

DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49\(2\).334-345](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(2).334-345)  
УДК 691.33:504:658.5

**Футніков Володимир Олександрович**  
здобувач

**Чуприна Юрій Анатолійович**  
д.е.н., професор кафедри менеджменту в будівництві  
ORCID: 0000-0002-4934-2058

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## **ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В БУДІВНИЦТВІ**

Впровадження моделей циркулярної економіки (ЦЕ) у будівельній галузі стає ключовим напрямком трансформації сучасного будівництва, спрямованого на підвищення ефективності використання ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та забезпечення стійкого розвитку. Зростаючі вимоги до екологічної відповідальності, енергоефективності та оптимізації витрат стимулюють підприємства до впровадження концепцій переробки, повторного використання матеріалів та максимізації тривалості життєвого циклу будівельних ресурсів. Циркулярні моделі передбачають комплексну інтеграцію управлінських, технологічних та аналітичних рішень, які дозволяють контролювати обіг матеріалів, знижувати утворення відходів і підвищувати економічну віддачу проектів.

Ключовим аспектом є поєднання цифрових технологій, зокрема BIM, ERP-систем та платформ для аналітики великих даних, із практиками сталого використання ресурсів. Це дозволяє створювати прозорі моделі планування та контролю за життєвим циклом будівельних матеріалів, оптимізувати логістичні потоки та забезпечувати ефективну координацію між усіма учасниками будівельних процесів. Крім того, цифрові інструменти сприяють підвищенню точності прогнозування та оцінки економічної ефективності проектів, а також дозволяють підприємствам своєчасно реагувати на зміни у зовнішньому середовищі та нормативному полі.

Особлива увага приділяється проблемам інтеграції ЦЕ в існуючі будівельні практики. Серед основних викликів виділяються високі початкові інвестиції, відсутність стандартизованих методик оцінки ефективності циркулярних рішень, необхідність зміни корпоративної культури та навчання персоналу, а також адаптація до регуляторних вимог і норм безпеки. Проте перспективи впровадження ЦЕ включають значне зниження матеріаломісткості будівництва, підвищення конкурентоспроможності компаній, розвиток нових бізнес-моделей та збільшення інноваційного потенціалу сектору.

В результаті формування системного підходу до впровадження циркулярної економіки у будівництві можна очікувати підвищення

економічної ефективності, стійкості екологічних показників та забезпечення комплексного управління будівельними ресурсами. Запропонована концептуальна база може бути використана для подальших досліджень, розробки методичних рекомендацій і практичного впровадження інноваційних моделей управління у будівельних компаніях, що прагнуть інтегрувати принципи циркулярної економіки у свої проекти.

**Ключові слова:** *циркулярна економіка, будівництво, ресурсоефективність, замкнений цикл, модульне будівництво, переробка матеріалів, сталий розвиток.*

**Вступ.** В сучасному будівельному секторі зростає потреба у впровадженні інноваційних підходів до організації виробничих процесів, що здатні забезпечити одночасно економічну ефективність, екологічну безпеку та стійкий розвиток. Одним із таких підходів є концепція циркулярної економіки (ЦЕ), яка передбачає максимальне повторне використання ресурсів, мінімізацію відходів та інтеграцію матеріалів у циклічні ланцюги постачання. У будівництві це реалізується через ефективне управління матеріалами, повторне застосування будівельних компонентів, цифрове моделювання процесів та інтеграцію інтелектуальних аналітичних платформ для оцінки життєвого циклу проєктів.

