому випадку відправник не несе відповідальності за управління зворотним потоком тари.

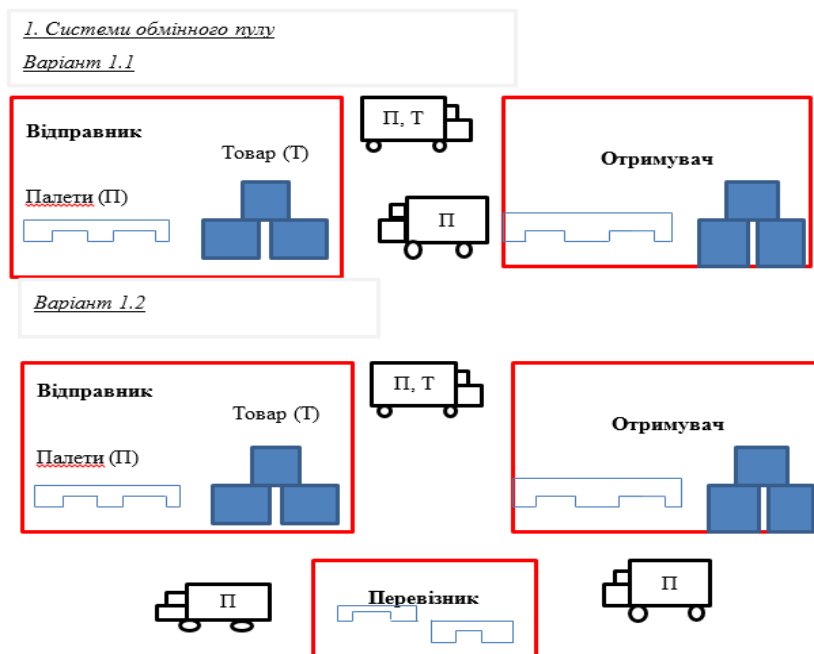


Рис.1. Системи обмінного пулу

2. Система з реверсивною палети належать логістичному провайдеру, логістикою (Systems with Reverse Logistics) який також несе відповідальність за повернення тари після розвантаження

продукції одержувачем. Основною умовою функціонування такої системи є накопичення одержувачем порожніх палет і їх зберігання до моменту формування обсягу, достатнього для економічно доцільного транспортування. У межах цієї системи виділяють кілька типів:

2.1. Трансферна система (Transfer system). Відправник постійно використовує одні й ті самі палети. Система трансферу передбачає лише повернення тари від одержувача до відправника. Відправник несе відповідальність за контроль та відстеження палет, їх адміністрування,

очищення, технічне обслуговування і зберігання. Крім того, відправник повинен забезпечити достатню кількість палет для безперебійного функціонування системи.

2.2. Система депо (Depot system). У цій системі невикористана тара зберігається на спеціалізованих складах логістичного провайдера. Відправнику зі складу надається необхідна кількість палет. Після доставки продукції одержувачу порожні палети збираються логістичним провайдером та повертаються до складу оборотної тари, де здійснюються їх очищення, контроль технічного стану та, за необхідності, ремонт.

