

**Дмитрій КОРИТЬКО,**

к. ю. н.,

директор

ORCID: 0009-0009-8486-6840

ТОВ «Юкрейніан канстракшн аддітів технолоджіс», керівник НДЦ  
INCORE (Institute for Construction and Reconstruction Engineering)

## **ЕВОЛЮЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УКЛАДІВ ТА ЕКОНОМІЧНІ ЗАСАДИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ У БУДІВЕЛЬНІЙ ІНДУСТРІЇ**

*У статті досліджено еволюцію технологічних укладів та економічні засади трансформації виробничих систем у будівельній індустрії в умовах сучасних технологічних змін. Теоретичну основу дослідження становлять положення еволюційної економічної теорії, концепції технологічних парадигм та техніко-економічних укладів, що пояснюють довгострокову динаміку розвитку виробничих систем і структурні зміни в економіці. Проаналізовано особливості розвитку будівельної індустрії як одного з ключових секторів економіки, що характеризується високим рівнем фрагментації виробництва, значною залежністю від регуляторного середовища та відносно повільним поширенням технологічних інновацій. Обґрунтовано, що сучасний етап розвитку галузі пов'язаний із формуванням нового технологічного укладу, основою якого є цифровізація виробничих процесів, інтеграція інформаційних систем та впровадження інноваційних технологій. Особливу увагу приділено аналізу концепції Construction 4.0, яка передбачає використання інформаційного моделювання будівель, технологій Інтернету речей, штучного інтелекту, робототехніки та адитивного виробництва у будівельному процесі. Доведено, що впровадження зазначених технологій сприяє формуванню інтегрованих виробничих систем, підвищенню ефективності управління будівельними проектами, оптимізації використання ресурсів і зростанню продуктивності галузі. Встановлено, що трансформація виробничих систем у будівельній індустрії має комплексний характер і залежить не лише від технологічних інновацій, але й від інституційних умов функціонування галузі, зокрема розвитку нормативно-правової бази, стимулювання інноваційної діяльності підприємств і формування цифрової інфраструктури. Узагальнення результатів дослідження дозволило визначити ключові напрями технологічної модернізації будівельної індустрії та окреслити економічні передумови переходу галузі до нового технологічного укладу.*

**Ключові слова:** технологічні уклади; будівельна індустрія; економічна трансформація; виробничі системи; цифровізація; *Construction 4.0*; інноваційний розвиток.

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах глобальної технологічної трансформації економічних систем питання еволюції технологічних укладів набуває особливої актуальності для аналізу структурних змін у виробничих секторах економіки. Науково-технічний прогрес, що реалізується через послідовну зміну техніко-економічних парадигм, формує нові моделі організації виробництва, трансформує галузеву структуру економіки та визначає довгострокові траєкторії економічного розвитку. Відповідно до положень еволюційної економічної теорії, технологічні інновації виступають ключовим чинником структурних зрушень, які супроводжуються переформатуванням виробничих систем, інституційних механізмів та конкурентних стратегій підприємств.

Особливої ваги ці процеси набувають у будівельній індустрії, яка, незважаючи на значну економічну та соціальну роль, традиційно характеризується високим рівнем технологічної інерції, фрагментованою структурою ринку та відносно низькою динамікою зростання продуктивності праці. Водночас сучасний етап розвитку світової економіки пов'язаний із формуванням нового технологічного укладу, що базується на цифрових технологіях, кіберфізичних системах, штучному інтелекті, інформаційному моделюванні будівель та інших інноваційних рішеннях, які формують концепцію *Construction 4.0*.

У цьому контексті актуалізується наукова проблема комплексного осмислення економічної логіки структурної трансформації виробничих систем у будівельній індустрії під впливом зміни технологічних укладів. Її розв'язання має важливе теоретичне значення для розвитку еволюційної економіки та практичне значення для формування ефективних стратегій технологічної модернізації будівельного сектору, підвищення його продуктивності, конкурентоспроможності та інноваційної спроможності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Проблематика технологічних укладів, інноваційної динаміки та структурної трансформації виробничих систем посідає важливе місце у сучасних економічних дослідженнях. Теоретичні засади аналізу довгострокових технологічних змін були закладені у працях Й. Шумпетера, який обґрунтував роль інновацій як ключового чинника економічного розвитку через механізм «творчого руйнування» [1]. Подальший розвиток цієї ідеї відображено у працях Р. Нельсона та С. Вінтера, які сформували еволюційну модель економічних змін, де технологічний розвиток відбувається через накопичення організаційних рутин та селекцію ефективніших інноваційних рішень у процесі ринкової конкуренції [2].

