

УДК 624.05:691.32

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.260324.34.1040

## ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЗВЕДЕННЯ ТА РЕМОНТУ ЦИВІЛЬНИХ БУДИНКІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ

ГАРКУША В. С.<sup>1\*</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
СИМОНОВ С. І.<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1\*</sup> Кафедра архітектури, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, 87555, Маріуполь, Україна, тел.: +38 (099) 772-68-78, e-mail: [harkusha\\_v\\_s@pstu.edu](mailto:harkusha_v_s@pstu.edu), ORCID ID: 0000-0002-5016-0737

<sup>2</sup> Кафедра архітектури, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, 87555, Маріуполь, Україна, тел.: +38 (050) 590-61-91, e-mail: [arhsimonov1@gmail.com](mailto:arhsimonov1@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-3921-0131

**Анотація. Постановка проблеми.** Особливості зведення цивільних будинків полягають у забезпеченні зменшення енерговитрат, витрат на їх утримання та гармонійне поєднання з міським середовищем; зменшення вартості будинків, які здаються до експлуатації; скорочення тривалості спорудження цивільних будівель. У процесі зведення цивільних будинків може виникати велика кількість неузгоджених між собою операцій, які спричиняють зниження якості готового житла та матеріальні збитки. Завдяки використанню ВІМ-технологій можливо максимально врахувати подібні неузгоджені моменти та зробити процес будівництва більш ефективним. **Мета статті** – аналіз практичного досвіду використання ВІМ-технологій для зведення та ремонту цивільних будівель, у тому числі використання бетонів із полімерними добавками як матеріалу для ремонту цивільних будинків з погляду збільшення терміну їх експлуатації. **Висновок.** Наразі сфера будівельного виробництва змінюється досить динамічно. Зовсім недавно не було матеріалів, які б дозволяли досягти якісно інших результатів. Це насамперед полімерні добавки до бетонів, які наразі представлені у великій кількості. Однак використання полімерних добавок потребує повного обсягу знань про їх властивості. Це необхідно тому, що такі компоненти у разі недотримання правил їх використання можуть звести нанівець зусилля всіх учасників проекту. Навіть якщо мати достатній рівень знань про компоненти, які використовує те чи інше виробництво, бувають ситуації, коли погодні умови можуть кардинально змінити результат будівельних робіт, але не завжди у більш вигідний бік. Важливо враховувати не тільки інформацію про взаємодію багатьох факторів, а й необхідність зведення цивільної будівлі, яка задовольняє теплотехнічним характеристикам сучасного будівництва. Від цього залежить не тільки прибуток від запланованого проекту, а й умови проживання та комфорт багатьох поколінь населення нашої країни.

**Ключові слова:** цивільний будинок; бетон; полімерні добавки; довговічність; енергоефективність; ВІМ-технології

## BASIC PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND REPAIR OF CIVIL BUILDINGS USING BIM-TECHNOLOGIES

HARKUSHA V.S.<sup>1\*</sup>, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,  
SYMONOV S.I.<sup>2</sup>, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

<sup>1\*</sup> Department of Architecture, SHEI "Azov State Technical University", 7, Universytetska Str., Mariupol, 87555, Ukraine, tel.: +38 (099) 772-68-78, e-mail: [harkusha\\_v\\_s@pstu.edu](mailto:harkusha_v_s@pstu.edu), ORCID ID: 0000-0002-5016-0737

<sup>2</sup> Department of Architecture, SHEI "Azov State Technical University", 7, Universytetska Str., Mariupol, 87555, Ukraine, tel.: +38 (050) 590-61-91, e-mail: [arhsimonov1@gmail.com](mailto:arhsimonov1@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-3921-0131

**Abstract. Problem statement.** The peculiarities of the construction of civilian buildings consist in ensuring a reduction in energy consumption, costs for their maintenance and a harmonious combination with the urban environment; the cost reduction of buildings that are rented out; reducing the duration of civil buildings construction. In the process of building civil buildings, a large number of uncoordinated operations may occur, which lead to a decrease in the quality of the finished housing and material losses. Thanks to the use of BIM-technologies, it is possible to maximally take into account such inconsistent moments and make the construction process more efficient. **Purpose of the article** is to analyse the practical experience of BIM-technologies using for the construction and repair of civil buildings, including the use of concrete with polymer admittures as a material for the repair of civil buildings from the point of view of increasing their service life. **Conclusion.** Today, the sphere of construction production is changing quite dynamically. More recently, there were no materials that would allow to achieve qualitatively different results.

