УДК 658.7:330.342
DOI: https://doi.org/10.32782/2413-9971/2026-62-15

Крупська О.С.
здобувачка вищої освіти третього навчально-наукового рівня (PhD),
Одеський національний морський університет
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-5217-8361

Krupska Olena
PhD Student of the Department of Logistics Systems and Project Management,
Odesa National Maritime University

ДЖЕРЕЛА СИНЕРГІЇ ТА СИНЕРГЕТИЧНІ КОМБІНАЦІЇ ЦИРКУЛЯРНИХ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ У ЛОГІСТИЦІ

Анотація. У статті досліджено синергетичні комбінації циркулярних бізнес-моделей у логістиці як механізм підвищення сукупного економічного, екологічного та організаційного ефекту. Синергетичну комбінацію розглянуто як один із трьох типів взаємозв'язку між моделями поряд з еволюційним прогресуванням і технологічною конвергенцією. Систематизовано чотири джерела синергії за критерієм спільної базової передумови ефекту та розмежовано двосторонні й багатосторонні комбінації. Узагальнено механізми впливу комбінацій на витрати, доходи, використання активів, ресурсну ефективність та регуляторні ризики, а також обґрунтовано можливість від'ємного ефекту через конкуренцію моделей за спільний потік. Запропоновано послідовність кількісного оцінювання синергетичного ефекту та показники його економічної, інфраструктурної й ресурсної складових, зокрема в дисконтованій формі.

Ключові слова: циркулярна економіка, циркулярні бізнес-моделі, логістика, синергія, зворотна логістика, рівні зрілості.

Вступ та постановка проблеми. Перехід від лінійної до циркулярної економіки змінює не лише способи використання ресурсів, а й логіку створення, доставки, повернення та повторного використання цінності. Для традиційної логістики характерним є переважання прямого потоку від постачальника до споживача, тоді як циркулярна логістика передбачає поєднання прямих і зворотних потоків, повернення продукції, компонентів та матеріалів, їх сортування, ремонту, відновлення, повторного використання або переробки. У такій системі логістична інфраструктура перестає бути лише засобом переміщення продукції і набуває ролі базового активу циркулярної бізнес-моделі.

Водночас циркулярні бізнес-моделі в логістиці здебільшого досліджують і впроваджують відокремлено одна від одної, хоча на практиці вони спираються на ті самі пункти збору, склади, транспорт, пули активів, мережі контрагентів і регуляторні механізми. Відсутність систематизованих уявлень про те, які моделі та через який спільний ресурс підсилюють одна одну, призводить до дублювання інфраструктури, недовантаження активів і недооцінювання сукупного ефекту циркулярних проєктів. Тому актуальним науковим і практичним завданням є визначення джерел синергії між циркулярними бізнес-моделями та механізмів її виникнення як передумови кількісного оцінювання приросту ефекту від їх комбінування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Bocken N. M. P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. систематизують стратегії уповільнення, замикання та звуження ресурсних циклів і пов'язують їх із продуктовими та бізнес-модельними рішеннями [1]. Для логістики це принципово, оскільки різні способи збереження цінності потребують різних потоків, операцій та інфраструктурних рішень.

Lüdeke-Freund F., Gold S., Bocken N. M. P. розробили типологію циркулярних бізнес-моделей та показали різноманітність варіантів, спрямованих на замикання ресурсних потоків, зокрема ремонт і технічне обслуговування, повторне використання і перерозподіл, відновлення та реманufактуру, переробку, каскадне використання та використання органічної сировини [2]. Ця типологія важлива для ідентифікації моделей, але не розкриває механізмів їхньої одночасної взаємодії в логістичній системі.

Окремий напрям становлять дослідження зворотної логістики та замкнених ланцюгів постачання. Govindan K., Soleimani H., Kannan D. на основі огляду 382 наукових праць показують широту досліджень зворотної логістики і замкнених ланцюгів постачання, а також значний спектр організаційних та оптимізаційних проблем [3]. Для цього дослідження важливою є інтеграція зворотних потоків з іншими ланками ланцюга.

Mayanti B., Helo P. розкривають зв'язок між розширеною відповідальністю виробника та системами зворотної логістики. Автори показують, що в системі EPR зворотна логістика охоплює збір, інспекцію та оброблення продукції після завершення

© Крупська О.С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

використання [4]. Це дає підстави трактувати EPR не тільки як регуляторний механізм, а й як джерело синергії з наявною логістичною інфраструктурою.

Для промислового симбіозу важливим є перехід від односторонньої логіки поводження з відходами до міжорганізаційного обміну ресурсами. Albino V., Fraccascia L. класифікують бізнес-моделі промислового симбіозу, розглядаючи його як обмін матеріалами, енергією та послугами між підприємствами, й показують, що такі бізнес-моделі можуть створювати економічні вигоди поряд з екологічними [5]. Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. доповнюють цю класифікацію ознакою форми управління симбіотичною системою, звертаючи увагу на роль координації та централізованого управління [6].