Важливий внесок у дослідження закономірностей технологічних змін здійснив Дж. Дозі, який запропонував концепцію технологічних парадигм

і технологічних траєкторій, що визначають напрями та межі інноваційного розвитку галузей [3]. Подальше концептуальне осмислення довгострокових технологічних трансформацій представлено у працях К. Фрімена та К. Перес, які сформулювали теорію техніко-економічних парадигм, що пояснює хвилеподібний характер економічного розвитку через зміну комплексів базових технологій та інституційних умов їхнього поширення [4]. Історичний аналіз технологічних революцій та їхнього впливу на структуру економіки детально представлений у роботі К. Фрімена та Ф. Лоуси [5], тоді як К. Перес розвинула концепцію «великих хвиль розвитку», пов'язавши технологічні інновації з трансформацією фінансових і виробничих систем [6; 7].

Суттєвий внесок у дослідження механізмів технологічних переходів здійснив Ф. Гілс, який запропонував багаторівневу перспективу аналізу соціотехнічних трансформацій, що враховує взаємодію інноваційних ніш, технологічних режимів і макроструктурних факторів розвитку [8]. Подальше уточнення цієї моделі представлено у роботі Ф. Гілса та Дж. Шота, де визначено типологію соціотехнічних переходів та механізми структурної перебудови галузей економіки [9].

У сучасній науковій літературі значна увага приділяється впливу цифровізації та концепції Індустрії 4.0 на розвиток виробничих систем. Зокрема, К. Шваб підкреслює, що четверта промислова революція характеризується інтеграцією цифрових, фізичних і біологічних технологій, що формує нові моделі організації виробництва [11]. Дослідження Т. Остеррайха та Ф. Тойтеберга розкриває вплив автоматизації, великих даних і кіберфізичних систем на трансформацію будівельного сектору [10]. Водночас системні дослідження Construction 4.0, представлені у працях Х. Бегіча та М. Галіча, а також А. Кармакара і В. С. К. Делі, визначають ключові напрями цифрової модернізації галузі, зокрема розвиток ВІМ-технологій, роботизації та адитивного виробництва [16; 17]. Узагальнюючий аналіз інноваційних платформ розвитку будівельної індустрії подано у колективній монографії під редакцією А. Сохні, М. Райлі та Дж. Ірізаррі [18].

Поряд із теоретичними дослідженнями важливе місце займають прикладні аналітичні роботи міжнародних організацій. Зокрема, звіти Світового економічного форуму підкреслюють необхідність технологічної модернізації будівництва як одного з ключових секторів глобальної економіки [12], тоді як дослідження McKinsey Global Institute демонструє значний потенціал підвищення продуктивності галузі за рахунок цифровізації та індустріалізації виробничих процесів [13]. Додатково емпіричні дослідження продуктивності будівельного сектору в країнах ОЕСД свідчать про суттєвий вплив регуляторного середовища на ефективність галузі [14]. Важливі аспекти технологічної модернізації промисловості у цифрову епоху також розкрито у звіті UNIDO, де наголошується на значенні передових виробничих технологій для структурної трансформації економіки [15].

Незважаючи на значну кількість наукових праць, питання еволюції технологічних укладів та їхнього впливу на трансформацію виробничих систем у будівельній індустрії потребує подальшого комплексного дослідження, що обумовлює актуальність поглибленого аналізу економічної логіки технологічних змін у цій галузі.

**Метою статті** є теоретичне узагальнення та систематизація наукових підходів до еволюції технологічних укладів і визначення економічної логіки структурної трансформації виробничих систем у будівельній індустрії. Особлива увага приділяється аналізу впливу сучасних технологічних змін, зокрема цифровізації та концепції Construction 4.0, на організацію виробничих процесів, продуктивність галузі та формування інституційних передумов модернізації будівельного сектору в умовах нового технологічного укладу.

