

УДК 338.45:69:330.322

JEL E22, L74, O31, O33

DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8273/2026-13-12>**Коритько Д.Г.**кандидат юридичних наук, директор
ТОВ «Юкрейніан канстракшн аддітів технолоджіс»;
керівник

НДЦ INCORE (Institute for Construction and Reconstruction Engineering)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8486-6840>**Dmytrii Korytko**

Ukrainian Construction Additive Technologies LLC;

Research Center INCORE (Institute for Construction and Reconstruction Engineering)

ЕКОНОМІЧНІ ДЕТЕРМІНАНТИ ТА ІНВЕСТИЦІЙНІ УМОВИ РОЗВИТКУ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

ECONOMIC DETERMINANTS AND INVESTMENT CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Анотація. У статті досліджено економічні детермінанти та інвестиційні умови розвитку адитивних технологій у будівельній галузі в умовах цифрової трансформації. Актуальність зумовлена потребою підвищення продуктивності, скорочення ресурсних витрат та прискорення темпів будівництва, зокрема завдяки 3D-друку будівельних конструкцій як ключовому напрямку технологічної модернізації. Проаналізовано економічні фактори розвитку адитивного будівництва на макро-, мезо- та мікрорівнях: низька продуктивність, цифровізація виробництва, дефіцит кваліфікованих кадрів та зростання екологічних вимог. Досліджено інвестиційні умови, структуру витрат та економічні ефекти адитивного будівництва порівняно з традиційними методами. Показано, що застосування адитивних технологій підвищує ефективність виробництва, скорочує трудові та матеріальні витрати, зменшує будівельні відходи. Водночас масштабне впровадження потребує значних інвестицій у обладнання, цифрову інфраструктуру та підготовку кадрів. Формування сприятливих інституційних і інвестиційних умов є ключовою передумовою розвитку адитивних технологій у будівельній галузі.

Ключові слова: адитивні технології, економічні детермінанти технологічних інновацій, інвестиційні умови розвитку технологій, економічна ефективність будівельних технологій, цифрова трансформація будівельної галузі, інноваційний розвиток будівельної індустрії, Construction 4.0.

Abstract. Introduction. The construction industry faces challenges of low productivity, high resource consumption, and growing demand for affordable housing and infrastructure. Additive technologies, particularly 3D printing of building components, are increasingly considered a key avenue for technological modernization and digital transformation of the sector. Their adoption also supports sustainability goals by reducing material waste and energy consumption. **Purpose.** The purpose of the article is to investigate the economic determinants and investment conditions for the development of additive technologies in construction. The study aims to identify key economic factors influencing their diffusion and to assess the investment conditions required for effective implementation. **Methods.** The research combines general scientific and economic methods, including system analysis, structural and functional analysis, comparative analysis, and scientific abstraction. These methods allowed the identification of macro-, sectoral-, and firm-level determinants and the evaluation of investment conditions, including cost structures and efficiency compared to traditional construction methods. **Results.** The study demonstrates that the development of additive technologies depends on multiple factors: global demand for affordable housing, productivity gaps, digitalization of construction processes, and shortages of qualified labor. Additive construction technologies can reduce labor costs, minimize waste, and improve material efficiency. However, their implementation requires significant initial investments in specialized equipment, digital infrastructure, and workforce training. **Conclusion.** Additive technologies have strong potential to transform the construction industry by increasing productivity, reducing costs, and improving resource efficiency. Large-scale adoption depends on supportive regulatory frameworks, investment mechanisms, and technological infrastructure. Future development will rely on integrating digital design, automated production, and innovative construction materials. The findings highlight the importance of strategic planning and institutional support to fully realize the benefits of additive construction technologies.

Keywords: additive technologies, economic determinants of technological innovation, investment conditions for technological development, economic efficiency of construction technologies, digital transformation of the construction sector, innovation-driven development of the construction industry, Construction 4.0.

Постановка проблеми. Будівельна галузь традиційно належить до секторів економіки з відносно повільними темпами технологічної модернізації та низькою динамікою зростання продуктивності праці порівняно з іншими сферами виробництва. Упродовж останніх десятиліть цей сектор стикається з комп-

лексом структурних викликів, серед яких зростання вартості будівництва, дефіцит кваліфікованої робочої сили, посилення екологічних вимог та необхідність забезпечення масштабного житлового будівництва. У таких умовах особливої актуальності набуває пошук технологічних рішень, здатних підвищити ефектив-



ність використання ресурсів, скоротити тривалість будівельного циклу та знизити загальні витрати реалізації будівельних проєктів.

