

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-369-9>

УДК 69.002.5:620.9

ЗАЯЦЬ ЄВГЕНУкраїнський державний університет науки і технологій,
ННП «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»<https://orcid.org/0000-0002-7382-919X>e-mail: zei83dici@gmail.com**ЗАЙКО ОЛЕКСІЙ**Український державний університет науки і технологій,
ННП «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»<https://orcid.org/0009-0007-9785-8036>e-mail: alex.zayko@i.ua**ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ПРИ
МЕХАНІЗОВАНИХ РОБОТАХ В МАЛОПОВЕРХОВОМУ БУДІВНИЦТВІ ЗА
НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ**

У статті було досліджено витрати паливно-енергетичних ресурсів під час виконання механізованих робіт у малоповерховому житловому будівництві залежно від прийнятих архітектурно-конструктивних та організаційно-технологічних рішень. Зокрема, для порівняльного аналізу розглянуто чотири найбільш поширені технології спорудження малоповерхових будівель: із цегли, керамзитобетонних блоків, із застосуванням незнімної опалубки з пінополістирольних блоків та із SIP-панелей. Як об'єкт дослідження прийнято двоповерховий житловий будинок загальною площею 190 м² з незмінними основними об'ємно-планувальними параметрами, що забезпечило зіставність досліджуваних варіантів. Витрати паливно-енергетичних ресурсів визначено з урахуванням складу будівельних машин і механізмів, їх погодинного енергоспоживання та тривалості роботи, встановленої на основі розроблених організаційно-технологічних моделей і чинних кошторисних нормативів. Крім того, для забезпечення порівняльності різних видів енергоносіїв їх витрати приведено до єдиного показника – кілограмів умовного палива.

У результаті проведеного дослідження було встановлено суттєві відмінності в енергоспоживанні механізованих робіт залежно від технології спорудження будівлі. Відтак, найменші витрати паливно-енергетичних ресурсів отримано для варіанта з керамзитобетонних блоків – 148,5 кг у. п., а от для цегляної будівлі вони становили 203 кг у. п. Значно вищі показники встановлено для технології із SIP-панелей – 306,8 кг у. п. та для будівництва із застосуванням незнімної опалубки – 365,8 кг у. п. До того ж, було обґрунтовано, що технології з використанням дрібноштучних матеріалів за досліджуваних умов характеризуються нижчими витратами енергоресурсів на механізовані роботи. Водночас було показано, що для комплексної оцінки енергоефективності будівельного виробництва необхідно враховувати не лише роботу машин і механізмів, а й енерговитрати технологічних процесів та інфраструктури будівельного майданчика. Таким чином, отримані у межах даного дослідження практичні результати можуть бути використані для удосконалення організаційно-технологічних моделей та обґрунтування раціональних технологій малоповерхового житлового будівництва за критерієм витрат паливно-енергетичних ресурсів.

Ключові слова: малоповерхове будівництво, паливно-енергетичні ресурси, енергоспоживання, будівельні машини і механізми, механізація будівництва, організаційно-технологічні рішення.

ZAIATS YEVHEN, ZAIKO OLEKSIYUkrainian State University of Science and Technologies,
ESI Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture**ASSESSMENT OF FUEL AND ENERGY RESOURCE CONSUMPTION IN MECHANIZED CONSTRUCTION
PROCESSES FOR LOW-RISE BUILDINGS BASED ON THE MOST COMMON TECHNOLOGIES**

This article examines the consumption of fuel and energy resources during mechanized work in low-rise residential construction, depending on the architectural, structural, organizational, and technological solutions adopted. In particular, for a comparative analysis, the four most common construction technologies for low-rise buildings were considered: brick, expanded clay concrete blocks, permanent formwork using expanded polystyrene blocks, and SIP panels. A two-story residential building with a total area of 190 m² and fixed basic volumetric and layout parameters was selected as the research object, ensuring the comparability of the options under study. Fuel and energy consumption was determined based on the composition of construction machinery and equipment, their hourly energy consumption, and operating duration, which were established using developed organizational and technological models and current cost estimation standards. In addition, to ensure comparability among different types of energy sources, their consumption was converted to a single unit – kilograms of fuel equivalent.