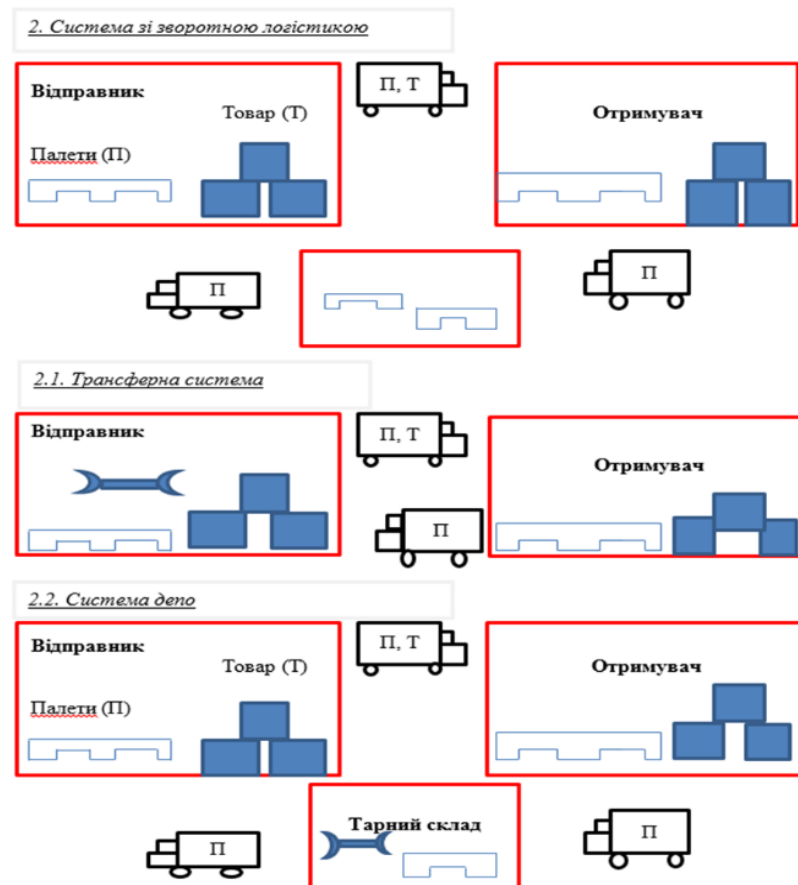


Рис. 2. Система із реверсивною логістикою

2.2.1. Система резерву (Book system). Суть цієї системи полягає у детальному контролі потоку палет логістичним провайдером. Відправник має власний рахунок у системі логістичного провайдера. Коли палети передаються відправнику, відповідна кількість

списується з його рахунку. Під час відправлення палет одержувачу відповідна кількість зараховується на рахунок відправника та дебетується з рахунку одержувача. Для забезпечення контролю руху палет відправник повинен надавати логістичному провайдеру всю необхідну

інформацію щодо кожного відправлення, зокрема дані про одержувача та кількість задіяних палет. Це дає змогу логістичному провайдеру відстежувати переміщення тари в межах ланцюга постачання.

2.2.2. Депозитна система (Deposit system). У цій системі відправник сплачує логістичному провайдеру депозит за кожну палету, яку використовує. Розмір депозиту, як правило, відповідає вартості палети або перевищує її. Відправник включає суму депозиту у розрахунки з одержувачем, який, у свою чергу, передає її наступному учаснику ланцюга постачання. Після досягнення палетами кінцевого пункту призначення вони збираються логістичним провайдером, який повертає депозит

стороні, від якої були отримані палети, за вирахуванням витрат, пов'язаних із втратами або пошкодженням тари.

3. Система без застосування реверсивної логістики (Systems without Reverse Logistics) представлена на рис. 3. У цій системі палети також належать логістичному провайдеру. Користувач системи, тобто відправник, орендує палети у логістичного провайдера. Після завершення використання палети повертаються логістичному провайдеру. Відправник несе відповідальність за всі операції, пов'язані з тарою, зокрема за її фізичне повернення, очищення, контроль, технічне обслуговування та зберігання.

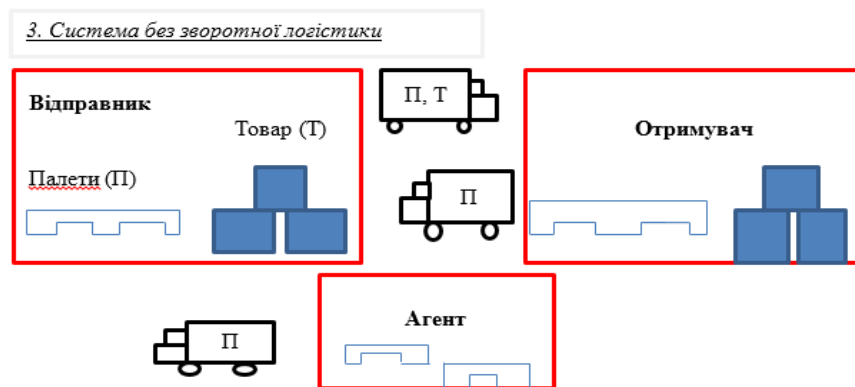


Рис. 3. Системи без застосування реверсивної логістики

Отже, аналіз основних конфігурацій ланцюгів постачання багатооборотної тари свідчить про відсутність універсальної моделі, придатної для всіх логістичних умов. Вибір конкретної системи визначається структурою ланцюга постачання, інтенсивністю обороту тари, географією перевезень, а також розподілом відповідальності між учасниками. У цьому контексті доцільним є використання графічних моделей і схем матеріальних та зворотних потоків, які дозволяють наочно відобразити взаємодію відправників, одержувачів, логістичних провайдерів і пулінгових операторів, а також ідентифікувати точки концентрації витрат і ризиків. Застосування таких візуальних інструментів є особливо важливим для подальшого порівняльного аналізу

ефективності систем управління оборотною тарою та обґрунтування вибору оптимальної конфігурації з урахуванням принципів циркулярної економіки та вимог ESG [1].

