

УДК 69.033

Сусанна ПАСТУХОВА,

старший викладач

ORCID: 0000-0002-9324-3065

Катерина МІШУК,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-5480-6032

Владислав КУЗНЕЦОВ,

студент III курсу, групи 6.1922-ПЦБ

ORCID: 0009-0002-6152-4409

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні Запорізького національного університету, м. Запоріжжя

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗВЕДЕННЯ БУДИНКІВ ЗА МОДУЛЬНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

Пошук шляхів пришвидшення зведення будівель як тимчасового, так і довготривалого аспекту було й залишається провідним питанням у будівельній індустрії України, особливо враховуючи умови воєнного стану, внутрішні переміщення осіб, руйнування житлового фонду тощо.

Ця стаття розкриває особливості модульної технології, яка дедалі частіше застосовується в будівельній галузі. Зокрема, під час написання роботи було досліджено відмінності, які виокремлюються в модульному будівництві по відношенню до традиційного, для створення картини того, якою практичністю та доречністю володіють модульні будівельні об'єкти.

Також на основі проаналізованого історичного дискурсу використання модульних технологій, було охарактеризовано та визначено доцільність їх застосування у наш час, особливу увагу приділяючи різноманітним факторам та чинникам: воєнному стану, руйнуванню житлових приміщень і будівель, переміщенню висококваліфікованих кадрів та населення загалом тощо.

Під час дослідження особливостей модульного будівництва, було також досліджено відомі приклади будівельних рішень, їх специфічність та аспекти впровадження, на основі чого було окреслено перспективи розвитку модульного будівництва в наш час, етапи його поступового вкорінення в будівельну індустрію та використання з урахуванням тих чи інших факторів або чинників.

На підставі проаналізованих елементів впливу організаційно-технологічних факторів на галузь будівництва, було з'ясовано, що традиційне будівництво володіє неабиякими високими показниками надійності, довговічності, стійкості тощо, але водночас поступається модульному зведенню будівель та споруд у витратах часу й ресурсів, у впливовості на навколишнє середовище, а також у швидкому підлаштуванні до особливих викликів сьогодення, соціально або природного характерів тощо, що робить застосування модульних технологій одним із провідних явищ у будівельній сфері.

Ключові слова: *модульне будівництво, модуль, модульний будинок, збірні конструкції, модульне тимчасове житло, енергоефективні будівлі, технології швидкого будівництва, швидкість, комфорт, практичність.*

Вступ. Зведення будівель та споруд із застосуванням об'ємних блоків (модулів) в Україні та за кордоном розпочалося на початку 50-х років. Цьому сприяла технічна політика, що проводиться в галузі будівництва, спрямована на індустріалізацію будівельного виробництва, підвищення рівня заводської готовності конструктивних елементів, зниження трудомісткості будівельно-монтажних робіт (БМР) та термінів зведення будівель і споруд.

Поширення цього методу повнозбірного будівництва забезпечувало перетворення будівельного майданчика на повністю монтажний із застосуванням потужних транспортних та монтажних машин й обладнання.

На сьогодні модульне будівництво є одним з провідних аспектів будівельної індустрії, оскільки володіє високими показниками у швидкості зведення, ресурсовикористанні, енергоефективності тощо, що користується значним попитом серед компаній та організацій. Тому досить актуальним залишається той момент, який ґрунтується на характеристиці тих чи інших особливостей технологічного зведення будівель за модульною технологією, а також з'ясуванні перспективності впровадження такої інновації в будівельну галузь, попередньо проаналізувавши різноманітні соціальні, економічні й природні чинники або фактори.