Одним із перспективних напрямів трансформації будівельної індустрії виступають адитивні технології, зокрема 3D-друк будівельних конструкцій, що передбачає пошарове формування елементів будівель на основі цифрових моделей. Їхнє впровадження створює можливості для автоматизації виробничих процесів, оптимізації використання матеріалів, зменшення обсягів будівельних відходів та підвищення гнучкості архітектурного проєктування. Водночас розвиток адитивного будівництва супроводжується значними інвестиційними витратами, технологічними ризиками та недостатньою нормативною визначеністю, що потребує комплексного економічного аналізу передумов і механізмів його впровадження.

У цьому контексті наукового значення набуває дослідження економічних детермінант розвитку адитивних технологій у будівельній галузі, а також оцінка інвестиційних умов їх впровадження. Розв'язання цієї проблеми має важливе практичне значення для підвищення конкурентоспроможності будівельних підприємств, формування ефективної інноваційної політики та забезпечення технологічної модернізації галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика розвитку адитивних технологій у будівельній галузі активно досліджується у сучасному науковому дискурсі на перетині економіки інновацій, цифрової трансформації виробництва та технологічної модернізації будівельного сектору. Теоретичні передумови осмислення інноваційних змін пов'язані з концепцією Й. А. Шумпетера, який розглядав інновації як прояв процесу «творчого руйнування», що трансформує структуру економіки та формує нові траєкторії розвитку галузей [1]. У контексті будівельної індустрії ця ідея набуває особливого значення з огляду на тривалу проблему низької продуктивності галузі, що підкреслюється у дослідженнях McKinsey Global Institute та аналітичних оглядах ОЕСР [2; 10].

Технологічні та економічні аспекти адитивного будівництва висвітлено у роботах Ф. П. Боса, Р. Й. М. Вольфа, З. Ю. Ахмеда та Т. А. М. Салета, які розглядають 3D-друк бетону як інтегровану виробничу систему, що поєднує цифрове проєктування, матеріалознавство та автоматизовані виробничі процеси [3]. Подальший розвиток цієї концепції представлено у працях Г. Де Схюттера, К. Лезажа та В. Мехтчеріне, які обґрунтовують техніко-економічний і екологічний потенціал цифрово виробленого бетону для трансформації будівельної індустрії [4]. Значний внесок у формування ідеї автоматизованого будівництва зробив Б. Хошневіс, який запропонував технологію Contour Crafting для роботизованого зведення будівельних конструкцій [5].

Економічні принципи адитивного виробництва досліджували Н. Хопкінсон, Р. Дж. М. Гейг та П. М. Дікенс, які довели, що такі технології мають конкурентні переваги при виробництві складних або індивідуалізованих об'єктів [6]. За даними галузевих досліджень та звітів Wohlers Associates, ринок адитивного виробництва демонструє стійку динаміку зростання та розширення сфер застосування [7]. Питання цифровізації будівництва також розглядаються у дослі-

дженнях Європейської Комісії та аналітичних оглядах ING Economics, де підкреслюється формування нової технологічної екосистеми Construction 4.0 [8; 15].

Систематизацію сучасних досліджень здійснили Е. Форсаель, К. Моралес, Х. І. Агіллар-Дуке, К. Родрігес та В. Леон-Альборнос, які визначили основні драйвери впровадження адитивних технологій у будівництві [9]. Економічну та екологічну ефективність 3D-друку аналізували М. Адалудіс і Х. Б. Рока, а також М. Мохаммад, Е. Масад та С. Г. Аль-Гамді [11; 12]. Практичні аспекти матеріалів і технологій цифрового будівництва досліджували В. Н. Нерелла, М. Краузе та В. Мехтчеріне [13]. Інвестиційні умови впровадження адитивних технологій розглядали М. Мотамеді, К. А. Агдам та С. Е. Мортазаві, а також Р. Кучер, О. Ляпошенко та О. Олійник [14; 16]. Окремі дослідження присвячено впливу адитивного будівництва на структуру зайнятості та трансформацію компетенцій у галузі [17]. У ширшому макроекономічному контексті ці процеси аналізуються у працях Світового банку [18].