Сервітизація доповнює розглянуті напрями, оскільки переводить відносини підприємства з клієнтом від продажу продукту до надання функції або результату. Han J., Heshmati A., Rashidghalam M. на прикладі Hyundai розглядають сервітизацію як циркулярну бізнес-модель «продукт як послуга» і пов'язують її ефективність із поширенням «розумних» підключених продуктів, стан яких можна відстежувати дистанційно [7]. Оскільки за такої моделі актив залишається у власності постачальника, вона породжує постійну потребу в ремонтній та відновлювальній спроможності.

Нові дослідження дедалі виразніше підкреслюють екосистемний характер циркулярних бізнес-моделей. Roelfsema H. доводить, що циркулярні моделі рідко масштабуються в межах одного підприємства, оскільки уповільнення й замикання ресурсних циклів потребує екосистем, які поєднують проєктування продукції, зворотну логістику та вторинні ринки. Для узгодження інтересів учасників автор пропонує спільні показники результативності, правила спільного фінансування та інвестиції в інфраструктуру, зокрема у простежуваність [8].

Невирішеною частиною загальної проблеми є відсутність узгодженої структурної карти взаємодії десяти циркулярних бізнес-моделей, релевантних логістиці. Більшість досліджень розглядає окремі моделі або окремі типи ланцюгів. Натомість для ухвалення управлінських рішень необхідно бачити, які моделі можуть бути пов'язані між собою через спільну інфраструктуру, актив, мережу або регуляторний механізм. Другою невирішеною частиною є розмежування двосторонньої та багатосторонньої синергії, третьою – відсутність критерію, за яким комбінацію можна однозначно віднести до певного джерела синергії.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є систематизація джерел синергії та синергетичних комбінацій циркулярних бізнес-моделей у логістиці за спільною базовою передумовою ефекту – інфраструктурною, майновою, мережевою або регуляторною.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

– систематизувати чотири джерела синергетичного ефекту та обґрунтувати критерій віднесення до них комбінацій;

– ідентифікувати задокументовані поєднання десяти моделей у логістиці та визначити участь кожної моделі в них;

– узагальнити механізми впливу цих поєднань на витрати, доходи, активи, ресурси та регуляторні ризики, зокрема можливість від'ємного ефекту;

– запропонувати показники кількісного оцінювання синергетичного ефекту.

Результати дослідження. Об'єктом систематизації є десять циркулярних бізнес-моделей, релевантних логістиці [9]: повторне використання (Reuse); зворотна логістика (Reverse Logistics); ремонт і відновлення (Repair & Refurbishment); переробка (Recycling); сервітизація (Servitization); логістика як послуга (Logistics-as-a-Service); промисловий симбіоз (Industrial Symbiosis); платформи спільного використання ресурсів (Resource Sharing Platforms); об'єднання активів у пул (Asset Pooling); колективні схеми розширеної відповідальності виробника (Collective EPR Schemes).

Дослідження ґрунтується на методах логіко-структурного аналізу, порівняння та узагальнення, а також на аналізі задокументованої практики підприємств. Комбінацію включено до систематизації лише за умови, що механізм взаємодії підтверджено рецензованим джерелом, нормативним актом або публічно задокументованою практикою підприємства. Поєднання, для яких таких підтверджень не виявлено, не розглядалися, що окреслює межі отриманих результатів.

За глибиною трансформації діяльності ці моделі розподіляються за трьома рівнями організаційної зрілості [9]: операційним (Reuse, Reverse Logistics); стратегічним (Logistics-as-a-Service, Repair & Refurbishment, Recycling, Servitization); екосистемним (Industrial Symbiosis, Resource Sharing Platforms, Asset Pooling, Collective EPR Schemes).

Зі зростанням рівня зрілості підвищується рівень органу, що ухвалює рішення про впровадження моделі, подовжується горизонт планування і зростає кількість сторін, згоду яких необхідно отримати. Між моделями розрізняють три типи взаємозв'язку [9]: еволюційне прогресування – послідовний перехід підприємства від моделей нижчого рівня зрілості до моделей вищого рівня; синергетичну комбінацію – паралельне функціонування моделей зі спільним використанням частини інфраструктури, ресурсів, персоналу чи клієнтської бази; технологічну конвергенцію – об'єднання моделей навколо спільної цифрової платформи. Ці типи не є взаємовиключними. Предметом цієї статті є другий із них.

