

ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОЕКТУВАННІ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто сучасні інноваційні підходи до проектування індивідуальних житлових будівель, що формують новий напрям розвитку приватного будівництва. Детально проаналізовано тенденції впровадження високотехнологічних матеріалів, модульних конструктивних рішень, цифрових інструментів проектування та енергоефективних систем. Особливу увагу приділено полімерно-композитній системі DOM3E як прикладу інноваційної технології зведення стін, що дозволяє суттєво скоротити терміни будівництва, оптимізувати використання ресурсів та підвищити енергетичну ефективність будівлі. Показано, що інтеграція новітніх матеріалів і цифрових методів проектування забезпечує гнучкість архітектурних рішень, зменшує витрати на експлуатацію та сприяє формуванню екологічно стійкого та комфортного житлового середовища.

Ключові слова: інноваційні матеріали, індивідуальне житлове будівництво, енергоефективність, модульне будівництво, цифрові технології, BIM, полімерні блоки, DOM3E, CLT, SIP-панелі.

Abstracts

Modern innovative approaches to the design of individual residential buildings, which shape a new direction in the development of private construction, have been examined. The trends in the implementation of high-tech materials, modular structural solutions, digital design tools, and energy-efficient systems have been analyzed in detail. Special attention is given to the polymer-composite DOM3E system as an example of an innovative wall construction technology that significantly reduces construction time, optimizes resource use, and increases the building's energy efficiency. It is shown that the integration of advanced materials and digital design methods ensures flexibility in architectural solutions, reduces operating costs, and contributes to the creation of an environmentally sustainable and comfortable living environment.

Key words: innovative materials, individual residential construction, energy efficiency, modular construction, digital technologies, BIM, polymer blocks, DOM3E, CLT, SIP panels.

Вступ

Сучасне проектування індивідуальних житлових будівель зазнає суттєвих змін під впливом нових технологій, глобальних екологічних викликів та зростаючих вимог до комфорту й енергоефективності. Одним із найважливіших чинників, що формує ці трансформації, є поява інноваційних матеріалів, які значною мірою визначають конструктивні можливості будівлі, її довговічність, експлуатаційні якості та економічну ефективність. Матеріал у сучасній архітектурі перестає бути лише конструктивним елементом — він стає носієм технологій, енергетичних параметрів та екологічних характеристик [1].

На зміну традиційним матеріалам — цеглі, залізобетону та важким кам'яним конструкціям — приходять легкі композити, полімерні блоки, дерев'яні інженерні панелі, високоізоляційні стінові системи та матеріали з покращеними механічними властивостями. Полімерні та композитні матеріали вирізняються малою вагою, низькою теплопровідністю, швидкістю монтажу та точністю геометрії, що робить їх привабливими для індивідуальних житлових будинків. Вони забезпечують ефективне формування теплоізоляційної оболонки й одночасно мінімізують трудомісткість будівництва [2].

Особливої уваги заслуговують інженерні дерев'яні матеріали нового покоління, такі як CLT (cross-laminated timber), LVL (laminated veneer lumber) та Glulam. Завдяки багат шаровій структурі вони забезпечують високу міцність і стабільність, дозволяючи створювати легкі, екологічні та сейсмостійкі будинки з великими прольотами без складних металевих або бетонних елементів. Використання деревини нового типу поєднує швидкість монтажу, можливість автоматизованої префабрикації та природні екологічні властивості матеріалу [3].

Сучасні теплоізоляційні матеріали — аерогелі, мінераловатні системи нового покоління, PIR- і PUR-плити — роблять можливим будівництво будівель з надзвичайно низьким рівнем тепловтрат. Впровадження вискоєфективної ізоляції змінює саму концепцію енергоспоживання житла, наближаючи індивідуальні будинки до стандартів пасивного й «нульового» будинку. Інновації торкнулися і фасадних рішень: вентилявані та комбіновані фасади доповнюються інтегрованими сонячними панелями, прозорими утеплювачами, адаптивними світловідбивними шарами, що дає змогу оптимізувати тепловий баланс будівлі залежно від сезону [4].