Попри значну кількість досліджень, у науковій літературі недостатньо розкрито комплексний економічний аналіз детермінант розвитку адитивних технологій у будівництві та інвестиційних механізмів їх масштабного впровадження, що зумовлює необхідність подальших досліджень у цьому напрямі.

Метою статті є комплексне дослідження економічних детермінант розвитку адитивних технологій у будівельній галузі та обґрунтування інвестиційних умов їх ефективного впровадження в сучасних умовах технологічної трансформації економіки. Досягнення поставленої мети передбачає аналіз ключових економічних факторів, що стимулюють поширення адитивного будівництва, оцінювання інвестиційної привабливості відповідних технологічних рішень, а також визначення економічних переваг і обмежень їх використання. Особливу увагу приділено виявленню механізмів підвищення ефективності будівельного виробництва та формуванню передумов інноваційного розвитку галузі на основі адитивних технологій.

Методологічну основу дослідження становить поєднання загальнонаукових і спеціальних економічних методів, що забезпечують комплексне пізнання закономірностей розвитку адитивних технологій у будівельній галузі. Теоретико-методологічний фундамент роботи спирається на концепції інноваційного розвитку та технологічної трансформації економічних систем. У межах дослідження використано методи наукової абстракції, системного та структурно-функціонального аналізу для виявлення економічних детермінант розвитку адитивного будівництва. Метод порівняльного аналізу застосовано для зіставлення адитивних і традиційних будівельних технологій, тоді як економіко-аналітичні підходи дозволили оцінити інвестиційні умови їх впровадження та економічні ефекти використання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується глибокими технологічними трансформаціями, що відбуваються під впливом цифровізації виробництва, автоматизації процесів та розвитку нових виробничих технологій. У цьому контексті адитивні технології розглядаються як один із ключових елементів переходу до нової технологічної парадигми будівництва, що базу-

ється на інтеграції цифрового проектування, роботизованого виробництва та інтелектуального управління будівельними процесами. У науковій літературі ці процеси дедалі частіше інтерпретуються через призму концепції Construction 4.0, яка передбачає трансформацію будівельної індустрії у напрямі індустріалізації, цифровізації та підвищення продуктивності виробництва [8; 15].

Економічна логіка розвитку адитивних технологій у будівництві безпосередньо пов'язана з проблемою низької продуктивності галузі. За оцінками McKinsey Global Institute, протягом останніх двох десятиліть продуктивність праці у будівництві зростала приблизно на 1 % щорічно, тоді як у промисловому виробництві цей показник перевищував 3 % [2]. Така диспропорція свідчить про наявність структурних обмежень розвитку галузі та водночас формує передумови для пошуку інноваційних технологічних рішень, здатних радикально змінити виробничу модель будівництва. У цьому контексті адитивні технології розглядаються як один із найбільш перспективних інструментів підвищення ефективності будівельного виробництва.

Згідно з дослідженнями Ф. П. Боса, Р. Й. М. Вольфа, З. Ю. Ахмеда та Т. А. М. Салета, технологія 3D-друку бетону формує нову інтегровану виробничу систему, у межах якої проектування, матеріалознавство та виробничі процеси об'єднуються у єдину цифрову технологічну платформу [3]. Така система дозволяє реалізовувати складні архітектурні форми, оптимізувати використання матеріалів та скорочувати витрати виробництва. Подібну позицію поділяють Г. Де Схюттер, К. Лезаж та В. Мехтчеріне, які зазначають, що бетон вироблений цифровим способом має значний економічний та екологічний потенціал і здатний змінити традиційні підходи до організації будівельного виробництва [4].

Важливим аспектом розвитку адитивних технологій є наявність комплексу економічних факторів, що формують передумови їх поширення. До таких факторів належать як макроекономічні, так і галузеві та корпоративні чинники. На макроекономічному рівні визначальним стимулом є глобальний дефіцит доступного житла та необхідність прискорення будівництва житлової інфраструктури. За оцінками міжнародних аналітичних центрів, подолання глобального інфраструктурного дефіциту потребує значного підвищення продуктивності будівельної галузі [2].

