

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ ЕНЕРГОКРИЗИ

Стаття направлена на вирішення актуальної науково-прикладної проблеми визначення та оптимізації тривалості будівництва в умовах нестійкого ресурсного забезпечення та енергетичної кризи. Сучасні умови функціонування будівельної галузі характеризуються високим рівнем невизначеності, що обумовлено сукупною дією воєнних, економічних, енергетичних та логістичних факторів. У результаті відбувається порушення ритмічності виконання будівельних робіт, зростання частки незавершеного будівництва, збільшення відхилень між плановими та фактичними строками реалізації інвестиційно-будівельних проєктів. Розглянуто традиційні організаційно-технологічні методи визначення тривалості будівництва, що базуються на припущенні стабільності ресурсного забезпечення, не забезпечують необхідної точності прогнозування та ефективності управління будівельними процесами.

Сформовано структурну модель авторського науково-прикладного інструментарію визначення тривалості будівництва в умовах енергокризи являє собою цілісну систему взаємопов'язаних блоків, що забезпечують послідовний перехід від аналізу вихідних умов до формування й оптимізації організаційно-технологічних рішень. Саме така структура створює основу для подальшої формалізації алгоритмів роботи інструментарію та їх практичної апробації.

Дослідження матеріалів статті визначається необхідністю переходу до адаптивних моделей управління тривалістю будівництва, які враховують нестійкість ресурсного середовища, неритмічність виконання робіт, періодичні обмеження енергозабезпечення та змінність доступності трудових і матеріально-технічних ресурсів. У статті обґрунтовано, що в умовах енергетичної кризи тривалість будівництва доцільно розглядати не як фіксований результат розрахунку, а як керований параметр, що формується в процесі прийняття організаційно-технологічних рішень.

Ключові слова: *будівництво, тривалість робіт, ресурсозабезпечення, складні умови будівництва, енергетична криза, інтегрована модель, інструментарій оптимізації будівельних проєктів.*

Постановка проблеми. Особливістю сучасного етапу розвитку будівельної галузі є те, що енергетичні обмеження та нестійкість ресурсного забезпечення мають не випадковий, а повторюваний характер. Це означає, що відповідні чинники повинні розглядатися не як виняткові ситуації, а як постійні елементи середовища функціонування будівельних проєктів. Відтак дослідження тривалості будівництва має включати інструменти аналізу неритмічності робіт, згортання та повторного розгортання будівельних потоків, а також механізми оцінки часових втрат, що виникають у процесі адаптації до обмежень.

У межах даного дослідження основою обрано поєднання системного, процесного та ресурсного підходів до аналізу будівельного виробництва. Системний підхід дозволяє розглядати будівельний проєкт, як сукупність взаємопов'язаних елементів, у якій зміна одного параметра (наприклад, доступності енергоресурсів) призводить до трансформації всієї системи календарних залежностей. Процесний підхід дає змогу аналізувати будівельний процес у динаміці, з урахуванням фаз, переходів і періодів переривання. Ресурсний підхід, у свою чергу, забезпечує можливість кількісної оцінки впливу обмежень ресурсного забезпечення на тривалість виконання робіт.

Таким чином існує необхідність переходу від статичних моделей визначення тривалості будівництва до адаптивних моделей, здатних відображати реальні умови функціонування будівельного виробництва в умовах енергокризи. Такий перехід відповідає як сучасним тенденціям розвитку науки з організації будівництва, так і практичним потребам галузі, особливо в контексті проєктів реконструкції та відбудови.

Аналіз досліджень і публікацій. У наукових дослідженнях відомих вчених з організації будівельного виробництва неодноразово підкреслюється, що ритмічність є однією з базових умов ефективної реалізації будівельних проєктів. Зокрема зазначається, що «порушення ритмічності виконання будівельних робіт призводить до дисбалансу між трудовими, матеріально-технічними та енергетичними ресурсами, що безпосередньо відображається на фактичній тривалості будівництва».

У сучасних умовах порушення ритмічності набуває системного характеру, що пов'язано не лише з економічними причинами, а й з обмеженнями ресурсного забезпечення, які не можуть бути компенсовані традиційними управлінськими рішеннями [6].

У науковій та нормативній практиці застосовується широкий спектр методів визначення тривалості будівництва, які умовно можна поділити на такі групи:

- нормативні методи;
- календарно-мережеві методи;
- потокові методи;
- комбіновані та імітаційні підходи.