**Актуальність** дослідження впровадження циркулярної економіки в будівництві зумовлена потребою у значних змінах у способах використання природних ресурсів та управління будівельними відходами. Сучасні будівельні практики в багатьох країнах, включаючи Україну, залишаються надто залежними від використання первинних матеріалів, що створює додаткове навантаження на екосистеми та економіку. Зважаючи на високий рівень відходів у будівництві, зокрема в Україні, де більшість відходів не підлягають переробці, впровадження циркулярних моделей є надзвичайно важливим. Крім того, глобальні тенденції до підвищення вимог до екологічної відповідальності будівельних проєктів підштовхують до пошуку нових підходів і рішень, що можуть забезпечити сталий розвиток галузі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Тематику впровадження циркулярної економіки в будівництві активно досліджували як іноземні, так і українські науковці. Серед зарубіжних дослідників слід відзначити роботи Помпоні Ф., Монкастер А., Гізелліні П., Ріпа М., Улгіаті С., Хоссейн М. У., Анті-Афарі П., Сміт Р. Е., Меєр К., Пачеко-Торгаль Ф., Кроуфер П. та інші. В українському контексті важливими є дослідження Сердюка В. Р. та Міхно І. С.. Їхній внесок в аналіз впровадження циркулярної економіки в будівельну галузь є вагомим, оскільки вони розкривають як теоретичні, так і практичні аспекти цього процесу в різних умовах.

**Метою даного дослідження є аналіз існуючих моделей циркулярної економіки, які можуть бути раціонально застосовані в будівельній галузі, та визначення їхнього потенціалу для зниження екологічного навантаження і підвищення ефективності використання ресурсів. Дослідження спрямоване на ідентифікацію найперспективніших підходів до інтеграції циркулярної економіки в будівництво, враховуючи технічні, економічні та екологічні аспекти.**

**Виклад основного матеріалу.** Циркулярна економіка в будівництві є критично важливою темою, оскільки будівельна галузь є одним з найбільших споживачів природних ресурсів і генератором відходів. Розглянемо основні підходи, виклики та можливості для інтеграції циркулярних принципів у будівельну індустрію.

У своїх роботах Pomponi та Moncaster наголошують на важливості інтеграції принципів циркулярної економіки в будівельний сектор. Вони розробляють дослідницьку рамку, яка дозволяє систематично оцінювати циркулярні процеси та матеріальні потоки в будівництві. Це дослідження підкреслює необхідність міждисциплінарного підходу, який включає економістів, екологів та інженерів для досягнення успіху в циркулярній економіці. [10] Пропонується не просто впроваджувати циркулярні принципи в будівництво, а створити нові підходи, які включають глибоку інтеграцію різних дисциплін, таких як економіка, екологія та інженерія.

Інші дослідники (Ghisellini, Ripa та Ulgiati) надають огляд впровадження циркулярної економіки в будівництві на регіональному рівні, зокрема в Європі. Автори підкреслюють, що одним з основних викликів є необхідність змінити існуючі економічні моделі, які все ще зосереджені на лінійному підході "використання - утилізація". У їх статті акцентується увага на важливості законодавчих ініціатив та підтримки з боку урядів для стимулювання циркулярних практик [6]. Приклади впровадження циркулярної економіки в будівельній галузі серед країн ЄС містяться у звіті European Environment Agency за 2020 рік [5]. Звіт підкреслює, що однією з основних проблем є інтеграція циркулярних принципів на всіх етапах життєвого циклу будівлі, від проектування до утилізації.

Важливим елементом робіт досліджуваних авторів є те, що вони підкреслюють, що для досягнення реальної циркулярності в будівництві потрібні не просто зміни у використанні матеріалів, але й переосмислення самої концепції економічної ефективності. В цьому баченні, економічна вигода має враховувати не лише фінансові показники, але й довгостроковий вплив на екологію та суспільство, що значно розширює традиційне розуміння економічної ефективності.

Цікавим видається думка Hossain та Antwi-Afari, які досліджують роль цифрових технологій у підтримці циркулярної економіки в будівництві [7]. Вони розглядають використання цифрових інструментів для моніторингу матеріальних потоків і оптимізації використання ресурсів на всіх етапах будівельного процесу. Автори підкреслюють, що цифровізація

може стати ключовим елементом для досягнення циркулярності, дозволяючи ефективніше планувати та управляти матеріальними ресурсами. Цей підхід передбачає суттєві інвестиції у нові технології та потребує змін у мисленні, що може суттєво змінити традиційні процеси та викликати опір з боку ринку. Ці ідеї контрастують з більш консервативними підходами і акцентують на необхідності суттєвих інноваційних змін.