На мезорівні важливим фактором виступає цифрова трансформація будівельної індустрії. Розвиток технологій BIM, використання сенсорних систем, робототехніки та автоматизованих будівельних платформ формують нову технологічну екосистему будівництва, у якій адитивні технології виступають важливим елементом інтегрованого цифрового виробництва [8]. У свою чергу, на мікрорівні ключову роль відіграють економічні стимули підприємств, пов'язані зі скороченням витрат виробництва, підвищенням швидкості будівництва та можливістю створення індивідуалізованих архітектурних рішень.

Не менш важливим аспектом розвитку адитивних технологій є інвестиційні умови їх впровадження. На відміну від традиційного будівництва, де значну частку витрат становить оплата праці та допоміжні матеріали, адитивне будівництво характеризується високою часткою капітальних інвестицій у обладнання. За результатами досліджень, проведених Р. Кучером, О. Ляпоценком та О. Олійником, основна частина початкових інвестицій припадає на придбання будівельного 3D-принтера, систем підготовки матеріалів та програмного забезпечення управління виробничим процесом [16].

З економічної точки зору така модель характеризується високими постійними витратами та відносно низькими граничними витратами виробництва. Подібна структура витрат відповідає класичній логіці адитивного виробництва, яку описали Н. Хопкінсон, Р. Дж. М. Гейг та П. М. Дікенс. Дослідники довели, що адитивні технології стають економічно вигідними у випадках виробництва складних або індивідуалізованих об'єктів, де традиційні технології потребують значних витрат на підготовку виробництва [6].

Суттєвим фактором економічної доцільності адитивного будівництва є також можливість скорочення витрат виробництва. Дослідження М. Адалудіса та Х. Б. Роки показують, що використання технологій 3D-друку дозволяє зменшити витрати матеріалів, скоротити кількість будівельних відходів та підвищити ресурсну ефективність будівельного виробництва [11]. Подібні результати отримали також М. Мохаммад, Е. Масад та С. Г. Аль-Гамді, які довели, що використання адитивних технологій може забезпечити значне підвищення економічної та екологічної ефективності будівництва [12].

Таблиця 1

Система економічних детермінант розвитку адитивних технологій у будівельній галузі

Економічний фактор	Механізм впливу	Рівень економічної системи	Вплив на інноваційну активність
Дефіцит доступного житла	Формування попиту на швидке та дешеве будівництво	Макроекономічний	Стимулює впровадження нових будівельних технологій
Низька продуктивність будівельної галузі	Пошук технологічних рішень для підвищення ефективності	Макроекономічний	Мотивує автоматизацію виробничих процесів
Цифровізація будівництва	Інтеграція BIM, робототехніки та 3D-друку	Галузевий	Формує інноваційну технологічну екосистему
Дефіцит кваліфікованої робочої сили	Підвищення попиту на автоматизовані рішення	Макро / мікро	Підвищує економічну доцільність роботизованого будівництва
Екологічні вимоги та стандарти ESG	Необхідність скорочення відходів та викидів CO ₂	Макроекономічний	Стимулює ресурсоефективні технології

Джерело: узагальнено автором на основі [2; 8; 9; 15]

Таблиця 2

Структура інвестицій у впровадження адитивних технологій у будівництві

Компонент інвестицій	Частка у загальних витратах	Економічне призначення
Будівельний 3D-принтер	40–60 %	Основне виробниче обладнання
Система змішування та подачі матеріалів	15–25 %	Забезпечення технологічного процесу
Програмне забезпечення та цифрові системи управління	10–15 %	Інтеграція цифрового виробництва
Інфраструктура та допоміжне обладнання	5–15 %	Забезпечення функціонування виробничої системи

Джерело: узагальнено автором на основі [6; 16]

Отже, проведений аналіз свідчить, що розвиток адитивних технологій у будівельній галузі зумовлений комплексною взаємодією економічних, технологічних та інституційних факторів. Формування сприятливих інвестиційних умов, розвиток цифрової інфраструктури та підвищення інноваційної активності підприємств створюють передумови для масштабного впровадження адитивного будівництва у сучасній економіці.