Наукові праці містять матеріали щодо визначення тривалості будівництва в період, коли базовим припущенням організації виробництва була відносна стабільність ресурсного забезпечення: прогнозовані поставки матеріалів, наявність персоналу, безперерйна робота техніки та відсутність системних перебоїв енергопостачання [11]. У сучасних умовах ключовою проблемою є те, що більшість поширених методів оцінює тривалість як функцію обсягів робіт і продуктивності, але не враховує часові втрати від нестабільності [12].

Метою дослідження є розробка та наукове обґрунтування інтегрованого науково-прикладного інструментарію визначення та оптимізації тривалості будівництва в умовах нестійкого ресурсного забезпечення та енергокризи на основі удосконалення організаційно-технологічних і цифрових підходів управління будівельними процесами. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішено комплекс наукових завдань, що включають аналіз сучасного стану будівельної галузі та впливу енергокризи на тривалість будівництва.

Основою для такого роду дослідження є системний, процесний та ресурсний підходи до аналізу будівельного виробництва. Для формування матеріалу наукового дослідження проаналізовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження, зокрема методи аналізу та синтезу, економіко-математичного моделювання, календарного та мережевого планування, сценарного та імітаційного моделювання, порівняльного аналізу, а також елементи цифрового моделювання будівельних процесів. Комплексне застосування зазначених методів може забезпечити можливість дослідження будівельного процесу як складної динамічної системи, що функціонує в умовах нестійкого зовнішнього середовища.

У науковому дослідженні розроблено концепцію авторського інструментарію, що ґрунтується на системному поєднанні організаційно-технологічного моделювання, сценарного аналізу, імітаційних методів, механізмів згорання будівельних потоків і перерозподілу трудових ресурсів. Структура інструментарію включає інформаційно-аналітичний, модельний, сценарно-імітаційний, організаційно-технологічний та оціночно-оптимізаційний блоки, що забезпечують узгодженість управлінських рішень на стратегічному, тактичному та оперативному рівнях управління будівельним проєктом.

Розроблення науково-прикладного інструментарію визначення тривалості будівництва в умовах енергокризи ґрунтується на положенні про те, що часові параметри реалізації будівельних проєктів формуються як результат взаємодії організаційно-технологічних рішень із нестійким ресурсним середовищем. На відміну від традиційних підходів, де тривалість визначається переважно технологічною логікою виконання робіт, у запропонованій концепції тривалість розглядається як керований параметр, що може змінюватися залежно від обраної стратегії організації будівельного процесу.

Концепція авторського інструментарію передбачає поетапне формування рішення щодо тривалості будівництва:

- На першому етапі здійснюється формалізація організаційно-технологічної структури проєкту з використанням мережевих моделей, що дозволяє визначити технологічні залежності та базову часову структуру.

- На другому етапі до моделі вводяться параметри ресурсного та енергетичного забезпечення, які характеризують можливість виконання робіт у різних режимах.

- На третьому етапі здійснюється сценарний аналіз, у межах якого формується множина альтернативних організаційно-технологічних стратегій, що відрізняються способом реагування на енергетичні обмеження.

У концептуальному плані структурна модель авторського інструментарію формується як багатокомпонентна система, у якій кожна складова виконує визначену функцію, а їх взаємодія забезпечує досягнення кінцевого результату – обґрунтованого визначення тривалості будівництва за різних сценаріїв енергозабезпечення. При цьому структура інструментарію не є жорстко

фіксованою, а допускає адаптацію до специфіки конкретного інвестиційно-будівельного проекту.

Першою базовою складовою структурної моделі є **інформаційно-аналітичний блок**, який забезпечує формування вихідної бази даних для подальшого моделювання. У межах цього блоку здійснюється систематизація інформації про склад і технологічні характеристики робіт, нормативні та фактичні показники їх виконання, наявні трудові, технічні та матеріальні ресурси, а також параметри енергетичного забезпечення. Методологічно важливо, що інформаційно-аналітичний блок не обмежується фіксацією статичних даних, а передбачає врахування змінності ресурсних умов у часі.

Особливе місце в інформаційно-аналітичному блоці займає формування даних про енергетичну залежність будівельних процесів, що дозволяє диференціювати роботи за ступенем чутливості до енергетичних обмежень. У цьому аспекті структурна модель інструментарію безпосередньо спирається на результати авторських досліджень, у яких доведено доцільність урахування неритмічності робіт і періодів згортання потоків при аналізі використання трудових ресурсів.