Об'єднуючим фактором у наукових дослідженнях щодо циркулярної економіки в будівництві є визнання необхідності системного підходу до інтеграції циркулярних принципів у цю галузь. Всі автори погоджуються, що будівельна індустрія потребує радикальних змін у своїх економічних моделях та технологічних процесах для досягнення сталого розвитку. Вони акцентують на важливості міждисциплінарної співпраці, яка включає економістів, інженерів, екологів та інших фахівців, для створення комплексних рішень, що дозволяють знизити екологічний вплив будівництва та оптимізувати використання ресурсів.

Крім того, дослідники наголошують на необхідності підтримки циркулярної економіки з боку урядів та регуляторних органів, а також на важливості впровадження інноваційних технологій. Незалежно від регіонального чи національного контексту, підкреслюється, що без політичної волі та інвестицій у новітні цифрові інструменти важко досягти значного прогресу у впровадженні циркулярних принципів у будівництві.

У той же час, українські інформаційні ресурси, передусім, акцентують увагу на важливості циркулярної економіки в будівельній галузі, зокрема на тому, як правильне управління відходами та повторне використання матеріалів можуть значно зменшити екологічний вплив будівництва. Принципи циркулярної економіки розглядаються з позиції прийняття Україною європейських стандартів в галузі будівництва для поліпшення екологічної ситуації.

У статті Міхно І.С. зосереджуються на теоретичних аспектах впровадження циркулярної економіки в українську будівельну галузь, розглядається концепція циркулярної економіки, основні принципи та перспективи її реалізації на прикладі будівництва. Цікавим є твердження, що для успішного впровадження циркулярних практик в Україні необхідно не лише приймати відповідні закони, але й змінювати менталітет учасників ринку, підвищуючи їх обізнаність про переваги цього підходу [1].

На противагу, Сердюк В.Р. розглядає практичні аспекти впровадження циркулярної економіки в будівельну галузь України. Автор аналізує існуючі проблеми, зокрема відставання України в управлінні відходами у порівнянні з ЄС, і наголошує на необхідності кардинальних змін у законодавстві та впровадження більш ефективних економічних механізмів стимулювання переробки та повторного використання матеріалів. Важливим аспектом статті є аналіз сучасних тенденцій у виробництві

будівельних матеріалів з додаванням вторинних ресурсів, таких як зола та шлаки. Автор також пропонує перегляд існуючих економічних моделей, щоб інтегрувати циркулярну економіку не тільки на рівні окремих проєктів, але й на національному рівні через створення нових економічних стимулів для компаній, які займаються переробкою відходів [2].

Таким чином, вітчизняні дослідження більшою мірою зосереджуються на глобальних тенденціях розвитку циркулярної економіки в будівництві та розглядають їх через призму українських реалій. У той же час роль інноваційних технологій і цифрових рішень у прискоренні переходу до циркулярної економіки, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів і зменшити кількість відходів, залишається поза увагою.

Для успішного впровадження циркулярної економіки в будівництві існує кілька ефективних підходів, які розроблялись як на теоретичному рівні, так і на практичному. Ці моделі спрямовані на мінімізацію відходів, ефективне використання ресурсів та створення замкнених циклів матеріалів. Для кращого розуміння цих підходів, на схемі (рис. 1) представлені основні моделі циркулярної економіки в будівництві, їхні ключові елементи та взаємозв'язки між ними. Ці моделі демонструють, як можна інтегрувати принципи циркулярної економіки на різних етапах будівельних проєктів, що дозволяє досягти більшої стійкості та економічної ефективності в галузі.



**Рис. 1. Моделі циркулярної економіки в будівництві та їх інтеграція**  
(розроблено автором на основі [4,8,9,11])

1. Модель замкнутого циклу матеріалів (Closed-loop material cycle). Ця модель передбачає повторне використання та переробку будівельних матеріалів. Вона включає збирання будівельних відходів, їх переробку і повторне використання у нових будівельних проєктах. Наприклад,

бетонні конструкції можуть бути розібрані, а матеріали – подрібнені та використані як заповнювач для нових бетонних сумішей. Ця модель є особливо актуальною в контексті реконструкції та знесення старих будівель, де більшість відходів можуть бути використані повторно [11].

