

Міністерство освіти та науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет
KHERSON STATE AGRARIAN AND ECONOMIC UNIVERSITY

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ІННОВАЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Збірник наукових праць

ВИПУСК 5



22-23 травня 2024 року

м. Кропивницький

Видається за рішенням редакційної колегії V Міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали», присвяченої 50-річчю відкриття будівельної спеціальності та Вченої ради факультету архітектури та будівництва Херсонського державного аграрно-економічного університету

*Рекомендовано до друку Вченою радою факультету
АРХІТЕКТУРИ ТА БУДІВНИЦТВА
Протокол №10 від 15 травня 2024 р.*

В збірнику публікуються наукові статті з питань будівництва і архітектури спрямовані на науковий пошук, обмін досвідом, впровадження результатів наукових досліджень у практичну діяльність підприємств і установ, установлення нових контактів і співробітництва між організаціями та фахівцями.

Збірник розрахований на наукових співробітників, інженерно-технічних робітників підприємств, проектних організацій, навчальних та науководослідних інститутів напряму будівництва та архітектури.

Редакційна колегія:

Чеканович М.Г. – к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну Херсонського державного аграрно-економічного університету, Заслужений винахідник України; дійсний член Академії будівництва України;

Желуденко К.В. – старший викладач кафедри будівництва, архітектури та дизайну Херсонського державного аграрно-економічного університету

Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали: збірник наукових праць. 5- й випуск. – Кропивницький - Херсон: ХДАЕУ, 2024. – 123 с.

Тексти матеріалів тез подані в авторській редакції. Відповідальність за точність, достовірність і зміст поданих матеріалів несуть автори.

ЗМІСТ

1	М.Г. Чеканович <i>Максимізація несучої здатності конструкцій на основі синхронізації параметрів напружено-деформованого стану бетону та сталі</i>	5
2	Б.Г. Демчина, Л.І. Вознюк, Д.Ю. Буряк, С.О. Щербаков <i>Застосування технології будівельного 3D друку для виготовлення несучих конструкцій</i>	10
3	І.М. Добрянський, Л.О. Добрянська, Н.І. Ільчук <i>Розрахункова модель дослідження теплообмінних процесів у бетонних будівельних конструкціях</i>	14
4	С.О. Незнамов, М.Г.Чеканович <i>Досвід першочергового відновлення будівель ХДАЕУ після обстрілів</i>	20
5	Б.Г. Демчина, М.В. Черевко <i>Експериментальні дослідження міцності скляних кубів руйнівним методом</i>	24
6	Ю.Л. Лотоцький, А.Є. Фаль, С.Ю. Аксьонов, І.А. Смоляк <i>Досвід відновлення мостів після бойових дій використовуючи I-подібні напружені залізобетонні балки прогонової будови</i>	28
7	Л.О. Добрянська, І.М. Добрянський, Н.І. Ільчук <i>Вплив температурних напружень на інженерні будівельні системи</i>	32
8	V. Zhurakhivskyi, O.M. Чеканович <i>Building diagnostics (Діагностика в будівництві)</i>	39
9	Л.В. Харламова, Д.В. Бурлака <i>Купол собору Санта Марія –дель - Фйоре. Філіппо Брунеллеске</i>	43
10	С.О. Карпушин, М.В. Пашинський, В.В. Дарієнко, В.В. Слонь <i>Особливості технічного обстеження житлової малоповерхової приватної забудови з метою підрахунку матеріальних збитків після затоплення</i>	49
11	М.Г. Чеканович <i>Технічний стан будівель та споруд після ракетного удару</i>	55
12	Є.С. Жученко <i>Інноваційна технологія осушення будівель «Біодрай» під час реставрації, реконструкції та відновлення об'єктів культурної спадщини, громадських, житлових та інфраструктурних об'єктів в умовах війни</i>	60
13	К.В. Желуденко, А.Д. Якімова <i>Перспективні напрями в будівництві дерев'яних малоповерхових будівель</i>	63
14	Л.В. Гасенко, Вінодхіні Офілія Гудвін <i>Рушійні сили та перешкоди на шляху впровадження енергоефективних технологій у будівельних проектах</i>	67

15	М.М. Волошин <i>Енергозберігаючий «пасивний будинок»</i>	72
16	К.В. Желуденко, В.М. Пивоваров <i>Застосування монолітного залізобетону при будівництві малоповерхових будівель</i>	76
17	В.В. Дарієнко, С.О. Карпушин, В.В. Слонь, М.Й. Піонткевич <i>Коноплі як перспективний матеріал для сталого відновлення України після війни</i>	80
18	О.М. Савицький, В.А. Спиридоненков, І.В. Шинкаренко <i>Сучасні індустріальні архітектурно-конструктивні технологічні системи малоповерхових будівель на основі елементів НВЕ</i>	84
19	К.В. Желуденко, О.Г. Шестаков <i>Методи підсилення фундаментів малоповерхових будівель</i>	87
20	М.М. Волошин <i>Сучасний приклад архітектури Саудівської Аравії</i>	90
21	К.В. Желуденко, М.І. Нікитенко <i>Сучасні покрівельні матеріали і технології для житлових будівель</i>	97
22	V.O. Zubenko <i>Energy-independent buildings and renewable energy sources</i>	101
23	D. Varulin <i>Natural building materials</i>	105
24	К.В. Желуденко <i>Особливості застосування незнімної опалубки при зведенні енергоефективного житлового будинку</i>	108
25	М.В. Гаркуша <i>Підходи із захисту від агресивних фізичних і хімічних впливів дорожніх водопропускних споруд з металевих гофрованих конструкцій</i>	111
26	У.І. Іваночко <i>Доступне і стійке житло: основні тенденції та підходи</i>	115
27	К.В. Желуденко <i>Конструктивні і технологічні особливості покрівель, що експлуатуються</i>	120

МАКСИМІЗАЦІЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ СИНХРОНІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ НАПРУЖЕНО- ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БЕТОНУ ТА СТАЛІ

*Чеканович М.Г., к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну, Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Херсон, Україна*

Вступ. Проблема досягнення максимальної ефективності будівельних конструкцій при виготовленні, реконструкції, підсиленні та відновленні завжди на передньому плані розвитку будівництва. Синхронізація вияву властивостей міцності дво- і більше компонентних матеріалів у конструкціях представляється перспективним шляхом досягнення їх ефективності. До таких матеріалів відноситься і найпоширеніший у будівництві традиційний двокомпонентний залізобетон.

При навантаженні традиційних залізобетонних балкових конструкцій зі зчепленням бетону і сталі деформації зазначених матеріалів вважаються однаковими. Оскільки достатньо високоміцна арматурна сталь проявляє свою міцність при деформаціях значно вищих, ніж бетон, то маємо асинхронне виявлення міцності матеріалів, утворення тріщин в бетоні, що суттєво знижує міцність традиційних конструкцій [1-3].

Основна частина. Автором запропонована необхідна умова досягнення максимальної міцності залізобетонних елементів, що полягає в синхронізації прояву максимального опору бетону і сталі в залізобетоні при його навантаженні [2,3].

Умова може бути сформульована математично
– за переміщеннями

$$\delta_{cf} + \delta_m = \delta_{sf},$$

де δ_m - додаткові переміщення регулятора конструкцій,
або за часом

$$t_{cf} = t_{sf}$$

Розглянемо як простий приклад одноразове статичне навантаження конструкції з постійною швидкістю.

В цьому випадку швидкість деформування матеріалів може бути представлена графіками, поданими на рис. 1, а максимізована крива міцності конструкції – на рис.2.

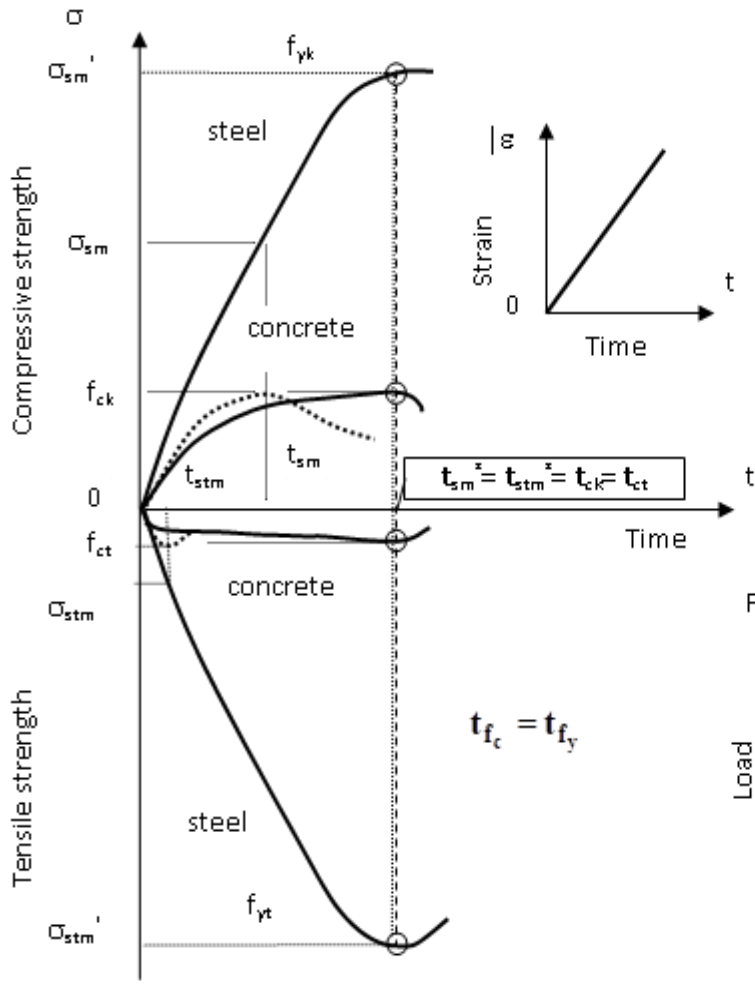


Рисунок 1. Синхронізація

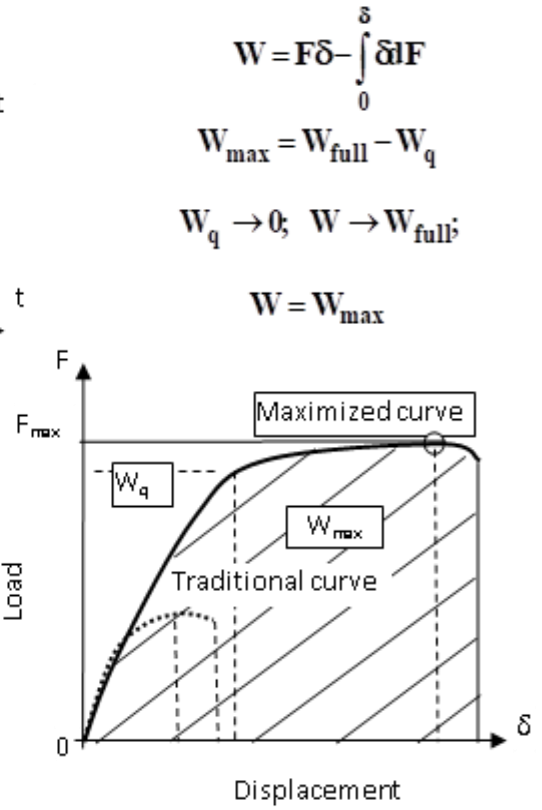


Рисунок 2. Максимізація

Забезпечити умову максимальної міцності можливо шляхом регулювання зусилля обтиску балки (рис. 3). Порівняльні результати випробувань регульовано обтиснутої і традиційної попередньо напруженої балки за рівних витрат матеріалів показані на рис. 4. Несуча здатність всіх можливих варіантів напружено-деформованого стану балки представлена горизонталями на рис. 5.