The study revealed significant differences in energy consumption for mechanized work depending on the building construction technology. Thus, the lowest consumption of fuel and energy resources was recorded for the expanded clay concrete block option – 148.5 kg of fuel equivalent – while for a brick building, it amounted to 203 kg of fuel equivalent. Significantly higher figures were recorded for the SIP-panel technology – 306.8 kg of fuel equivalent. and for construction using permanent formwork – 365.8 kg of fuel equivalent. Furthermore, it was demonstrated that, under the conditions studied, technologies using fine-grained materials are characterized by lower energy consumption for mechanized operations. At the same time, it was shown that for a comprehensive assessment of the energy efficiency of construction production, it is necessary to take into account not only the operation of machinery and equipment but also the energy consumption of technological processes and construction site infrastructure. Thus, the practical results obtained in this study can be used to improve organizational and technological models and to justify rational technologies for low-rise residential construction based on the criterion of fuel and energy resource consumption.

Keywords: low-rise construction, fuel and energy resources, energy consumption, construction machinery and equipment, mechanization of construction, organizational and technological solutions.

Стаття надійшла до редакції / Received 20.08.2026

Прийнята до друку / Accepted 24.09.2026

Опубліковано / Published 15.10.2026

This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Заяць Євген, Зайко Олексій

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Малоповерхове житлове будівництво залишається надзвичайно важливим напрямом розвитку будівельної галузі, що й сьогодні активно застосовується для забезпечення населення доступним житлом, зокрема в умовах післякризового та післявоєнного відновлення територій. При цьому будівельна галузь, зокрема включаючи процеси спорудження та експлуатації будівель, характеризується значним рівнем енергоспоживання та впливом на довкілля, оскільки на неї припадає близько 36 % світового енергоспоживання [1]. Варто зауважити, що в сучасних соціально-економічних та безпекових умовах в Україні, зокрема в період воєнного стану та післявоєнного відновлення, цей напрям набуває особливої актуальності, оскільки дозволяє відносно швидко забезпечити населення доступним житлом.

Відтак, сучасні дослідження показують, що значна увага приділяється підвищенню енергоефективності будівель на стадії їх експлуатації, тоді як етап спорудження залишається менш дослідженим. Водночас будівельний майданчик є важливим осередком споживання енергії, де основними споживачами виступають будівельні машини, механізми, тимчасові будівлі та інженерна інфраструктура [2]. Тим не менш, варто зважати, що при цьому дизельне паливо та електроенергія формують основну частку енергоспоживання під час виконання будівельних робіт.

Дослідження у сфері оцінки енерговитрат будівництва неодмінно свідчать, що безпосередній вибір конструктивних та організаційно-технологічних рішень суттєво впливає на рівень споживання енергії та відповідних викидів парникових газів на етапі спорудження будівель [3, 4]. Особливо це стосується малоповерхового будівництва, де й застосовуються різні конструктивні рішення (стіни з цегли, крупноблочні, каркасні, панельні, модульні), що мають різну енергоємність.

У структурі цих витрат вагому частку становлять витрати паливно-енергетичних ресурсів пов'язані з роботою будівельних машин і механізмів, зокрема при виконанні земляних, бетонних та монтажних робіт, що потребує розроблення методів оцінки та оптимізації їх енергоспоживання [5]. Сучасні дослідження також підкреслюють важливість впровадження індустріалізованих та збірних технологій будівництва як одного з напрямів зниження енергоспоживання та викидів у будівельній галузі [6].

Таким чином, існує науково-практична проблема недостатнього врахування витрат паливно-енергетичних ресурсів на стадії спорудження малоповерхових житлових будівель, що потребує удосконалення організаційно-технологічних рішень із урахуванням енергоефективності будівельного виробництва.

Аналіз досліджень та публікацій

Проблематика енергоефективності будівельного виробництва, оцінювання енергоспоживання на будівельних майданчиках, витрат паливно-енергетичних ресурсів будівельними машинами і механізмами, а також й впливу організаційно-технологічних рішень на ефективність використання ресурсів стала предметом дослідження багатьох відомих вітчизняних та зарубіжних авторів. Зокрема, серед них особливу увагу належить віднести на працях таких авторів: Палм Дж., Брюнгельсон Е.; Хонг Б., Лю Л.; Рьок М., Сааде М. Р., Балуктсі М.; Гойко А. В., Тертишник В. І.; Ан К., Лі С.; Арутюнян І. А., Жамілов О. Д., Веремій Г. Є.; Дубінін Д., Філіппов О.; Санданаяке М., Чжан Г., Сетунге С. Слід звернути увагу на ту особливість, що у зазначених дослідженнях розглядаються, насамперед, питання енергоспоживання будівельної техніки, енергоефективності будівельних майданчиків, впливу режимів експлуатації машин на обсяги споживання енергії тощо.