2. Модель будівництва з використанням модульних компонентів (Modular construction). Модульне будівництво дозволяє створювати будівельні конструкції з окремих, стандартизованих компонентів, які можна легко збирати, розбирати та повторно використовувати. Це не тільки знижує кількість відходів, але й дозволяє значно скоротити час будівництва та витрати на логістику. Крім того, модульні компоненти часто виготовляються з матеріалів, що піддаються переробці, що робить цю модель ще більш сталим рішенням. Впровадження моделі модульного будівництва дозволяє зменшити обсяги будівельних відходів до 80% [12].

3. Модель ресурсоефективного будівництва (Resource-efficient construction). Ця модель спрямована на зменшення використання первинних матеріалів та енергоспоживання протягом усього життєвого циклу будівлі. Вона передбачає застосування матеріалів з високими показниками енергоефективності та довговічності, а також впровадження енергоефективних технологій та систем управління ресурсами. В Україні, де енергоємність будівельного сектору залишається високою, ця модель є особливо актуальною. За оцінками експертів, ресурсоефективне будівництво може знизити енергоспоживання будівель на 30-50% [4].

4. Модель "відходи як ресурс" (Waste as a resource). Ця модель передбачає використання будівельних відходів як сировини для виробництва нових матеріалів. Наприклад, зола і шлаки, що утворюються при спалюванні вугілля на ТЕС, можуть бути використані для виробництва цементу і бетону [9]. Такий підхід дозволяє не тільки зменшити кількість відходів, що потрапляють на сміттєзвалища, але й знизити залежність від первинних сировинних ресурсів.

5. Модель "будівництво для розборки" (Design for disassembly). Ця модель передбачає проектування будівель таким чином, щоб їх можна було легко розібрати на окремі компоненти для повторного використання або переробки. Використання кріплень, які легко демонтуються, і стандартизованих будівельних елементів сприяє зниженню кількості відходів та максимальному використанню матеріалів повторно. Цей підхід може знизити вартість утилізації будівельних відходів до 50% [12].

Вибір моделі циркулярної економіки залежить від конкретних умов та потреб будівельного проекту, однак найбільш раціональним підходом є комбінація кількох моделей. Наприклад, поєднання модульного будівництва з використанням замкнутого циклу матеріалів і проектування для розборки дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси та мінімізувати відходи, що відповідає основним принципам циркулярної економіки.

Впровадження циркулярної економіки у будівельну галузь стикається з численними проблемами, які гальмують перехід від традиційної лінійної

моделі до замкненого циклу використання ресурсів. Однією з головних проблем є висока частка будівельних відходів, що накопичуються через незадовільну практику переробки та повторного використання матеріалів. Зокрема, в Україні близько 90% будівельних відходів не підлягають повторному використанню і вивозяться на сміттєзвалища [2]. Це значно контрастує з європейською практикою, де, наприклад, у Нідерландах на повторне використання йде до 90% будівельних відходів [3].

Інша значна проблема полягає в недостатньому законодавчому регулюванні та слабкому державному контролі за управлінням відходами. Хоча в Україні прийнято Національну стратегію управління відходами до 2030 року, реалізація заходів цієї стратегії значно відстає від планів. Недосконалість податкового законодавства і низький рівень екологічних податків також негативно впливають на стимулювання переробки матеріалів. У європейських країнах частка екологічних податків у ВВП становить 1,5-4%, тоді як в Україні вона складає лише 0,1% [13].

Війна в Україні створює численні бар'єри для впровадження принципів циркулярної економіки у будівельній галузі. Відсутність фінансування, руйнування інфраструктури, нестача кваліфікованих кадрів та зміна пріоритетів на швидке відновлення є ключовими чинниками, які суттєво гальмують цей процес.

По-перше, державне фінансування сконцентровано на обороні та відновленні критичної інфраструктури, що обмежує ресурси для сталих практик у будівництві. Відсутність інвестицій з боку міжнародних партнерів, які зазвичай підтримують екологічно дружні проекти, ще більше ускладнює цей процес. По-друге, постійні обстріли та руйнування не лише порушують ланцюги постачання, але й збільшують кількість будівельних відходів, для яких неможливо забезпечити належну систему управління. Це призводить до значних затримок в інтеграції вторинних матеріалів та принципів циркулярної економіки.