Методологічна основа дослідження ґрунтується на поєднанні положень еволюційної економічної теорії, концепції техніко-економічних парадигм та сучасних підходів до аналізу технологічних трансформацій виробничих систем. У роботі використано діалектичний та системний підходи, що дозволяють розглядати зміну технологічних укладів як процес структурної еволюції соціально-економічних систем. Теоретичну базу становлять концепції технологічних парадигм, інноваційних хвиль розвитку та багаторівневої моделі соціотехнічних переходів. У межах дослідження застосовано методи наукової абстракції, порівняльного та інституційного аналізу, а також елементи праксеологічного підходу до оцінювання ефективності виробничих трансформацій, що забезпечує комплексне осмислення економічної логіки технологічної модернізації будівельної індустрії.

**Виклад основної інформації.** Дослідження еволюції технологічних укладів у контексті трансформації виробничих систем ґрунтується на положеннях еволюційної економічної теорії, яка розглядає технологічні інновації як ключовий фактор довгострокового економічного розвитку. На відміну від неокласичної моделі економічної рівноваги, еволюційний підхід трактує економіку як динамічну систему, у якій структурні зміни відбуваються через безперервний процес технологічних нововведень, інституційної адаптації та трансформації виробничих практик.

Фундаментальні засади такого підходу були сформульовані Й. Шумпетером, який підкреслював, що економічний розвиток є результатом інноваційної діяльності підприємців, здатних створювати нові комбінації виробничих факторів. У межах його концепції інновації спричиняють процес «творчого руйнування», у результаті якого застарілі технологічні структури поступово витісняються новими, більш ефективними формами організації виробництва [1]. Така логіка розвитку пояснює циклічний характер економічної динаміки та формування нових технологічних укладів.

Подальший розвиток цієї ідеї отримав у працях Р. Нельсона та С. Вінтера, які розробили еволюційну модель економічних змін. Відповідно

до їхнього підходу, фірми діють не на основі повної раціональності, а керуються сформованими організаційними рутинами та накопиченим досвідом. У процесі конкурентної взаємодії відбувається відбір ефективніших технологічних рішень, що забезпечує поступову зміну технологічної структури галузей [2]. Така інтерпретація економічного розвитку дозволяє пояснити нерівномірність технологічних змін та залежність інноваційних процесів від попередніх технологічних траєкторій.

Важливий теоретичний внесок у дослідження технологічних змін зробив Дж. Дозі, який запропонував концепцію технологічних парадигм і технологічних траєкторій. Згідно з цією концепцією, кожна галузь розвивається у межах певної технологічної парадигми - сукупності наукових знань, виробничих практик і технічних принципів, що визначають напрями інноваційної діяльності. Технологічні траєкторії формуються як послідовність удосконалень у межах існуючої парадигми, тоді як її зміна призводить до виникнення нового технологічного укладу [3].

Подальший розвиток цієї теоретичної лінії представлено у концепції техніко-економічних парадигм, розробленій К. Фріменом та К. Перес. Дослідники обґрунтували, що технологічні революції супроводжуються глибокими структурними змінами не лише у виробництві, але й у фінансовій системі, інституційному середовищі та організації економічної діяльності. Кожна технологічна революція формує новий комплекс базових технологій, який поступово поширюється на більшість секторів економіки, змінюючи структуру виробництва та логіку економічного розвитку [4]. Історичний аналіз таких процесів представлено у роботі К. Фрімена та Ф. Лоуси, які дослідили еволюцію технологічних революцій від індустріальної до інформаційної епохи [5].

Значний внесок у систематизацію цих ідей здійснила К. Перес, яка розробила концепцію «великих хвиль розвитку». У межах цієї концепції кожна технологічна революція проходить кілька етапів - від початкової фази інноваційного прориву до періоду широкого поширення нових технологій у виробництві. При цьому фінансові та інституційні зміни відіграють ключову роль у забезпеченні переходу від експериментальної стадії технологій до їхнього масового використання [6]. Подальший розвиток цієї концепції дозволив дослідниці сформулювати поняття техніко-економічної парадигми як системи взаємопов'язаних технологічних, організаційних і інституційних принципів розвитку економіки [7].

У межах сучасних досліджень технологічних трансформацій значна увага приділяється аналізу механізмів переходу між технологічними режимами. Однією з найбільш впливових концепцій у цьому напрямі є багаторівнева перспектива соціотехнічних переходів, запропонована Ф. Гілсом. Відповідно до цієї моделі, технологічні зміни відбуваються внаслідок взаємодії трьох рівнів: інноваційних ніш, усталених

соціотехнічних режимів і макроструктурного ландшафту економічного розвитку [8]. Подальші дослідження Ф. Гілса та Дж. Шота дозволили систематизувати типи соціотехнічних переходів, серед яких виділяють трансформаційні, реконфігураційні та заміщувальні процеси, що визначають динаміку структурних змін у галузях економіки [9].