Узагальнюючи підходи до організації потоків багатооборотної тари, доцільно розрізнити лінійні та циклічні структури ланцюгів постачання. Лінійні системи не передбачають повернення тари після доставки товару, тоді як циклічні базуються на принципах замкненого ланцюга постачання та забезпечують багаторазове використання тари шляхом її повернення у логістичний цикл. У таких системах зворотні потоки можуть організовуватися безпосередньо між учасниками або через логістичних провайдерів, депо чи пулінгових

операторів. Характер побудови циклічної структури визначає розподіл відповідальності за управління тарою та ефективність функціонування системи, що наочно представлено на рис. 4.

Впровадження багатооборотної тари також передбачає перехід від моделі володіння активами до моделі користування або пулінгу, що дозволяє оптимізувати логістичні витрати у довгостроковій перспективі [5].

У подальшому аналізі доцільно розглядати рух оборотної тари з позиції учасників ланцюга постачання, де традиційні категорії «покупець» і «продавець» трансформуються у ролі відправника та одержувача матеріального потоку. У цьому контексті постачальник або виробник виступає джерелом прямого матеріального потоку, тоді як торговельна точка або продавець формує реверсивний потік оборотної тари.

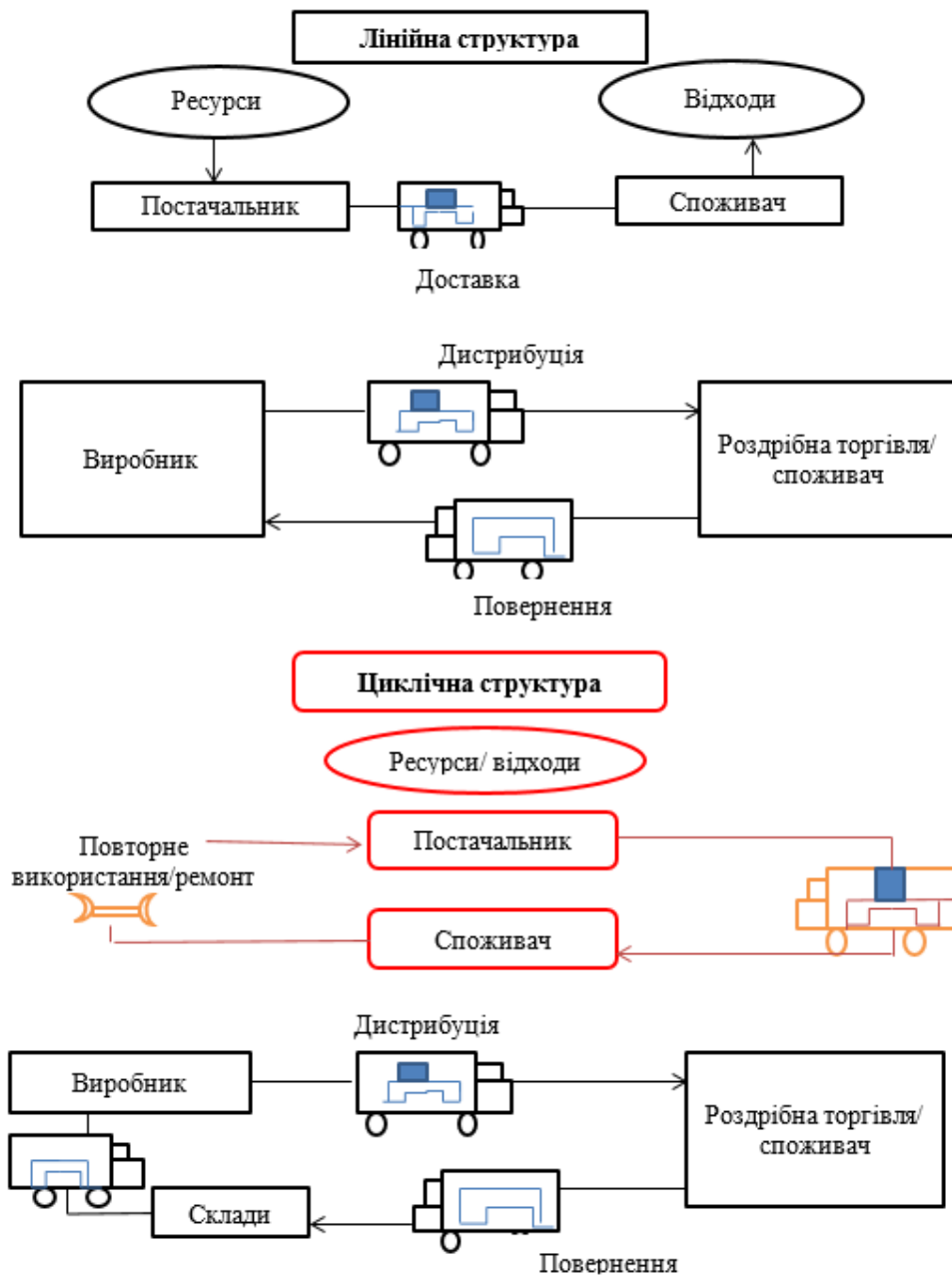