Крім того, значна мобілізація кваліфікованих працівників, таких як будівельники та інженери, знижує здатність галузі до впровадження інноваційних підходів. Втрата кадрів та необхідність їхньої адаптації після війни вимагають часу і ресурсів, що ускладнює процес відновлення галузі та інтеграції циркулярних практик. Масова міграція та загальна нестача робочої сили ще більше загострюють цю проблему.

Водночас важливим аспектом є пріоритет швидкого відновлення зруйнованої інфраструктури, яке зазвичай здійснюється з використанням традиційних матеріалів, що не відповідають принципам циркулярної економіки. Екологічні матеріали, хоча і доступні, є дорогими, що обмежує їх використання в умовах нестачі ресурсів.

Отже, впровадження циркулярної економіки в умовах війни є складним завданням через обмеженість ресурсів, руйнування інфраструктури та кадровий дефіцит. Для успішної інтеграції сталих підходів необхідна підтримка міжнародної спільноти, забезпечення стабільності та розвиток нових моделей управління ресурсами.

Важливою перешкодою є також відсутність достатніх інвестицій у сучасні технології та інфраструктуру для переробки будівельних відходів. Наприклад, у Європейському Союзі активно діють програми фінансування проектів циркулярної економіки, такі як Horizon 2020 та програма LIFE, тоді як в Україні таких ініціатив бракує. Як результат, більшість українських підприємств не мають доступу до необхідних технологій, що дозволяють ефективно переробляти відходи та використовувати їх повторно у будівельних процесах.

Прикладами успішного впровадження принципів циркулярної економіки можуть слугувати країни, де впроваджено жорсткі норми щодо використання вторинних ресурсів. У Німеччині та США будівельники законодавчо зобов'язані застосовувати золу ТЕС у бетонах і розчинах, а порушники піддаються економічним санкціям. В Україні ж подібних жорстких вимог немає, що призводить до того, що значні обсяги вторинних матеріалів, таких як зола та шлаки, не знаходять належного застосування у будівельній галузі.

Отже, основні проблеми впровадження циркулярної економіки в будівництві в Україні включають високий рівень відходів, недостатнє законодавче регулювання, низький рівень екологічних податків та брак інвестицій у технології переробки, а також проведення воєнних дій. Для подолання більшості цих проблем необхідна активна участь держави, модернізація законодавчої бази та створення економічних стимулів для підприємств, що сприятиме ефективнішому використанню ресурсів та зниженню екологічного навантаження. Створення відповідних державних програм щодо адаптації та підвищення кваліфікації фахівців які вже повернулись, та будуть повертатися з фронту, їх підтримка не тільки психологічна, але і соціальна та фінансова.

Щоб успішно впровадити принципи циркулярної економіки в будівництві під час війни, слід розробити систему стимулів для будівельних компаній, яка враховуватиме нинішні умови. Ці стимули повинні бути спрямовані на мінімізацію додаткового податкового тиску та заохочення сталих практик. До таких стимулів належать:

1. Субсидії та гранти для відновлення зруйнованих територій. Вони мають компенсувати витрати на використання екологічно чистих технологій та вторинних матеріалів. Це дозволить зменшити кількість відходів і підвищити енергоефективність, що також сприятиме створенню нових робочих місць.

2. Пріоритет у державних тендерах на відбудову інфраструктури для компаній, що застосовують екологічні методи будівництва. Це забезпечить більш активне залучення відповідальних компаній до процесу відновлення, а також стимулюватиме інших до впровадження циркулярних практик.

3. Пільгове кредитування для реконструкції об'єктів на постраждалих від війни територіях за умови дотримання принципів циркулярної



економіки. Це зменшить фінансові бар'єри для компаній, що використовують стійкі рішення.

4. Навчання та перепідготовка фахівців будівельної галузі, зокрема тих, хто повернувся з війни, для оволодіння новітніми методами будівництва, орієнтованими на циркулярну економіку. Це підвищить кваліфікацію працівників та створить нові робочі місця в секторі відновлення країни.