Узагальнення зазначених теоретичних підходів дозволяє розглядати еволюцію технологічних укладів як комплексний процес структурної трансформації економіки, що охоплює технологічні, організаційні та інституційні зміни. Історичний аналіз розвитку світової економіки свідчить, що кожна технологічна революція супроводжується формуванням нового технологічного укладу, який визначає домінуючі галузі, виробничі технології та економічні моделі розвитку.

Таблиця 1

**Еволюція технологічних укладів у світовій економіці**

<b>Технологічний уклад</b>	<b>Ключові технології</b>	<b>Домінуючі галузі</b>	<b>Економічні наслідки</b>
Перший 1770-1830	Механізація текстильного виробництва, водяна енергія	Текстильна промисловість	Формування фабричної системи
Другий 1830-1870	Парова машина, залізниці	Машинобудування, транспорт	Формування національних ринків
Третій 1870-1910	Електрика, сталь, важка хімія	Металургія, електротехніка	Індустріалізація та глобалізація
Четвертий 1910-1970	Масове виробництво, нафтохімія	Автомобілебудування	Формування масового споживання
П'ятий 1970-2000	Мікроелектроніка, ІКТ	Інформаційні технології	Глобалізація економіки
Шостий (формується) 2000 – теперішній час	AI, IoT, робототехніка, біотехнології	Цифрова економіка	Індустрія 4.0

*Джерело: узагальнено за [5; 6; 7; 11]*

Аналіз еволюції технологічних укладів свідчить, що кожна нова технологічна хвиля супроводжується радикальною трансформацією виробничих систем.

У сучасних умовах таким трансформаційним фактором виступає цифровізація економіки, що формує нову парадигму організації виробництва, відому як Індустрія 4.0. За визначенням К. Шваба, четверта промислова революція характеризується інтеграцією цифрових, фізичних і

біологічних технологій, які змінюють традиційні виробничі процеси та створюють нові моделі економічної діяльності [11].

Особливої актуальності ці процеси набувають у галузях із традиційно високим рівнем технологічної інерції, до яких належить будівельна індустрія. Саме тому дослідження економічної логіки трансформації виробничих систем у будівництві через призму еволюції технологічних укладів набуває важливого теоретичного та практичного значення.

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується переходом до нового технологічного укладу, який формується на основі цифрових технологій, автоматизації виробничих процесів та інтеграції інформаційних систем. У цьому контексті особливого значення набуває дослідження структурної трансформації виробничих систем у галузях із високим рівнем технологічної інерції, до яких належить будівельна індустрія. Незважаючи на значну економічну роль цього сектору, рівень продуктивності праці у будівництві протягом тривалого часу залишається нижчим порівняно з іншими галузями економіки.

Згідно з аналітичними дослідженнями McKinsey Global Institute, середньорічне зростання продуктивності у будівельному секторі становило близько 1 %, тоді як у світовій економіці цей показник перевищував 2,5 %, а в промисловості досягав 3–4 % [13]. Така ситуація пояснюється низкою структурних особливостей галузі, зокрема високим рівнем фрагментації ринку, значною часткою малих і середніх підприємств, а також проектним характером виробництва, що ускладнює стандартизацію та масштабування технологічних процесів.

Дослідження продуктивності будівельного сектору в країнах OECD також підтверджують існування значного розриву між потенційними та фактичними показниками ефективності галузі. Аналіз, проведений А. Кейном та Дж. Лопесом, свідчить, що сукупна факторна продуктивність у будівництві протягом останніх десятиліть демонструвала мінімальну або навіть від'ємну динаміку [14]. Автори підкреслюють, що одним із ключових чинників такого стану є інституційні бар'єри, пов'язані з регуляторним середовищем, фрагментованою структурою ринку та недостатнім рівнем інвестицій у технологічні інновації.