Рис. 4. Види систем повернення тари та упаковки

Пропонується дослідити потенціал спільного використання сумісних RTI у межах двоступеневої моделі постачання, де два неконкуруючі виробники (надалі Виробник 1 та 2) постачають продукцію через логістичного провайдера (надалі Логістичний провайдер) до спільних роздрібних партнерів (надалі Продавець і). Такий підхід забезпечує економію на масштабі завдяки зниженню витрат на закупівлю та обслуговування тари, підвищенню оборотності тари та зменшенню екологічного сліду. Розроблена модель відображає фізичні об'єкти логістичної системи (виробники – логістичний провайдер - роздріб), потоки матеріалів і супровідної інформації, а також дозволяє змодельовати альтернативні сценарії прийняття рішень усіма

учасниками ланцюга. За допомогою цього підходу здійснюється аналіз «що буде, якщо» для оцінки переваг і ризиків горизонтальної співпраці у використанні оборотної тари.

У міжнародній літературі багатооборотна транспортна тара, що використовується для зберігання, транспортування та повернення товарів, позначається як Reusable Transport Items (RTI). Ефективне управління RTI визначає рівень операційних витрат, довговічність активів та ефективність циркулярної логістики [4].

Архітектуру запропонованої моделі двоступеневого ланцюга постачання із застосуванням спільних RTI наведено на рисунку 5.