Тим не менш, навіть враховуючи комплексну сформовану науково-практичну базу, залишається актуальним питання, зокрема щодо висвітлення порівняльного визначення витрат паливно-енергетичних ресурсів безпосередньо при виконанні механізованих робіт у малоповерховому житловому будівництві залежно від застосованої технології спорудження. Разом з тим, недостатньо дослідженим видається зіставлення витрат енергоресурсів будівельних машин та механізмів для різноманітних архітектурно-конструктивних рішень за єдиним показником, що фактично й ускладнює обґрунтований вибір раціональних організаційно-технологічних рішень з урахуванням їх енергоємності.

Формулювання цілей статті

Мета статті полягає у визначенні та порівнянні витрат паливно-енергетичних ресурсів будівельних машин і механізмів при спорудженні малоповерхових житлових будівель за різними архітектурними та конструктивними рішеннями, а також встановленні відповідності рівня енергоспоживання прийнятим організаційно-технологічним рішенням.

Виклад основного матеріалу

Для можливості проведення даного дослідження було обрано архітектурно-конструктивні рішення, які на сьогоднішній день набули найбільшого поширення у практиці малоповерхового житлового будівництва:

- будівля з цегли – варіант № 1;
- будівля з легкобетонних блоків (керамзитобетонних блоків) – варіант № 2;
- спорудження будівлі з використанням незнімної опалубки у вигляді пінополістирольних блоків із заповненням міжопалубкового простору легкобетонною сумішшю – варіант № 3;
- будівля із SIP-панелей – варіант № 4.

Що стосується об'єкта дослідження було обрано проєкт двоповерхового житлового будинку прямокутної форми загальною площею 190 м², що відповідає типовим параметрам індивідуального житлового будівництва в Україні (рис. 1). До того ж вибір такого об'єкта зумовлений його репрезентативністю для сучасної

малоповерхової забудови, зокрема у форматі котеджних містечок. Враховуючи той факт, що проста об'ємно-планувальна структура будівлі забезпечує можливість її спорудження за різними архітектурно-конструктивними рішеннями (як-от з використанням дрібноштучних матеріалів, індустріальних панелей або монолітних конструкцій) без зміни основних параметрів будівлі, то це створює коректну основу для забезпечення порівняльного аналізу витрат паливно-енергетичних ресурсів залежно від обраної технології будівництва.

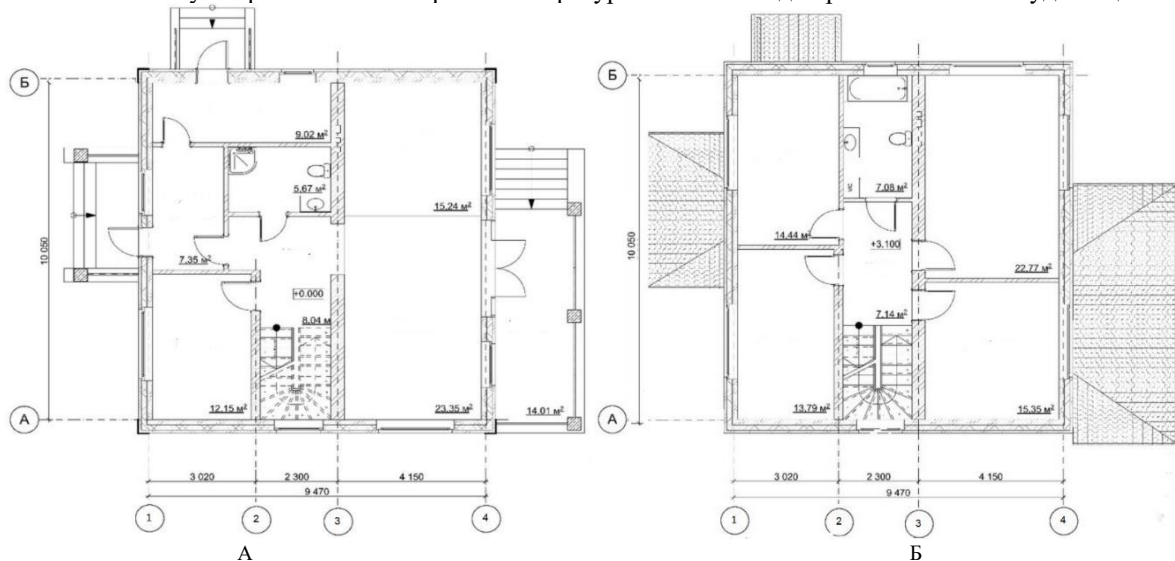


Рис. 1. Планувальні рішення малоповерхової житлової будівлі: план 1-го поверху (а), план 2-го поверху (б)

Кожне з розглянутих конструктивних рішень малоповерхового будівництва доцільно умовно поділити на основні етапи виконання робіт зі спорудження будівлі на будівельному майданчику. Зокрема, до них належать земляні роботи та влаштування фундаментів; роботи зі спорудження надземної частини будівлі, що включають спорудження стін, улаштування перекриттів і виконання покрівельних робіт, а також оздоблювальні роботи.

Споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) під час виконання робіт з різним ступенем механізації залежить від виду технологічного процесу, його параметрів, а також кількості та технічних характеристик необхідних будівельних машин і механізмів. Відтак, витрати ПЕР визначаються, виходячи з потужності застосовуваних засобів механізації та часу їх роботи.

При спорудженні з дрібноштучних матеріалів, таких як цегла чи керамзитобетонні блоки, основний технологічний процес спорудження стін передбачає ручне мурування з використанням цементного розчину. Виконання кладки зазвичай не супроводжується застосуванням електрифікованого інструменту, однак приготування розчину безпосередньо на будівельному майданчику потребує технологічного обладнання – переважно електричних бетонозмішувачів або змішувальних установок, які підбираються за потужністю та об'ємом барабана відповідно до запланованих обсягів робіт. Подача матеріалів (цегли, блоків, розчину) на другий поверх здійснюється із застосуванням вантажопідіймальної техніки – переважно баштового або автомобільного крана.

Спорудження стін з використанням незнімної опалубки передбачає ручне встановлення пінополістирольних блоків з фіксацією арматурного каркаса. Для з'єднання арматури використовуються зварювальні установки. Процес бетонування виконується за допомогою автобетононасоса, а ущільнення бетонної суміші здійснюється глибинними вібраторами.

Під монтажем стін із SIP-панелей пропонується розуміти механізований процес, який реалізується із застосуванням вантажопідіймальної техніки. Завдяки малій вазі панелей можливе використання автокрана або крана-маніпулятора вантажопідіймальністю до 5 тонн.

Енергоспоживання електрифікованих механізмів визначається відповідно до технічних паспортів і вимірюється в кВт·год. Витрати паливно-енергетичних ресурсів для машин, що працюють на рідкому паливі, обчислюються в літрах на годину (л/год). Для уніфікації розрахунків усі види енергоносіїв доцільно приводити до умовного палива (у. п.) [7, 8].

Для виконання розрахунків використано орієнтовні коефіцієнти переведення, які становлять: 1 кВт·год = 3,6 МДж $\approx$ 0,12 кг у. п.; 1 кг дизельного палива $\approx$ 1,45 кг у. п.; 1 кг бензину $\approx$ 1,52 кг у. п. [8].

Переведення витрат паливно-енергетичних ресурсів у показники умовного палива дозволяє оцінити як питомі витрати (для окремих видів будівельно-монтажних робіт або процесів, наприклад улаштування перекриттів, приготування розчинів), так і узагальнені витрати за функціональним призначенням, що забезпечують спорудження будівлі за обраною технологією.

Тривалість роботи будівельних машин визначалась на підставі обсягів виконання будівельно-монтажних робіт згідно з чинними кошторисними нормативами [9–13].

Розрахунок витрат паливно-енергетичних ресурсів будівельних машин і механізмів здійснюється на основі загальноприйнятого підходу, відповідно до якого енергоспоживання визначається як добуток питомих

(погодинних) витрат енергії обладнання, тривалості його роботи та коефіцієнтів перерахунку різних видів енергоносіїв в умовне паливо. Такий підхід широко застосовується у сучасних закордонних дослідженнях, де витрати енергії будівельної техніки визначаються на основі показників енергоспоживання за одиницю часу з урахуванням тривалості виконання робіт та режимів експлуатації машин [2, 14]. Крім того, у наукових роботах з оцінки енергоефективності будівельного виробництва використовується приведення різних видів енергії до уніфікованих показників (зокрема умовного палива або еквівалентів викидів), що дозволяє здійснювати порівняння різних технологічних рішень [3]. Таким чином, застосована формула для визначення витрат паливно-енергетичних ресурсів ґрунтується на загальноприйнятих методичних підходах і широко використовується в сучасній практиці оцінювання енергоспоживання в будівництві. Розрахунок витрат паливно-енергетичних ресурсів для окремого споживача здійснюється за наступною формулою (1):

$$W_i = Q_{\text{год},i} \cdot k_i \cdot T_{\text{дня}} \cdot T_{\text{робіт}} \quad (1)$$

Де:

- W_i – це витрати паливно-енергетичних ресурсів i -го споживача, кг у. п.;
- $Q_{\text{год},i}$ – це погодинні витрати енергії (енергоспоживання) відповідного механізму, кВт/год або кг/год;
- k_i – це коефіцієнт переведення відповідного виду енергоносія в умовне паливо;
- $T_{\text{дня}}$ – це тривалість робочого дня, год;
- $T_{\text{робіт}}$ – це тривалість виконання робіт (кількість робочих днів).