З позицій еволюційної економічної теорії така ситуація може бути пояснена стабільністю соціотехнічного режиму, який характеризується інституційною інерцією та високим рівнем залежності від попередніх технологічних траєкторій. Відповідно до багаторівневої моделі соціотехнічних переходів, запропонованої Ф. Гілсом, ustalені виробничі практики, нормативні вимоги та інфраструктурні обмеження формують стійку конфігурацію технологічного режиму, що уповільнює впровадження радикальних інновацій [8]. У таких умовах технологічні зміни відбуваються поступово, через процес реконфігурації існуючих виробничих систем, а не через швидку заміну технологічних рішень [9].

Важливим фактором трансформації виробничих систем у будівельній індустрії є розвиток цифрових технологій, які формують нову модель

організації виробничих процесів. Концепція Construction 4.0, що виникла як галузеве відображення Індустрії 4.0, передбачає інтеграцію цифрових платформ, інформаційного моделювання будівель, сенсорних систем та автоматизованих виробничих технологій. За результатами дослідження Т. Остеррайха та Ф. Тойтеберга, цифровізація будівельної індустрії створює передумови для формування нових моделей управління проектами, підвищення ефективності використання ресурсів і зменшення виробничих ризиків [10].

У цьому контексті важливе значення має трансформація виробничих систем у будівництві, яка відбувається у кілька етапів, що відповідають загальній логіці зміни технологічних укладів.

Таблиця 2

**Трансформація виробничих систем у будівельній індустрії**

Етап розвитку	Ключові технології	Організація виробництва	Економічні характеристики	Вплив на продуктивність
Традиційне будівництво	Ручні інструменти, ба-зові матеріали	Ремісничі практики	Висока трудомісткість	Низька
Індустріалізація	Механізація, бетонні конструкторції	Масове будівництво	Економія масштабу	Суттєве зростання
Індустріалізація 2.0	CAD, префабрикація	Стандартизоване виробництво	Скорочення витрат	Середній рівень
Цифрова трансформація	BIM, IoT, AI	Інтегровані платформи управління	Оптимізація витрат і ресурсів	Високий потенціал

*Джерело: узагальнено за [10; 12; 13]*

Важливою особливістю сучасної трансформації будівельної індустрії є поступовий перехід від традиційної проектної організації виробництва до більш індустріалізованих форм будівництва.

Одним із ключових напрямів такого переходу є розвиток модульного та офсайт-будівництва, яке передбачає виготовлення будівельних елементів у заводських умовах з подальшим монтажем на будівельному майданчику.

За оцінками McKinsey Global Institute, використання модульних технологій може скоротити терміни реалізації будівельних проектів до 50 % і зменшити загальні витрати приблизно на 20 % [13].

Водночас ключовим інструментом цифрової трансформації галузі виступає інформаційне моделювання будівель (BIM), яке забезпечує інтеграцію інформаційних потоків на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта. Дослідження Х. Бегіча та М. Галіча показують, що використання BIM-технологій дозволяє значно підвищити рівень координації між учасниками будівельного процесу, зменшити кількість проектних помилок і оптимізувати управління ресурсами [16].

Подальший розвиток концепції Construction 4.0 пов'язаний із впровадженням робототехніки, адитивного виробництва та систем штучного інтелекту. У систематичному огляді А. Кармакара та В. С. К. Делі підкреслюється, що інтеграція таких технологій створює передумови для формування кіберфізичних виробничих систем, у яких цифрові моделі безпосередньо пов'язані з фізичними виробничими процесами [17]. Подібний підхід дозволяє забезпечити більш точне планування будівельних робіт, оптимізацію логістичних процесів та підвищення ефективності використання ресурсів.

Суттєву роль у формуванні нової виробничої парадигми відіграють також цифрові платформи управління будівельними проектами та технології аналізу великих даних. Як зазначається у колективній монографії «Construction 4.0», інтеграція інформаційних систем у будівельний процес дозволяє формувати цифрові двійники об'єктів інфраструктури, що забезпечує можливість прогнозування експлуатаційних характеристик будівель і оптимізації їхнього життєвого циклу [18].

Узагальнення сучасних технологічних тенденцій дозволяє виділити ключові інноваційні напрями трансформації будівельної індустрії.