Другою ключовою складовою інструментарію є **модельний блок**, який забезпечує формалізоване відображення організаційно-технологічної структури будівельного процесу. У межах цього блоку використовуються мережеві та ресурсно-календарні моделі, адаптовані до умов нестійкого енергетичного забезпечення. Модельний блок дозволяє відобразити технологічні зв'язки між роботами, визначити базову часову структуру проекту та сформувати вихідні параметри для сценарного аналізу.

Принциповою особливістю модельного блоку є його адаптивний характер. На відміну від класичних моделей, у яких параметри робіт вважаються незмінними, в авторському інструментарії передбачено можливість зміни тривалості, інтенсивності та послідовності виконання робіт залежно від режиму енергозабезпечення. Це дозволяє перейти від жорстко заданого календарного плану до гнучкої моделі, здатної відображати реальні умови функціонування будівельного процесу.

Наступною складовою структурної моделі є **блок сценарного та імітаційного аналізу**, який відіграє центральну роль у визначенні тривалості будівництва в умовах енергокризи. У межах цього блоку формуються альтернативні сценарії реалізації проекту, що відрізняються параметрами доступності енергії, тривалістю та частотою перерв, а також організаційними рішеннями щодо згортання та відновлення потоків. Імітаційне моделювання дозволяє відтворити поведінку організаційно-технологічної системи у часі та оцінити наслідки кожного сценарію для загальної тривалості будівництва.

Саме в цьому блоці реалізується концепція динамічного критичного шляху, коли критичність робіт визначається з урахуванням поточного режиму функціонування системи.

Окремою складовою структурної моделі інструментарію є **блок організаційно-технологічних рішень**, який забезпечує формування та оцінку альтернативних стратегій управління тривалістю будівництва. У межах цього блоку аналізуються можливості згортання потоків, перерозподілу трудових ресурсів, зміни черговості виконання робіт і використання резервів часу. Саме цей блок перетворює інструментарій із засобу аналізу на інструмент підтримки прийняття управлінських рішень.

Методологічно важливо, що блок організаційно-технологічних рішень інтегрований із модельним і сценарним блоками, що забезпечує узгодженість рішень на різних рівнях управління. Такий підхід дозволяє уникнути ситуацій, коли локальні рішення щодо окремих робіт або потоків призводять до негативних наслідків для тривалості проєкту в цілому.

Завершальною складовою структурної моделі є **оціночно-оптимізаційний блок**, який забезпечує порівняльну оцінку альтернативних сценаріїв і вибір раціональних рішень. У межах цього блоку використовуються показники тривалості, стійкості календарної програми, рівня використання ресурсів і величини втрат, пов'язаних із переходами між режимами. Важливо підкреслити, що структурна модель авторського інструментарію орієнтована на цифрову реалізацію, що забезпечує її практичну застосовність.

У підсумку структурна модель авторського науково-прикладного інструментарію визначення тривалості будівництва в умовах енергокризи являє собою цілісну систему взаємопов'язаних блоків, що забезпечують послідовний перехід від аналізу вихідних умов до формування й оптимізації організаційно-технологічних рішень. Саме така структура створює основу для подальшої формалізації алгоритмів роботи інструментарію та їх практичної апробації, що буде детально розглянуто на рис. 1.



Рис. 1. Структурна модель наукового інструментарію визначення тривалості будівництва (розроблено автором)

Висновки. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розробленого інструментарію під час планування, організації та управління інвестиційно-будівельними проєктами, зокрема в умовах реконструкції та відбудови об'єктів. Результати практичної апробації підтвердили можливість скорочення втрат тривалості будівництва без залучення додаткових ресурсів,

підвищення ефективності використання трудових ресурсів та підвищення прогнозованості реалізації будівельних проєктів.

У науковому дослідженні відображено практичне впровадження інструментарію на реальному об'єкті реконструкції, що підтвердило його практичну придатність та ефективність у нестійкому ресурсному середовищі. Встановлено, що застосування інструментарію забезпечує зменшення втрат часу, підвищення ефективності використання ресурсів, зниження ризику неконтрольованого зростання строків будівництва та підвищення керованості будівельних процесів.

Отримані результати мають важливе теоретичне і практичне значення для розвитку науки з організації будівельного виробництва та можуть бути використані під час реалізації інвестиційно-будівельних проєктів в умовах нестабільного ресурсного та енергетичного забезпечення.