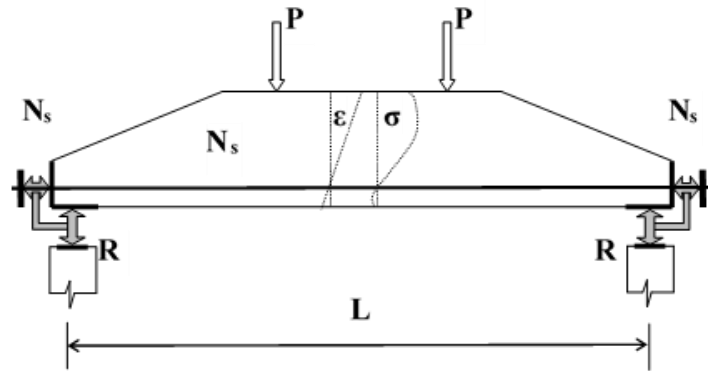
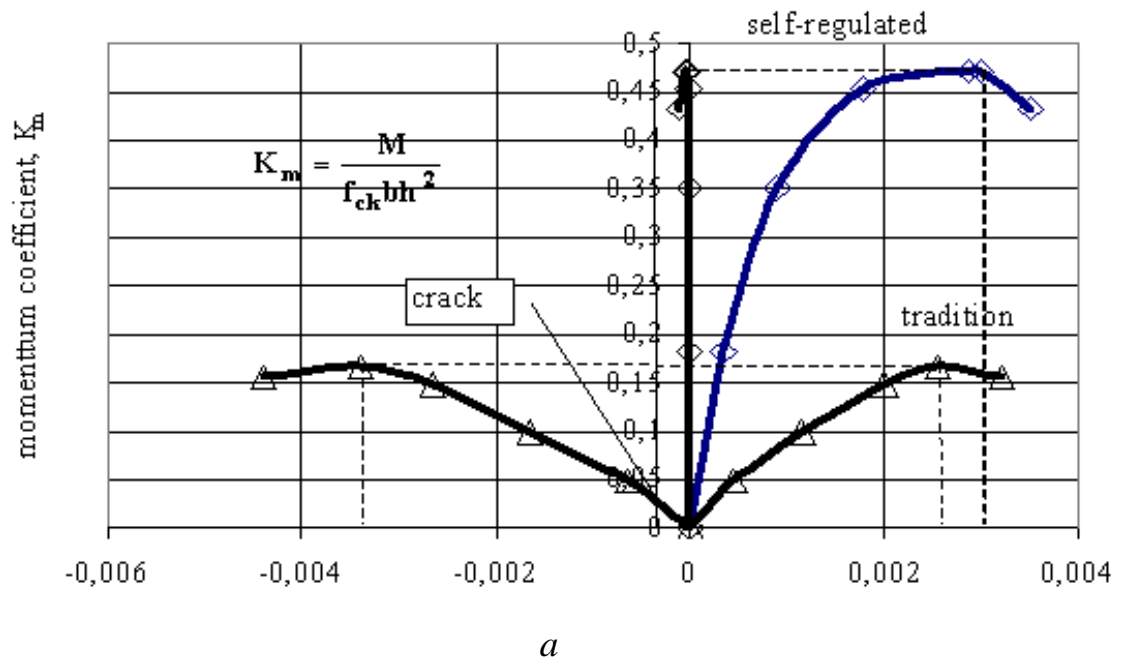
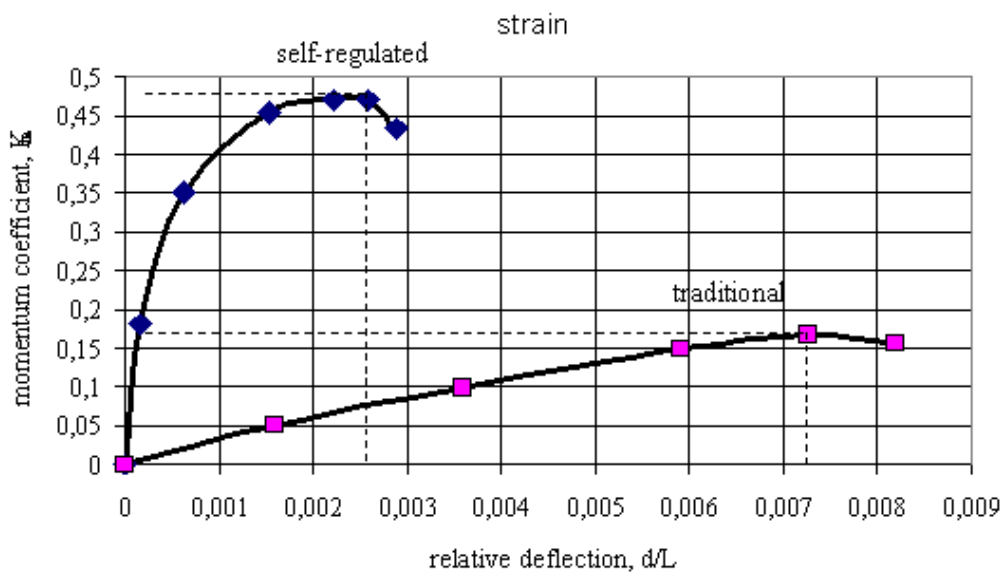


Рисунок 3. Дослідна регульована балка



a



b

Рисунок 4. Результати випробувань конструкцій балок: *a* – залежності «приведений момент – фіброві деформації»; *b* – залежності «приведений момент- прогини»

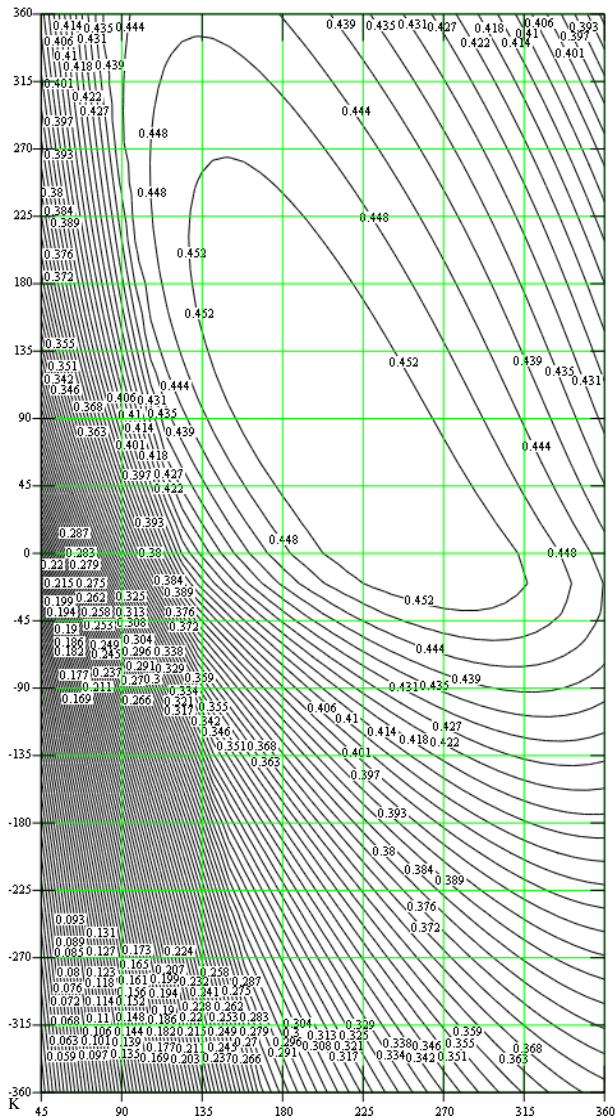


Рисунок 5. Оптимізація несучої здатності конструкцій

Фрагмент ділянки максимальної міцності наведений на рис.6. Тут нижній максимум звичайно потребує менших витрат матеріалів. Саме за таким режимом і здійснене регулювання наведеної вище конструкції балки. Висока міцність регульованої за оптимальним режимом синхронізації балки пояснюється відсутністю руйнування нормального перерізу балки тріщинами при навантаженні.

За результатами досліджень міцність такої конструкції балки переважає більш, ніж у два з половиною рази традиційну. При цьому жорсткість регульованої балки втричі вища.

При максимальному навантаженні удосконалених залізобетонних балкових елементів бетон і сталь досягають максимального опору синхронно, що в сукупності призводить до забезпечення можливості досягнення елементом максимально можливої несучої здатності. Швидкість деформування сталі тут випереджає бетон завдяки регулюванню. Практика виготовлення і випробування залізобетонних елементів з синхронним проявом максимальної міцності матеріалів підтвердила вище наведені обґрунтування.

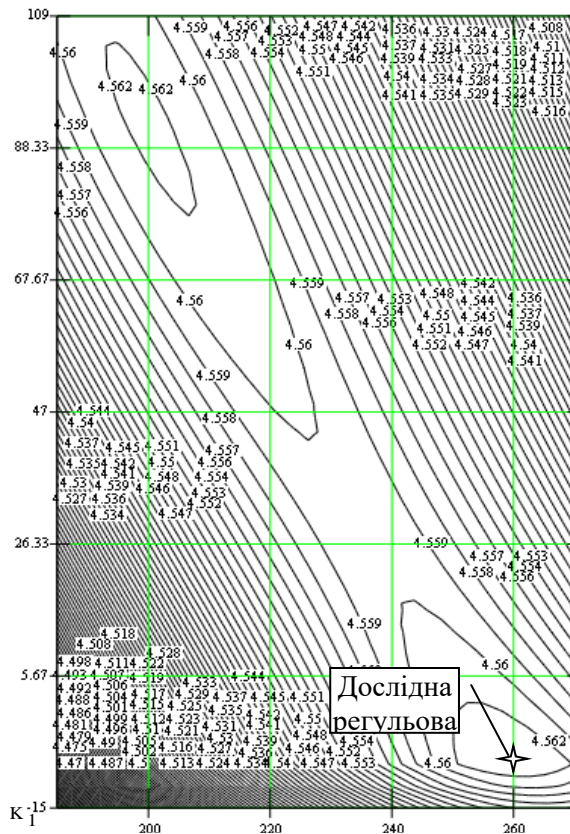


Рисунок 6. Фрагмент

Висновок. З наведеного вище випливає, що для досягнення максимальної оптимізованої міцності залізобетону необхідно, аби момент часу прояву максимального опору бетону співпадав з моментом часу прояву максимального опору сталі. В експериментальних балкових конструкціях забезпечити синхронізацію дозволило оптимальне регулювання зусилля обтиску. Використаний резерв міцності в дослідних балках склав більше двох з половиною разів. При цьому жорсткість регульовано обтиснутих конструкцій балок була майже втричі вищою, ніж традиційних.

Список використаних джерел:

1. Leongard F. "Spannbeton" für die Praxis. Wyd.3. Ernst u Sohn, Berlin-München-Düsseldorf, 1973, p. 246.
2. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкції. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (5), 199-204. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24>.
3. Чеканович, М. Г. (2024). Альтернативний розрахунок будівельних конструкції на основі обертального моменту. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (6), 261-268. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.29>.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВЕЛЬНОГО 3D ДРУКУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Демчина Б.Г., д.т.н., професор, Вознюк Л.І., к.т.н., доцент,
Бурак Д.Ю., аспірант, Щербаков С.О., аспірант.
(Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів)*

Вступ. Використання технології 3D друку в будівництві дозволяє значно знизити витрати та скоротити час виконання будівельно-монтажних робіт. Ця інноваційна методика також сприяє підвищенню точності виконання робіт, зменшенню кількості будівельних відходів і відкриває нові можливості для створення складних архітектурних форм. Сьогодні у світі приділяється велика увага розвитку технології 3D друку в будівництві. Водночас, в Україні наразі відсутні нормативні акти для проєктування і зведення конструкцій за допомогою цієї технології. Брак регуляторних стандартів ускладнює впровадження нових методів у будівельну галузь.