These are primarily polymer additives for concrete, which are currently available in large quantities. However, the use of polymer additives requires a full knowledge of their properties. This is necessary for the reason that such components, in case of non-compliance with the rules of their use, can nullify the efforts of all project participants. If you have a sufficient level of knowledge about the components used by this or that production, there are situations when weather conditions can radically change the result of construction work, but not always in a more favorable direction. It is important to take into account not only information about the interaction of many factors, but also the need to build a civil building that meets the thermal and technical characteristics of modern construction. Not only the profit from the planned project depends on this, but also the living conditions and comfort of many generations of the population of our country.

**Keywords:** *civil building; concrete; polymer admixtures; durability; energy efficiency; BIM-technologies*

**Постановка проблеми.** У світовій практиці зведення будівель та споруд використовують технології інформаційного моделювання, які називаються *BIM-технології*, – процес створення та використання інформації про споруду, який формує надійну основу для всіх рішень протягом усього життєвого циклу об'єкта (від ранніх концепцій до робочого проектування, будівництва, експлуатації та знесення).

Стратегія переходу на *BIM-технології* передбачає два підходи: *Pull* і *Push*. *Pull* значить збір інформації у необхідному форматі і в необхідний час. *Push* передбачає забезпечення максимально легкого переходу на *BIM-технології* для всіх учасників будівельного ринку.

Реалізація сучасних вимог скорочення термінів і особливості проектування, оптимізації проектних рішень стають основними у проектуванні нових будівель і споруд, забезпечення необхідною інформаційною підтримкою проекту впродовж усього його життєвого циклу неможливе без застосування спеціальних *BIM* (Building Information Modelling) технологій у проектуванні будівельних об'єктів.

Будівельні об'єкти вже давно розглядаються з урахуванням усіх фаз: проектування, будівництва, експлуатації. Детальний і відповідальний висновок щодо вартості різних варіантів будівництва потрібен ще до початку проектування. На стадії проектування необхідно виконати як мінімум три умови:

- забезпечити максимальну ясність щодо всіх компонентів будівлі, її оснащення, організації будівництва і т. п;

- мати можливість оперативно вносити зміни до проекту, враховуючи нові побажання замовника які постійно виникають, «не змінюючи відведених на все термінів»;
- за кожної зміни проекту, в кожному новому варіанті оперативно отримувати його економічну характеристику і решту всієї технічної інформації [1].

**Аналіз публікацій.** Розроблення *BIM-моделі* на етапі проектування будинку суттєво зменшує капітальні витрати під час будівництва та забезпечує можливість отримати енергоефективну будівлю, яка відповідає заявленим показникам.

До принципів енергоефективності належить низка критеріїв:

- правильна орієнтація за сторонами світу;
- урахування кліматичних та геодезичних особливостей плями забудови;
- вибір ефективного архітектурного рішення з підвищеною компактністю форми будівлі;
- правильний вибір планувальних рішень із розташуванням житлових приміщень;
- обмеження коефіцієнта застлянення фасадів на рівні 18–20 %;
- масивна теплоізоляція;
- енергоефективні вікна;
- конструювання без теплових мостів, однорідність;
- герметичність будівельних конструкцій та вузлів примикання;
- примусова вентиляція з рекуперацією.

У проектуванні будівлі слід враховувати тепловтрати, які можуть бути трансмісійні: через стіни, дах, підвал, вікна, та фільтраційні – через нещільність в оболонці будівлі та системі вентиляції [2; 3].

Заходи з підвищення енерго-ефективності цивільного будинку: встановлення енергоефективних вікон та утеплення фасаду наведено на рисунку 1.

Найбільш ефективний матеріал для зведення цивільних будинків – бетон. Він здатен витримувати різноманітні впливи навколишнього середовища. Головна його особливість у тому, що він набагато краще

витримує навантаження на стиск порівняно з іншими видами навантажень. Тому необхідно вжити заходів до поліпшення сприйняття ним навантажень інших видів. Для цих цілей застосовують армування конструкцій металевими виробами, дисперсне армування різними матеріалами, введення різних добавок.



*Рис. 1. Заходи з підвищення енергоефективності цивільного будинку: утеплення фасаду та встановлення енергоефективних вікон*

Суттєво підвищити довговічність та якість бетону залізобетонних виробів можна за рахунок уведення хімічних добавок, які дозволяють поліпшити властивості та структуру бетону. Існує багато добавок вітчизняних виробників, які своїми властивостями не поступаються закордонним, але в багатьох конструкціях і виробках вони не застосовуються, тому що нормативні документи висувають дуже жорсткі вимоги щодо їх використання.