У межах цього дослідження *синергетичну комбінацію доцільно визначати як сукупність двох або більше циркулярних бізнес-моделей*, у якій спільне функціонування породжує додатковий ефект порівняно з ізольованою реалізацією цих моделей. Такий ефект може бути результатом уникнення дублювання ресурсів, підвищення завантаження активів, скорочення транзакційних витрат, прискорення обігу матеріалів, створення додаткового доходу або зниження ризику невиконання регуляторних вимог.

Важливо розрізняти сумарний ефект і синергетичний ефект. Якщо E_i – ефект окремої моделі і, то базовий сукупний ефект n моделей можна подати як:

$$E_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} E_i \quad (1)$$

Додатковий ефект взаємодії визначається як:

$$\Delta E_{\text{син}} = E_{\text{комб}} - E_{\Sigma} \quad (2)$$

де $E_{\text{комб}}$ – результат функціонування комбінації. Позитивне значення $\Delta E_{\text{син}}$ свідчить про наявність додаткового результату, який виникає саме через взаємодію. Для практичного використання ця схема потребує єдиної бази порівняння, щоб уникнути подвійного врахування витрат і вигод. Підсумовування у формулах (1) і (2) коректне лише для ефектів, виражених в однакових одиницях. Екологічні та регуляторні ефекти потребують попереднього вартісного оцінювання або нормування.

Синергія в логістиці має особливу природу через високу частку умовно-постійних інфраструктурних і координаційних витрат. Якщо одна база обслуговує кілька циркулярних потоків, витрати на одиницю потоку зменшуються.

Синергетичні комбінації розрізняються за кількістю моделей. *Двостороння синергія* виникає, коли вихід або спроможність однієї моделі є входом чи умовою функціонування іншої. *Багатостороння* – коли кілька моделей спираються на ту саму базову передумову, і сукупний ефект залежить від кількості моделей, що нею користуються. Критерієм віднесення комбінації до джерела синергії є домінантна базова передумова ефекту: інфраструктура та ресурсна база, актив, мережа учасників або регуляторний механізм. Так, Reverse Logistics + Collective EPR Schemes ґрунтується на спільній мережі збору і тому є інфраструктурною комбінацією. Recycling + Collective EPR Schemes ґрунтується на спільних цільових показниках і тому є регуляторною.

Першим джерелом синергії є спільна логістична інфраструктура та ресурсна база: склади, транспорт, пункти збору, сортувальні центри, інформаційні системи, які не потрібно дублювати для кожної моделі [3]. Найвиразніший приклад – комбінація Reverse Logistics + Reuse + Repair & Refurbishment + Recycling. Зворотна мережа формується один раз, а після сортування потік розподіляється між повторним продажем, ремонтом і переробкою. Таку конфігурацію ілюструє програма Buy Back & Resell IKEA [10]. До цього джерела належать також такі комбінації: Recycling + Industrial Symbiosis, у якій вторинна сировина стає входом для іншого виробника [5]; Asset Pooling + Repair & Refurbishment, у якій оператор пулу сам відновлює пошкоджені активи, як у IFCO SmartCycle [11]; Logistics-as-a-Service + Reverse Logistics, у якій гнучка складська потужність адаптується до коливань обсягів повернення [12]; Reverse Logistics + Collective EPR Schemes, у якій колективна схема використовує наявну мережу зворотного збору [4].

Другим джерелом синергії є обслуговування спільного активу. У комбінації Servitization + Repair & Refurbishment актив залишається у власності постачальника [7]. Тому ремонт і відновлення стають умовою виконання основної ціннісної пропозиції, а не периферійною функцією. Додавання Asset Pooling утворює багатосторонню комбінацію, у якій пул забезпечує резервну одиницю без індивідуального резерву для кожного клієнта. Прикладом є програма Rolls-Royce CorporateCare Enhanced: мережа з 85 сервісних центрів поєднується в ній зі спільним пулом із 180 запасних двигунів (станом на 2023 р.) [13]. Її логіка переноситься на логістичні активи з високою вартістю простою.

Третє джерело синергії – спільна мережа учасників – характерне для Industrial Symbiosis і Resource Sharing Platforms, які належать до екосистемного рівня зрілості [9]. Базовим ресурсом тут є сформовані відносини довіри та правила координації. Якщо симбіотична мережа вже існує, платформа спільного використання ресурсів може спиратися на неї й посилювати її координаційний компонент [5; 6]. Так, у Mo Industripark одна мережа взаємодії обслуговує обмін енергією, логістичними послугами, даними та побічними продуктами [14]. Водночас розширення мережі збільшує координаційні витрати. Тому ефект позитивний лише тоді, коли додаткові вигоди перевищують ці витрати [8].