Слід сфокусувати увагу на тому, що інформація щодо витрат паливно-енергетичних ресурсів визначалась на підставі технічних паспортів обраних марок машин і механізмів. Дані про найменування та тривалість роботи будівельних машин, обладнання і механізованого інструменту для кожної технології будівництва отримано з розроблених організаційно-технологічних моделей, представлених у вигляді графіків виконання робіт.

Таким чином, у розглянутих організаційно-технологічних моделях для технологій малоповерхового будівництва склад комплекту машин і механізмів визначався відповідно до чинних кошторисних нормативів України, зокрема ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН) на відповідні види робіт [9-12]. У результаті було виконано розрахунки витрат паливно-енергетичних ресурсів при виконанні механізованих робіт для розглянутих технологій малоповерхового будівництва. Результати розрахунків енергоспоживання наведено в таблицях 1-4.

Таблиця 1

Витрати паливно-енергетичних ресурсів при виконанні механізованих робіт малоповерхового будівництва (варіант 1)

Етап будівництва	Машини та механізми	Споживання ПЕР, кг у.п.
Земляні роботи	Екскаватор	18,0
	Компресор з пневмотрамбівкою	9,0
Бетонні роботи	Бетонозмішувач	2,0
	Вібратор	1,0
Кладочні роботи	Бетонозмішувач	4,0
Монтажні роботи	Автокран	153,0
Покрівельні роботи	Бензопила	1,5
Оздоблювальні роботи	Розчинозмішувач	2,0
	Розчинонасос	12,0
	Перфоратор	0,5
Разом		203

Таблиця 2

Витрати паливно-енергетичних ресурсів при виконанні механізованих робіт малоповерхового будівництва (варіант 2)

Етап будівництва	Машини та механізми	Споживання ПЕР, кг у.п.
Земляні роботи	Екскаватор	18,0
	Компресор з пневмотрамбівкою	9,0
Бетонні роботи	Бетонозмішувач	2,0
	Вібратор	1,0
Кладочні роботи	Бетонозмішувач	3,5
Монтажні роботи	Автокран	99,0
Покрівельні роботи	Бензопила	1,5
Оздоблювальні роботи	Розчинозмішувач	2,0
	Розчинонасос	12,0
	Перфоратор	0,5
Разом		148,5

Таблиця 3

Витрати паливно-енергетичних ресурсів при виконанні механізованих робіт малоповерхового будівництва (варіант 3)

Етап будівництва	Машини та механізми	Споживання ПЕР, кг у.п.
Земляні роботи	Екскаватор	18,0
	Компресор з пневмотрамбівкою	9,0
Бетонні роботи	Бетонозмішувач	1,3
	Вібратор	9,0
	Автобетононасос	165
Арматурні роботи	Прес для арматури	6,0
Монтажні роботи	Автокран	135,0
Покрівельні роботи	Бензопила	1,5
Оздоблювальні роботи	Розчинозмішувач	2,0
	Розчинонасос	14,5
	Піскоструминний компресор	4,0
	Перфоратор	0,5
Разом		365,8

Таблиця 4

Витрати паливно-енергетичних ресурсів при виконанні механізованих робіт малоповерхового будівництва (варіант 4)

Етап будівництва	Машини та механізми	Споживання ПЕР, кг у.п.
Земляні роботи	Екскаватор	18,0
	Компресор з пневмотрамбівкою	9,0
Бетонні роботи	Бетонозмішувач	2,0
	Вібратор	1,0
Монтажні роботи	Автокран	261,0
Покрівельні роботи	Бензопила	1,5
Оздоблювальні роботи	Розчинозмішувач	0,5
	Компресор фарбувальний	13,0
	Краскотерка	0,3
	Перфоратор	0,5
Разом		306,8

Отже, отримані дані характеризують різні кількісні показники енергоспоживання під час виконання механізованих робіт за технологіями малоповерхового житлового будівництва. Порівняльний аналіз споживання ПЕР машинами та механізмами для розглянутих технологій спорудження малоповерхової житлової будівлі показує суттєву відмінність у рівнях енерговитрат (рис. 2).