Це вимоги щодо міцності, морозостійкості, водонепроникності, стійкості до агресивної дії рідких середовищ, стирання, тріщиностійкості і довговічності. Актуальним постає питання забезпечення високої технологічності цементних систем при низькому водо-цементному співвідношенні, рухливості бетонних сумішей, економії цементу та енергоносіїв [4; 5].

Частка бетонів з умістом добавок невпинно зростає, у промислово розвинених

країнах не менше 90 % цементного бетону випускають із хімічними добавками. Хімічні добавки застосовують практично у всіх технологіях виробництва бетону, що сприяє появі нових технологій, реалізувати які без добавок просто неможливо. Завдяки добавкам сучасний бетон перетворюється на все складніший композиційний матеріал, властивості якого можуть набагато перевершувати традиційний склад бетону.

У комплексну добавку повинен входити ефективний суперпластифікатор, а також можливі добавки, які керують кінетикою тужавлення і твердіння, повітровтягуючі добавки і піногасники, дисперсні і тонкодисперсні мінеральні наповнювачі. Склад комплексної добавки повинен відповідати вибраній технології і заданим властивостям бетону.

Значну увагу приділяють відновленню міцності та роботоздатності пошкоджених бетонних та залізобетонних конструкцій тривалої експлуатації. Для залізобетонних

споруд ситуація загострюється через їх розтріскування внаслідок корозії сталевих арматур, через що збільшується сумарний об'єм металу і продуктів корозії, а, отже, виникають розтягувальні напруження у бетонних матрицях. Утворення в бетоні тріщиноподібних дефектів – основна загроза міцності та довговічності таких конструкцій, тому, «заліковуючи» (усуваючи) їх, можна поліпшити ці характеристики [6].

Деякі з конструкцій піддаються впливу особливих умов. Наприклад, напівзмінного зволоження та висушування, заморожування та відтавання, постійної дії вологи, навантаження різного виду та їх поєднання тощо. Для надійної та тривалої експлуатації таких будівель вкрай важливе застосування якісних матеріалів, які будуть відповідати всім вимогам їх застосування.

Закладні деталі залізобетонних конструкцій, що експлуатуються, можуть перебувати під впливом корозійного середовища або циклічних експлуатаційних та кліматичних навантажень (вітру, температури). Це може спричинити корозію та виникнення тріщиноподібних

пошкоджень в анкерах протягом їх експлуатації і збільшити ризик руйнування закладних деталей. Наслідком руйнування закладних деталей може стати обвалення конструкцій [7].

Значна частина житлово-будівельного фонду та інших бетонних і залізобетонних споруд – це об'єкти, що вже тривалий час експлуатуються і потребують ремонту через виникнення в них різних пошкоджень. Один із перспективних способів відновлення пошкоджених елементів конструкцій – це технології ін'єктування дефектних зон, які передбачають заповнення пошкоджених місць бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд (у вигляді тріщин, порожнин, викришувань, відшаровувань тощо) рідкими (найчастіше полімерними) матеріалами, здатними після кристалізації або полімеризації формувати з бетонною матрицею міцні адгезійні зв'язки [8].

Типове пошкодження цивільного будинку та споруди (тріщини, сколи, корозія бетону та металевих елементів) показано на рисунку 2.



Рис. 2. Типове пошкодження цивільного будинку: тріщини, сколи, корозія бетону та металевих елементів

**Мета статті** – аналіз практичного досвіду використання ВІМ-технологій для зведення та ремонту цивільних будівель, у тому числі використання бетонів із полімерними добавками як матеріалу для ремонту цивільних будинків з поглядом збільшення терміну їх експлуатації.

**Результати досліджень.** Процеси формування міського середовища останніми десятиліттями активно впливають на вигляд сучасного міста. Умови та обмеження забудови земельної ділянки повинні забезпечувати показники щодо таких вимог:

- гранично допустима висота будівель;

- максимально допустимий відсоток забудови земельної ділянки;
- максимально допустима щільність населення (для житлової забудови);
- відстані від об'єкта, який проектується, до меж червоних ліній та ліній регулювання забудови;
- планувальні обмеження (зони охорони пам'яток культурної спадщини, межі історичних ареалів, прибережні захисні смуги, санітарно-захисні та інші охоронні зони);
- мінімально допустимі відстані від об'єктів, які проектуються, до інших будинків та споруд;
- зони інженерних комунікацій, які охороняються;
- вимоги до необхідності проведення інженерних вишукувань згідно з державними будівельними нормами;
- вимоги щодо благоустрою (зокрема, щодо відновлення благоустрою);
- забезпечення умов транспортно-пішохідного зв'язку [9].