Четверте джерело синергії – взаємне посилення регуляторного ефекту – виникає, коли одна модель знижує ризик невиконання показників або розмір платежів, встановлених для іншої. У комбінації Recycling + Collective EPR Schemes переробка понад мінімальний рівень зменшує ризик недосягнення колективною схемою цільових показників [4]. У комбінації Asset Pooling + Collective EPR Schemes багаторазова тара може знижувати внески виробників. Рамкова директива ЄС про відходи передбачає модуляцію таких внесків з урахуванням, зокрема, придатності продукції до повторного використання [15]. Величина регуляторної синергії залежить від чинного законодавства, тому її не можна переносити між країнами без перевірки нормативної бази.

Із десяти ідентифікованих комбінацій вісім є двосторонніми. Їхня перевага для управління – відносна простота визначення причинно-наслідкового зв'язку. Багатосторонніми є дві комбінації: Reverse Logistics + Reuse + Repair & Refurbishment + Recycling та Servitization + Repair & Refurbishment + Asset Pooling. Їх оцінювання складніше, бо ефект залежить від пропускної здатності спільного ресурсу та розподілу потоку між моделями.

За напрямом економічного результату синергію поділено на такі види:

– витратну – через розподіл фіксованих витрат;

– дохідну – через додатковий продаж або повторну реалізацію;

– майнову – через підвищення завантаження активів;

– ресурсну – через перетворення відходу на ресурс;

– регуляторну – через зменшення платежів або ризиків.

Зведену систематизацію ідентифікованих комбінацій за джерелом синергії, кількістю моделей і видом ефекту наведено в табл. 1.

Десять розглянутих моделей мають різну мережеву роль. Reverse Logistics, Recycling, Repair & Refurbishment, Asset Pooling і Collective EPR Schemes виступають вузлами, кожен з яких бере участь у трьох-чотирьох комбінаціях. Servitization та Industrial Symbiosis беруть участь у двох комбінаціях кожна. Натомість Reuse, Logistics-as-a-Service та Resource Sharing Platforms беруть участь лише в одній ідентифікованій комбінації й мають більш вузьку, але функціонально важливу роль (табл. 2).

Кожна з десяти моделей бере участь щонайменше в одній задокументованій комбінації. Розподіл джерел синергії узгоджується з рівнями зрілості моделей. Інфраструктурна синергія та синергія обслуговування активу спираються на моделі операційного й стратегічного рівнів, які підприємство здатне реалізувати самостійно. Натомість мережева й регуляторна синергія передбачають участь

Таблиця 1

Систематизація синергетичних комбінацій циркулярних бізнес-моделей у логістиці

Спільна логістична інфраструктура та ресурсна база	Reverse Logistics + Reuse + Repair & Refurbishment + Recycling	4	Єдина мережа збору; розподіл потоку після сортування	Витратна, дохідна
	Recycling + Industrial Symbiosis	2	Вторинна сировина є входом іншого учасника	Ресурсна
	Asset Pooling + Repair & Refurbishment	2	Пошкоджені активи відновлюються в системі пулу	Майнова
	Logistics-as-a-Service + Reverse Logistics	2	Гнучка складська ємність адаптується до повернень	Витратна
	Reverse Logistics + Collective EPR Schemes	2	EPR використовує наявну мережу зворотного збору	Витратна
Обслуговування спільного активу	Servitization + Repair & Refurbishment	2	Сервісна спроможність підтримує актив у робочому стані протягом контракту	Майнова, дохідна
	Servitization + Repair & Refurbishment + Asset Pooling	3	Спільний пул резервних активів у поєднанні з мережею ремонту забезпечує безперервність сервісу	Майнова
Спільна мережа учасників	Industrial Symbiosis + Resource Sharing Platforms	2	Сформована мережа довіри й координації знижує вартість додаткового спільного використання ресурсів	Витратна
Взаємне посилення регуляторного ефекту	Recycling + Collective EPR Schemes	2	Власна переробка знижує ризик недосягнення цільових показників колективної схеми	Регуляторна
	Asset Pooling + Collective EPR Schemes	2	Модуляція внесків з урахуванням придатності до повторного використання	Регуляторна

Джерело: розроблено авторкою з використанням [3–5; 7; 10–15]

Таблиця 2

Участь циркулярних бізнес-моделей у синергетичних комбінаціях з урахуванням рівня зрілості

Модель	Рівень зрілості	Кількість комбінацій	Джерела синергії
Reuse	Операційний	1	Інфраструктурне
Reverse Logistics	Операційний	3	Інфраструктурне
Logistics-as-a-Service	Стратегічний	1	Інфраструктурне
Repair & Refurbishment	Стратегічний	4	Інфраструктурне; обслуговування активу
Recycling	Стратегічний	3	Інфраструктурне; регуляторне
Servitization	Стратегічний	2	Обслуговування активу
Industrial Symbiosis	Екосистемний	2	Інфраструктурне; мережеве
Resource Sharing Platforms	Екосистемний	1	Мережеве
Asset Pooling	Екосистемний	3	Інфраструктурне; обслуговування активу; регуляторне
Collective EPR Schemes	Екосистемний	3	Інфраструктурне; регуляторне

Джерело: розроблено авторкою з використанням [9]

моделей екосистемного рівня. Для мережевого джерела цей зв'язок випливає з самого змісту синергії, для регуляторного – з того, що цільові показники та внески встановлюються для колективних схем, а не для окремого підприємства. Структуру зв'язків між моделями за джерелами синергії та рівнями зрілості наведено на рис. 1.