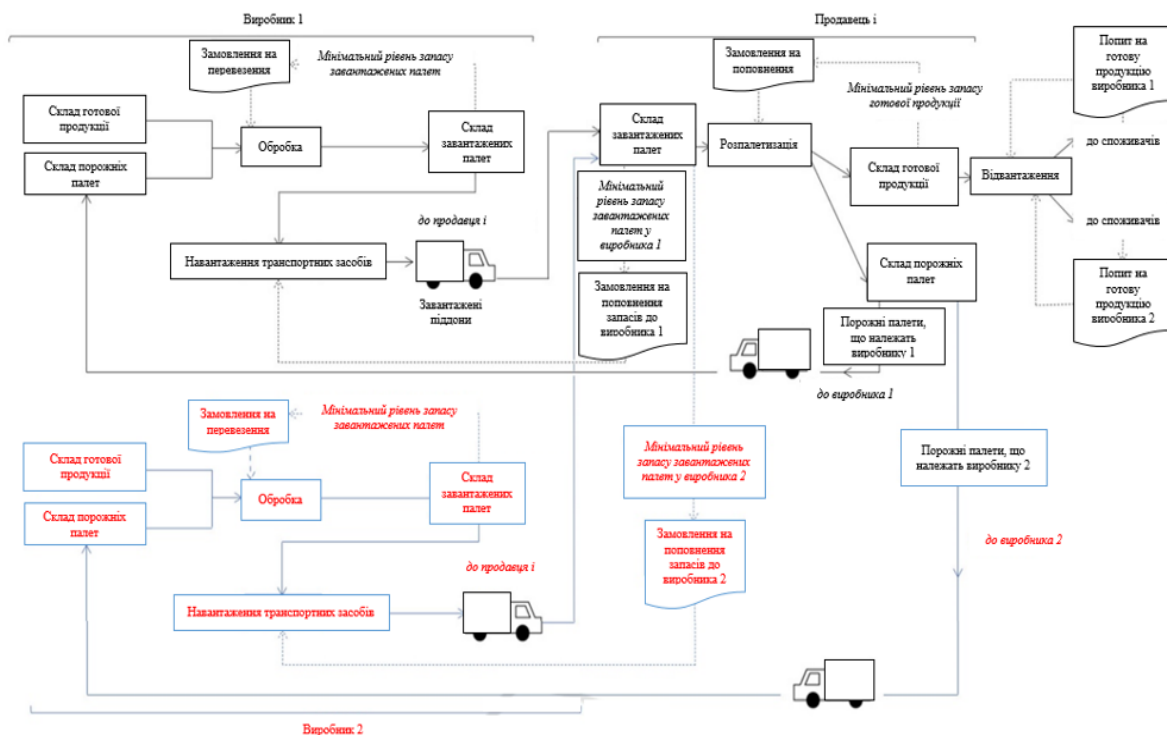


Рис. 5. Модель двоступеневого замкнутого ланцюга постачання

Процес обробки замовлень у моделі передбачає, що роздрібний продавець, отримавши дані про попит, перевіряє наявність готової продукції на складі. У разі її недостатності відбувається розпакування продукції з палет. При досягненні порогу поповнення або

перевищенні наявного запасу новим попитом роздріб відправляє замовлення виробнику. Виробник, у свою чергу, перевіряє запаси готової продукції та сировини, а при нестачі формує виробниче замовлення або надсилає запит на постачання порожніх палет постачальнику.

Після цього вантажівки із завантаженими палетами виїжджають з Депо, доставляють продукцію роздрібним продавцям і одночасно забирають порожні палети до тих пір поки не буде вичерпано їх вантажомісткість.

Розглядаються наступні два сценарії.

1. Без спільного використання (некооперативний):

Кожен виробник управляє власним парком палет. При надходженні замовлення він відправляє вантажівки для доставки товару і одночасного збору своїх порожніх палет, які зберігаються окремо на локаціях роздрібних продавців.

2. Зі спільним використанням (кооперативний):

Два виробники можуть спільно використовувати порожні палети, які є взаємозамінними, тому їх не потрібно зберігати окремо.

Кількість зібраних порожніх палет намагаються зрівняти з кількістю доставлених повних палет.

В аспекті розподілу прибутку кожен партнер сплачує певну суму за використання палети, що належить іншому виробнику. У разі пошкодження палети, виробник сплачує штраф.

Основна ідея полягає в тому, щоб дослідити глобальні втрати ефективності, які можуть виникнути у гравців ланцюга постачання через:

- розподілений характер управління;
- незалежні (а іноді навіть конфліктні)

цілі і методи роботи, які можуть перешкоджати досягненню взаємовигідної угоди.

Для оцінки кожного зі сценаріїв обрано наступні критерії.

1. Втрати продажів – кількість продукції, яку не вдалося продати через брак запасів у момент, коли був попит.

2. Задоволені запити – скільки завантажених палет вдалося відправити роздрібним продавцям згідно з їхніми запитами.

3. Рівень сервісу – як на рівні виробників, так і на рівні роздрібних продавців.

4. Вартість закупівлі нових палет.

5. Заощадження, збитки та виплати на рівні кожного виробника.

Отже, розглянемо двоетапний ланцюг постачання, що складається з множини виробників, логістичного провайдера та мережі роздрібних продавців. Для формалізації системи введемо такі множини [14]:

$i \in I$ – виробники, $I = \{1, 2, \dots, |I|\}$;

$j \in J$ – роздрібні продавці, $J = \{1, 2, \dots, |J|\}$;

$t \in T$ – дискретні періоди часу моделювання, $T = \{1, 2, \dots, |T|\}$.

Матеріальний потік організовано у вигляді руху готової продукції, розміщеної на багаторазових транспортних одиницях, які циркулюють між виробниками та роздрібними продавцями з подальшим поверненням у зворотному напрямку.