Крім того, в Україні відсутня значна експериментальна база щодо оцінки несучої здатності та деформативності надрукованих конструкцій. Це обмежує можливості для повномасштабного використання 3D друку у будівництві та потребує проведення додаткових наукових досліджень і тестувань.

В Україні, дослідженнями таких конструкцій займаються науковці НУ «Львівська політехніка» [1,2].

Для України відкриваються широкі можливості впровадження технології 3D друку в будівництві. Зокрема, це може стати важливим фактором у вирішенні житлових проблем, відновленні зруйнованих будівель, а також у створенні сучасної інфраструктури.

Зважаючи на світовий досвід, в Україні необхідно зосередити зусилля на розробці нормативної бази, проведенні експериментальних досліджень та залученні інвестицій у цю перспективну сферу.

Основний текст. В даній публікації описана методика виготовлення монолітних балок та арок, які армовані зварними каркасами, за допомогою будівельного 3D принтера ТОВ «3D TECHNOLOGY UTU», на основі розроблених авторами публікації проєктних рішень та технологічної послідовності.

Переваги технології 3D друку у будівництві: зменшення витрат, 3D друк дозволяє значно скоротити витрати на матеріали та працю завдяки точному розподілу ресурсів; швидкість будівництва, час на зведення будівель скорочується у кілька разів у порівнянні з традиційними методами; гнучкість дизайну, можливість створення складних геометричних форм, які важко реалізувати традиційними методами; скорочення відходів, технологія дозволяє використовувати матеріал точно за розмірами проєкту, зменшуючи кількість будівельних відходів; автоматизація процесів, зменшення необхідності у великій кількості робочої сили і можливість працювати в умовах, небезпечних для людини.

В Україні будівництвом із використанням технології 3D друку займається компанія ТОВ “3D TECHNOLOGY UTU” [3].

Відомий надрукований цією компанією житловий будинок у м. Ірпені побудують для родини, у яких снарядом зруйнувало будинок, а потім на фронті загинув голова родини (рис. 1).



Рис. 1. Житловий будинок, побудований із використанням технології 3D друку у м. Ірпені (фото із сайту ТОВ “3D TECHNOLOGY UTU”)

Для виконання цього завдання спершу було проведено моделювання та проектування експериментальних конструкцій у графічних автоматизованих системах, з урахуванням особливостей їхнього подальшого формування та виготовлення методом 3D друку.

Конструкції експериментальних балок та арок були підсилені зварними каркасами. Виготовлення проводилося на основі попередньо розробленої технологічної послідовності робіт.

Схема балки, армованої зварними каркасами показана на рисунку 2.

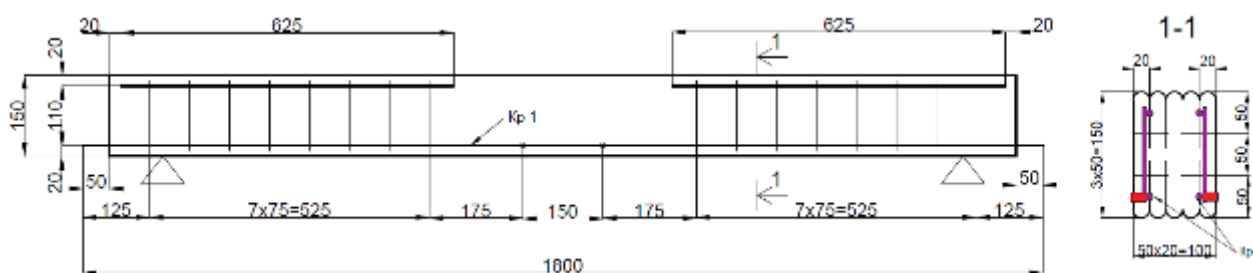


Рис. 2. Проект балки, армованої зварними каркасами

Відповідно до рисунку 2, довжина балки складає 1700 мм, ширина – 100 мм, а висота – 150 мм. За технологією виготовлення, балка формувалася горизонтально у п'ять шарів, а після досягнення необхідної міцності її перевертали на 90 градусів у проектне положення. На торцях нижня арматура каркасу випущена на 50 мм для дослідження анкерування нижньої робочої арматури під час проведення експериментальних досліджень.

Схема арки, армованої зварними каркасами показана на рисунку 3.

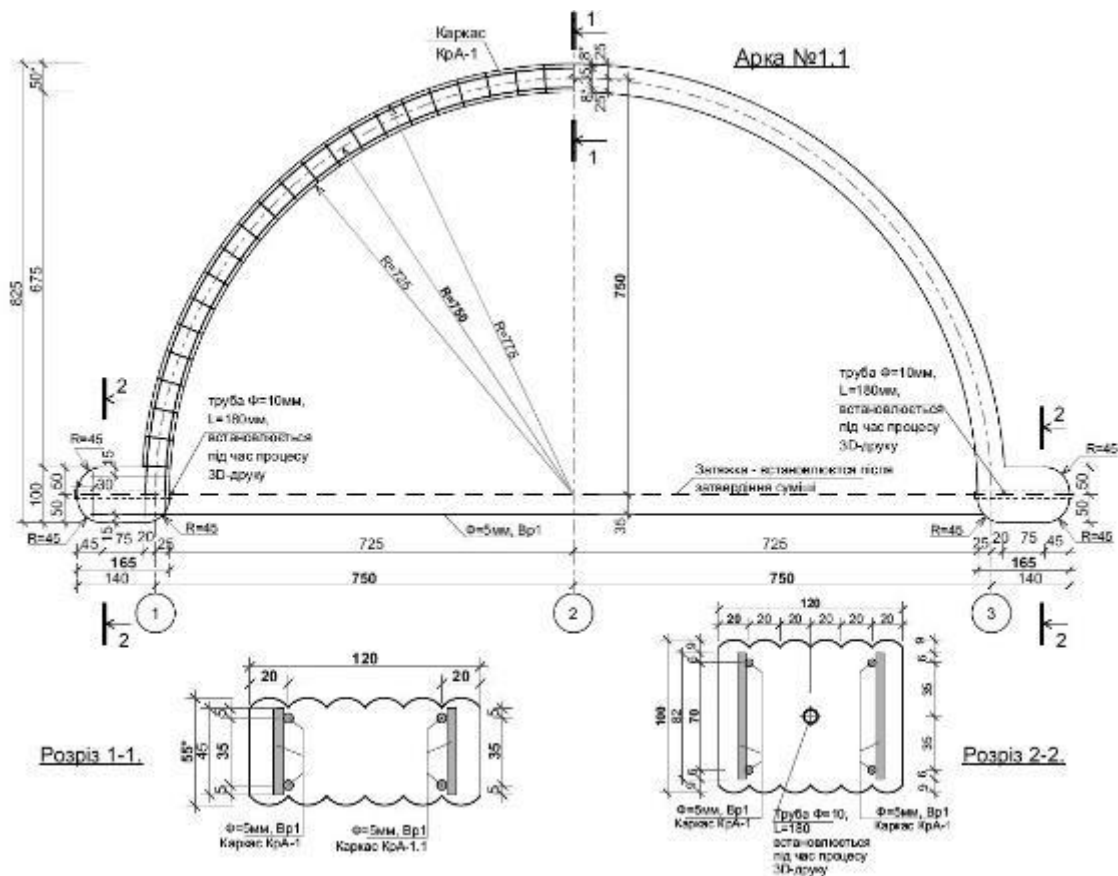


Рис. 3. Проект арки, армованої зварними каркасами

Як видно з рисунку 3, проліт проектованої аркової конструкції становить 1500 мм, а висота підйому – 750 мм. Розмір арки у перетині складає 120x55 (h) мм. Відповідно до технології виготовлення, арка у перерізі складається з шести шарів, кожен з яких має розмір 55x20 мм. Розміри кожної з двох опор арки становлять 190x100 (h) мм. У процесі друку, всередині опор арки посередині були встановлені закладні деталі з труб діаметром 10 мм для можливого подальшого влаштування затяжки в арці.

Технологічна послідовність включала наступні етапи: моделювання та проектування балок та арок; виготовлення зварних арматурних каркасів; моделювання траєкторії руху сопла 3D принтера; друк першого шару; технологічна пауза 3-5 хвилин для затвердіння розчину; розміщення першого зварного арматурного каркасу в проектне положення на першому нижньому шарі; технологічна пауза 3-5 хвилин для затвердіння розчину; друк наступних шарів з перервами 3-5 хвилин для затвердіння розчину після друку кожного шару; розміщення другого зварного арматурного каркасу в проектне положення; наступна технологічна пауза 3-5 хвилин для затвердіння розчину; друк останнього шару; очікування не менше 28 днів для затвердіння та отримання готових виробів; транспортування балок до випробувальної лабораторії.

На рисунку 4 показано процес друку арки, згідно вище описаної технології виготовлення.



Рис. 4. Проект арки, армованої зварними каркасами

На рисунку 4 показано етап вкладання другого шару арки по арматурному каркасу, який, у свою чергу, влаштований по першому шару.

Для визначення фізико-механічних характеристик матеріалів були виготовлені дослідні зразки у формі кубів та призм, а також арматура з тих самих матеріалів, що й дослідні зразки.

Висновки. Розроблена методика друку балок та арок з використанням технології будівельного 3D друку дозволила виготовити конструкції, що повністю відповідають попередньо розробленим проектним рішенням.

Запропонована послідовність формування балок забезпечила можливість розміщувати зварні каркаси у наперед запроєктованих ділянках.

Наявність армування у конструкціях виготовлених методом 3D друку дає змогу застосовувати такі вироби як несучі конструкції при проектуванні згинальних та стиснуто-згинальних елементів.

Ця технологія виготовлення може бути успішно використана в реальних будівельних проектах.

Список використаних джерел:

1. B. Demchyna, L. Vozniuk, M. Surmai. Testing of the Ribbed Dome Which is Manufactured by 3D Printing. Proceedings of CEE 2023. CEE 2023. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 438. Springer, Cham (2024). DOI: 10.1007/978-3-031-44955-0_8.
2. Demchyna, B., Vozniuk, L., Surmai, M., Havryliak, S., Famulyak, Y.: Experimental study of the dome model made using a 3D printer from PLA plastic. In: AIP Conference Proceedings 2949(1), 020010 (2023). doi:10.1063/5.0165270.2
3. <https://utu.com.ua/>

РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У БЕТОННИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Добрянський І.М., Добрянська Л.О., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ;

Ільчук Н.І., Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

Вступ. Впровадження ресурсощадних технологій і будівництво складних інженерних споруд ємнісного типу (захисні оболонки реакторів, резервуари для зберігання продуктів з високою температурою, акумулятори тепла в комплексі споруд атомних електростанцій тощо) призводить до необхідності комплексного вирішення проблем, пов'язаних з дослідженням матеріалів і конструкцій, виконаних на основі бетону, що перебувають в умовах дії високоінтенсивних теплових чинників і, як наслідок, складного термонапруженого стану. Дія температури викликає появу температурних моментів, що в сукупності із силовими чинниками створюють умови для появи наскрізних тріщин, які впливають на перебіг експлуатації, особливо об'єктів утилізації відпрацьованого ядерного палива АЕС.

До найцікавіших явищ, пов'язаних з дією лазерного опромінення, належать ефекти, які мають місце при поглинанні потужного лазерного променя на поверхні непрозорого матеріалу.

Практичний досвід експлуатації інженерних споруд вказує на складність температурного режиму їх роботи, що в кінцевому підсумку має значний вплив на експлуатаційну надійність [1;2;3]. Зокрема в екстремальних ситуаціях температура всередині захисної оболонки реактора може сягати 200 – 250° С, а робоча температура теплоносія в акумуляторах тепла перебуває в межах 220 – 240° С. Якщо не враховувати вплив температури на експлуатаційну здатність бетонної конструкції, то вже протягом 3-5 років експлуатації споруди виникають тріщини з недопустимою шириною розкриття, що в подальшому вимагає значних витрат на їх посилення і відновлення.