Слід зазначити, що в умовах сучасного виробництва існує багато вузьких місць, які впливають на якість та довговічність нових цивільних будівель. Це, перш за все, виготовлення та доставка бетонної суміші на будівельний майданчик.

Використання полімерних добавок до бетону дає можливість отримувати матеріал високої якості. Однак уведення таких компонентів часто ускладнює процес будівельного виробництва.

Ці складності пов'язані з погодними умовами. Найбільш критичні ситуації виникають у літню спеку, зимовий холод та за випадання опадів. Передбачити поведінку полімерної добавки в таких умовах достить важко.

В Україні досить відомі добавки до бетону типу *Real Vibro* та *Real Flow*, а також добавки на основі *полікарбоксилату*. Всі ці речовини ефективні, однак є низка технологічних особливостей, які слід враховувати у роботі з ними.

Найбільш вірогідною може бути ситуація з літньою спекою. Більшість заводів, які виготовляють товарний бетон

або збірний залізобетон в Україні, мають відкриті склади інертних матеріалів. Через це у літню спеку пісок та щебінь нагріваються до високих температур, що впливає на процес виготовлення бетонної суміші.

До мішалки потрапляють гарячі наповнювачі (пісок, гранітний щебінь), тому вода із бетонної суміші починає інтенсивно випаровуватись. Цей ефект стає особливо критичним, якщо використовується добавка типу *Real Vibro*, тому що її додають до жорстких бетонів (марки Ж1...Ж2), які містять мінімальну кількість води. Комбінація гарячих наповнювачів та добавки *Real Vibro* може спричинити те, що до місця формування виробів (методом вібропресування) бетонна суміш буде доставлена абсолютно сухою та непридатною до роботи. Такий випадок з погляду використання *VIM*-технологій є абсолютно неприйнятний.

Варто зазначити, що не менш важливою бачиться ситуація з використанням добавки типу *Real Flow* в умовах осіннього дощового періоду. Цю добавку використовують для виготовлення бетону, який має більшу рухомість (марки П1...П3). У такому випадку матимемо інший ефект: до мішалки будуть потрапляти надто холодні та вологі наповнювачі (пісок, гранітний щебінь), отож підібрати кількість води замішування для бетонної суміші буде майже неможливо. У випадку з холодними наповнювачами бетонна суміш має здатність до зменшення в об'ємі і, як це не парадоксально, також потребує великої кількості води замішування. Бетонна суміш може стати рідкою та навіть розшаруватися, що також вважається браком, не придатним до формування виробів.

Обидві ці ситуації критичні з точки зору вузьких місць у технології будівельного виробництва та потребують підвищення кількості бетону, який вважається некондицією та може бути не тільки не прийнятний, а і повернутий замовником, що досить часто має місце.

Наразі не менш популярні добавки в бетон на основі *полікарбоксилату*.



Полікарбоксилатні добавки надають бетонній суміші здатності до текучості та дозволяють знизити кількість води замішування на 40...50 %, що має дуже значний ефект з точки зору стійкості бетону до руйнівних навантажень, стирання, дії агресивних середовищ та води. Однак у роботі з цим компонентом слід враховувати здатність отриманої бетонної суміші до надмірної текучості.

### Висновки

Наразі сфера будівельного виробництва змінюється досить динамічно. Ще зовсім недавно не було матеріалів, які б дозволяли досягти таких якісно інших результатів. Тому є сенс у проведенні досліджень, про які йдеться у цій статті. Навіть якщо мати

достатньо знань про компоненти, які використовує те чи інше виробництво, трапляються ситуації, коли погодні умови можуть кардинально змінити результат будівельних робіт, однак не завжди у більш вигідний як для забудовника, так і для кінцевого споживача бік.