Для побудови методики приймаються такі припущення:

- РТІ є фізично однорідними та функціонально взаємозамінними;

- кожна РТІ може перебувати лише в одному стані в кожний момент часу: порожня, завантажена, у транспортуванні, втрачена або пошкоджена;

- логістичний провайдер забезпечує транспортування та облік РТІ, але не володіє ними;

- попит з боку роздрібних продавців носить імовірнісний характер і може призводити до втрат продажів;

- частка РТІ, що повертаються у пошкоджену стані, є заданою заздалегідь.

Ці припущення дозволяють зосередитися на економічних та управлінських ефектах кооперації, абстрагуючись від технічних обмежень.

Для кожного виробника $i \in I$ визначимо:

- $P_i^{\text{нов}}$ – кількість нових РТІ, придбаних протягом періоду T ;

- $P_i^{\text{вик}}$ – кількість РТІ, що були використані, але належать іншому виробнику;

- $P_i^{\text{втр}}$ – кількість втрачених або непоправно пошкоджених РТІ;

- $D_i^{\text{зад}}$ – кількість задоволеного попиту;

- $D_i^{\text{втр}}$ – кількість втрачених продажів.

Економічні параметри:

- c_p – вартість закупівлі нової РТІ;

- c_s – плата за використання чужої РТІ;

- c_l – компенсація за втрату або пошкодження РТІ;

- c_d – вартість одиниці втраченого попиту.

Рівень логістичного сервісу. Для кожного виробника рівень сервісу визначається:

$$SL_i = \frac{D_i^{\text{зад}}}{D_i^{\text{зад}} + D_i^{\text{втр}}}, i \in I \quad (1)$$

Цей показник відображає здатність системи задовольняти попит за наявних ресурсних обмежень РТІ.

Коефіцієнт заміщення РТІ. Для оцінки ефекту спільного використання вводиться коефіцієнт заміщення:

$$SR_i = \frac{P_i^{\text{вик}}}{P_i^{\text{нов}} + P_i^{\text{вик}}}, i \in I \quad (2)$$

Він показує частку потреби в РТІ, яка була покрита без придбання нових активів.

Сукупні витрати управління РТІ. Інтегральні витрати виробника i визначаються як:

$$TC_i = c_p * P_i^{\text{нов}} + c_s * P_i^{\text{вик}} + c_l * P_i^{\text{втр}} + c_d * D_i^{\text{втр}} \quad (3)$$

Ця функція дозволяє порівнювати альтернативні сценарії управління оборотною тарою на єдиній вартісній основі.

Для аналізу доцільності спільного використання РТІ вводиться показник кооперативного ефекту:

$$CE_i = \frac{T * C_i^{\text{без}} - T * C_i^{\text{і}}}{T * C_i^{\text{без}}}, i \in I \quad (4)$$

де $T * C_i^{\text{без}}$ – витрати за незалежного управління РТІ, коли кожний управляє власним парком палет;

$T * C_i^{\text{і}}$ – витрати за умови спільного використання парком палет.

Додатне значення CE_i свідчить про економічну доцільність співпраці.

У межах запропонованої методики сформульовано низку дослідницьких гіпотез, емпірична перевірка яких виходить за межі цієї роботи та становить предмет подальших досліджень:

- спільне використання сумісних РТІ може призводити до зниження потреби у закупівлі нових палет порівняно з моделлю індивідуального володіння;

- кооперативне управління РТІ потенційно забезпечує підвищення рівня сервісу в двоступеневих ланцюгах постачання;

- економічний ефект від спільного використання РТІ очікується вищим у системах із високою інтенсивністю матеріальних потоків та значними втратами тари;

- залучення логістичного провайдера як координатора обігу РТІ може зменшувати негативні наслідки децентралізованого прийняття рішень.

Запропонована методика моделювання обігу оборотної тари дозволяє не лише аналізувати ефективність кооперативного використання РТІ у межах двоступеневого ланцюга постачання, але й створює основу для порівняльної оцінки альтернативних типів багаторазових транспортних одиниць. Зокрема, у подальших дослідженнях методика може бути використана для аналізу доцільності переходу від традиційних дерев'яних палет до більш довговічних рішень, таких як пластикові РТІ, з урахуванням вартості життєвого циклу, рівня втрат, оборотності та ступеня координації між учасниками ланцюга постачання. Реалізація таких сценаріїв потребує емпіричного наповнення моделі та є перспективним напрямом подальших досліджень.