Дослідження напружено-деформованого стану споруд у комплексі з експериментальними випробуваннями як на моделях, так і натурних спорудах [1], з урахуванням фізичної нелінійності бетону, дає змогу розробити інженерні методи розрахунку, беручи до уваги зсідання та повзучість бетону.

Локально-зосереджене температурне навантаження на будівельні конструкції виникає при спрямованому потоці випромінювання синхрофазотронів та інших прискорювачів, спрямованому концентрованому потоці енергії, емітованому лазерним розігрівом, викидах теплоносія. Перелічені зовнішні температурні впливи різняться за рівнем температури та швидкістю розігрівання, негативними наслідками для опромінюваного об'єкта. Найменша швидкість нагрівання спостерігається при взаємодії заряджених частинок з матеріалом конструкції, найвища – при ядерному опроміненні. Негативні наслідки для бетонної конструкції залежать також від

її стану та конструктивних особливостей. Так, важливим чинником виникнення дефектів при локальному нагріві є маса і розміри конструкції, вологість бетону тощо. При високих швидкостях нагрівання, малогабаритності конструкції та високій вологості бетону може відбутись раптове крихке руйнування.

Швидкість нагрівання бетону дуже впливає на процеси тепло-масообміну. При цьому значний вплив на них має вологість та наявність пор у бетоні, частково чи повністю заповнених вільною рідиною. Дуже близьким до процесів теплопровідності внаслідок точкового прогрівання променем лазера за швидкістю та рівнем температури є процеси виникнення і розповсюдження пожежі.

Основний текст. Побудуємо модель тепломасообміну, використавши загальні положення пористого багатофазного середовища та вихідні положення теорії пружності, що перебуває в умовах високотемпературної зовнішньої теплової дії.

Загальна модель тепломасообміну для мікропористих матеріалів з розмірами пор $r_i \leq 10^{-7}$ м та пористістю 20-30 %, на основі критерію подібності, стосовно бетону описується системою рівнянь

$$\begin{cases} \rho_1 C_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \text{div}(\lambda_1 \nabla T_1) - n_2 \alpha_{12} (T_1 - T_2), \\ \rho_2 C_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = -r_i M \xi + n_2 \alpha_{12} (T_1 - T_2), \\ \frac{\partial \rho_2}{\partial t} = -M \xi, \\ \frac{\partial \rho_3}{\partial t} = \text{div}(K_3 \rho_3 \nabla p) + M \xi, \end{cases} \quad (1.1)$$

де позначено: ρ_i – щільність i -ї фази в складі всього матеріалу; C_i – теплоємність i -ї фази; T_i – температура i -ї фази; α_{12} – коефіцієнт міжфазного теплообміну 1-ї та 2-ї фаз; n_2 – число капілярів, заповнених рідиною в одиниці об'єму; r_i – питома теплота пароутворення; K_3 – коефіцієнт фільтрації пари в порах; M – молярна маса води; ξ – джерело, що визначає надходження (відтік) числа молекул пари в розрахунку на одиницю об'єму; p – внутрішньопаровий тиск; t – час.

У формулюванні моделі (1.1) виходили з таких положень:

- пористе середовище є трифазним (твердий скелет, рідина в порах, газ у порах, що є сумішшю повітря і пари);
- справедливі основні гіпотези механіки багатофазних середовищ; розмір включень набагато перевищує молекулярно-кінетичні розміри; розмір неоднорідностей значно менший за відстані, на яких макроскопічні та усереднені параметри фаз змінюються суттєво.

У системі рівнянь (1.1) не враховані конвективна і молекулярна

теплопередача в рідкій фазі, теплообмін між рідкою та газоподібною фазами та фільтрація рідини в порах. Згідно з положеннями молекулярно-кінетичної теорії для ідеального газу маємо залежність $p = \rho \frac{R}{M} \phi_3 T_3$, причому ϕ_3 – об’ємна частка 3-ї фази; R – кінетична стала.

За оцінками теорії багатofазних середовищ, випаровування вологи відбувається у вузькій смузі, що ділить вологі і суху області в масі бетону. Приймається, що випаровування відбувається за температури 100°C і у вологій області температура менша за температуру випаровування. Тому можна вважати, що існує деяка поверхня Σ , на якій у вузькому приповерхневому шарі ΔS відбувається повне випаровування води за час Δt . У сухій частині основної маси відсутні випаровування та вода, що приводить до залежностей

$$\begin{cases} n_2 = 0, \rho_2 = 0, \xi = 0, \\ \rho_1 C_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \text{div}(\lambda_1 \nabla T_1), \\ \frac{\partial \rho_3}{\partial t} = \text{div}(K_3 \rho_3 \nabla p). \end{cases} \quad (1.2)$$

У вологій частині континуума температура твердого каркаса та води збігаються і випаровування відсутнє, тобто $T_2 \approx T_1 = T$, $\xi = 0$, $\rho_2 = \rho_{20} = \text{const}$, у результаті чого приходимо до системи

$$\begin{cases} (\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2) \frac{\partial T_1}{\partial t} = \text{div}(\lambda_1 \nabla T_1), \\ \frac{\partial \rho_3}{\partial t} = \text{div}(K_3 \rho_3 \nabla p). \end{cases} \quad (1.3)$$

Оскільки $C_1 = C_2$ і майже завжди $\rho_2 \ll \rho_1$, то перше рівняння системи (1.3) можна замінити відповідним рівнянням системи (1.2). Вважаючи, що на поверхні Σ тепловий потік і потік маси j_3 мають розриви, можна сформулювати наступні умови:

$$\begin{cases} [T] = 0, [\rho_3] = 0, \\ \left[\lambda \frac{\partial T}{\partial S} \right] = r_0 \rho_{20} \frac{\partial S}{\partial t}, \\ [\vec{j}_3 \cdot \vec{n}] = \rho_{20} \frac{\partial S}{\partial t}, \end{cases} \quad (1.4)$$

де \vec{n} – нормаль до поверхні Σ , напрямлена в бік руху цієї поверхні; $S = S(\vec{r}_0, t)$ – рівняння руху довільної точки поверхні Σ , яка характеризується радіусом-вектором \vec{r}_0 ; означає скачок відповідної величини при переході через

поверхню.

Найрозповсюдженішою розрахунковою моделлю приймається модель середовища у вигляді півпростору, по поверхні якого діє стала температура омиваючого середовища. Розв'язок даної модельної задачі при сталих характеристиках середовища та крайових умовах

$$x = 0 : T_1 = T_f, \rho_2 = 0, \rho_3 = \rho_f \varphi_3; \quad x \rightarrow \infty : T_1 = T_0, \rho_3 \rightarrow \rho_{30};$$

$$t = 0 : T_1 = T_0, \rho_3 = \rho_{30},$$

де T_f – температура зовнішнього середовища; ρ_f – щільність пори в полум'ї;

$$\rho_f = p_0 \frac{M}{RT_f}.$$

За умови інтенсивного випаровування рідини в порах системи (1.2), (1.3.) можна переформулювати у вигляді задачі Стефана:

$$\begin{cases} \rho_1 C_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \lambda_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2}, 0 \leq x \leq \sigma(t), \\ \frac{\partial \rho_3}{\partial t} = K_3 \frac{\partial(\rho_3 \frac{\partial p}{\partial x})}{\partial x}, 0 \leq x \leq \infty, \\ p = \rho_3 T_1 R / (M \varphi_3), \end{cases} \quad (1.5)$$

де $x = \sigma(t)$ – границя області фазового переходу між вологою і сухою областями, на якій виконуються умови

$$x = \sigma(t) : -\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = r_t \rho_{20} \frac{\partial \sigma}{\partial t}, \quad T_1 = T_0, \quad K_3 \left(\rho_3 \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{\sigma-0} - \rho_3 \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{\sigma+0} \right) = \rho_{20} \frac{\partial \sigma}{\partial t}.$$

Розв'язок рівняння для межі фазового переходу має вигляд

$$\sigma(t) = 2\alpha \sqrt{X_1 t}, \quad X_1 = \frac{\lambda_1}{C_1 \rho_1},$$

де α – корінь трансцендентного рівняння

$$\theta(\alpha) \alpha e^{\alpha^2} = B, \quad B = \rho_1 C_1 (T_f - T_0) / (2r_t \rho_{20}), \quad \theta(\alpha) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\alpha e^{-u^2} du = \operatorname{erf} \alpha,$$

причому $\operatorname{erf} \alpha$ – інтеграл ймовірностей.

Параметр T_* , який фігурує у розв'язку першого рівняння системи (1.5)

$$T_1 = T_f - (T_f - T_*) \theta(z), \quad z = \frac{x}{2\sqrt{X_1 t}},$$

знаходиться з припущення великої паропроникності $K_3 \gg 1$ і вважаючи при цьому рух пари стаціонарним.

Розподіл тиску виражається залежністю

$$p = p_0 A, \quad A = \left[1 + \frac{4\rho_{20}\alpha X_1}{\varphi_3 \rho_f \rho_0 K_3 T_f} \int_0^\alpha T_1(z) dz \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (1.6)$$

Залежність (1.6) показує, що тиск у порах на межі зони випаровування максимальний та незмінний у часі. Тиск тим більший, чим більші вологість матеріалу та температура навколишнього середовища, а також чим менша паропроникність. Похибка визначення часу просушування складає не більше 20 %. Тому для врахування реальних умов процесів тепломасообміну для конкретних видів бетону необхідно розв'язувати нелінійну задачу в точній постановці згідно з рівняннями систем (1.2)–(1.4).

Експериментальні дослідження виявили, що вирішальний вплив на зміну міцності бетону має вологість. При цьому можна виділити два процеси прогрівання бетону.

Перший зумовлений випаровуванням вільної вологи, що здійснюється за температур, нижчих 100°C . Руйнування може відбуватись від різкого зростання тиску в порах при випаровуванні. Залежності

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma}{\partial r} \geq \frac{K_3}{\eta} [(p_{\max} - p_0) / \nabla \sigma], \\ \frac{I}{(1-I)(p_{\max} - p_0)} \geq R_{bt} \end{cases} \quad (1.7)$$

дають змогу визначати умови руйнування бетону в перебігу вказаного температурного режиму.

Другий процес пов'язаний з дегідратацією цементного каменю та заповнювачів і визначається тільки температурою скелета бетону.

Згідно з вказаними залежностями виконано дослідження коефіцієнтів перебігу реакції, які вказують, що за температури 600°C вони близькі до одиниці, тому це значення можна прийняти за температуру початку руйнування бетону. Ці результати добре узгоджуються з результатами роботи [1], в якій за момент початку руйнування приймався час, за який серединний переріз прогрівався саме до значення 600°C .

Звичайно, наведені залежності моделі не претендують на повноту опису і перебігу тепломасообмінних процесів у бетоні. Це можна пояснити тим, що границя мікротріщиноутворення лежить у межах $(0,2-0,3)R_{bt}$, а експлуатаційні напруження в бетоні зазвичай вищі, тому пори бетону об'єднані мікротріщинами, що дозволяє перерозподіляти тиск пари в граничні шари вологої зони. Щойно тиск пари зростає, сусідні пори, заповнені рідиною, підпорядковуються ортобулічній кривій і випаровування відбувається за температури, вищої від 100°C . Для високоякісних дрібнопористих бетонів границя мікротріщиноутворення вища – у межах $0,6 R_{bt}$, що цілком відображає зону експлуатаційних навантажень. Проблема значно ускладнюється характером дії локального теплового навантаження внаслідок криволінійності фронту прогрівання і границі області фазового переходу.

Для одержання просушеного бетону зразки витримувались у сушильній шафі за температури 105°C протягом двох діб.