Окремим напрямом розвитку матеріалознавства у будівництві є використання 3D-друку та екструзійних сумішей, що дозволяють зводити стінові конструкції за допомогою роботизованих систем. Ці суміші забезпечують швидкість, високу точність, мінімальні відходи та можливість створення складних геометрій, недоступних у традиційному муруванні. Застосування таких матеріалів відкриває перспективи суттєвого здешевлення та автоматизації процесів будівництва.

Поява інноваційних матеріалів суттєво впливає на архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерні рішення. Саме матеріал визначає можливість створення великих відкритих просторів, мінімальної товщини стін при високій теплоізоляції, швидкого монтажу або демонтажу, екологічності та можливості переробки. Тому дослідження сучасних матеріалів і їхнього впливу на проектування індивідуальних житлових будівель є ключовим етапом у формуванні нових підходів до будівництва, що відповідають вимогам сучасності та майбутнього [1, 4].

Результати дослідження

Інноваційні підходи до проектування індивідуальних житлових будівель сьогодні формуються на перетині нових матеріалів, цифрових технологій, модульних систем та сучасних принципів енергоефективності. Зростання вимог до швидкого, адаптивного та екологічного будівництва стимулює впровадження комплексних рішень, де проектування перестає бути лише процесом створення креслень і стає багатокomпонентним інженерним циклом. Цей цикл включає моделювання енергетичних характеристик, ресурсощадні рішення, інтеграцію інтелектуальних систем управління та можливість трансформації внутрішнього простору, що забезпечує тривалу експлуатаційну економічність будівлі [1].

Одним із ключових напрямів інноваційності є використання сучасних стінових та конструктивних матеріалів, що дозволяють поєднати легкість конструкцій, високі теплоізоляційні показники та міцність. Традиційні матеріали — цегла та бетон — поступово втрачають монополію, оскільки на ринку з'являються полімерні композити, SIP-панелі, CLT-панелі, газоблоки з поліпшеними характеристиками та інші модульні елементи. Ці матеріали забезпечують точну геометрію елементів, стабільність конструкцій, низьку теплопровідність, швидкість монтажу та мінімізацію похибок при будівництві. Високі теплоізоляційні характеристики нових блоків дозволяють досягти оптимального мікроклімату всередині будівлі при мінімальній товщині стін, а полегшена маса елементів знижує навантаження на фундамент і економить ресурси.

Суттєву роль відіграють технології модульного та префабрикованого будівництва. Модульні системи передбачають заводське виготовлення великих частин будівлі — панелей, секцій, блоків або цілих об'ємів — із подальшим монтажем на майданчику. Такий підхід дозволяє скоротити терміни будівництва, зменшити залежність від погодних умов та забезпечити стабільну якість. Модульні будинки легко змінювати, добудовувати або демонтувати, що особливо актуально для індивідуального житла з перспективою розширення або перепланування. Ця гнучкість створює нові можливості для адаптації простору під змінні потреби сім'ї та стилю життя мешканців [5].

Важливу роль у сучасному проектуванні відіграють енергоефективні рішення, які передбачають комплексну оптимізацію будівлі: правильне зонування приміщень, орієнтацію будинку щодо сторін світу, застосування пасивних методів акумулювання тепла, інтеграцію рекупераційних систем та керованої вентиляції. Інтелектуальні системи енергоменеджменту дозволяють регулювати температуру, освітлення та енергоспоживання, забезпечуючи максимальну економію ресурсів та комфорт мешканців. Енергоефективні рішення стають визначальними характеристиками житла майбутнього, особливо в умовах зростання вартості енергоресурсів і необхідності автономності будівлі.

Цифрові інструменти кардинально змінюють підхід до проектування. Використання BIM-моделей, параметричного моделювання, лазерного сканування та цифрових двійників дозволяє точно оцінювати поведінку конструкцій, моделювати енергобаланси, прогнозувати терміни будівництва та вартість проекту на кожному етапі. Завдяки цифровізації архітектурний проект перестає бути статичним кресленням і стає комплексною інформаційною системою, інтегрованою з усіма інженерними та технологічними процесами [6].