Таблиця 3

**Інноваційні технології сучасного будівництва**

<b>Технологія</b>	<b>Основні характеристики</b>	<b>Економічний ефект</b>
BIM	Інформаційне моделювання об'єктів	Скорочення помилок і витрат
IoT	Сенсорні системи моніторингу	Підвищення ефективності управління
3D-друк	Адитивне виробництво будівельних елементів	Зменшення витрат матеріалів
Робототехніка	Автоматизація будівельних процесів	Зниження трудомісткості
Digital Twins	Цифрові моделі інфраструктурних об'єктів	Оптимізація життєвого циклу

*Джерело: узагальнено за [10; 16; 17; 18]*

Таким чином, трансформація виробничих систем у будівельній індустрії є складним і багаторівневим процесом, який охоплює технологічні, організаційні та інституційні зміни. Цифровізація виробничих процесів, розвиток модульного будівництва та інтеграція кіберфізичних систем створюють передумови для формування нової технологічної парадигми, що визначатиме подальшу еволюцію галузі.

Сучасна трансформація виробничих систем у будівельній індустрії відбувається під впливом глобальних економічних та технологічних тенденцій, які формують нові вимоги до організації виробництва, управління ресурсами та інституційного середовища функціонування галузі. Одним із ключових факторів таких змін є посилення ролі цифрових технологій у виробничих процесах, що супроводжується формуванням нової техніко-економічної парадигми, характерної для четвертої промислової революції.

За оцінками Світового економічного форуму, будівельна індустрія перебуває на етапі глибокої структурної трансформації, зумовленої урбанізаційними процесами, зростанням попиту на інфраструктуру, обмеженістю природних ресурсів та необхідністю підвищення ефективності використання капіталу [12]. Згідно з аналітичними прогнозами, до середини XXI століття чисельність міського населення зростатиме на понад 200 тисяч осіб щоденно, що потребуватиме масштабного розвитку будівельної інфраструктури та модернізації виробничих систем галузі. У таких умовах технологічна модернізація будівництва стає одним із ключових чинників забезпечення сталого економічного розвитку.

Важливим аспектом технологічної трансформації виробничих систем є інтеграція цифрових технологій із традиційними будівельними процесами. Як підкреслюється у звіті UNIDO, цифрові виробничі технології поступово формують нову модель індустріального розвитку, у межах якої інформаційні системи, автоматизація та аналіз великих даних стають основою управління виробничими процесами [15]. Для будівельної індустрії це означає перехід від фрагментованої організації виробництва до інтегрованих цифрових екосистем, у яких усі учасники будівельного процесу взаємодіють через спільні інформаційні платформи.

З позицій еволюційної економічної теорії така трансформація може бути розглянута як процес формування нового технологічного укладу, у межах якого відбувається поєднання інноваційних технологій, інституційних змін та нових організаційних моделей виробництва. Як зазначає К. Перес, поширення нових технологічних систем завжди супроводжується періодом структурної адаптації економіки, протягом якого відбувається узгодження технологічного потенціалу з інституційними та фінансовими механізмами розвитку [6]. Саме на цьому етапі формується нова техніко-економічна парадигма, яка визначає довгострокові напрями розвитку виробничих систем.

Особливістю сучасного технологічного переходу у будівельній індустрії є поєднання цифровізації з процесами індустріалізації будівництва. Розвиток модульних технологій, офсайт-виробництва та автоматизованих виробничих систем дозволяє перенести значну частину будівельних процесів у контрольоване виробниче середовище, що підвищує якість продукції та знижує виробничі витрати. Як зазначається у дослідженнях McKinsey Global Institute, поєднання цифрових технологій і модульного будівництва може забезпечити підвищення продуктивності галузі на 50–60 % у довгостроковій перспективі [13].

Водночас реалізація потенціалу технологічної модернізації значною мірою залежить від інституційних умов функціонування галузі. Будівельна індустрія характеризується складною системою регуляторних норм, стандартів безпеки та контрактних відносин, що забезпечують стабільність ринку, але водночас можуть стримувати впровадження інновацій. Дослідження міжнародних організацій свідчать, що реформування регуляторного середовища, спрямоване на підтримку технологічних інновацій, може суттєво прискорити процес модернізації галузі [12].