Reverse Logistics є головним інфраструктурним вузлом: вона забезпечує фізичний рух матеріалів до різних точок відновлення цінності, тому розширення набору кінцевих операцій підвищує завантаження однієї мережі. Recycling не лише завершує зворотний потік, а й формує вторинний ресурс для Industrial Symbiosis. Repair & Refurbishment поєднує продуктовий і сервісний цикли: ця модель є одним із маршрутів зворотного потоку і водночас підтримує працездатність активів у Servitization та Asset Pooling. Asset Pooling і Collective EPR Schemes поєднують інфраструктурну роль відповідно з майновою та регуляторною.

Систематизація не означає, що будь-яке поєднання моделей є синергетичним. Моделі, які використовують один зворотний потік, водночас конкурують за нього. Кожна одиниця, спрямована після сортування на Reuse або Repair & Refurbishment, вибуває з потоку для Recycling і, відповідно, для Industrial Symbiosis. Servitization, подовжуючи строк служби активів, зменшує та відтерміновує обсяг повернень, на який розраховано потужності переробки. У таких випадках $\Delta E_{\text{син}}$ у формулі (2) може набувати від'ємного значення навіть тоді, коли з екологічного погляду пріоритет повторного використання є виправданим. Тому ідентифіковані комбінації слід розглядати як потенційно синергетичні: знак і величина ефекту визначаються конкретним розподілом потоку та завантаженням спільного ресурсу.

Результати систематизації дають змогу запропонувати триетапну послідовність кількісного оцінювання:

1. для кожної моделі визначити базовий ефект за умов автономного функціонування;
2. розрахувати ефект комбінованої системи з урахуванням спільних ресурсів і взаємодії;
3. відокремити прямі ефекти від додаткового ефекту взаємодії.

Для економічної складової доцільно використовувати агрегований показник:

$$\Delta E_{\text{ек}} = (D_{\text{комб}} - R_{\text{комб}}) - \sum_{i=1}^{n} (D_i - R_i) \qquad (3)$$

де $D_{\text{комб}}$ і $R_{\text{комб}}$ – сукупні доходи та витрати комбінованої системи, а D_i та R_i – відповідні величини для окремих моделей. Формула (3) є окремим випадком формули (2) для економічної складової. При цьому необхідно усунути внутрішні трансфертні платежі між моделями, якщо вони не є зовнішніми доходами або витратами системи.

Для аналізу структури економічного ефекту використовуються показники інфраструктурної та ресурсної синергії. Економія на спільній потужності становить:

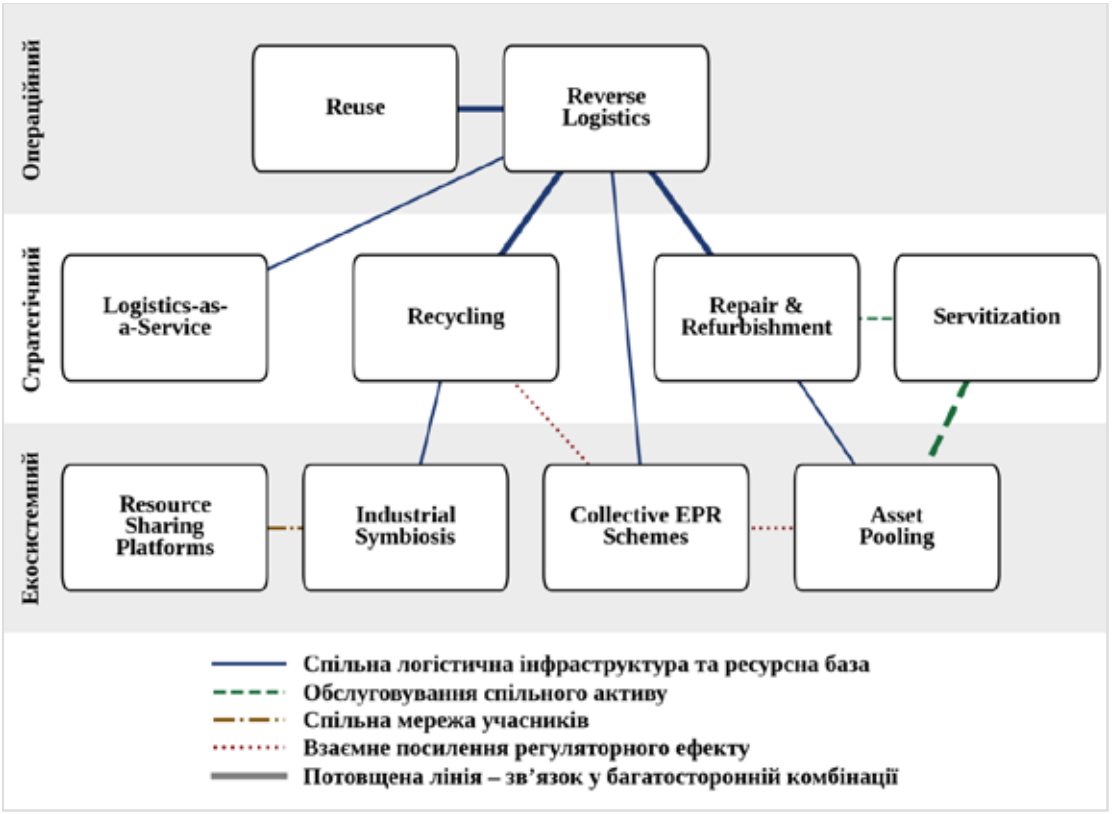


Рис. 1. Синергетичні зв'язки між циркулярними бізнес-моделями в логістиці за джерелами синергії та рівнями зрілості

Джерело: розроблено авторкою

$$S_{\text{інф}} = \sum_{i=1}^{n} R_i^{\text{окр}} - R^{\text{спільн}} \quad (4)$$

де $R_i^{\text{окр}}$ – витрати на окрему інфраструктуру для кожної моделі, а $R^{\text{спільн}}$ – витрати на спільну інфраструктуру. Обидві величини охоплюють капітальні й експлуатаційні витрати, а також вартість резервної потужності.

Ресурсна синергія визначається обсягом вторинної сировини, яка заміщує первинний ресурс, з урахуванням витрат на її підготовку:

$$S_{\text{рес}} = Q_{\text{втор}} \cdot (V_{\text{зам}} - C_{\text{обр}}) \quad (5)$$

де $Q_{\text{втор}}$ – обсяг вторинного ресурсу; $V_{\text{зам}}$ – вартісна оцінка заміщення одиниці первинного ресурсу, яка охоплює й екологічну складову, якщо її монетизовано; $C_{\text{обр}}$ – питомі витрати сортування, очищення та транспортування вторинного ресурсу.

Показники (4) і (5) характеризують складові економічного ефекту, який уже враховано у формулі (3) через доходи та витрати комбінації. Тому їх використовують для аналізу структури ефекту й не додають до $\Delta E_{\text{ек}}$.

Оскільки інвестиції та вигоди комбінації розподілені в часі, економічний синергетичний ефект за весь життєвий цикл проєкту визначається як різниця чистих приведених вартостей:

$$\Delta NPV_{\text{син}} = NPV_{\text{комб}} - \sum_{i=1}^{n} NPV_i \quad (6)$$

де чиста приведена вартість комбінації та кожної окремої моделі розраховується за формулою:

$$NPV_j = \sum_{t=1}^{T} \frac{CF_{j,t}}{\left(1+r_j\right)^t} - I_{0,j} \quad (7)$$

де $j \in \{1,...,n,\text{комб}\}$; $CF_{j,t}$ – чистий грошовий потік комбінації або моделі j у періоді t; r_j – ставка дисконтування; $I_{0,j}$ – початкові інвестиції; T – горизонт розрахунку, однаковий для комбінації та окремих моделей.

Кожна складова синергії відображається у формулі (7) лише через один канал: інфраструктурна синергія зменшує початкові інвестиції комбінації порівняно із сумою інвестицій окремих моделей, а також експлуатаційні витрати в складі грошового потоку; регуляторна синергія у вигляді нижчих внесків, зокрема внаслідок модуляції, відображається в грошовому потоці; зниження ризику недосягнення цільових показників враховується або через нижчу ставку дисконтування, або через менші очікувані санкції в грошовому потоці, але не в обох складових одночасно, щоб уникнути подвійного врахування.

На рівні підприємства доцільно застосовувати багатокритеріальну систему оцінювання, яка охоплює економічний, екологічний, операційний та регуляторний виміри. Водночас інтегральний показник не повинен автоматично замінювати деталізовані показники, оскільки різні види синергії мають різну природу.

Висновки. У результаті дослідження встановлено, що синергія між циркулярними бізнес-моделями у логістиці є структурованим явищем. Вона виникає не просто від одночасного використання кількох моделей, а через наявність спільних ресурсів, активів, мереж та інституційних механізмів. Це дає змогу розглядати циркулярну логістику як систему взаємопов'язаних бізнес-моделей.