Аналіз досліджень та публікацій. У контексті цієї роботи, варто зазначити що проблематикою модульного будівництва у сфері безпекових аспектів, застосування після катастроф або використання у висотних будівлях переймалися зарубіжні науковці Гунавардена Т., Нго Т., Мендіс П., Ай Л., Кроуфорд Р., Фард М., Кіберт С., Веламаті С., Лоусон Р., Абхіджет С. Ходбе, Річард Собер та інші. Серед вітчизняних дослідників, які аналізували застосування модульних технологій та перспективність їх використання в будівельній індустрії, виокремлюються Задорожнікова І., Кислюк Д., Чапук О., Парфентьєва І., Пахолок О., Мироненко В., Руденко Т., Семикіна О. тощо.

Постановка завдання. Під час виконання дослідження, головним аспектом залишається аналіз особливостей технологічного процесу зведення модульних будинків. Окрім цього, до основних завдань цієї роботи відносяться: визначення доцільності застосування модульного принципу в наш час, приділяючи особливу увагу сучасним подіям в Україні, виокремлення, на основі прикладів зведених модульних будинків, практичної цінності модульного будівництва та аналіз перспектив розвитку модульного будівництва.

Основна частина. Перші практичні роботи в галузі об'ємно-блочного домобудівництва розпочалися з виготовлення об'ємних санітарно-технічних кабін. Надалі було розроблено якісно нові конструкції будівель з об'ємно-просторових елементів (модулів): блок-модуль, модуль на ширину будівлі та окремий блок (вентиляційний блок). Такий тип будівель найбільшою мірою дозволяє створити на заводі закінчену комірку, яку на майданчику залишається лише встановити в проектне положення та підключити до зовнішніх комунікацій.

Об'ємні блоки застосовують як у цивільному, так і в промисловому будівництві. З блок-модулів зводять допоміжні будівлі та споруди промислових підприємств (рис. 1), які використовуються для побутових приміщень, що розташовані окремо, а також, безпосередньо, в цехах промислових підприємств для різних допоміжних виробництв.



Рис. 1. Блок-модулі – допоміжні будівлі та споруди промислових підприємств

Конструктивні схеми будівель з об'ємних блоків зводять за трьома конструктивними схемами: блочної з суцільним укладанням блоків, блочно-панельної та каркасно-блокової з несучим остовом.

Блокова та блочно-панельна схеми виконуються з об'ємних блоків важкого або легкого залізобетону в будинках висотою до 12...16 поверхів (рис. 2). Каркасно-блочна схема є найбільш раціональною в будинках висотного типу, де застосовуються полегшені об'ємні блоки з ефективних матеріалів. Для будівель невеликої поверховості (до 5 поверхів) найраціональнішою схемою є блокова.



Рис. 2. Будівлі підвищеної поверховості

При зведенні будівель за блоковою схемою забезпечується найбільший ступінь заводської готовності, оскільки на завод переносяться всі операції з виготовлення, комплектації, оснащення сантехнічним та інженерним обладнанням, зовнішньої та внутрішньої обробки блоків тощо.

На будівельному майданчику виконується лише монтаж блоків, з'єднання трубопроводів та закладення стиків. Тому блокова схема найбільшою мірою відповідає основним принципам об'ємно-блочного домобудівництва – суттєвому перерозподілу трудовитрат у сфері заводського виробництва за одночасного загального їх зниження на будівельному майданчику, що призводить до значного скорочення термінів будівництва (рис. 3).

Водночас блокова схема зумовлює деяку пов'язаність архітектурно-планувальних рішень будівель через обмежені розміри блоків, їх взаємне розташування у просторовій структурі будівлі та інше.