Висновки даного дослідження і перспективи подальших робіт у цьому напрямку. У статті систематизовано теоретичні та прикладні підходи до управління багатооборотною тарою в логістичних ланцюгах постачання з

урахуванням принципів циркулярної економіки та вимог ESG. Уточнено класифікацію багатооборотної тари за кратністю використання, функціональним призначенням і характером договірних відносин, що дозволяє чіткіше розмежувати одноразові та оборотні транспортні одиниці в сучасних логістичних системах.

Проаналізовано основні конфігурації ланцюгів постачання багатооборотної тари, зокрема системи обмінного пулу, системи з реверсивною логістикою та системи без організованого зворотного потоку. Показано, що вибір конкретної моделі визначається інтенсивністю обороту тари, географією перевезень, структурою ланцюга постачання та розподілом відповідальності між його учасниками, а універсальної конфігурації для всіх умов не існує.

Розроблено двоступеневу модель замкненого ланцюга постачання зі спільним використанням сумісних РТІ неконкуруючими виробниками через логістичного провайдера. Запропонована модель дозволяє здійснювати сценарний аналіз некооперативної та кооперативної стратегій управління тарою, оцінюючи їх вплив на рівень сервісу, втрати продажів, інвестиції в палетний парк та розподіл економічних вигід між учасниками. Отримані результати підтверджують, що горизонтальна кооперація у використанні багатооборотної тари має потенціал підвищення операційної ефективності та зниження екологічного навантаження логістичних систем.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тюріна А. А., Грищенко А. О. ESG як нова парадигма оцінки інвестиційної привабливості сільськогосподарських підприємств. *Агросвіт*. 2025. № 14. С. 160–169. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.14.160>.
2. Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council of 19 December 2024 on packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC, Official Journal of the European Union L 2025/40, 22 January 2025. URL: <https://www.ekokom.cz/wp-content/uploads/2025/01/Regulation-on-packaging-and-packaging-waste.pdf> (дата звернення 20.12.2025)
3. Галак І.І., Крюковська Л.І. Особливості управління реверсивними потоками у замкненому ланцюзі постачань. *Вісник Національного транспортного університету. Сер. Технічні науки*. 2021. Вип. 48. С. 73-82. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/48/073-082.pdf> (дата звернення 20.12.2025)
4. Betts K, Gutierrez-Franco E and Ponce-Cueto E . Key metrics to measure the performance and impact of reusable packaging in circular supply chains. *Front. Sustain.* 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.910215>
5. Carrasco-Gallego, R., Ponce-Cueto, E. and Dekker, R. Closed-loop supply chains of reusable articles: A typology grounded on case studies. *International Journal of Production Research*. 2012. Vol. 50. Iss.19. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.649861>
6. Горбенко О.В. Пакування і зберігання вантажів в ланцюгах постачань. *Економіка та управління на транспорті*. К.: НТУ, 2017. Вип. 4. URL: <http://publications.ntu.edu.ua/eut/2017-04/025-040.pdf> (дата звернення 20.12.2025)
7. Katsanakis N., Ibn-Mohammed T., Moradlou H., Godsell J. Circular economy strategies for life cycle management of returnable transport items. *Sustainable Production and Consumption*. 2023. Vol. 43. P. 333–348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.11.016> .
8. Tornese, F., Gnoni, M.G., Thorn, B.K.; Carrano, A.L., Pazour, J.A. Management and Logistics of Returnable Transport Items: A Review Analysis on the Pallet Supply Chain. *Sustainability*. 2021. № 13. No. 12747. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132212747>