Таблиця 4

**Ключові фактори технологічної модернізації будівельної індустрії**

<b>Фактор трансформації</b>	<b>Основні характеристики</b>	<b>Економічний ефект</b>
Цифровізація виробництва	Інтеграція BIM, IoT, AI	Підвищення ефективності управління
Індустріалізація будівництва	Модульні та офсайт-технології	Скорочення витрат і термінів будівництва
Інституційні реформи	Адаптація нормативної бази	Стимулювання інновацій
Розвиток людського капі-талу	Підготовка цифрових фа-хівців	Підвищення продуктивності
Інвестиції в інновації	Фінансування НДДКР	Прискорення технологічних змін

*Джерело: узагальнено за [12; 13; 15]*

У цьому контексті особливого значення набуває формування інституційних механізмів стимулювання технологічного розвитку будівельної індустрії. До таких механізмів належать впровадження цифрових стандартів у державних закупівлях, розвиток нормативної бази для інноваційних матеріалів і технологій, підтримка досліджень і розробок, а також формування системи професійної підготовки кадрів із урахуванням цифрових компетенцій. Саме поєднання технологічних інновацій та інституційних реформ створює передумови для переходу галузі до нового технологічного укладу.

Відповідно, трансформація виробничих систем у будівельній індустрії є складним еволюційним процесом, який відбувається під впливом технологічних, економічних та інституційних факторів.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** У результаті проведеного дослідження встановлено, що еволюція технологічних укладів виступає одним із ключових факторів довгострокової трансформації економічних систем та структурної перебудови галузей виробництва. Теоретичний аналіз положень еволюційної економічної теорії, концепції технологічних парадигм і техніко-економічних укладів дозволив обґрунтувати, що зміна технологічних укладів супроводжується комплексними трансформаціями виробничих систем, інституційного середовища та організаційних моделей економічної діяльності.

Доведено, що розвиток будівельної індустрії має специфічні особливості, зумовлені проектним характером виробництва, високим рівнем фрагментації галузі та значною залежністю від регуляторного середовища. Ці фактори формують підвищений рівень технологічної інерції, що уповільнює поширення інновацій та стримує зростання продуктивності праці. Водночас сучасний етап розвитку світової економіки характеризується формуванням нового технологічного укладу, основу якого становлять цифрові технології, автоматизація виробничих процесів та інтеграція інформаційних систем.

У ході дослідження встановлено, що впровадження концепції Construction 4.0 створює передумови для якісної трансформації виробничих систем у будівельній індустрії. Інтеграція інформаційного моделювання будівель (BIM), технологій Інтернету речей, штучного інтелекту, робототехніки та адитивного виробництва сприяє формуванню нових моделей організації будівельного виробництва, підвищенню ефективності управління проектами та оптимізації використання ресурсів. Одночасно з технологічними змінами важливу роль відіграють інституційні фактори, зокрема модернізація нормативно-правової бази, розвиток цифрових стандартів у державних закупівлях та стимулювання інноваційної діяльності підприємств галузі.

Таким чином, трансформація виробничих систем у будівельній індустрії є складним багаторівневим процесом, що поєднує технологічні, організаційні та інституційні зміни. Реалізація потенціалу нового технологічного укладу потребує формування комплексної стратегії модернізації галузі, яка передбачає розвиток цифрових технологій, індустріалізацію будівельних процесів та вдосконалення економічних механізмів стимулювання інновацій.

Перспективи подальших наукових досліджень пов'язані з поглибленим аналізом економічних механізмів впровадження цифрових технологій у будівельній індустрії та оцінюванням їхнього впливу на продуктивність виробництва, ефективність використання ресурсів і конкурентоспроможність підприємств галузі. Актуальним напрямом

досліджень є також розроблення методичних підходів до оцінювання економічної ефективності впровадження технологій Construction 4.0, формування інституційних механізмів стимулювання інноваційного розвитку будівельного сектору та дослідження ролі державної політики у процесах технологічної модернізації галузі.

### **Список літератури:**

1. Schumpeter J. A. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York : Harper & Brothers, 1942. 381 p.
2. Nelson R. R., Winter S. G. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge : Belknap Press of Harvard University Press, 1982. 437 p.
3. Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*. 1982. Vol. 11, № 3. P. 147–162. [DOI: 10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6).
4. Freeman C., Perez C. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. In: *Technical Change and Economic Theory* / ed. by G. Dosi et al. London : Pinter Publishers, 1988. P. 38–66.
5. Freeman C., Louçã F. *As Time Goes By: From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*. Oxford : Oxford University Press, 2001. 407 p. [DOI: 10.1093/0199251053.001.0001](https://doi.org/10.1093/0199251053.001.0001).
6. Perez C. *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Cheltenham : Edward Elgar Publishing, 2002. 198 p.
7. Perez C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*. 2010. Vol. 34, № 1. P. 185–202. [DOI: 10.1093/cje/bep051](https://doi.org/10.1093/cje/bep051).
8. Geels F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*. 2002. Vol. 31, № 8–9. P. 1257–1274. [DOI: 10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8).
9. Geels F. W., Schot J. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*. 2007. Vol. 36, № 3. P. 399–417. [DOI: 10.1016/j.respol.2007.01.003](https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003).
10. Oesterreich T. D., Teuteberg F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*. 2016. Vol. 83. P. 121–139. [DOI: 10.1016/j.compind.2016.09.006](https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006).
11. Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva : World Economic Forum, 2016. 184 p.
12. *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology*. World Economic Forum, The Boston Consulting Group. Geneva : World Economic Forum, 2016. 64 p.

