

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ОДИН З ПРИНЦИПІВ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

У сучасному світі дедалі більше уваги приділяється питанням сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Одним із ключових підходів до вирішення цих проблем є циркулярна економіка – модель, що орієнтована на створення замкнутих систем використання ресурсів [1]. Вона протиставляється традиційній лінійній економіці, в якій ресурси використовуються одноразово і після цього перетворюються на відходи. Циркулярна економіка базується на кількох принципах та застосовує низку практичних механізмів, які допомагають втілювати її в життя.

Виробництво товарів починається з планування: продукти та матеріали створюються так, щоб після використання їх можна було переробити чи утилізувати без шкоди для екології. Наприклад, це може бути використання біорозкладних упаковок або модульний дизайн електроніки, що дозволяє легко замінювати окремі частини.

Замість того, щоб викидати товари після закінчення їхнього терміну служби, їх можна ремонтувати, оновлювати чи використовувати повторно. Наприклад,

моделі повторного продажу вживаного одягу або відновлення електроніки вже активно впроваджуються у багатьох країнах.

У виробничих процесах все більше уваги приділяється відновлюваним джерелам енергії, таким як сонячна чи вітрова енергія, а також біоресурсам, які можна відновити природним шляхом.

Матеріали після використання не стають відходами, а повертаються у виробничий процес. Наприклад, металеві конструкції можуть бути переплавлені, а органічні відходи – перетворені на добрива.

Циркулярна економіка передбачає взаємодію бізнесу, урядів та споживачів для досягнення екологічно відповідального споживання. Кожен із них має свій внесок у побудову сталого майбутнього.

Для реалізації принципів циркулярної економіки застосовуються певні механізми, які забезпечують її ефективність. Серед основних преципієнтів можна виділити:

1. Розширена відповідальність виробників. Виробники зобов'язані не лише створювати якісну продукцію, але й забезпечувати її належну утилізацію. Наприклад, багато компаній створюють програми збору старої техніки для її повторної переробки.

2. Інноваційні бізнес-моделі. Сучасні компанії дедалі частіше пропонують послуги, а не продаж продуктів.

3. Розвиток інфраструктури для переробки. Для впровадження циркулярної економіки важливо створювати системи збирання, сортування та обробки відходів.

4. Освітні кампанії. Ефективність циркулярної економіки залежить від екологічної обізнаності населення. Програми, що популяризують розумне споживання та переробку відходів, сприяють залученню людей до сталих практик.

5. Промисловий симбіоз. Одним із ключових підходів є створення зв'язків між підприємствами, де відходи одного виробництва стають ресурсами для іншого.

6. Використання цифрових технологій. Цифрові технології відіграють важливу роль у впровадженні принципів циркулярної економіки, забезпечуючи ефективне управління ресурсами, зниження витрат та покращення прозорості процесів. Вони сприяють створенню замкнутих циклів ресурсів, оптимізації виробничих процесів і залученню споживачів до сталого споживання [2].

Інтернет речей (IoT) дозволяє з'єднувати пристрої між собою та збирати дані в реальному часі. Це може бути використано для відстеження життєвого циклу продуктів, моніторингу стану обладнання для продовження його використання та оптимізації споживання енергії та ресурсів.

Наприклад, "розумні" контейнери для відходів, які сповіщають про необхідність їхнього спорожнення, сприяючи оптимізації логістики.

Штучний інтелект (AI) допомагає аналізувати великі обсяги даних для виявлення ефективних способів переробки матеріалів, прогнозування попиту на ресурси та автоматизації виробничих процесів. Це дає можливість оптимізації виробничих процесів для мінімізації відходів, покращення сортування матеріалів на заводах для переробки. Прикладом можуть слугувати системи сортування відходів із використанням AI, які розпізнають матеріали (пластик, метал, папір) і автоматично розподіляють їх для переробки.

Блокчейн-технології забезпечують прозорість і безпеку інформації про походження, використання та переробку ресурсів. Відстеження життєвого циклу продукту від виробництва до утилізації, запобігання фальсифікації даних про екологічність продукції – все це стає більш затребуваним в сучасному світі. Наприклад, сертифікація продуктів у ланцюгах постачання, щоб споживачі могли бути впевнені у їхній екологічності, – тенденція, що стає все більш і більш реалізованою.

Інтернет-платформи дозволяють організовувати обмін товарами, спільне використання або повторний продаж. Це сприяє зменшенню надлишкового виробництва та продовженню терміну служби продуктів. Прикладами

використання є сервіси обміну одягом, оренда електроніки або краудшерингові платформи для автомобілів.

Набуває поширення так званий «цифровий двійник». Це віртуальна копія продукту, процесу або системи, яка дозволяє тестувати сценарії використання без реальних втрат ресурсів, що дає можливість оптимізувати дизайн продукту для довговічності або передбачати потреби у ремонті чи заміні компонентів. Найчастіше використовуються у виробництві для зменшення втрат сировини.

Використовуються цифрові технології й для оптимізації процесів збору, сортування та переробки відходів [2]. Дані від сенсорів, аналітичні платформи та системи AI сприяють ефективнішій утилізації ресурсів, прикладом можуть бути платформи, які координують збирання вторинної сировини у масштабах міста.

Перевагами використання цифрових технологій у циркулярній економіці безумовно є:

- ефективність (автоматизація процесів дозволяє скоротити витрати часу та ресурсів;
- прозорість (технології, такі як блокчейн, підвищують довіру до екологічних ініціатив);
- інновації (цифрові інструменти сприяють розробці нових бізнес-моделей (наприклад, оренда замість продажу));
- залучення споживачів (платформи для обміну ресурсами або переробки сприяють активній участі громадян).