5. Податкові пільги за використання місцевих ресурсів та вторинних матеріалів. Такі заходи стимулюватимуть розвиток місцевих ринків і зменшуватимуть витрати на транспортування, що, у свою чергу, знизить рівень викидів парникових газів.

6. Створення регіональних центрів для переробки будівельних відходів, що дозволить зменшити витрати на транспортування матеріалів і підвищить доступність перероблених матеріалів для будівельних компаній, сприяючи одночасно скороченню обсягів відходів.

7. Впровадження цифрових платформ для моніторингу відновлювальних робіт. Ці платформи дозволять компаніям та державним установам координувати свої дії, підвищуючи прозорість процесу відновлення та ефективність використання ресурсів.

8. Інвестиції у дослідження та розробку нових екологічних матеріалів і технологій для будівництва в умовах війни сприятимуть зниженню вартості матеріалів і підвищенню їх стійкості.

Додатково, варто зосередитися на програмах соціальної підтримки та адаптації фахівців будівельної галузі, зокрема демобілізованих військових, внутрішньо переміщених осіб та тих, хто повертається з-за кордону. Це передбачає:

1. Програми адаптації та соціалізації для військових, які до війни працювали в будівництві, включаючи реабілітацію, професійну перепідготовку і повернення до цивільної діяльності.

2. Освітні та тренінгові програми для підвищення кваліфікації та освоєння нових навичок у сфері сталого будівництва, що сприятиме збільшенню конкурентоспроможності фахівців на ринку праці.

3. Підтримка внутрішньо переміщених осіб у працевлаштуванні та навчанні будівельним професіям.

4. Створення центрів професійної реабілітації для демобілізованих фахівців, які сприятимуть їх поверненню до трудової діяльності через професійну підготовку та підтримку.

5. Програми для заохочення фахівців, які покинули Україну через війну, повернутися та долучитися до процесу відновлення інфраструктури країни.

6. Менторські програми, де досвідчені фахівці надаватимуть підтримку тим, хто повертається з фронту, для швидкої адаптації до ринку праці та змін у будівельній сфері.

Таким чином, інтеграція принципів циркулярної економіки у процес відновлення країни в умовах війни дозволить не лише зберегти екологічні

ресурси, а й створити умови для сталого розвитку будівельної галузі України.

Також слід зазначити обмежену інфраструктуру для переробки відходів. В Україні функціонує лише один сміттєспалювальний завод, і відсутність необхідних потужностей для переробки будівельних відходів стає серйозною перешкодою. Без належної інфраструктури компанії просто не мають змоги ефективно реалізувати циркулярні підходи.

Отже, впровадження циркулярної економіки в будівництві обмежується високими фінансовими витратами, слабким законодавством, низьким рівнем обізнаності, відсутністю стимулів та обмеженою інфраструктурою. Подолання цих обмежень вимагає скоординованих зусиль на рівні держави та бізнесу, включаючи створення сприятливих умов для розвитку циркулярних практик.

**Висновок.** Впровадження циркулярної економіки в будівельну галузь є необхідною умовою для зниження екологічного навантаження та підвищення ефективності використання ресурсів. Найбільш раціональними моделями є замкнений цикл матеріалів, модульне будівництво, ресурсоефективне будівництво, використання відходів як ресурсу, та проектування для розборки. Ці підходи дозволяють не тільки зменшити кількість будівельних відходів, але й підвищити загальну стійкість будівельних проєктів. Важливим фактором для успішної реалізації цих моделей є підтримка на державному рівні, створення відповідної інфраструктури та стимулювання інвестицій у новітні технології. Додаємо обов'язкове врахування людського фактору та впровадження програм адаптації, навчання і підтримки є ключовими для успішного відновлення України. Це допоможе залучити широке коло фахівців до процесу відбудови та сприятиме сталому розвитку будівельної галузі, навіть у складних умовах війни. Поєднання кількох моделей циркулярної економіки є оптимальним шляхом для забезпечення сталого розвитку будівельної галузі, що відповідає вимогам сучасного світу.