13. *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*. McKinsey Global Institute. New York : McKinsey & Company, 2017. 168 p.
14. Kane A., Lopez J. Productivity and regulation in the construction sector: evidence for OECD countries. *Applied Economics*. 2024. Vol. 56, № 32. P. 3805–3821. DOI: [10.1080/00036846.2023.2208845](https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2208845).
15. *Industrial Development Report 2020: Industrializing in the Digital Age*. Vienna : United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2019. 230 p.
16. Begić H., Galić M. A systematic review of Construction 4.0 in the context of the BIM 4.0 premise. *Buildings*. 2021. Vol. 11, № 8. Art. 337. DOI: [10.3390/buildings11080337](https://doi.org/10.3390/buildings11080337).
17. Karmakar A., Delhi V. S. K. Construction 4.0: What we know and where we are headed? *Journal of Information Technology in Construction*. 2021. Vol. 26. P. 526–545. DOI: [10.36680/j.itcon.2021.028](https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.028).
18. Sawhney A., Riley M., Irizarry J. (eds.). *Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment*. London : Routledge, 2020. 462 p.

**Dmytrii Korytko**

***Evolution of technological paradigms and economic foundations of the transformation of production systems in the construction industry***

*The purpose of the article is to analyze the evolution of technological paradigms and to determine the economic foundations of the transformation of production systems in the construction industry under conditions of technological change and digital transformation. The research focuses on identifying the key technological, economic, and institutional factors that influence the modernization of production systems and determine the structural transformation of the construction sector.*

*The methodological framework of the study is based on the principles of evolutionary economics and the theory of techno-economic paradigms. The research applies systemic, dialectical, and institutional approaches to analyze technological change and structural transformation of production systems. Methods of scientific abstraction, comparative analysis, synthesis, and institutional analysis were used to examine the development patterns of the construction industry and the impact of digital technologies on production processes.*

*The results of the research demonstrate that the evolution of technological paradigms plays a decisive role in shaping the transformation of production systems in the construction industry. Historically, the development of construction production has been characterized by a relatively slow pace of technological change due to the fragmented structure of the sector, project-based production processes, and significant regulatory constraints. However, the emergence of digital technologies and the concept of Construction 4.0 has created new opportunities for technological modernization. The integration of Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT), artificial*

*intelligence, robotics, and additive manufacturing enables the formation of integrated digital ecosystems that connect the stages of design, construction, and operation of buildings. These technologies significantly improve coordination between project participants, reduce construction errors, optimize resource management, and increase productivity in the sector.*

*The scientific novelty of the research lies in the conceptualization of the transformation of production systems in the construction industry through the prism of technological paradigm evolution. The study integrates the theoretical provisions of evolutionary economics with contemporary approaches to digital transformation and Construction 4.0. It also systematizes the technological, economic, and institutional factors that determine the modernization of production systems in the construction industry.*

*The practical significance of the study lies in the possibility of applying its results to the development of strategies for technological modernization of the construction industry. The research findings may be used by policymakers, industry regulators, and construction companies to design effective mechanisms for implementing digital technologies, improving productivity, and enhancing the competitiveness of the sector. The results may also contribute to the development of institutional mechanisms aimed at supporting innovation and digital transformation in the construction industry.*

*The research confirms that the evolution of technological paradigms significantly influences the economic foundations of the transformation of production systems in the construction industry. Digitalization, automation, and the integration of advanced technologies create new opportunities for improving efficiency and productivity in the sector. The successful implementation of these technological transformations requires coordinated technological, organizational, and institutional changes aimed at ensuring sustainable development and increasing the innovative capacity of the construction industry.*

***Keywords: technological paradigms; construction industry; digitalization; production systems; Construction 4.0; economic transformation.***