Важливо враховувати не тільки інформацію про взаємодію багатьох факторів, а й необхідність зведення цивільної будівлі, яка задовольняє тепло-технічні характеристики сучасного будівництва. Від цього залежить не тільки прибуток від запланованого проекту, а й умови проживання та комфорт багатьох поколінь населення нашої країни.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрухов В. М., Матвійчук В. В., Мартинова Л. В., Отаманова М. Б. BIM технології проектування – перспектива розвитку будівельної галузі. *Бетон и железобетон в Украине*. 2011. № 5. С. 2–6.
2. Назаренко О. М., Бейнер Н. В., Бейнер П. С. Комплексний підхід до проектування енергоефективних будівель на основі BIM. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 1 (013). С. 66–73.
3. ДБН В.2.6.-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. Київ : Мінрегіон України, 2018, 19 с.
4. Шишкіна О. О. Бетони високої міцності для композитних матеріалів. *Вісник Криворізького національного університету*. 2022. Вип. 54. С. 42–46.
5. Пристинська В. В. Ефективність використання хімічних добавок для виготовлення залізобетонних виробів. Наука та прогрес транспорту. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2013. Вип. 1 (43). С. 170–175.
6. Маруха В. І. Підвищення роботоздатності пошкоджених бетонних і залізобетонних конструкцій ущільнювально-зміцнювальними інекціями. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2013. № 1. С. 7–17.
7. Матченко П. Т. Перевірка міцності та тріщиностійкості закладних деталей існуючих залізобетонних конструкцій. *Будівництво України*. 2019. № 3. С. 9–15.
8. Панасюк В. В., Маруха В. І., Силованюк В. П. Ефективні ін'єкційні матеріали та технології відновлення роботоздатності пошкоджених будівельних споруд тривалої експлуатації. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2018. № 2. С. 22–29.
9. Черкес Б. С., Петришин Г. П., Коник С. І. Інтенсифікація забудови історично сформованого міста (на прикладі Львова). *Національний університет «Львівська політехніка»*. 2018. № 893. С. 129–138.

### REFERENCES

1. Andrukhov V.M., Matviychuk V.V., Martynova L.V. and Otamanova M.B. *BIM technologies in design – a perspective for the development of the construction industry*. *Beton y zhelezobeton v Ukraine* [Concrete and Reinforced Concrete in Ukraine]. 2011, no. 5, pp. 2–6. (in Ukrainian).
2. Nazarenko O.M., Beiner N.V. and Beiner P.S. *Comprehensive approach to the design of energy-efficient buildings based on BIM-technology*. *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2023, no. 1 (013), pp. 66–73. (in Ukrainian).
3. *DBN V.2.6.-33:2018. Konstruktivni zovnishnikh stin iz fasadnoyu teploizolyatsiyeyu. Vymohy do proektuvannya* [DBN V.2.6.-33:2018. Designs of external walls with facade thermal insulation. Design requirements]. Kyiv : Ministry of Regions of Ukraine, 2018, 19 p. (in Ukrainian).

4. Shishkina O.O. *Betony vysokoyi mitsnosti dlya kompozytnykh materialiv* [High strength concretes for composite materials]. *Visnyk Kryvoriz'koho natsional'noho universytetu* [Bulletin of Kryvyi Rih National University]. 2022, iss. 54, pp. 42–46. (in Ukrainian).
5. Prystynska V.V. *Efektivnist' vykorystannya khimichnykh dobavok dlya vyhotovlennya zalizobetonnykh vyrobiv. Nauka ta prohres transportu* [The effectiveness of using chemical additives for the production of reinforced concrete products. Science and progress of transport]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu* [Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport]. 2013, iss. 1 (43), pp. 170–175. (in Ukrainian).
6. Marukha V.I. *Pidvyshchennya robozdatnosti poshkodzhenykh betonnykh i zalizobetonnykh konstruksiy ushchil'nyuval'no-zmitsnyuval'nymy inyektsiyamy* [Increasing the performance of damaged concrete and reinforced concrete structures by sealing and strengthening injections]. *Fizyko-khimichna mekhanika materialiv* [Physico-Chemical Mechanics of Materials]. 2013, no. 1, pp. 7–17. (in Ukrainian).
7. Matchenko P.T. *Perevirka mitsnosti ta trishchynosti ykosti zakladnykh detaley isnuuyuchykh zalizobetonnykh konstruksiy* [Checking the strength and crack resistance of embedded parts of existing reinforced concrete structures]. *Budivnytstvo Ukrayiny* [Construction of Ukraine], 2019, no. 3, pp. 9–15. (in Ukrainian).
8. Panasiuk V.V., Marukha V.I. and Silovaniuk V.P. *Efektivni in'yektsiyi materialy ta tekhnolohiyi vidnovlennya robozdatnosti poshkodzhenykh budivel'nykh sporud tryvaloyi ekspluatatsiyi* [Effective injection materials and technologies for restoring the performance of damaged construction structures of long-term use]. *Fizyko-khimichna mekhanika materialiv* [Physico-Chemical Mechanics of Materials]. 2018, no. 2, pp. 22–29. (in Ukrainian).
9. Cherkes B.S., Petryshyn H.P. and Konyk S.I. *Intensyfikatsiya zabudovy istorychno sformovanoho mista (na prykladi L'vova)* [Intensification of development of a historically formed city (on the example of Lviv)]. *Natsional'nyy universytet "L'vivs'ka politekhnika"* [Lviv Polytechnic National University]. 2018, no. 893, pp. 129–138. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 04.03.2024.