Серед новітніх будівельних систем особливо варто виділити DOM3E — технологію полімерних блоків, яка забезпечує швидке, легке та енергоефективне зведення стін. Система базується на великоформатних пустотних елементах із полімерно-композитних матеріалів, що гарантують низьку теплопровідність, точну геометрію та мінімальне навантаження на фундамент. Завдяки модульній конструкції DOM3E дозволяє збирати стіни без використання мокрих процесів, з'єднуючи елементи за принципом конструктора, що особливо актуально для будівництва в холодну пору року або на ділянках зі складним доступом. Висока заводська готовність блоків забезпечує стабільну якість та полегшує інтеграцію комунікацій всередині стін, а полімерна структура гарантує довговічність, вологостійкість та стійкість до деформацій. Система придатна для індивідуального житла, а також для малоповерхового будівництва, що робить її універсальним інструментом сучасного архітектора та інженера.

DOM3E також сприяє реалізації принципів екологічності та енергоощадності. Високі теплоізоляційні характеристики блоків дозволяють зменшити або повністю відмовитися від додаткового утеплення. Зменшення маси стін знижує витрати на фундамент, а мінімальна кількість будівельних відходів відповідає сучасним стандартам раціонального використання ресурсів. Крім того, полімерні блоки DOM3E можна повторно використовувати, що сприяє циркулярній економіці в будівництві [7].

Інтеграція інноваційних матеріалів і систем, таких як DOM3E, CLT, SIP-панелі, композитні блоки, у поєднанні з цифровими технологіями та модульними підходами, формує нову парадигму житлового проектування. Будівля перетворюється на адаптивну систему, здатну враховувати клімат, спосіб життя мешканців, економічні та технологічні чинники. Завдяки цьому індивідуальне житло стає не лише функціональним і енергоефективним, а й комфортним, гнучким та екологічно збалансованим, готовим до майбутніх змін та розвитку технологій.

Висновки

Інноваційні матеріали та сучасні технологічні рішення відіграють ключову роль у формуванні нового підходу до проектування індивідуальних житлових будівель. Використання композитних, полімерних, дерев'яних інженерних та високоєфективних теплоізоляційних матеріалів забезпечує підвищення енергоефективності, зменшення трудомісткості будівництва, покращення екологічних характеристик та збільшення тривалості експлуатації будівель. Інтеграція модульних та префабрикованих систем, а також цифрових технологій — BIM, параметричного моделювання та цифрових двійників — сприяє оптимізації процесів проектування, здешевленню будівництва та підвищенню точності інженерних рішень. Системи типу DOM3E демонструють ефективність полімерних блоків як інструменту швидкого, енергоощадного зведення житла. У сукупності такі інновації формують адаптивні, екологічно збалансовані та технологічно досконалі будинки, що відповідають сучасним вимогам комфорту, ресурсоефективності та сталого розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Michael David, A. Aubry, W. Derigent. Towards energy efficient buildings: how ICTs can convert advances? 2018. URL: <https://arxiv.org/abs/1811.09160>
2. Гомон С.С., Свиридчук О.Б. Використання LVL-композитів в Україні. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві, 2023tures .Lviv Polytechnic National University, 2024. URL: <https://ena.lpnu.ua/items/8f1714db-d350-47fb-8de8-f279801d7dea>
3. Бідаков А., Кочкаръов Д., Пустовійтова О. Strength and stiffness of domestically manufactured CLT panels. Scientific Journal of Construction, 2024. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/en/article/view/1793>
4. Kim S. Prefabricated and Modularized Residential Construction: A Review of Present Status, Opportunities, and Future Challenges. Buildings. 2025. Vol. 15, No. 16, 2889. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/15/16/2889>

5. Cespedes-Cubides A.S., Jradi M. A review of building digital twins to improve energy efficiency in the building operational stage. Energy Informatics. 2024. Vol. 7, Article 11. URL: <https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-024-00313-7>
6. DOM3E. Технічний опис системи DOM3E: полімерні блоки для швидкого будівництва. URL: <https://www.system3e.com/>

Пташка Олена Максимівна – здобувачка групи БМ-24м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ptashka.olena@gmail.com

Рундюк Світлана Володимирівна — кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rundyksv@gmail.com

Olena Ptashka - student of group BM-24m, Faculty of Civil, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ptashka.olena@gmail.com

Svitlana Ryndiuk - PhD, docent of Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rundyksv@gmail.com