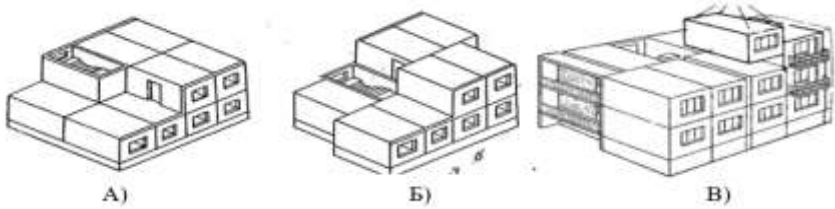


Рис. 3. Конструктивні типи будівель з об'ємних елементів: а) блоковий з суцільним розставлянням блоків; б) блоковий зі зміщеним розставлянням блоків; в) монтаж будинку з об'ємних блоків

Досвід зведення будівель з об'ємних блоків дозволив виявити раціональні області застосування різних конструктивних схем. Блокова схема більш раціональна в масовому міському та сільському, житловому й громадському, у тому числі медичному призначенні, зведенні будівель заввишки до 9 поверхів, а також у малообжитих та важкодоступних районах при використанні полегшених блоків для будівель до 2-х поверхів. Блочно-панельна – в районах розосередженого будівництва при здійсненні перевезення збірних елементів залізничним транспортом, а також при комплексній забудові житлових масивів у містах та сільській місцевості житловими будинками й будинками культурно-побутового призначення. Будинки блочного типу з несучим кістяком доцільно зводити у великих містах при будівництві унікальних житлових будинків та громадських будівель великої поверховості у стиснених умовах виконання робіт.

При будівництві з об'ємних блоків основним монтажним елементом є об'ємний блок. Класифікація цих монтажних елементів здійснюється за різноманітними ознаками, багато з яких впливають на вибір технології зведення будівель. Так, наприклад, конструктивне рішення, розміри та матеріал блоків впливають на його масу й відповідно на вибір крана за показником вантажопідйомності; на організацію роботи будівельних потоків за ступенем заводської закінченості та конструктивно-технологічний типовістю тощо.

Найбільш поширена конструкція залізобетонних блоків розміром на кімнату для будівель висотою до 9 поверхів має питому масу до 1000 кг/м² площі підлоги.

Зведення будівель з об'ємних блоків здійснюється за багата стадійною технологією із застосуванням потокових методів виконання робіт. До складу об'єктного потоку, як правило, входять чотири спеціалізовані потоки, що відповідають стадіям зведення будівлі: влаштування конструкцій нульового циклу, зведення надземної частини, влаштування покрівлі, спеціальні та оздоблювальні роботи.

Для організації потокового виконання процесів фронт робіт поділяють на ділянки та захватки (рис. 4). При зведенні дво- або трисекційних будівель за захватку приймають один поверх, при будівництві чотири- і п'ятисекційних будівель – дві-три секції на поверсі. З метою визначення послідовності робіт та узгодження спеціалізованих потоків у складі проекту виконання робіт розробляють організаційно-технологічні схеми зведення будівлі.



Рис. 4. Організаційно-потоківий процес монтажних робіт

Специфічною особливістю об'ємно-блочного домобудування є значне скорочення післямонтажних оздоблювальних робіт при повному заводському оздобленні блоків. Для будівель з об'ємних блоків підвищеної поверховості з метою скорочення термінів будівництва допускається поєднувати в часі зведення основних конструкцій та оздоблення приміщень, а також організовувати спеціалізований потік оздоблювальних робіт за вертикально-висхідною схемою під захистом двох перекриттів й улаштування гідроізоляційного захисту двох вищерозташованих перекриттів. Однак ведення спеціальних та оздоблювальних робіт зверху донизу після закінчення покрівельних робіт не суттєво впливає на тривалість будівництва будівель загалом. Для багатосекційних будинків є можливість організовувати кілька спеціальних потоків, кожен із яких функціонує не більше однієї чи двох секцій, з поєднанням в часі.

При масовому зведенні будівель спеціалізованими будівельними організаціями доречно виконувати роботи ритмічними потоками, визначаючи їх параметри на кожній захватці або ділянці за витратами часу на провідний процес. Таким процесом є монтаж конструкцій надземної частини будівлі. При розподілі процесу виробництва на приватні потоки встановлюють тривалість провідного процесу й за ним задають ритм потоку. В об'ємно-блочному домобудуванні ритм потоку в залежності від умов будівництва складає 1...3 діб (рис. 5).