Подальший розвиток адитивних технологій у будівництві тісно пов'язаний із формуванням нового інноваційного ринку будівельних технологій, що характеризується високою технологічною конкуренцією, швидкою дифузійною інновацій та поступовим переходом від експериментальних проєктів до масштабного комерційного застосування. З економічної точки зору цей ринок перебуває на етапі становлення, коли відбувається формування нової технологічної структури галузі та перерозподіл ролей між основними учасниками будівельного виробництва.

Систематичний аналіз сучасних досліджень свідчить, що адитивні технології у будівництві можуть бути класифіковані за типом використовуваних матеріалів та технологічних процесів. Так, Е. Форсаель, К. Моралес, Х. І. Агіллар-Дуке, К. Родрігес та В. Леон-Альборнос виділяють три основні групи адитивних технологій: бетонний 3D-друк, металеві адитивні технології та полімерні технології [9]. Найбільш поширеною у сучасній будівельній практиці є технологія екструзійного бетонного друку, яка дозволяє створювати стінові конструкції шляхом пошарового нанесення бетонної суміші відповідно до цифрової моделі будівлі.

Розвиток цієї технології безпосередньо пов'язаний із роботами Б. Хошневіса, який запропонував концепцію *Contour Crafting* - автоматизованої системи будівництва, що використовує комп'ютерно керовані роботи для формування конструкцій будівель [5]. На думку дослідника, автоматизація будівельних процесів дозволяє радикально скоротити тривалість будівництва та значно підвищити продуктивність праці у галузі.

У сучасних умовах на ринку адитивного будівництва формується коло технологічних лідерів, серед яких особливе місце займають компанії ICON (США) та COBOD International (Данія). Практичний досвід використання їхніх технологій демонструє поступовий перехід адитивного будівництва від демонстраційних проєктів до повноцінного комерційного використання. Наприклад, технологія ICON дозволила реалізувати масштабні житлові проєкти, де 3D-друк використовувався для будівництва цілих житлових кварталів. Відомим прикладом є житловий комплекс *Wolf Ranch* у штаті Техас, де за допомогою адитивних технологій було побудовано понад 100 житлових будинків.

Економічний аналіз подібних проєктів свідчить про значний потенціал адитивних технологій щодо підвищення ефективності будівельного виробництва. За даними досліджень, використання технологій 3D-друку дозволяє скоротити витрати будівництва приблизно на 20-35 % залежно від типу об'єкта та масштабів виробництва [11; 12]. Основними джерелами економії виступають скорочення трудових витрат, зменшення обсягів будівельних відходів та оптимізація використання матеріалів.

Не менш важливим економічним ефектом є скорочення тривалості будівництва. У традиційних умовах зведення несучих конструкцій житлового будинку може тривати декілька тижнів або навіть місяців. Використання адитивних технологій дозволяє скоротити цей період до кількох днів. Подібні результати підтверджуються дослідженнями М. Мотамеді, К. А. Агдама та С. Е. Мортазаві, які довели, що скорочення тривалості будівництва безпосередньо впливає на підвищення рентабельності інвестиційних проєктів у будівельній галузі [14].

Значний інтерес у сучасних дослідженнях викликає також питання структури витрат адитивного будівництва. На відміну від традиційних методів, де домінують витрати на робочу силу, адитивні технології передбачають істотне зменшення трудових витрат і зростання ролі капітальних інвестицій у обладнання та цифрову інфраструктуру. Як зазначають М. Адалудіс та Х. Б. Рока, застосування адитивних технологій дозволяє оптимізувати використання матеріалів та мінімізувати будівельні відходи, що суттєво підвищує економічну ефективність будівництва [11].

Важливим аспектом розвитку адитивних технологій є їхній вплив на структуру зайнятості у будівельній галузі. Дослідження М. А. Хоссейна, А. Жумабекової, С. Ч. Пола та Дж. Р. Кіма показують, що впровадження 3D-друку призводить до поступового скорочення потреби у низькокваліфікованій робочій силі та водночас формує попит на нові професії, пов'язані з програмуванням, обслуговуванням роботизованих систем та цифровим проєктуванням [17].

У ширшому макроекономічному контексті розвиток адитивного будівництва можна розглядати як прояв технологічної трансформації виробничих систем сучасної економіки. У доповідях Світового банку підкреслюється, що впровадження інноваційних виробничих технологій здатне істотно підвищити продуктивність галузей та сприяти структурній модернізації економіки [18].