9. Accorsi, R., Battarra, I., Guidani, B., Manzini, R., Ronzoni, M., Volpe, L.. Augmented Spatial LCA for Comparing Reusable and Recyclable Food Packaging Containers Networks. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 375. No. 134027. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134027>
10. Кобиліух, О., Гірна, О. Переваги пулінгової схеми організації обороту багаторазової тари. *Економіка та суспільство*. 2021. Вип. 33. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-83>
11. Yu, H., Yang, J., Kang, X., Cong, Z., Yao, S. Empty Pallet Allocation Optimization in Shipbuilding Using a Pallet Pool System. *Sustainability* 2022. Vol. 14. No. 5479. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095479>
12. Kroon L, Vrijens G. Returnable containers: an example of reverse logistics". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 1995. Vol. 25 No. 2 P. 56–68. DOI: <https://doi.org/10.1108/09600039510083934>
13. LPR. Pallet pooling vs pallet exchange: what are the key differences? *lpr.eu: website*. URL: <https://www.lpr.eu/blog/pallet/pallet-pooling-vs-pallet-exchange-what-are-the-key-differences/> (дата звернення: 28. 12.2025).
14. Accorsi R., Baruffaldi G., Manzini R. A closed-loop packaging network design model to foster infinitely reusable and recyclable containers in food industry. *Sustainable Production and Consumption*. 2020. Vol. 24. P. 48–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.06.001>
- <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.14.160>
2. Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council (2025) On packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC. Official Journal of the European Union, L 2025/40. Available at: <https://www.ekokom.cz/wp-content/uploads/2025/01/Regulation-on-packaging-and-packaging-waste.pdf> (accessed 20 December 2025).
3. Halak I. I., Kriukovska L. I. (2021). Osoblyvosti upravlinnia reversyvnymy potokamy u zamknenom u lantsiuhu postachan [Features of reverse flow management in a closed-loop supply chain]. *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriya Tekhnichni nauky*. Iss. 48. P. 73–82. Available at: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/48/073-082.pdf> (accessed 20 December 2025).
4. Betts K., Gutierrez-Franco E., Ponce-Cueto E. (2022). Key metrics to measure the performance and impact of reusable packaging in circular supply chains. *Frontiers in Sustainability*. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.910215>
5. Carrasco-Gallego R., Ponce-Cueto E., Dekker R. (2012) Closed-loop supply chains of reusable articles: A typology grounded on case studies. *International Journal of Production Research*. Vol. 50. No. 19. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.649861>
6. Horbenko O. V. (2017) Pakuvannia i zberihannia vantazhiv v lantsiuhakh postachan [Packaging and storage of cargo in supply chains]. *Ekonomika ta upravlinnia na transporti*. Iss. 4. Available at: <http://publications.ntu.edu.ua/eut/2017-04/025-040.pdf> (accessed 20 December 2025).
7. Katsanakis N., Ibn-Mohammed T., Moradlou H., Godsell J. (2023). Circular economy strategies for life cycle management of returnable transport items. *Sustainable Production and Consumption*. Vol. 43. P. 333–

REFERENCES

1. Tiurina A. A., Hryshchenko A. O. (2025). ESG yak nova paradyhma otsinky investytsiinoi pryvablyvosti silskohospodarskykh pidpryiemstv [ESG as a new paradigm for assessing the investment attractiveness of agricultural enterprises]. *Ahrosvit*. No. 14. P. 160–169. DOI:

348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.11.016>
8. Tornese F., Gnoni M. G., Thorn B. K., Carrano A. L., Pazour J. A. (2021) Management and logistics of returnable transport items: A review analysis on the pallet supply chain. *Sustainability*. Vol. 13. No. 12747. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132212747>
9. Accorsi R., Battarra I., Guidani B., Manzini R., Ronzoni M., Volpe L. (2022) Augmented spatial LCA for comparing reusable and recyclable food packaging containers networks. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 375. No. 134027. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134027>
10. Kobyliukh O., Hirna O. (2021) Perevahy pulinhovoi skhemy orhanizatsii oborotu bahatorazovoi tary [Advantages of the pooling scheme for organizing reusable packaging circulation]. *Ekonomika ta suspilstvo*. Iss. 33. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-83>
11. Yu H., Yang J., Kang X., Cong Z., Yao S. (2022). Empty pallet allocation optimization in shipbuilding using a pallet pool system. *Sustainability*. Vol. 14, No. 5479. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095479>
12. Kroon L., Vrijens G. (1995) Returnable containers: an example of reverse logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 25. No. 2. P. 56–68. DOI: <https://doi.org/10.1108/09600039510083934>
13. LPR (2025) Pallet pooling vs pallet exchange: what are the key differences? *lpr.eu: website*. Available at: <https://www.lpr.eu/blog/pallet/pallet-pooling-vs-pallet-exchange-what-are-the-key-differences/> (accessed 28 December 2025).
14. Accorsi R., Baruffaldi G., Manzini R. (2020) A closed-loop packaging network design model to foster infinitely reusable and recyclable containers in food industry. *Sustainable Production and Consumption*. Vol. 24. P. 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.06.001>

Стаття надійшла 10.05.26

Стаття прийнята до друку після рецензування 21.05.26

Стаття опублікована (оприлюднена) 29.05.26