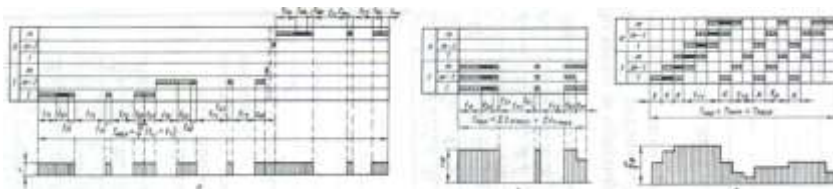


Рис. 5. Потоківість будівельних процесів, модуль циклічності елементарного потоку (або ритм потоку – проекція похилої на вісь абсцис):

- а) послідовний метод на кожній наступній захватці після завершення;
- б) паралельний метод, що передбачає одночасну роботу на всіх захватках одного ярусу;
- в) виконання складного комплексного процесу потіковим методом

При формуванні спеціалізованого потоку для зведення надземної частини об'ємно-блочних будівель скорочується кількість та істотно змінюється склад приватних потоків у порівнянні з традиційними методами повнозбірного будівництва. Це відбувається за рахунок перенесення ряду будівельних процесів з будівельного майданчика до заводських умов. Крім того, зменшується тривалість

та трудомісткість монтажу надземної частини, оскільки скорочується кількість монтажних елементів.

Спеціалізований потік для зведення надземної частини будівель зазвичай формується із 3-х приватних потоків: перший – монтаж об'ємних блоків, додаткових виробів (стінних панелей, плит коридорів та лоджій), деталей входів та конструкцій даху; другий – замоноличування та герметизація вертикальних та горизонтальних стиків та обрамлення сполучень дверних прорізів у суміжних блоках; третій – з'єднання між електротехнічними та сантехнічними комунікаціями, встановлення водорозбірної арматури та деякі інші види післямонтажних робіт (рис. 6).



Рис. 6. Швидке будівництво модульний будинок

На відміну від інших видів повнозбірного будівництва в об'ємно-блочному відсутній порівняно трудомісткий процес монтажу функціональних систем (електричної та сантехнічної) та зникає відповідний йому приватний потік. Разом з тим, з'являються деякі специфічні процеси, наприклад, пристрій стиків між дверними прорізами суміжних блоків, які необхідно включати до складу приватних потоків.

Третій спеціалізований потік може складатися з двох приватних потоків: перший – пристрій пароізоляції та теплоізоляції під рулонну покрівлю та другий – пристрій рулонної покрівлі. У цьому, склад процесів визначається прийнятою конструкцією даху.

Четвертий спеціалізований потік поєднує спеціальні та оздоблювальні роботи. Для нього характерне значне скорочення цих видів робіт у порівнянні з іншими методами зведення повнозбірних будівель при повному інженерному устаткуванні та заводському оздобленні блоків. Як правило, цей потік складається не більше, ніж з трьох-чотирьох приватних потоків, кількість і склад яких залежить від ступеня заводської обробки блоків. До них відносяться: післямонтажні будівельні роботи (обрамлення сполучень прорізів у суміжних блоках, влаштування вхідного тамбуру та встановлення дверних блоків входу в сходову клітку, підготовка під підлоги в коридорах тощо); післямонтажні спеціальні роботи (складання систем газопостачання, прокладання слаботочних систем та встановлення телеантен, встановлення водорозбірної арматури та ін.); післямонтажні оздоблювальні роботи (у коридорах та сходових клітках, остаточне оздоблення блок-модулів, у

тому числі друге фарбування столярних виробів, перильних огорож, фарбування обрамлень отворів та дверей у суміжних блоках, зовнішні оздоблювальні роботи); прибирання приміщень та підготовка до здачі в експлуатацію. Обсяг післямонтажних оздоблювальних робіт при неповному рівні заводської обробки відповідно збільшується.