Список літератури:

1. Пушкар Т.А. Цифровізація інноваційної діяльності в будівництві. *Здобутки економіки: перспективи та інновації*. 2024. № 8. DOI: 10.5281/zenodo.13141194.
2. Бондаренко Д., Калашнікова К. Цифровізація будівельної галузі України: аналіз стану, проблем та перспектив розвитку. *Економіка та суспільство*. 2024. № 65. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-65-2.
3. Туровець Ю. Цифровізація надання адміністративних послуг у сфері будівництва. *Університетські наукові записки*. 2021. № 1 (79). С. 91–99. DOI: 10.37491/UNZ.79.9.
4. Садов'як М.Б. Ключові вектори цифровізації у сфері будівництва. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2024. № 43. С. 87–96. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14445451>.
5. Цифровізація будівельної галузі: попит на електронні послуги зростає. URL: <https://mtu.gov.ua/news/35493.html> (дата звернення: 07.01.2025).
6. Беленкова О.Ю. Цифрова трансформація будівництва: механізм взаємодії бізнесу, науки, держави. *Будівельне виробництво*. 2019. № 1(66). С. 30–36. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.66.30-36>.
7. Марченко О., Коляденко Р. Цифрова трансформація будівельного бізнесу: тенденції та перспективи. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. № 4 (04). С. 20–26. DOI: 10.32782/dees.4-4.
8. Берестецька О. М., Цимбровський В. Цифрова трансформація будівництва в Україні. *Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції „Цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства“*. 2022. С. 8–9.
9. Дубінін Д. Цифрова трансформація українських будівельних та проєктних підприємств: перешкоди та можливості. *Управління розвитком складних систем*. 2023. № 56. С. 131–137. DOI: 10.32347/2412-9933.2023.56.131-137.
10. Ключко А. Цифрові технології в галузі архітектури і будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2021. № 48. С. 61–68. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.61-68>.
11. Tugai O.A. Adaptation of management organization structures to changes in activities of a principal contractor in the process of construction organization quality based on engineering methods. *Organizational and technological, economic quality control*

aspects in the construction industry: collective monograph. Lviv–Toruń: Liha-Pres, 2019. Рр. 1-23. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-166-7/1-23>

12. Лівінський О.М., Савенко В.І., Пальчик С.П., Чертков О.Ю. Менеджмент якості в будівництві і геном ділової досконалості організації: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 233 с.

13. Тугай О.А., Шебек М.О., Дубинка О.В. Визначення нових та структурування наявних організаційно-технологічних підходів з управління циклом інженерної підготовки будівельно-інвестиційного проекту. *Наука та інновації.* 2019. № 15 (2). С. 105–114. <https://doi.org/10.15407/scin15.02.105>

Valerii OLIINYK

Formation of a structural model for determining the duration of construction in the conditions of an energy crisis

The article is aimed at solving the current scientific and applied problem of determining and optimizing the duration of construction in conditions of unstable resource supply and energy crisis. Modern conditions of the construction industry are characterized by a high level of uncertainty, which is due to the combined effect of military, economic, energy and logistical factors. As a result, there is a disruption in the rhythm of construction work, an increase in the share of unfinished construction, an increase in deviations between the planned and actual terms of implementation of investment and construction projects. The traditional organizational and technological methods for determining the duration of construction, which are based on the assumption of the stability of resource supply, do not provide the necessary accuracy of forecasting and efficiency of construction process management, are considered.

The structural model of the author's scientific and applied toolkit for determining the duration of construction in the conditions of the energy crisis is formed, it is a holistic system of interconnected blocks that ensure a consistent transition from the analysis of initial conditions to the formation and optimization of organizational and technological solutions. It is this structure that creates the basis for further formalization of the algorithms of the toolkit and their practical testing.

The study of the materials of the article is determined by the need to transition to adaptive models of construction duration management, which take into account the instability of the resource environment, the irregularity of work performance, periodic restrictions on energy supply and the variability of the availability of labor and material and technical resources. The article substantiates that in the conditions of the energy crisis, the duration of construction should be considered not as a fixed result of the calculation, but as a controllable parameter that is formed in the process of making organizational and technological decisions.

Keywords: construction, duration of work, resource supply, complex construction conditions, energy crisis, integrated model, toolkit for optimizing construction projects.

Дата надходження статті: 15.01.2026

Дата прийняття статті: 23.02.2026