Підсумовуючи проведений аналіз, можна зробити висновок, що адитивні технології мають значний потенціал трансформації будівельної галузі. Їхнє впро-

Таблиця 3

Порівняльна економічна ефективність адитивних та традиційних технологій будівництва

Показник	Традиційне будівництво	Адитивне будівництво
Тривалість будівництва житлового будинку	4–8 тижнів	3–5 днів
Кількість працівників	10–15 осіб	3–4 оператори
Частка трудових витрат у структурі вартості	40–50 %	10–20 %
Обсяг будівельних відходів	3–7 тон	мінімальний
Потенційне скорочення витрат	–	20–35 %

Джерело: узагальнено автором на основі [11; 12; 14; 16]

вадження дозволяє підвищити продуктивність будівельного виробництва, скоротити витрати та зменшити негативний екологічний вплив будівельної діяльності. Водночас подальший розвиток адитивного будівництва потребує вирішення низки інституційних та економічних проблем, серед яких особливе значення мають формування нормативно-правової бази, розвиток інноваційної інфраструктури та забезпечення доступу підприємств до інвестиційних ресурсів.

Отже, результати дослідження підтверджують, що адитивні технології поступово формують нову технологічну парадигму будівництва, яка базується на інтеграції цифрового проектування, автоматизованого виробництва та інноваційних матеріалів. У перспективі це може сприяти формуванню більш ефективної, екологічно орієнтованої та інноваційної моделі розвитку будівельної галузі.

Висновки. Проведене дослідження дозволило комплексно проаналізувати економічні детермінанти розвитку адитивних технологій у будівельній галузі та визначити ключові інвестиційні умови їх ефективного впровадження. У результаті встановлено, що поширення адитивного будівництва є закономірним етапом технологічної трансформації сучасної економіки, який відображає загальну тенденцію переходу до цифрових і автоматизованих виробничих систем. Адитивні технології формують нову виробничу парадигму будівництва, у межах якої інтегруються цифрове проектування, роботизовані виробничі процеси та інноваційні будівельні матеріали.

Визначено, що розвиток адитивного будівництва зумовлюється комплексом взаємопов'язаних економічних факторів. До ключових макроекономічних передумов належать зростаючий попит на доступне житло, необхідність підвищення продуктивності будівельної галузі та посилення екологічних вимог до будівельного виробництва. На галузевому рівні важливим драйвером виступає цифровізація будівництва, зокрема поширення технологій BIM, роботизації та автоматизованих виробничих систем. На рівні підприємств впровадження адитивних технологій стимулюється економічними перевагами, пов'язаними зі скороченням трудових витрат, оптимізацією використання матеріалів і скороченням тривалості будівельного циклу.

Результати дослідження підтверджують, що адитивні технології мають значний потенціал підвищення

економічної ефективності будівельного виробництва. Зокрема, використання технологій 3D-друку дозволяє скоротити прямі витрати будівництва, зменшити обсяг будівельних відходів і підвищити продуктивність праці. Водночас специфічною особливістю адитивного будівництва є висока частка початкових інвестицій у обладнання та цифрову інфраструктуру, що зумовлює необхідність ретельного інвестиційного аналізу відповідних проєктів. У цьому контексті особливого значення набуває використання економічних індикаторів оцінювання ефективності інноваційних технологій, таких як чиста приведена вартість інвестицій, внутрішня норма дохідності та період окупності.

Разом із тим проведений аналіз засвідчив наявність певних обмежень розвитку адитивних технологій у будівельній галузі. До основних бар'єрів належать недостатній рівень стандартизації будівельних процесів, обмежена нормативно-правова база застосування 3D-друкованих конструкцій, а також значні капітальні витрати на впровадження відповідного обладнання. Крім того, важливим фактором є необхідність формування нових професійних компетенцій у сфері цифрового проектування та управління автоматизованими будівельними системами.

Отже, результати дослідження підтверджують, що адитивні технології мають потенціал стати важливим елементом інноваційного розвитку будівельної галузі. Їх використання здатне сприяти підвищенню ефективності будівельного виробництва, оптимізації використання ресурсів та формуванню нової технологічної моделі розвитку галузі, орієнтованої на цифровізацію, автоматизацію та екологічну стійкість.