Висновки. Блоково-модульне будівництво є досить затребуваним для віддалених регіонів України, великих міст із вкрай щільною забудовою, міст і селищ, що зазнали збитків або пошкоджень унаслідок збройної агресії тощо. Цей тип будівництва дозволяє зводити як житлові, так і промислові будівлі, а використовуючи сучасні матеріали та технології дає можливість безмежно збільшувати площі просторів, а також пришвидшувати процеси зведення будівельних об'єктів, що грає суттєву та водночас провідну роль загалом.

Сучасні соціально-демографічні умови в Україні передбачають можливість активного розвитку модульного домобудування різноманітної типології, у тому числі модульного житла – як стаціонарного, так і мобільного.

Список літератури:

1. Банах В.А., Сгоров Ю.П., Гребенюк О.В. Аспекти модульної інтерференції взаємодій архітектурних просторів і архітектурного середовища. *Містобудування та територіальне планування*. 2014. № 51. С. 7-13.
2. Задорожнікова І., Кислюк Д., Чапук О., Парфентьева І., Пахолук О. Сучасні будівельні матеріали, конструкції та технології модульного будівництва. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*, (May 17, 2024; Sydney, Australia), 2024, 201–204. URL: <https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/1842> (дата звернення 23.02.2025).
3. Мироненко В.П. Архітектурна ергономіка. Київ: НАУ-друк, 2009. 239 с.
4. Руденко Т.В. Поняття «модуль» в промисловій архітектурі. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2012. № 31. С. 356 – 361
5. Семикіна О.В. Перспективи розвитку сучасних модульних принципів у проектуванні та будівництві. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2014. № 35. С. 392-396.
6. Hodbe A., Sober R. Design of modular housing. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2019. Vol. 6. Issue 9. P. 734-738
7. The modularity is here: a modern history of modular mass housing schemes. URL: <https://99percentinvisible.org/article/modularity-modern-history-modular-mass-housing-schemes/> (дата звернення 25.02.2025).
8. Уряд прийняв постанову про будівництво тимчасового житла для переселенців. URL: <https://finbalance.com.ua/news/uryad-priynyav-postanovu-pro-budivnistvo-timchasovoho-zhitla-dlya-pereselentsiv> (дата звернення 25.02.2025).
9. У Львові відкрили друге модульне містечко для переселенців. URL: https://tvoemisto.tv/news/nasha_zadacha_daty_pryhystok_u_lvovi_vidkryly_druhe_modulne_mistechko_dlya_pereselentsiv_131945.html (дата звернення 25.02.2025).
10. Зауваження та пропозиції ТОВ «ЮСДМ» щодо програми будівництва житла для тимчасових переселенців. URL: <https://usdm.com.ua/relocation-development/> (дата звернення 25.02.2025).
11. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Основні вимоги до проектної та робочої документації. [Чинний від 2009-24-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 57 с.

12. ДСТУ Б А.2.4-7:2009. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. [Чинний від 2010-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 75 с.

13. ДСТУ Б В.2.6-200:2014. Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу. [Чинний від 2015-07-01]. Київ: Укрархбудінформ, 2014. 73 с.

14. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі Зміною № 1. [Чинний від 2015-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 199 с.

References:

1. Banakh, V.A., Yegorov, Yu.P., Grebenyuk, O.V. (2014). Aspects of modular interference of interactions of architectural spaces and architectural environment. *Urban planning and territorial planning*. No. 51. P. 7-13.

2. Zadorozhnikova, I., Kyslyuk, D., Chapyuk, O., Parfentyeva, I., Pakholyuk, O. (2024). Modern building materials, structures and technologies of modular construction. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*, (May 17, 2024; Sydney, Australia), 201–204 Access mode: <https://previous.scientia.report/index.php/archive/article/view/1842> (access date 23.02.2025).