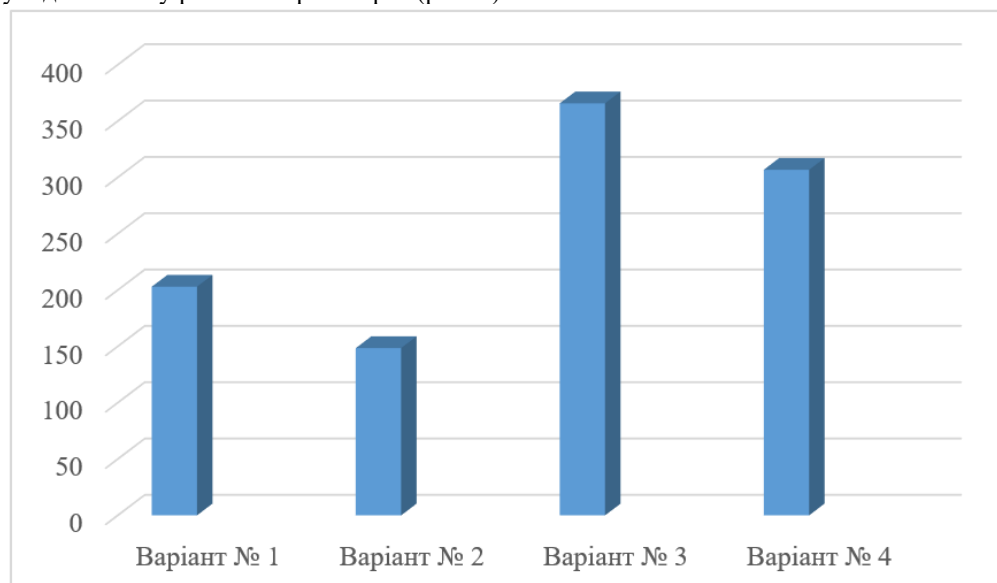


Рис. 2. Порівняння енерговитрат при виконанні механізованих робіт за технологіями малоповерхового будівництва

Згідно з виконаними розрахунками, найменш енерговитратними є технології із застосуванням дрібноштучних матеріалів: керамзитобетонних блоків (варіант 2) та цегли (варіант 1). Найбільш енергоємними

серед розглянутих технологій малоповерхового будівництва є технології спорудження із застосуванням блоків незнімної опалубки (варіант 3) та SIP-панелей (варіант 4). Це пояснюється використанням технологічних машин (автобетоно-змішувачів) і вантажопідіймальної техніки (кранів). Таким чином, рівень витрат паливно-енергетичних ресурсів значною мірою обумовлюється особливостями механізації будівельних процесів, що визначаються прийнятими конструктивно-технологічними рішеннями будівель.

Разом з тим для забезпечення повноти дослідження витрат паливно-енергетичних ресурсів у процесі будівництва доцільно враховувати не лише витрати, пов'язані з роботою будівельних машин і механізмів, але й енерговитрати на виконання додаткових технологічних процесів, а також на функціонування інфраструктури будівельного майданчика. Ігнорування зазначених складових може призвести до викривлення результатів оцінки та, відповідно, до некоректного вибору раціональних організаційно-технологічних рішень, оскільки з урахуванням повної структури витрат співвідношення енерговитрат за різними архітектурно-конструктивними рішеннями малоповерхового будівництва може суттєво змінюватися. Аналіз сучасних вітчизняних та зарубіжних досліджень показує, що структура енергоспоживання на будівельному майданчику значною мірою залежить від рівня механізації та автоматизації будівельного виробництва та технологій що застосовуються, а також особливостей нормативно-методичної бази, відповідно до якої здійснюється оцінка витрат паливно-енергетичних ресурсів [15, 16]. Зокрема, з закордонних джерел встановлено, що основна частка витрат паливно-енергетичних ресурсів припадає на роботу будівельних машин, механізмів і транспортних засобів – у межах 60–75 %, тоді як на технологічні процеси відводиться близько 20–30 %, а на функціонування інфраструктури будівельного майданчика – не більше 5–10 % [17]. Водночас у вітчизняній практиці, відповідно до ресурсних елементних кошторисних норм та Методики визначення вартості будівництва, витрати паливно-енергетичних ресурсів формуються з урахуванням тривалості роботи будівельних машин, трудомісткості процесів і потреби в матеріальних ресурсах, що обумовлює більш збалансований їх розподіл: близько 20–40 % – на машини і механізми, 30–50 % – на технологічні процеси та 20–30 % – на забезпечення функціонування будівельного майданчика [13].