Подальші наукові дослідження у цій сфері доцільно спрямувати на поглиблене вивчення економічних механізмів масштабного впровадження адитивних технологій у будівельній галузі. Особливу увагу доцільно приділити розробленню моделей оцінювання інвестиційної ефективності адитивного будівництва, аналізу впливу цих технологій на структуру будівельного ринку та формуванню інституційних умов їх поширення. Перспективним напрямом досліджень є також аналіз довгострокових економічних та екологічних ефектів використання адитивних технологій у будівництві, а також вивчення їхнього впливу на трансформацію ринку праці та систему підготовки професійних кадрів у будівельній галузі.

Бібліографічний список:

1. Schumpeter J. A. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York : Harper & Brothers, 1942. 381 p.
2. McKinsey Global Institute. *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*. McKinsey & Company, 2017. 168 p. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution> (дата звернення: 02.03.2026)

3. Bos F. P., Wolfs R. J. M., Ahmed Z. Y., Salet T. A. M. Additive Manufacturing of Concrete in Construction: Potentials and Challenges of 3D Concrete Printing. *Virtual and Physical Prototyping*. 2016. Vol. 11, No. 3. P. 209–225. DOI: <https://doi.org/10.1080/17452759.2016.1209867>
4. De Schutter G., Lesage K., Mechtcherine V., Nerella V. N., Habert G., Agusti-Juan I. Vision of 3D Printing with Concrete – Technical, Economic and Environmental Potentials. *Cement and Concrete Research*. 2018. Vol. 112. P. 25–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.06.001>
5. Khoshnevis B. Automated Construction by Contour Crafting – Related Robotics and Information Technologies. *Automation in Construction*. 2004. Vol. 13, No. 1. P. 5–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2003.08.012>
6. Hopkinson N., Hague R. J. M., Dickens P. M. (eds.). *Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age*. Chichester : John Wiley & Sons, 2006. 285 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/0470033991>
7. Wohlers Associates. *Wohlers Report 2023: 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry*. Fort Collins : ASTM International, 2023. 425 p.
8. European Commission. *Supporting Digitalisation of the Construction Sector and SMEs: Including Building Information Modelling*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2021. 146 p.
9. Forcael E., Morales C., Aguilar-Duque J. I., Rodríguez C., León-Albornoz V. Additive Manufacturing in the Construction Industry: A Systematic Review. *Automation in Construction*. 2025. Vol. 169. Art. 105864. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105864>
10. OECD. *OECD Compendium of Productivity Indicators 2019*. Paris : OECD Publishing, 2019. 132 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/b2774f97-en>
11. Adaloudis M., Roca J. B. Sustainability Tradeoffs in the Built Environment: Additive Manufacturing in the Construction Industry. *Energy and Buildings*. 2021. Vol. 253. Art. 111534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111534>
12. Mohammad M., Masad E., Al-Ghamdi S. G. 3D Concrete Printing Sustainability: A Comparative Life Cycle Assessment. *Buildings*. 2020. Vol. 10, No. 12. Art. 245. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings10120245>
13. Nerella V. N., Krause M., Mechtcherine V. Practice-Oriented Buildability Criteria for Developing 3D-Printable Concretes in the Context of Digital Construction. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 97. Art. 02010 DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints201808.0441.v1>
14. Motamedi M., Aghdam K. A., Mortazavi S. E. Feasibility of Construction of Buildings with the 3D Printing Concrete from Different Methods Perspectives Focusing on Economic Evaluation. *AUT Journal of Civil Engineering*. 2023. Vol. 7, No. 1. P. 27–38. DOI: <https://doi.org/10.22060/ajce.2023.21785.5855>
15. ING Economics Department. *ConTech: Technology in Construction - Construction Sector Digitalising but Showing Little Industrialisation*. Amsterdam : ING, 2019. 18 p.
16. Kucher R., Liaposhchenko O., Oliinyk O. Additive Technologies in Modern Construction Production: Technical, Economic and Organizational Aspects. *Cutting & Tools in Technological System*. 2024. Vol. 101. P. 103–112. DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-7405.2024.101.10>
17. Hossain M. A., Zhumabekova A., Paul S. C., Kim J. R. A Review of 3D Printing in Construction and its Impact on the Labor Market. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, No. 20. Art. 8492. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12208492>
18. World Bank. *Productivity Revisited: Shifting Paradigms in Analysis and Policy*. Washington, DC : World Bank, 2018. 222 p. DOI: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1334-4>