На пресі П-125 куби випробовувались з метою визначення класу бетону та міцності у віці 3, 6, 12 місяців. При чотирьох рівнях навантаження куби випробовувались на прогрів точковим джерелом бокової грані. Рівні навантажень під час випробувань приймалися: 0; 0,25; 0,65; 0,95 від величини R_{bt} . Точка нагріву знаходилась у геометричному центрі грані куба, нагрівання здійснювалося в області площею близько 1 см^2 . Для точнішого визначення потужності опромінювача, яка йшла на прогрівання бетону, зона дії нагріву зачорнювалась будівельною сажею з діаметром зачорнення 30 мм. Температура контролювалась спеціальною установкою, яка дозволяла знімати покази кожні 10с з постійною комп'ютерною обробкою результатів. З точністю до 1с визначали час температурного навантаження до моменту руйнування. Така методика дозволяє визначити основні чинники, що впливають на міцність бетону при точковому інтенсивному нагріванні джерелом тепла та виявити всі закономірності високотемпературного процесу.

Вибухоподібне руйнування, що характерне для умов пожежі, неможливе для крупнопористого бетону. Якщо нагріваються високоякісні щільні класи бетонів, то вони можуть раптово зруйнуватись, причому руйнується поверхневий шар товщиною в кілька сантиметрів. Це можна пояснити внутрішньопоровим тиском та ізольованістю дрібних пор у високоякісних бетонах.

Для більш строгого розгляду теплових явищ слід брати до уваги температурні зміни теплофізичних властивостей. В окремих випадках зміна цих властивостей в інтервалі від кімнатної до температури плавлення, що особливо актуально для споруд атомної енергетики, може бути значною. Але врахування теплофізичних властивостей від температури значно ускладнює модель і виводить її на рівень нелінійної.

Для реальних умов експлуатації вологість бетону корелюється особливостями кліматичної зони, порою року, умов приміщення та інших випадкових чинників. Вологість бетону головним чином впливає на швидкість просування фронту випаровування та ріст внутрішнього тиску в порах.

Висновки. Для більш строгого розгляду теплових явищ слід брати до уваги температурні зміни теплофізичних властивостей. В окремих випадках зміна цих властивостей в інтервалі від кімнатної до температури плавлення, що особливо актуально для споруд атомної енергетики, може бути значною. Але врахування теплофізичних властивостей від температури значно ускладнює модель і виводить її на рівень нелінійної.

Для реальних умов експлуатації вологість бетону корелюється особливостями кліматичної зони, порою року, умов приміщення та інших випадкових чинників. Вологість бетону головним чином впливає на швидкість просування фронту випаровування та ріст внутрішнього тиску в порах.

Список використаних джерел:

1. Добрянський І. М. Вплив мікроструктури цементного каменю на його фізико-механічні характеристики / І. М. Добрянський, І. І. Ніконець // Будівництво України. – 2009. – № 3. – С. 35–36.
2. Environmenta engineering Book of abstracts III International Scientific-Technical Conference1Cyclic influence of freeze-saw temperature the metal sheet shear between concrete in steel-concrete beams actual problems of renewable power engineering, construction and environmental engineering, Book of abstracts III International Scientific-Technical Conference, 7-9 February 2019, Kielce (Poland, Ukraine, Croatia, Slovakia)- с.72 (фахове видання), Ivan Dobrianskyu, Andriy Hrytsevych, Ljubov Dobryanska.
3. Добрянська Л., Добрянський І., Фафлей О. Дослідження температурного поля будівельних конструкцій з багатошаровим покриттям. Міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали», ХДАЕУ, с. 75-78, 2022.

УДК 624.01

ДОСВІД ПЕРШОЧЕРГОВОГО ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ХДАЕУ ПІСЛЯ ОБСТРІЛІВ

Незнамов С.О., к.с.-г.н., проректор з адміністративно-господарської роботи;

Чеканович М.Г., к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну, Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна

Вступ. Херсонщина як і вся Україна страждає від обстрілів, ракетних і бомбових ударів. Близькість до ворога зумовлює їх особливу інтенсивність. Від обстрілів страждають люди, а також будівлі та споруди. Не виключенням є комплекс будівель Херсонського державного аграрно-економічного університету. Адміністративно-господарська частина університету намагається підтримувати будівлі в робочому стані, зберегти майно університету. Досвід першочергового і термінового відновлення будівель ХДАЕУ після обстрілів показав правильність напрямку діяльності [1].

Основний текст. Традиційно оцінку технічного стану окремих конструкцій і в цілому будівель виконують за чотирма технічними станами, а також враховують проміжні стани згідно державного стандарту [2]:

1 - нормальний - фактичні зусилля в елементах та перерізах конструкції не перевищують допустимих за розрахунком, відсутні дефекти та пошкодження, які знижують несучу здатність та довговічність або перешкоджають нормальній експлуатації.

2 - задовільний - за експлуатаційними якостями конструкція відповідає категорії технічного стану "1", але мають місце часткові відхилення від вимог проекту, дефекти або пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкцій або частково порушити вимоги другої групи граничних станів, що

в конкретних умовах експлуатації конструкцій не обмежує використання об'єкта за визначеним призначенням.

Потрібні заходи захисту конструкції та дотримання встановлених вимог щодо його використання.

3 – не придатний до нормальної експлуатації - конструкція не відповідає категоріям технічного стану "1" та "2" щодо несучої здатності або нормальної реалізації захисних функцій, але аналіз дефектів і пошкоджень з перевірними розрахунками виявляє можливість забезпечення її цілісності до проведення ремонту, підсилення або заміни;

4 - аварійний - порушені вимоги першої групи граничних станів (або неможливо запобігти цим порушенням), і аналіз дефектів та пошкоджень з перевірними розрахунками показує неможливість гарантувати цілісність конструкції до проведення її ремонту, підсилення або заміни (особливо, якщо можливий "крихкий" характер руйнування), або остаточно втрачена можливість нормальної реалізації захисних функцій конструкції.

Згідно оцінки технічного стану розробляються першочергові заходи по відновленню, недопущенню руйнувань, розробляється проєкт на перспективу.

На рис. 1 показано наслідки ракетного удару по одному з корпусів університету. Локально зруйнована фасадна несуча стіна з цегляної кладки. В результаті обвалилися плити покриття і перекриття, зруйновані перемички над вікнами та простінок. Частина круглопустотних плит не мають обпирання і знаходяться в аварійному стані. Зруйнований гідроізоляційний килим на даху. Перед будівлею вирва глибиною до 4,5 метрів з діаметром близько 8 метрів.



Рис. 1. Руйнування і пошкодження від ракетного удару корпусу університету

В університеті розробляються і виконуються заходи по збереженню і відновленню пошкоджених будівель і споруд. До пошкоджень, руйнувань внаслідок бойових дій додаються з плином часу дефекти від тривалих процесів замочування атмосферними опадами, карбонізації, корозії, тріщиноутворення та іншого. В першу чергу все це виникає через пошкодження дахів, покриттів. Атмосферні опади виводять з ладу опорядження приміщень, підлоги, а згодом і стіни. На рис. 2 і 3 показано виконання тимчасового водовідведення в місці пошкодження артобстрілами покриття для пласкої покрівлі одного з корпусів ХДАЕУ і вальмового даху для іншого корпусу.



Рис. 2. Влаштування тимчасового водовідведення в місці пошкодження артобстрілом покриття

Термінове, без зволікань виконання заходів по водовідведенню, гідроізоляції дахів, відновленню стін дозволяє максимально для даних умов забезпечити збереження навчальних і лабораторних аудиторій, їх обладнання, інших матеріальних цінностей університету для можливості швидкого повоєнного ремонту і початку функціонування університету, виконання навчального процесу.



Рис. 3. Тимчасове водовідведення, гідроізоляція армованим полотном

Висновки. Досвід експлуатації будівель та споруд ушкоджених внаслідок ворожих обстрілів показав необхідність термінового виконання заходів по збереженню матеріального фонду не зволікаючи. Оскільки до уражень, руйнувань внаслідок бойових дій додаються з плином часу дефекти від тривалих процесів замочування атмосферними опадами, карбонізації, корозії, тріщиноутворення та інші, які в повоєнний час буде відновити набагато складніше.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану».
2. Чеканович, М. Г. (2024). Альтернативний розрахунок будівельних конструкції на основі обертального моменту. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (6), 261-268. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.29>.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ СКЛЯНИХ КУБІВ РУЙНІВНИМ МЕТОДОМ

Демчина Б.Г, д.т.н., професор;

Черевко М.В., аспірант

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Вступ. Вважається, що скло як штучний матеріал вперше виготовили в Єгипті 4000 р до н.е.. З часом люди навчилися робити довгі скляні циліндри, які розгортали і випрямляли, отримуючи плоскі листи скла. Цей спосіб використовувався аж до 1900-х років для виготовлення художнього скла. В ХХ ст. були розроблені різні способи витягування нескінченної стрічки скла: методи Ліббі-Оуенса, Фурко.

Останнім часом скляні конструкції дедалі частіше використовуються не тільки в якості огорожуючих, але й несучих. Це підвищує вимоги до їхніх міцнісних характеристик і робить питання дослідження таких конструкцій дуже актуальним. До дієвих методів підвищення міцності скла відносять : гартування, армування, триплексування, хімічну модифікацію вихідної сировини.

Одним з поширених методів визначення міцності матеріалу є випробування на стиск. В Україні чинним нормативним актом який передбачає випробування скла на міцність є ДСТУ Б.В.2.7-122:2009 [1], проте він передбачає лише випробування листового скла ударом сталеві кулі [1, с.5]. У випадку випробування скла як матеріалу несучої конструкції можливо використовувати методи ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [2], зокрема дослідження кубиків. Крім того фізико-механічні характеристики скла у чинних нормативах подаються як довідкові [1, 3], тому доцільно використовувати експериментальні значення міцності для точнішого аналізу скляних будівельних конструкцій [4, с.12].

Основна частина. Сьогодні основним способом виготовлення скла є т.зв. «флоат-метод», розроблений і запатентований А. Пілкінгтоном у 1959 р. Перевагою такого методу є висока продуктивність, стабільні параметри скла та висока якість поверхні.

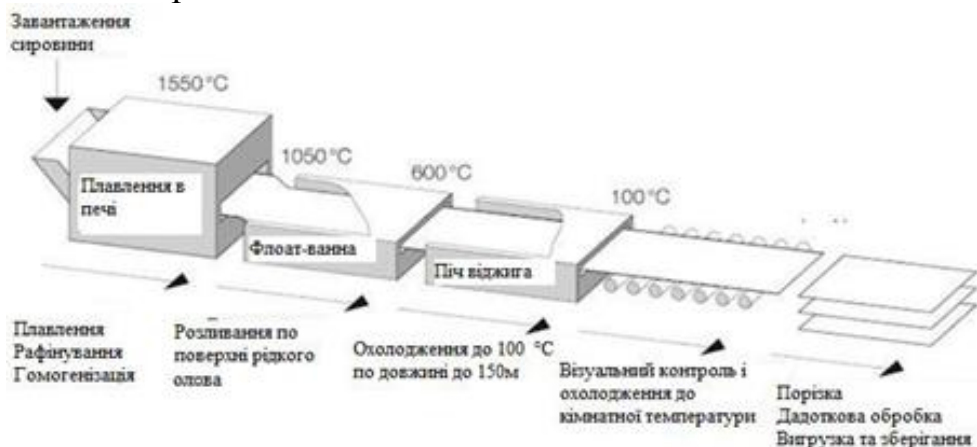


Рис.1. Схема виготовлення листового скла

Недоліком є технологічні обмеження розмірів виробу – приблизно 6000 мм x 3210 мм та найбільша товщина – 25 мм [1, с.18]. Це робить практично неможливим виготовлення монолітних скляних несучих будівельних конструкцій.