Така різниця в даних свідчать про доцільність подальшого розвитку досліджень у напрямі комплексного визначення та аналізу витрат паливно-енергетичних ресурсів не лише для будівельних машин і механізмів, але й для технологічних процесів, а також для забезпечення функціонування інфраструктури будівельного майданчика. Саме інтегроване врахування всіх груп енергоспоживачів дозволить сформувати повну та об'єктивну картину енерговитрат у процесі спорудження малоповерхових житлових будівель. За умови отримання узагальнених і достовірних даних щодо структури та обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів стане можливим встановлення кількісних залежностей між рівнем енергоспоживання та прийнятими організаційно-технологічними рішеннями, розроблення удосконалених організаційно-технологічних моделей будівництва, а також формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо вибору раціональних технологій і методів організації робіт у малоповерховому житловому будівництві. Реалізація зазначених підходів сприятиме підвищенню енергоефективності будівельного виробництва, зниженню витрат паливно-енергетичних ресурсів та зменшенню загальної вартості будівництва.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У результаті проведеного дослідження встановлено, що витрати паливно-енергетичних ресурсів при спорудженні малоповерхових житлових будівель суттєво залежать від прийнятих архітектурних, конструктивних та організаційно-технологічних рішень, зокрема від рівня механізації будівельних процесів і складу застосовуваних машин та механізмів. Проведене порівняння показало, що технології з використанням дрібноштучних матеріалів характеризуються нижчими показниками енергоємності порівняно з рішеннями, які передбачають активне залучення важкої будівельної техніки та спеціалізованого обладнання. Встановлено, що приведення різних видів енергоносіїв до умовного палива забезпечує можливість коректного порівняння рівнів енергоспоживання для різних технологій малоповерхового будівництва. Водночас обґрунтовано необхідність комплексного підходу до оцінки витрат паливно-енергетичних ресурсів із урахуванням не лише роботи машин і механізмів, але й енерговитрат на виконання технологічних процесів та забезпечення функціонування будівельного майданчика.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на формування узагальнених залежностей енергоспоживання, удосконалення організаційно-технологічних моделей та розроблення практичних рекомендацій, що дозволять обґрунтовувати раціональні рішення у сфері малоповерхового житлового будівництва.

Література

1. Palm J., Bryngelson E. Energy efficiency at building sites: barriers and drivers. *Energy Efficiency*. 2023. Vol. 16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10088-7>.
2. Hong B., Lü L. Assessment of emissions and energy consumption for construction machinery. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, No. 9. Article 5326. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095326>.
3. Röck M., Saade M. R., Balouktsi M. et al. Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied Energy*. 2020. Vol. 258. Article 114107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107>.
4. Гойко А. В., Тертишник В. І. Організаційно-технологічні рішення в будівництві: вплив на ефективність використання ресурсів. *Будівельне виробництво*. 2020. № 69. С. 12–18.

5. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015. Настанова з визначення енергетичних показників будівель. Київ : Мінрегіон України, 2015.
6. ДБН В.1.2-11:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Київ : Мінрегіон України, 2021.
7. ДСТУ EN ISO 21650:2020. Тверде відновлюване паливо. Визначення теплотворної здатності. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.
8. Методичні положення та показники переведення паливно-енергетичних ресурсів в умовне паливо. Київ : Міненерго України, 2019.
9. ДСТУ Б Д.2.1-1:2013. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи. Київ : Мінрегіон України, 2013.
10. ДСТУ Б Д.2.1-7:2013. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні. Київ : Мінрегіон України, 2013.
11. ДСТУ Б Д.2.1-10:2013. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Мурування та стіни. Київ : Мінрегіон України, 2013.
12. ДСТУ Б Д.2.2-1:2013. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування. Технологічне устаткування. Київ : Мінрегіон України, 2013.
13. Методика визначення вартості будівництва : наказ Мінрегіону України від 11.11.2021 № 281. Київ, 2021.
14. Ahn C., Lee S. Importance of operational efficiency to reduce energy consumption of construction equipment. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2013. Vol. 139, No. 4. P. 404–413. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000612](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000612).
15. Арутюнян І. А., Жамілов О. Д., Веремій Г. Є. Енергоефективна політика в цивільному будівництві: можливості та перспективи застосування. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2023. № 23. DOI: <https://doi.org/10.15802/btrp2023/281075>.
16. Дубінін Д., Філіппов О. Methodological approaches to assessing the level of digitalization of the construction site. *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2023. Vol. 52, No. 1. P. 210–226. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).210-226](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).210-226).
17. Sandanayake M., Zhang G., Setunge S. Environmental emissions at construction sites: A review of energy use and emission reduction strategies. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 179. P. 362–374. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.080>.