References:

1. Schumpeter J. A. (1942) *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper & Brothers, 381 p.
2. McKinsey Global Institute. *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*. McKinsey & Company. 168 p. (2017). Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution> (accessed: 02.03.2026)
3. Bos F. P., Wolfs R. J. M., Ahmed Z. Y., Salet T. A. M. (2016) Additive Manufacturing of Concrete in Construction: Potentials and Challenges of 3D Concrete Printing. *Virtual and Physical Prototyping*. Vol. 11, No. 3, pp. 209–225. DOI: <https://doi.org/10.1080/17452759.2016.1209867>
4. De Schutter G., Lesage K., Mechtcherine V., Nerella V. N., Habert G., Agusti-Juan I. (2018) Vision of 3D Printing with Concrete – Technical, Economic and Environmental Potentials. *Cement and Concrete Research*. Vol. 112, pp. 25–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.06.001>
5. Khoshnevis B. (2004) Automated Construction by Contour Crafting – Related Robotics and Information Technologies. *Automation in Construction*, Vol. 13, No. 1, pp. 5–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2003.08.012>
6. Hopkinson N., Hague R. J. M., Dickens P. M. (eds.) (2006) *Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age*. Chichester: John Wiley & Sons, 285 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/0470033991>
7. Wohlers Associates. (2023) *Wohlers Report 2023: 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry*. Fort Collins: ASTM International, 425 p.
8. European Commission. (2021) *Supporting Digitalisation of the Construction Sector and SMEs: Including Building Information Modelling*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 146 p.
9. Forcael E., Morales C., Aguilar-Duque J. I., Rodríguez C., León-Albornoz V. (2025) Additive Manufacturing in the Construction Industry: A Systematic Review. *Automation in Construction*, Vol. 169, Art. 105864. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105864>
10. OECD. (2019) *OECD Compendium of Productivity Indicators 2019*. Paris: OECD Publishing, 132 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/b2774f97-en>
11. Adaloudis M., Roca J. B. (2021) Sustainability Tradeoffs in the Built Environment: Additive Manufacturing in the Construction Industry. *Energy and Buildings*, Vol. 253, Art. 111534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111534>
12. Mohammad M., Masad E., Al-Ghamdi S. G. (2020) 3D Concrete Printing Sustainability: A Comparative Life Cycle Assessment. *Buildings*, Vol. 10, No. 12, Art. 245. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings10120245>
13. Nerella V. N., Krause M., Mechtcherine V. (2019) Practice-Oriented Buildability Criteria for Developing 3D-Printable Concretes in the Context of Digital Construction. *E3S Web of Conferences*, Vol. 97, Art. 02010

14. Motamedi M., Aghdam K. A., Mortazavi S. E. (2023) Feasibility of Construction of Buildings with the 3D Printing Concrete from Different Methods Perspectives Focusing on Economic Evaluation. *AUT Journal of Civil Engineering*, Vol. 7, No. 1, pp. 27–38. DOI: <https://doi.org/10.22060/ajce.2023.21785.5855>
15. ING Economics Department. (2019) *ConTech: Technology in Construction – Construction Sector Digitalising but Showing Little Industrialisation*. Amsterdam: ING, 18 p.
16. Kucher R., Liaposhchenko O., Oliinyk O. (2024) Additive Technologies in Modern Construction Production: Technical, Economic and Organizational Aspects. *Cutting & Tools in Technological System*, Vol. 101, pp. 103–112. DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-7405.2024.101.10>
17. Hossain M. A., Zhumabekova A., Paul S. C., Kim J. R. (2020) A Review of 3D Printing in Construction and its Impact on the Labor Market. *Sustainability*, Vol. 12, No. 20, Art. 8492. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12208492>
18. World Bank. (2018) *Productivity Revisited: Shifting Paradigms in Analysis and Policy*. Washington, DC: World Bank, 222 p. DOI: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1334-4>

Дата надходження статті: 04.03.2026

Дата прийняття статті: 23.03.2026

Дата публікації статті: 19.06.2026