Склад і ступінь обробки скла впливає на його фізико-хімічні властивості. Введення в склад скла певних елементів може підвищити міцність такого скла. Натомість наявність сполук лужних металів міцність скла знижує [5, с. 148].

Вивчення фізико-механічних характеристик скла дозволить більш точно оцінювати напружено-деформований стан скляних конструкції, спростити проектування та підвищити надійність будівель і споруд з такими конструктивними елементами.

Враховуючи вплив хімічного складу скла на його міцнісні характеристики, в центрі колективного користування науковим обладнанням «Лабораторія перспективних технологій створення та фізико-хімічного аналізу нових речовин і функціональних матеріалів» (ЦККНО) при НУ «Львівська політехніка» було проведено аналіз хімічного складу скла, з якого виготовлені дослідні куби. Для цього використовувався рентгенфлуоресцентний аналізатор ElvaX Light SDD – настільний РФА-спектрометр, призначений для оперативного якісного і кількісного аналізу складу матеріалів в широкому діапазоні концентрації. Результати аналізу показані на рис. 2 та у табл.1.

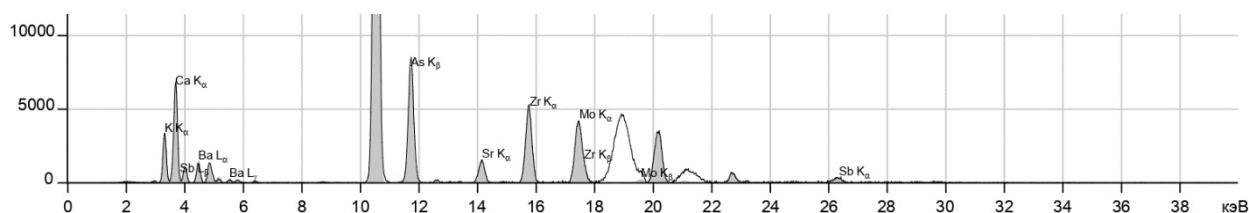


Рис. 2. Виявлені складові елементи

Таблиця 1

Хімічний склад скляного зразка в оксидах

At. number	Сполука	Серія	Інтенсивність	Концентрація
14	SiO ₂	K	397725	67.306 ± 0.316%
11	Na ₂ O	K	2718	19.307 ± 0.772%
20	CaO	K	181538	5.476 ± 0.045%
19	K ₂ O	K	114972	3.705 ± 0.037%
13	Al ₂ O ₃	K	6717	2.419 ± 0.068%
56	BaO	L	19747	1.154 ± 0.026%
	Інші			~ 0,633%

Метою даного дослідження було визначення міцності та встановлення її залежності від хімічного складу вихідного матеріалу. Для експерименту

були виготовлені скляні куби розмірами 50x50x50 мм методом лиття (рис. 3). Якість виготовлених зразків можна вважати високою, що забезпечило сталу площу їх перерізу.



Рис. 3. Експериментальні зразки скляних кубів



Рис. 4. Випробувальний стенд

Скло є ізотропним матеріалом, тому стискаючу силу можна було прикладати до будь-якої грані. Випробування проводилося на будівельному пресі ПС-125 з максимальним зусиллям 1250 кН, похибка вимірювання навантаження до 1%. Для уникнення місцевих сколів та для рівномірного завантаження зразків використовувалися фанерні прокладки між металевими частинами пресу та скляними кубиками (рис. 4). Руйнівним вважали максимальне зусилля, досягнуте в процесі навантаження. Міцність скла визначали як середнє арифметичне значення отриманих результатів, за виключенням мінімального результату. Результати експерименту наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати експерименту

Номер зразка	1	2	3	4	5	6	7
Руйнівне навантаження, кН	360	351	370	320	385	365	368
Межа міцності при стиску, МПа	144	140,4	148	128	154	146	147,2
Середнє значення межі міцності при стиску, МПа	146,6						

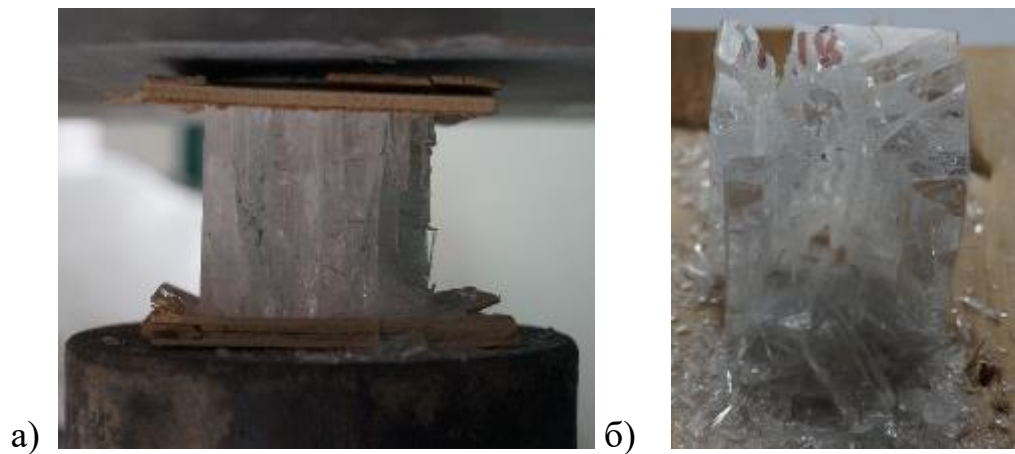


Рис.5. Характер руйнування скляних кубів

В процесі завантаження спостерігали утворення тріщин в дослідних зразках. При руйнуванні несуча здатність скла падала миттєво, що характерно для крихких матеріалів (Рис 5 а, б).

Висновки. Встановлено, що хімічний склад матеріалу, з якого виготовлені скляні будівельні конструкції та технологічний процес виготовлення впливають на їхню міцність, тому доцільно визначати фізико-механічні властивості матеріалу кожної досліджуваної партії скла для виготовлення скляних конструкцій.

Характер руйнування окремих зразків підтверджує важливість дотримання технологій виготовлення скляних конструкцій, зокрема швидкості охолодження, для уникнення формування в тілі виробу внутрішніх напружень.

Отримані результати випробування міцності кубів, виготовлених методом лиття (146,6 МПа), нижчі від очікуваної міцності скла, виготовленим «флоат»-методом (500-1000 МПа). Це свідчить про те що скло виготовлене «флоат»-методом має значно більшу міцність на стиск.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ Б.В.2.7-122:2009. Скло листове. Технічні умови. Київ. 2010.
2. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Київ. 2010.
3. prEN 13474-3:2009. Glass in building - Determination of the strength of glass panes - Part 3:General method of calculation and determination of strength of glass by testing. Brussels. 2009.
4. В. Demchyna, R. Kozak, P. Majcher, J. Niemiec, Determination of physical and mechanical characteristics of glass bending comparison of strength values under different conditions of the orientation of a test sample. Building construction. Theory and Practice. 2022. № 10. P. 11–23, (НМБД Index Copernicus (2020), Google Scholar, CrossRef).
5. Гловин Н., Дослідження фізико-хімічних властивостей скла в залежності від його складу і ступеня обробки. Фізика і хімія твердого тіла. 2013. Т.14, №1. С.145-148.

ДОСВІД ВІДНОВЛЕННЯ МОСТІВ ПІСЛЯ БОЙОВИХ ДІЙ ВИКОРИСТОВУЮЧИ І-ПОДІБНІ НАПРУЖЕНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ БАЛКИ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ

*Лотоцький Ю.Л., к.т.н., головний інженер проектів;
Фаль А.Є., к.т.н., головний інженер ТОВ «Міжнародний проектний
інститут», м. Київ
Аксьонов С.Ю., к.т.н., доцент;
Смоляк І.А., аспірант
Національний транспортний університет, м. Київ*

Вступ. На даний час в Україні на автомобільних дорогах загального користування державного значення зруйновано внаслідок військових дій понад 150 штучних споруд (мостів, шляхопроводів, естакад тощо) [1]. Для швидкого відновлення постійних мостів, не змінюючи осі дороги, використовують різні типи прогонових будов – збірно-монолітні, монолітні напружені, сталезалізобетонні, сталеві тощо. Найбільш дешевими і швидкими у відновленні є саме мости зі збірно-монолітними прогоновими будовами. Де збірним елементом служить залізобетонна балка прогонової будови, а монолітним – залізобетонна плита проїзної частини. Зазвичай вплив бойових дій має дію не тільки на прогонові будови, але й на опори і фундаменти, тому не рідко проєктанти відмовляються використовувати існуючі фундаменти не маючи достовірної інформації про їхній технічний стан та несну здатність. Тому під час відновлення мосту в створі існуючого змінюються довжини прогонів.

Основний текст. За останні 2 десятиліття в Україні І-подібні конструкції напружених балок прогонових будов мостів витіснили всі інші типи залізобетонних конструкцій прогонових будов – залізобетонні (з/б) напружені пустотні плити (прогонами 12-18 м), таврові балки з напруженого з/б (прогонами 15-21 м), двотаврові з напруженого з/б (прогонами 15-33 м), двотаврові ребристі струнобетонні балки (прогонами 12-18 м). Це відбулося за рахунок технологічності процесу виготовлення, їх економічності по матеріалах та легкості монтажу. Для прикладу, двотаврова балка довжиною 33 м важить близько 60 т, І-подібна балка такої ж довжини важить в залежності від виробника 32-36 т, тобто монтаж таких прогонових будов значно спрощується. Ще однією перевагою І-подібних балок є універсальність у довжині, технологія виготовлення балок дозволяє виготовити балки заданої довжини з точністю до 1 см.

Номенклатура балок І-подібного перерізу до повномасштабного вторгнення складала 3 типорозміри по висоті – 0,9 м, 1,1 м та 1,5 м (рис. 1). Робочі альбоми заводів виробників були розроблені для балок висотою 0,9 м довжиною 12-18 м, для висоти балок 1,1 м довжиною 18-24 м та балок висотою 1,5 м довжиною 24-33 м. Модульний крок довжини балок становив 3 м.

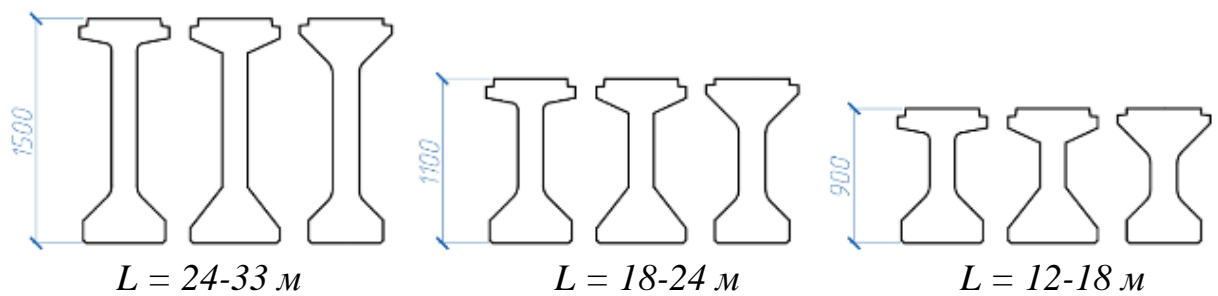


Рис. 1 Типові перерізи І-подібних балок різних виробників

Під час відновлення мостів після руйнувань стикнулися з декількома задачами, які вимагали зміни підходів щодо використання І-подібних балок, а саме: потрібно запроектувати міст з мінімальною будівельною висотою балок, але більшої довжини прогонів, або виникла необхідність влаштування прогонових будов довжиною понад 33 м.

У зв'язку з цими викликами нами був розширений діапазон застосування балок по довжині. Так для балок висотою 0,9 м збільшили довжину прогонів до 21 м, а для балок висотою 1,5 м до 36 м.