Цифрові технології є потужним інструментом для переходу до циркулярної економіки. Вони дозволяють створити інфраструктуру, яка робить замкнуті цикли використання ресурсів економічно вигідними, екологічно ефективними та технологічно доступними. Розвиток таких технологій стає ключовим кроком на шляху до сталого майбутнього.

Цифрові технології мають значний потенціал для сприяння сталому розвитку, але їх впровадження в рамках циркулярної економіки супроводжується

рядом викликів. Ці проблеми стосуються технічних, економічних, екологічних і соціальних аспектів.

Першою такою проблемою є висока вартість впровадження. Розробка та інтеграція цифрових систем, таких як IoT, блокчейн чи штучний інтелект, потребують значних інвестицій. Не всі компанії, особливо малі та середні підприємства, можуть дозволити собі такі витрати. Інфраструктура для моніторингу життєвого циклу продуктів (наприклад, датчики IoT) може бути занадто дорогою для невеликих виробників.

Другою проблемою може стати складність інтеграції технологій. Підприємства, які працюють у різних галузях, часто стикаються з проблемами інтеграції нових цифрових рішень у вже існуючі бізнес-процеси. Відсутність єдиних стандартів даних або протоколів ускладнює обмін інформацією між компаніями. Наприклад, платформи для відстеження постачання можуть мати різну архітектуру, що ускладнює взаємодію в межах ланцюгів постачання.

Кібербезпека та конфіденційність даних на сьогоднішній день є також серйозним викликом. Зростання використання IoT та блокчейн призводить до ризиків витоку даних або кібератак. Компанії повинні гарантувати безпеку інформації, що вимагає додаткових витрат і спеціалізованих рішень. Уразливість сенсорних мереж у смарт-заводах може стати об'єктом кібератак, що порушує роботу всього ланцюга переробки.

Вплив цифрових технологій на навколишнє середовище – ще одна з проблем, про яку не слід забувати. Хоча цифрові технології підтримують циркулярну економіку, вони самі по собі є джерелом екологічного навантаження. Виробництво електроніки для IoT чи центрів обробки даних потребує рідкісних матеріалів і значних обсягів енергії. Старіння цифрових пристроїв породжує електронні відходи (e-waste), які не завжди легко утилізувати. Високий рівень споживання енергії дата-центрами для блокчейнів створює значний вуглецевий слід.

Для ефективного використання цифрових рішень потрібні кваліфіковані фахівці, що володіють навичками роботи з технологіями. У багатьох регіонах бракує підготовлених кадрів для обслуговування складних цифрових систем. Малі підприємства можуть не мати доступу до ІТ-спеціалістів, здатних інтегрувати IoT або AI у виробничі процеси. Таким чином, відсутність навичок і знань може впливати на можливість використання новітніх технологій. Крім того, масове впровадження автоматизації та цифрових технологій може призвести до скорочення робочих місць у традиційних секторах. Це створює ризик соціальної напруги, якщо не буде розроблено програми перенавчання працівників. Наприклад, впровадження автоматизованих систем сортування відходів може замінити ручну працю, що негативно вплине на зайнятість у цій галузі.

Існують регуляторні та правові бар'єри при використанні цифрових систем. У багатьох країнах регулювання цифрових технологій, зокрема блокчейнів або AI, відстає від їхнього розвитку. Відсутність чітких правил щодо захисту даних, прав інтелектуальної власності та відповідальності за помилки у цифрових системах ускладнює впровадження таких рішень. Так, використання блокчейну для відстеження життєвого циклу продуктів може бути заблоковано через неврегульованість питань конфіденційності.

Для подолання таких проблем потрібні наступні впровадження:

- зниження вартості технологій: масштабування технологій, підтримка стартапів і державні субсидії можуть зробити цифрові рішення більш доступними;
- уніфікація стандартів: розробка глобальних стандартів для цифрових рішень у циркулярній економіці спростить інтеграцію між підприємствами;
- захист даних: інвестиції в кібербезпеку, а також навчання компаній основам цифрової гігієни мають стати пріоритетом;
- розвиток екологічно чистих технологій: акцент на використання відновлюваних джерел енергії для роботи центрів обробки даних і розробка рішень для утилізації електронних відходів;

- підвищення кваліфікації кадрів: освітні програми, спрямовані на навчання новим цифровим навичкам, можуть сприяти працевлаштуванню в нових секторах;
- розробка правових норм: встановлення регуляцій для цифрових технологій забезпечить їх прозоре та етичне використання.

Незважаючи на виклики, цифрові технології є важливим інструментом для переходу до циркулярної економіки. Подолання цих проблем вимагає координації зусиль урядів, бізнесу, освітніх установ і громадян.

Запровадження циркулярної економіки має суттєві переваги для довкілля та економіки. Це не лише зменшує навантаження на природні ресурси, але й створює нові можливості для бізнесу та зайнятості. Перехід до цієї моделі вимагає активної участі урядів, компаній та громадян, але в перспективі обіцяє більш сталий та екологічний спосіб життя для всіх.

Цифрові технології стають важливим елементом розвитку циркулярної економіки в Україні, сприяючи її адаптації до сучасних викликів, включаючи наслідки війни. Впровадження таких рішень дозволяє зменшити вплив на довкілля, покращити управління ресурсами та створити основу для сталого майбутнього.

Перелік джерел посилання

1. Яценко О. М., Швиданенко О. А., Швиданенко Г. О. Циркулярна економіка як основа забезпечення сталого розвитку країни в контексті євроінтеграції. Економіка і регіон. 2022. № 4(87). С. 150-167.

2. Бречко О., Кривокульська Н. Вплив цифрової трансформації на досягнення екологічних цілей сталого розвитку України. *Modeling the development of the economic systems*. 2023. № 4. 201-209. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-10-28>.