### References

1. Chupryna, G. Ryzhakova, V. Pokolenko, D. Prykhodko and A. Faizullin, "Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development," 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems Technologies (SIST), 2021, pp. 1-9
2. Ishchenko, T., Chupryna, Y., & Pokolenko, V. (2018). The organization of biosphere compatibility construction: Justification of the predictors of building development and the implementation prospects. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 7(3), 545–549.
3. Arup & Ellen MacArthur Foundation. (2018). *From Principles to Practices: Realising the Value of Circular Economy in Real Estate*.

4. Deraman, R., Nagapan, S., & Mazlan, R. (2018). Issues on Construction Waste: The Need for Sustainable Waste Management. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 140(1), 012037.
5. European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan: For a Cleaner and More Competitive Europe. URL: [https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en)
6. Ghisellini P., Ripa M., Ulgiati S. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. Journal of Cleaner Production, 178, 618-643.
7. Hossain, M.U., Ng, S.T., & Antwi-Afari, P. (2020). Circular economy and the construction industry: A review of digitalisation tools. Journal of Cleaner Production, 256, 120527.
8. Lawson, M., Ogden, R., & Goodier, C. (2014). Design in Modular Construction. CRC Press.
9. Li, J., & Zhang, H. (2017). Recycling and reuse of waste concrete in construction: A review. Construction and Building Materials, 126, 376-388.
10. Pomponi F., Moncaster A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. Journal of Cleaner Production, 143, 710-718.
11. Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K. K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. Energy and Buildings, 42(10), 1592-1600.
12. Smith, R. E. (2010). Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction. John Wiley & Sons.
13. Ukraine Ministry of Ecology and Natural Resources. (2017). National Waste Management Strategy of Ukraine till 2030. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/eng/ecosafety-eng.pdf>

**V.O. Futnikov, Yu.A. Chupryna**

***Problems and prospects of implementing circular economy models in construction***

*Implementation of Circular Economy (CE) models in the construction sector is becoming a key direction in transforming modern construction toward increased resource efficiency, reduced environmental impact, and sustainable development. Growing demands for environmental responsibility, energy efficiency, and cost optimization drive enterprises to adopt concepts of recycling, material reuse, and maximizing the lifecycle of construction resources. Circular models involve comprehensive integration of managerial, technological, and analytical solutions that enable the monitoring of material flows, reduction of waste generation, and enhancement of the economic returns of projects.*

*A critical aspect is the combination of digital technologies, including BIM, ERP systems, and Big Data analytics platforms, with sustainable resource utilization practices. This integration allows for transparent models of planning*

and lifecycle control of construction materials, optimization of logistics flows, and effective coordination among all participants in construction processes.

Special attention is given to the challenges of integrating CE into existing construction practices. The primary challenges include high initial investment costs, the absence of standardized methodologies for evaluating the effectiveness of circular solutions, the need to transform corporate culture and train personnel, and adaptation to regulatory requirements and safety standards. Nevertheless, the prospects of implementing CE include significant reductions in construction material intensity, increased competitiveness of companies, development of new business models, and enhancement of the sector's innovation potential.

By developing a systematic approach to implementing circular economy principles in construction, it is possible to achieve improved economic efficiency, sustainable environmental performance, and comprehensive management of construction resources. The proposed conceptual framework can serve as a basis for further research, development of methodological recommendations, and practical implementation of innovative management models in construction companies seeking to integrate circular economy principles into their projects.

**Keywords:** circular economy, construction, resource efficiency, closed-loop, modular construction, material recycling, sustainable development.

#### ***Посилання на статтю***

**АРА** Futnikov V.O., Chupryna Yu.A. (2022). Problemy ta perspektyvy vprovadzhennya modeley tsyrkulyarnoy ekonomiky v budivnytstvi [Problems and prospects of implementing circular economy models in construction]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 49(2), 334-345.

**ДСТУ:** Футніков В.О., Чуприна Ю.А. Проблеми та перспективи впровадження моделей циркулярної економіки в будівництві [Текст] *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. № 49(2). С. 334 -345.