Для розуміння розглянемо два проекти, які дозволили швидко відновити рух на міжнародних трасах, що під час війни є дуже важливим.

Міст через річку Ірпінь. Існуючий мостовий перехід через р. Ірпінь знаходиться автомобільній дорозі загального користування державного значення. Міст побудовано у 1977 р., остання реконструкція проводилася у 2010-2012 рр. Міст має дві незалежні споруди під окремі напрямки руху і знаходиться на І-б технічній категорії дороги. Права споруда – 5-ти прогонова, плитна, температурно-нерозрізна за статичною схемою 5x18 м, довжина моста становить 90,92 м. Ліва споруда – 6-ти прогонова, плитна, температурно-нерозрізна, за статичною схемою 18+13,25+2x12,25+13,65+18 м, довжина моста становить 87,85 м. Під час військових дій в лютому-березні 2022 р. було підірвано 2 прольоти лівої споруди та 3 правої, вибухового впливу зазнала вся споруда. В травні 2022 р. було проведене обстеження мосту і встановлено експлуатаційний стан споруди – 5 непрацездатний (рис. 2, 3).



а



б

Рис. 2. Фотофіксація руйнувань лівої споруди (а) та правої споруди (б)

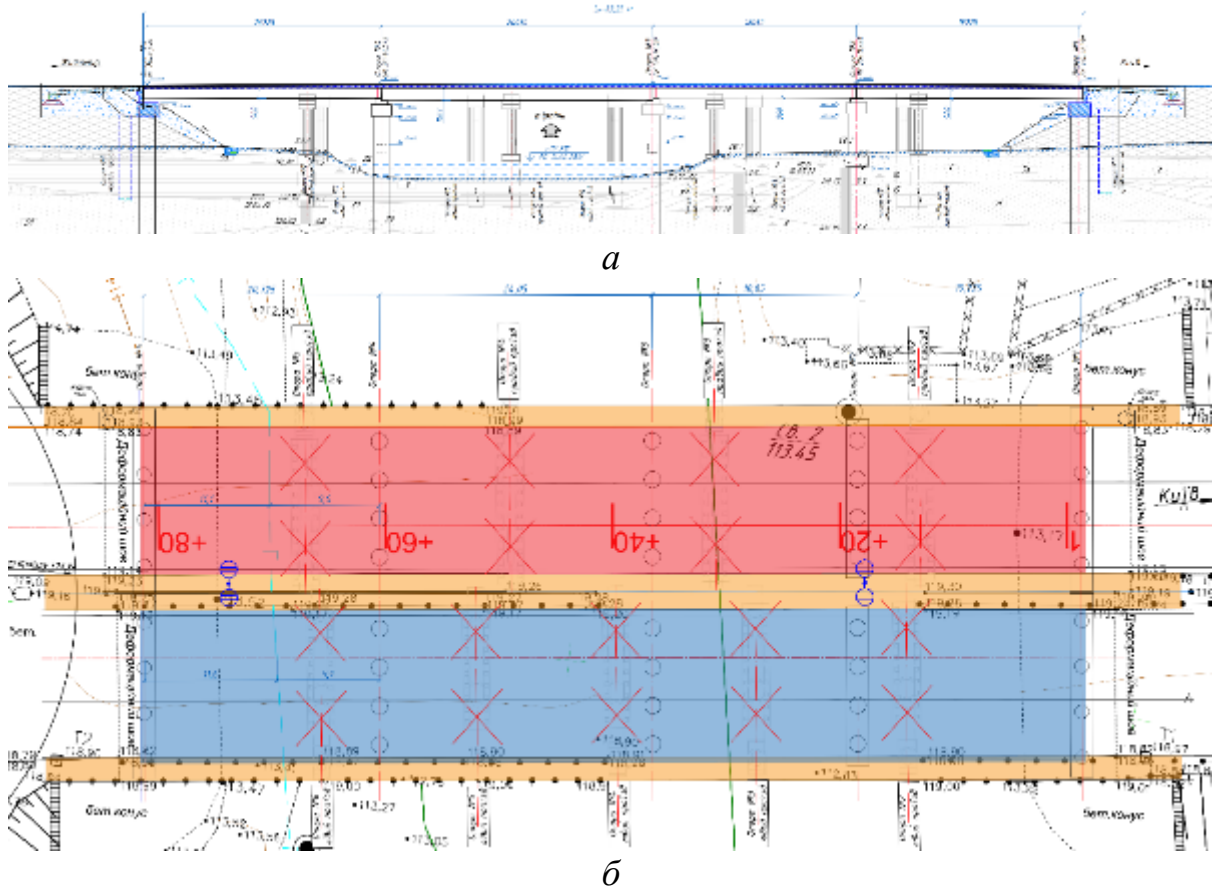


Рис. 3. Поздовжній розріз (а) та план мосту (б)

Як бачимо з рис. 3 у нас присутня не співосність опор двох мостів, що не відповідає вимогам норм [2], а також особливістю цього мосту було й те, що в крайніх прогонах необхідно було забезпечити проїзд місцевого та пожежного транспорту і не можливості підняття проїзду. Виходячи з таких умов запропоновано дві однакові споруди за схемою 21+24+18+20 м. В поперечному перерізі в прогонах 1-2, 2-3, 4-5 розташовано 9 балок висотою 0,9 м з кроком 1,85 м, в прогоні 3-4 розташовано 9 балок висотою 1,1 м з кроком 1,85 м. Такий підхід дозволив нам за 9 місяців побудувати повністю нову прогонову будову правого проїзду і значно покращити транспортне сполучення.

Міст через річку Трубіж. Існуючий мостовий перехід складається з двох споруд через р. Трубіж на автомобільній дорозі загального користування державного значення і побудовано в 1975 році, в 2010-12 рр. проведено його реконструкцію. Прогонова будова моста по лівому проїзду складається з восьми прогонів, поздовжня схема – 4,7+6x13,4+4,7 м, по правому проїзді – з шести прогонів за схемою – 18,0+4x13,4+18,0 м. В даному мості присутні прогонові будови і з двотаврових балок, і з плит суцільного перерізу, і з пустотних та П-подібних плит.

Як бачимо з рис. 4 в даному мості також присутні ті ж умови, що й в попередньому, але основною особливістю тут було те, що міст перетинає річку під кутом. Влаштування опор в річці завжди є трудомісткими заходами і тому було прийняте рішення переступити річку 1 прогоном. Беручи до уваги ще й

розташування існуючих опор, центральний проліт збільшено до 33,7 м. Запроектовано 2 мости за схемою 15+16+33,7+16+15 м, довжиною 96,05 м. Балки прогонових будов висотою 0,9 та 1,5 м, І-подібного перерізу, армовані напруженими канатами, довжиною 15, 16 та 33,7 м. Балки розташовані з кроком 1,95 м та 1,6 м відповідно. Дані споруди, завдяки влаштованому тимчасовому об'їзду транспорту, вдалося будувати паралельно та завершити будівництво за 9 місяців.

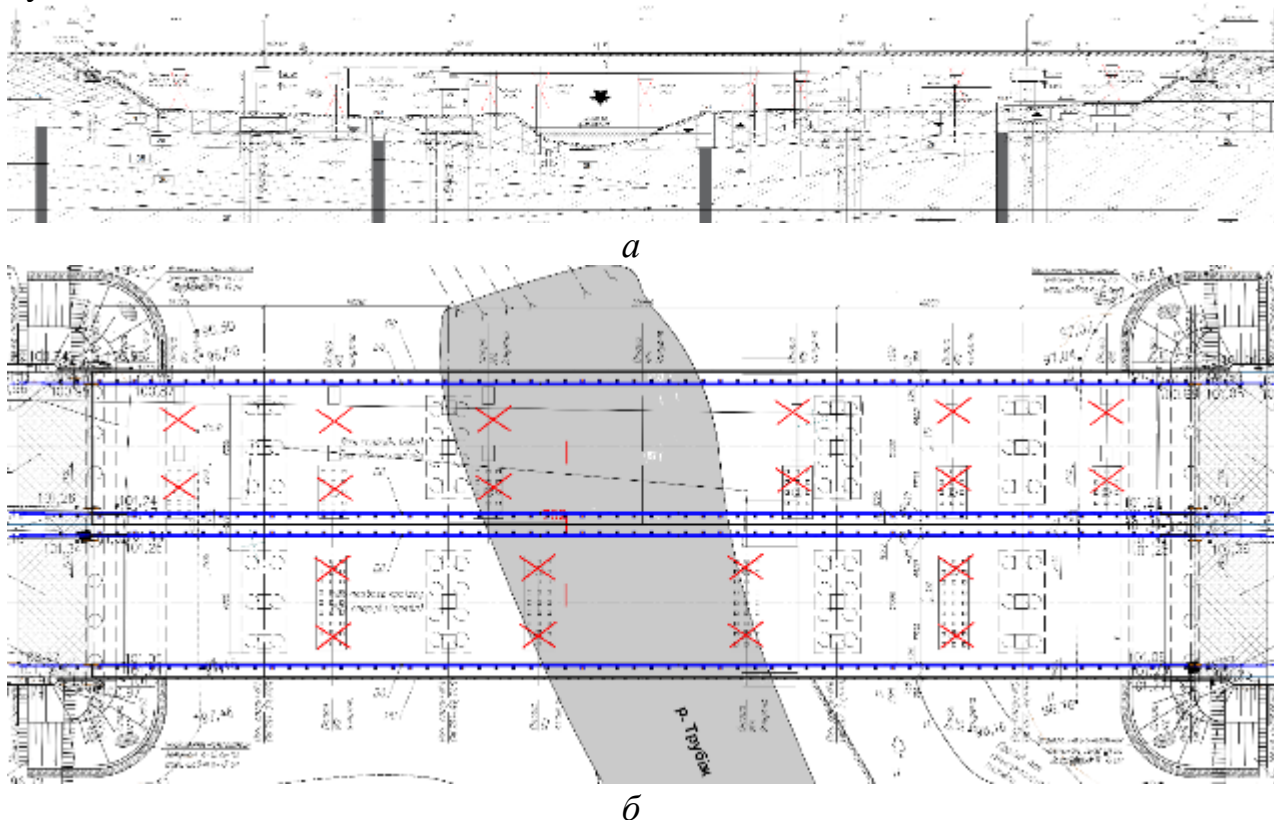


Рис. 4. Поздовжній розріз (а) та план мосту (б)

Висновки. Як показав досвід використання І-подібних збірних балок, вони мають переваги перед іншими конструкціями прогонових будов мостів, а саме – технологічність виготовлення, швидкість монтажу та проектування різних довжин. Такі конструкції дозволяють швидко і ефективно відновлювати постійні мости.

Список використаних джерел:

3. <https://www.epravda.com.ua/news/2023/05/30/700647/>
4. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПРУЖЕНЬ НА ІНЖЕНЕРНІ БУДІВЕЛЬНІ СИСТЕМИ

*Добрянська Л.О., Добрянський І.М., Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ;
Ільчук Н.І., Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*

Вступ. Дослідженнями показано, що температурні напруження можуть викликати різноманітні прогини конструкції, частина яких дестабілізують її в тому розумінні, що виникаючий температурний момент виявляється пропорційним прогину [1,2,3,4]. Це явище, так само як і вплив ефективних площ і ефективних товщин обшивки на жорсткість виявляє вплив на частоти коливань конструкції, що впливає на характеристики вільно провисаючих частин інженерних систем, бо частоти згинних і крутильних коливань є важливими параметрами задачі про консолі.