References

1. Palm J., Bryngelson E. (2023) Energy efficiency at building sites: barriers and drivers. *Energy Efficiency*. Vol. 16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10088-7>.
2. Hong B., Lü L. (2022) Assessment of emissions and energy consumption for construction machinery. *Sustainability*. Vol. 14(9). Article 5326. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095326>.
3. Röck M., Saade M. R., Balouktsi M. et al. (2020) Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied Energy*. Vol. 258. Article 114107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107>.
4. Hoiko A. V., Tertyshnyk V. I. (2020) Orhanizatsiino-tekhnologichni rishennia v budivnytstvi: vplyv na efektyvnist vykorystannia resursiv. [Organizational and technological solutions in construction: impact on the efficiency of resource utilization]. *Budivneve vyrobnytstvo*. No. 69. 12–18. [in Ukrainian].
5. DSTU-N B A.2.2-13:2015. (2015) Nاستanova z vyznachennia enerhetychnykh pokaznykiv budivel. [Guidelines for determining energy performance of buildings]. Kyiv: Minrehion Ukrainy. [in Ukrainian].
6. DBN V.1.2-11:2021. (2021) Osnovni vymohy do budivel i sporud. Enerhozberezhennia ta enerhoefektyvnist. [Basic requirements for buildings and structures. Energy saving and energy efficiency]. Kyiv: Minrehion Ukrainy. [in Ukrainian].
7. DSTU EN ISO 21650:2020. (2020) Tverde vidnovliuvane palyvo. Vyznachennia teplotvornoї zdatnosti. [Solid recovered fuels. Determination of calorific value]. Kyiv: DP «UkrNDNTs». [in Ukrainian].
8. Metodichni polozhennia ta pokaznyky perevedennia palyvno-enerhetychnykh resursiv v umovne palyvo. [Methodological provisions and conversion factors for fuel and energy resources into standard fuel]. (2019) Kyiv: Minenerho Ukrainy. [in Ukrainian].
9. DSTU B D.2.1-1:2013. (2013) Resursni elementni koshtorysni normy na budivelni roboty. Zemliani roboty. [Resource element estimate norms for construction works. Earthworks]. Kyiv: Minrehion Ukrainy. [in Ukrainian].
10. DSTU B D.2.1-7:2013. (2013) Resursni elementni koshtorysni normy na budivelni roboty. Betonni ta zalizobetonni konstruktssii monolitni. [Resource element estimate norms for construction works. Monolithic concrete and reinforced concrete structures]. Kyiv: Minrehion Ukrainy. [in Ukrainian].
11. DSTU B D.2.1-10:2013. (2013) Resursni elementni koshtorysni normy na budivelni roboty. Muruvannia ta styny. [Resource element estimate norms for construction works. Masonry and walls]. Kyiv: Minrehion Ukrainy. [in Ukrainian].
12. DSTU B D.2.2-1:2013. (2013) Resursni elementni koshtorysni normy na montazh ustatkuvannia. Tekhnologichne ustatkuvannia. [Resource element estimate norms for equipment installation. Technological equipment]. Kyiv: Minrehion Ukrainy. [in Ukrainian].
13. Metodyka vyznachennia vartosti budivnytstva. [Methodology for determining the cost of construction]: nakaz Minrehionu Ukrainy vid 11.11.2021 No. 281. (2021) Kyiv. [in Ukrainian].
14. Ahn C., Lee S. (2013) Importance of operational efficiency to reduce energy consumption of construction equipment. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 139(4). 404–413. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000612](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000612).
15. Arutiunian I. A., Zhamilov O. D., Veremii H. Ye. (2023) Enerhoefektyvna polityka v tsyvilnomu budivnytstvi: mozhlyvosti ta perspektyvy zastosuvannia. [Energy-efficient policy in civil construction: possibilities and prospects for application]. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*. No. 23. DOI: <https://doi.org/10.15802/btrp2023/281075>. [in Ukrainian].
16. Dubinin D., Filippov O. (2023) Methodological approaches to assessing the level of digitalization of the construction site. *Ways to Improve Construction Efficiency*. Vol. 52(1). 210–226. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).210-226](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).210-226).
17. Sandanayake M., Zhang G., Setunge S. (2018) Environmental emissions at construction sites: A review of energy use and emission reduction strategies. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 179. 362–374. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.080>.