Систематизовано чотири основні джерела синергії: спільна логістична інфраструктура та ресурсна база; обслуговування спільного активу; спільна мережа учасників; взаємне посилення регуляторного ефекту. Критерієм віднесення комбінації до джерела є спільна базова передумова ефекту. На цій основі ідентифіковано десять задокументованих двосторонніх і багатосторонніх комбінацій десяти циркулярних бізнес-моделей і показано узгодженість джерел синергії з рівнями організаційної зрілості моделей.

Встановлено, що різні комбінації створюють різні види ефекту: зниження сукупних витрат, збільшення доходів від збереження цінності, підвищення завантаження активів, заміщення первинних ресурсів, а також зниження регуляторних ризиків. Водночас конкуренція моделей за спільний зворотний потік може зумовлювати від'ємний ефект взаємодії. Тому оцінювання синергії не може ґрунтуватися на одному універсальному показнику без попередньої декомпозиції джерел ефекту.

Запропоновано показники (3)–(7) для оцінювання економічної, інфраструктурної й ресурсної складових синергії та її сукупного дисконтованого ефекту. Показники розмежовують канали відображення синергії в інвестиціях, грошових потоках і ставці дисконтування, що запобігає подвійному врахуванню.

Практичне значення полягає в тому, що підприємство може використовувати запропоновану систематизацію для послідовного відбору комбінацій. Спочатку визначається наявна інфраструктура та активи; далі – зворотні потоки і потенційні маршрути збереження цінності; після цього – можливість підключення сервісних, платформних та регуляторних моделей. Така послідовність зменшує ризик створення паралельних, дубльованих систем. Отримані результати можуть бути використані для оцінювання інвестиційної привабливості циркулярних логістичних проєктів, що поєднують кілька бізнес-моделей.

Список використаних джерел:

1. Bocken N. M. P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*. 2016. Vol. 33, No. 5. P. 308–320. DOI: https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124
2. Lüdeke-Freund F., Gold S., Bocken N. M. P. A review and typology of circular economy business model patterns. *Journal of Industrial Ecology*. 2019. Vol. 23, No. 1. P. 36–61. DOI: https://doi.org/10.1111/jiec.12763

3. Govindan K., Soleimani H., Kannan D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*. 2015. Vol. 240, No. 3. P. 603–626. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012
4. Mayanti B., Helo P. Circular economy through waste reverse logistics under extended producer responsibility in Finland. *Waste Management & Research*. 2024. Vol. 42, No. 1. P. 59–73. DOI: https://doi.org/10.1177/0734242X231168801
5. Albino V., Fraccascia L. The industrial symbiosis approach: a classification of business models. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2015. Vol. 2, No. 3. P. 217–223.
6. Fraccascia L., Giannoccaro I., Albino V. Business models for industrial symbiosis: A taxonomy focused on the form of governance. *Resources, Conservation and Recycling*. 2019. Vol. 146. P. 114–126. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.016
7. Han J., Heshmati A., Rashidghalam M. Circular Economy Business Models with a Focus on Servitization. *Sustainability.* 2020. Vol. 12, No. 21. Article 8799. DOI: https://doi.org/10.3390/su12218799
8. Roelfsema H. Circular Business Models and Ecosystems: Governance by Aligning Incentives. *Sustainability*. 2026. Vol. 18, No. 3. Article 1619. DOI: https://doi.org/10.3390/su18031619
9. Крупська О. С. Еволюція циркулярних бізнес-моделей у логістиці. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті.* 2026. Вип. 1 (94). С. 106–122. DOI: https://doi.org/10.31375/2226-1915-2026-1-106-122
10. Circular X. IKEA – «Buy Back» Program. 2026. URL: https://www.circularx.eu/en/cases/23/ikea-buy-back-program
11. IFCO Systems. The IFCO SmartCycle. 2026. URL: https://www.ifco.com/food-supply-chain-innovation/smartcycle
12. Flexe. A Dynamic Solution to the Downside of the Holidays' Returns. 2026. URL: https://flexe.com/
13. Rolls-Royce. Total peace of mind with Rolls-Royce CorporateCare Enhanced. 2023. URL: https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2023/business-aviation-total-peace-of-mind-with-rolls-royce-corporatecare-enhanced.aspx
14. Council Fire. Top 5 Manufacturing Eco-Industrial Parks Worldwide. 2026. URL: https://www.councilfire.org/guides/top-5-manufacturing-eco-industrial-parks-worldwide/
15. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (consolidated version). Official Journal of the European Union. 2008. L 312. P. 3–30. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj

References:

1. Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016) Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, vol. 33, no. 5, pp. 308–320. DOI: https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124
2. Lüdeke-Freund, F., Gold, S., & Bocken, N. M. P. (2019) A review and typology of circular economy business model patterns. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 2, is. 1, pp. 36–61. DOI: https://doi.org/10.1111/jiec.12763
3. Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015) Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, vol. 240, is.3, pp. 603–626. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012
4. Mayanti, B., & Helo, P. (2024) Circular economy through waste reverse logistics under extended producer responsibility in Finland. *Waste Management & Research*, vol. 42, is. 1, pp.59–73. DOI: https://doi.org/10.1177/0734242X231168801
5. Albino, V., & Fraccascia, L. (2015) The industrial symbiosis approach: A classification of business models. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, vol. 2, is. 3, pp. 217–223.
6. Fraccascia, L., Giannoccaro, I., & Albino, V. (2019) Business models for industrial symbiosis: A taxonomy focused on the form of governance. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 146, pp. 114–126. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.016
7. Han, J., Heshmati, A., & Rashidghalam, M. (2020) Circular economy business models with a focus on servitization. *Sustainability*, vol. 12, is. 21, Art. 8799. DOI: https://doi.org/10.3390/su12218799
8. Roelfsema, H. (2026) Circular business models and ecosystems: Governance by aligning incentives. *Sustainability*, vol. 18, is. 3, Art. 1619. DOI: https://doi.org/10.3390/su18031619
9. Krupska, O. S. (2026) Evoliutsiia tsyrkuliarnykh biznes-modelei u lohistytsi [Evolution of circular business models in logistics]. *Rozvytok metodiv upravlinnia ta hospodariuvannia na transporti*, vol. 1, no. 94, pp. 106–122. DOI: https://doi.org/10.31375/2226-1915-2026-1-106-122 (in Ukrainian)
10. Circular X. (2026) IKEA – "Buy Back" Program. Available at: https://www.circularx.eu/en/cases/23/ikea-buy-back-program
11. IFCO Systems. (2026) The IFCO SmartCycle. Available at: https://www.ifco.com/food-supply-chain-innovation/smartcycle
12. Flexe. (2026) A dynamic solution to the downside of the holidays' returns. Available at: https://flexe.com/
13. Rolls-Royce. (2023) Total peace of mind with Rolls-Royce CorporateCare Enhanced. Available at: https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2023/business-aviation-total-peace-of-mind-with-rolls-royce-corporatecare-enhanced.aspx
14. Council Fire. (2026) Top 5 manufacturing eco-industrial parks worldwide. Available at: https://www.councilfire.org/guides/top-5-manufacturing-eco-industrial-parks-worldwide/
15. European Parliament & Council of the European Union. (2008) Directive 2008/98/EC on waste and repealing certain Directives (consolidated version). *Official Journal of the European Union*, L 312, 3–30. Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj

SOURCES OF SYNERGY AND SYNERGISTIC COMBINATIONS OF CIRCULAR BUSINESS MODELS IN LOGISTICS

Summary. Circular business models in logistics are usually studied and implemented in isolation, although in practice they rely on the same collection points, warehouses, transport, asset pools, partner networks, and regulatory mechanisms. The lack of a systematic view of which models reinforce one another, and through which shared resource, leads to duplicated infrastructure, underused assets, and an underestimation of the combined effect of circular projects. The purpose of the article is to systematise the sources of synergy and the synergistic combinations of circular business models in logistics according to the shared base on which the additional effect rests. The study covers ten models: Reverse Logistics, Reuse, Repair & Refurbishment, Recycling, Servitization, Asset Pooling, Logistics-as-a-Service, Industrial Symbiosis, Resource Sharing Platforms, and Collective EPR Schemes. Logical-structural analysis, comparison, generalisation, and analysis of documented company practice were applied; a combination was included only if its interaction mechanism was confirmed by a peer-reviewed source, a legal act, or publicly documented company practice. Synergistic combination is positioned as one of three types of relationship between circular business models, alongside evolutionary progression and technological convergence. Four sources of synergy are distinguished: shared logistics infrastructure and resource base, servicing of a shared asset, a shared network of participants, and mutual reinforcement of regulatory effects. A criterion for assigning each combination to one source is proposed, and bilateral and multilateral combinations are separated. Ten documented combinations are identified, and the participation of each model is mapped against its organisational maturity level. The distribution of synergy sources is shown to be consistent with the organisational maturity levels of the models. The article also shows that combined models may compete for the same reverse flow, so the interaction effect can be negative. Indicators for the economic, infrastructural, and resource components of synergy are proposed, including a discounted form based on net present value. The results can be used by companies to select combinations sequentially and to avoid parallel, duplicated systems.

Keywords: circular economy, circular business models, logistics, synergy, reverse logistics, maturity levels.

Дата надходження статті: 19.09.2026
Дата прийняття статті до публікації: 17.10.2026
Дата публікації статті: 05.11.2026