3. Myronenko, V.P. (2009). Architectural ergonomics. Kyiv: NAU-druk. 239 s.

4. Rudenko, T.V. (2012). The concept of «module» in industrial architecture. *Modern problems of architecture and urban planning*. No. 31. P. 356 – 361

5. Semikina, O.V. (2014). Prospects for the development of modern modular principles in design and construction. *Modern problems of architecture and urban planning*. No. 35. P. 392-396

6. Hodbe, A., Sober, R. (2019). Design of modular housing. *International Research Journal of Engineering and Technology*. Vol. 6. Issue 9. P. 734-738.

7. The modularity is here: a modern history of modular mass housing schemes [Electronic resource]. – Access mode: <https://99percentinvisible.org/article/modularity-modern-history-modular-mass-housing-schemes/> (access date 25.02.2025).

8. The government adopted a resolution on the construction of temporary housing for displaced persons. URL: <https://finbalance.com.ua/news/uryad-priynyav-postanovu-pro-budivnistvo-timchasovoho-zhitla-dlya-pereselentsiv> (access date 25.02.2025).

9. The second modular town for displaced persons was opened in Lviv. URL: https://tvoemisto.tv/news/nasha_zadacha_daty_pryhystok_u_lvovi_vidkryly_druhe_mოდulne_mistechko_dlya_pereselentsiv_131945.html (access date 25.02.2025).

10. Comments and suggestions of LLC «USDM» on the housing construction program for temporary displaced persons. URL: <https://usdm.com.ua/relocation-development/> (access date 25.02.2025).

11. DSTU Б А.2.4-4:2009. Basic requirements for design and working documentation. [Valid from 2009-24-01]. Kyiv: Minregionstroy of Ukraine. 57 p.

12. DSTU Б А.2.4-7:2009. Rules for the execution of architectural and construction working drawings. [Valid from 2010-01-01]. Kyiv: Minregionalbud of Ukraine. 75 p.

13. DSTU Б В.2.6-200:2014. Metal building structures. Installation requirements. [Valid from 2015-07-01]. Kyiv: Ukrarchbudinform. 73 p.

14. DBN В.2.6-198:2014. Steel structures. Design standards. With Amendment No. 1. [Valid from 2015-01-01]. Kyiv: Minregionalbud of Ukraine. 199 p.

Susanna PASTUKHOVA, Kateryna MISHUK, Vladyslav KUZNIETSOV

Features of the technological process of construction of houses using modular technology

The search for ways to accelerate the construction of buildings of both temporary and long-term aspects has been and remains a leading issue in the construction industry of Ukraine, especially given the conditions of martial law, internal displacement of people, destruction of housing, etc.

This article reveals the features of modular technology, which is increasingly used in the construction industry. In particular, during the writing of the work, the differences that are distinguished in modular construction in relation to traditional ones were investigated to create a picture of the practicality and relevance of modular construction objects.

Also, based on the analyzed historical discourse on the use of modular technologies, the feasibility of their application in our time was characterized and determined, paying special attention to various factors and factors: martial law, destruction of residential premises and buildings, displacement of highly qualified personnel and the population in general, etc.

During the study of the features of modular construction, well-known examples of construction solutions, their specificity and implementation aspects were also studied, on the basis of which the prospects for the development of modular construction in our time, the stages of its gradual introduction into the construction industry and use taking into account certain factors or factors were outlined.

Based on the analyzed elements of the influence of organizational and technological factors on the construction industry, it was found that traditional construction has exceptionally high indicators of reliability, durability, stability, etc., but at the same time it is inferior to modular construction of buildings and structures in terms of time and resource consumption, environmental impact, as well as in rapid adaptation to the special challenges of today, of a social or natural nature, etc., which makes the use of modular technologies one of the leading phenomena in the construction sector.

Keywords: modular construction, module, modular house, prefabricated structures, modular temporary housing, energy-efficient buildings, rapid construction technologies, speed, comfort, practicality.