Основний текст. Залежності для визначення частот коливань (в герцах) першої згинної і першої крутильної форм консольної балки сталого перерізу мають вигляд:

$$\omega_h = \frac{33,64}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}}, \quad \omega_\alpha = \frac{15}{L} \sqrt{\frac{GI_k}{J_\alpha}}, \quad (1.1)$$

де L – довжина балки; m – маса на одиницю довжини; J_α – масовий момент інерції на одиницю довжини. Врахування впливу короблення і повороту перерізу на жорсткість дає такі вирази для дійсних частот:

$$\frac{\omega_h}{\omega_{h0}} = \sqrt{1 - \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_k}}, \quad \frac{\omega_\alpha}{\omega_{\alpha0}} = \sqrt{1 - \frac{\varepsilon_{0c}}{\varepsilon_{kr}}}, \quad (1.2)$$

де у виразі (1.2) ω_{h0} і $\omega_{\alpha0}$ є частоти, які викликані температурними навантаженнями без втрати стійкості, але з урахуванням впливу температури на модулі E і G в пружній області і впливу ефективною площі і товщини на статичний момент J та момент при крученні I_k , якщо настає місцева втрата стійкості. На рис. 1.1 зображено графік, що відображає залежності (1.2), від зміни параметра R_T за параметр прийнято значення D_i .

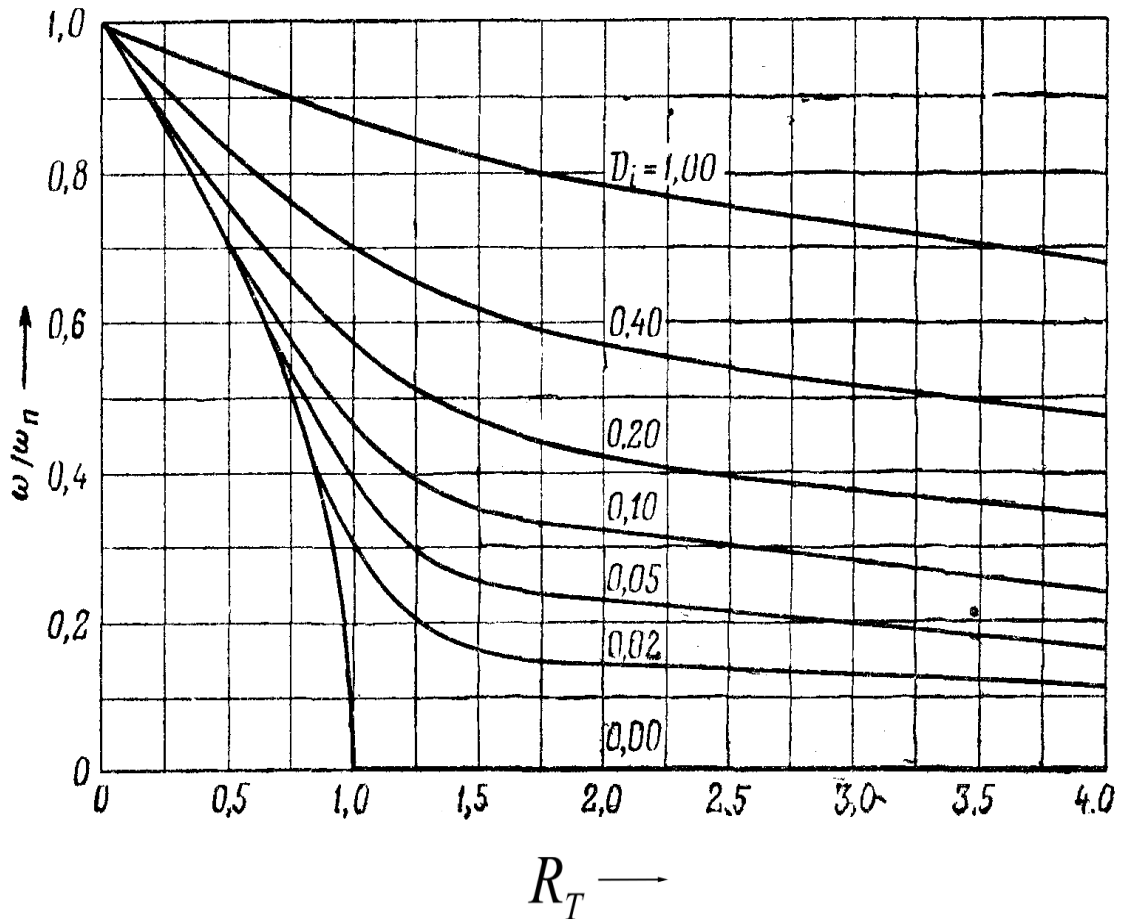


Рис. 1.1. Ефективні частоти коливань балки за першою згинною і першою крутильною формам

Криві, зображені на рис.1.1, свідчать, що під дією температурних навантажень частоти можуть значно зменшуватись. Як правило зовнішнє осьове навантаження частин конструкції, які можуть вібрувати, рівна нулю.

Визначимо прогини і зміни власних частот консольної пластини з алюмінієвого сплаву розмірами: довжина 1000 мм, ширина 500 мм, товщина 6 мм. Середня частина пластини шириною 400 мм знаходиться під дією від'ємної температури -18°C , а краї шириною по 50 мм – при 150°C . Початковий прогин і поворот рівні $w_{\max i} = 2,5$ мм і $\theta_{\max i} = 1,0^{\circ}$.

Маємо

$$(\alpha T)_{oc} = \alpha \frac{1}{32,2} \cdot 166,5 \cdot 6,45 = 33,4\alpha.$$

Для кручення знаходимо

$$\varepsilon_{kr} = (\alpha T)_{kr} = -\frac{(\alpha T)_c GI_k}{\int r^2 \sigma dF} = -\alpha \frac{0,40 \cdot 166,5 \cdot 50 \cdot 0,6^3 / 3}{5,0 \cdot 0,6\alpha \left(\int_0^{20} r^2 dr - \int_{20}^{25} 133r^2 dr \right)} = 0,86 \cdot 10^{-3}.$$

Тоді

$$R_T = \frac{23,4 \cdot 10^{-6} (166,5 - 33,4)}{0,86 \cdot 10^{-3}} = 3,6.$$

Залежності дають

$$D_i = \frac{25 \cdot 1,0}{57,3 \cdot 100 \cdot \sqrt{17,2}} = 0,11 \text{ для прогину,}$$

$$D_i = \frac{\pi 25 \cdot 1,0 \cdot 100}{57,3 \cdot 4 \cdot 100 \cdot \sqrt{8,6}} = 0,12 \text{ для коливань.}$$

За знайденим значенням D_i знайдемо $D = 1,60$ і $\theta_s = 14,5^\circ$. Якщо прогини великі і положення рівноваги відповідає значення θ_{si} , то з рис. 1.1 знайдемо

$$\frac{\omega_\alpha}{\omega_{\alpha 0}} = 0,28 \text{ Якщо положенням рівноваги є } \theta_{\max}, \text{ то } \frac{\omega_\alpha}{\omega_{\alpha 0}} = 0,80.$$

Для прогину від згину величина P_s рівна нулю і, тому, $w_{\max} = w_{\max i}$, якщо тільки пластина не покороблена. Нехай задане $w_{\max i} = 2,5$ мм є середнє з прогинів, рівних 2,0 мм на середині і 3,0 мм на краях пластини.

Тоді, наближено

$$P_s = - \frac{(23,4 \cdot 10^{-6}) (0,7 \cdot 10^6) 6,45}{4} \cdot \frac{33,4 \cdot 0,05 - 133(-0,05)}{0,25} = 885 \text{ кг.}$$

$$\text{Визначимо } \frac{\alpha T}{(\alpha T)_k} = \frac{P_s L^2}{8EJ} = 1,9, \text{ звідки}$$

$$R_t = \frac{\alpha T}{(\alpha T)_k} \left(1 - \frac{33,4}{166,5} \right) = 1,5.$$

Знайдемо

$$D_i = \frac{\pi 2,5 \cdot 100}{4 \cdot 1000 \cdot \sqrt{20,5}} = 0,044,$$

Отримуємо

$$D = 0,73 \text{ і } w_{\max} = 43,3 \text{ мм.}$$

Якщо короблення пластини змінюється на зворотнє при коливаннях, коли пластина проходить через нульовий прогин (наявність повороту при крученні має тенденцію викликати таку зміну), то це має вплив на частоту згинних коливань. На основі даних, згідно кривих на рис. 1.1, знайдемо

$$\frac{\omega_h}{\omega_{h0}} = 0,25 \text{ при } R_T = 1,5 \text{ і } D_i = 0,04. \text{ Малі амплітуди коливань відносно}$$

величини w_{\max} фактично не мають впливу, і $\frac{\omega_h}{\omega_{h0}} = 1.$

Виконані дослідження вказують, що прогин при згині і частота коливань дуже чутлива до короблення поперечного січення, якщо температурні напруження досягають значних рівнів. Значення критичних деформацій можуть бути і великими і малими залежно від напруження і жорсткості на

кручення GI_k . Розподіл напружень може зробити знаменник від'ємним, рівним нулю або додатним і відповідно вплив температурних напружень може виявитись дестабілізуючим, нейтральним або навпаки, стабілізуючим. В останньому випадку частоти зростають, а прогини зменшуються. На протязі цикла зміни температури і температурних напружень, протягом якого краї пластини швидко нагріваються, а згодом остигають, частота крутильних коливань зменшиться, далі дещо підвищиться, коли нагрів на краях припиниться, далі знову зменшиться в міру зміни розподілу напружень в пластині і, нарешті, повернуться до початкового значення, коли всі краї пластини і сама пластинка остигне. Можливе також часткове підвищення частоти, якщо на краях пластини відбудеться локальна втрата стійкості, що призводить до зменшення дестабілізуючого навантаження. Якщо в певній частині пластини напруження перевищать межу пропорційності, то відновлення прогину і відновлення частоти може відбутись в неоднаковій степені.

Дані випробувань над консольною пластинкою, яка нагрівалась по краях з 27 до 149° С і 16,5с, а згодом остигала, вказують, що крутильна і згинні частоти знизилась подібно до того, як це відображено на рис. 1.1. Далі, після припинення нагрівання крутильна частота трохи збільшилась, далі впала і, нарешті, повернулася до початкового значення, коли пластинка цілком остигла. Повороти від кручення виникають і при дії зовнішнього крутного моменту і без нього і цілком відтворюють поведінку кривих, відображених на рис. 1.1. Відновлення кута повороту відбувається не в такій мірі, яка має місце в умовах відновлення частоти крутильних коливань, оскільки краї пластини місцями втратили стійкість. Якщо підрахувати початкове короблення і початкові кути пороту і врахувати вплив на температурні напруження втрати стійкості, збільшення жорсткості на кручення, пов'язаного з малою довжиною пластини, і запізнення зсуву (довжина пластини 500 мм рівна її ширині), то отримані при випробуванні прогини і частоти приблизно відповідають результатам наведеного нами розрахунку прогину і зміни власних частот консольної пластини з алюмінієвого сплаву.

Слід підкреслити, що вплив на прогини і частоти виявляють саме температурні напруження та їх розподіл по перерізу.[1,2,3,4] Якщо конструкція вільна від температурних напружень або вони розподілені належним чином, то прогини і частоти не змінюються. Впливає тільки зміна модуля Юнга E та зсуву G в пружній області залежно від температури або зміна моментних характеристики J і I_k залежно від зміни ефективних площ. Однак в конструкціях консольних складових елементів будівель і споруд в нестационарних умовах виникають температурні напруження, і в багатьох випадках вони розподілені так, що обумовлюють дестабілізуючі ефекти. У суцільних складових з двома гострими кромками конструктивних елементів можливий такий розподіл температур, що ці ефекти проявляються досить яскраво. В стіні коробчатої конструкції, в обшивці і стрингерах якої мають місце значні температурні напруження, дестабілізуючий ефект досить малий і

майже не проявляється (розтягуючі навантаження діють поблизу зрівноважуючи до них стискуючих зусиль і, тому, знаменник дуже малий. У системі з багатьма стінками переборок, коли вони розтягнуті, а обшивка стиснута, можуть виявитись невеликі дестабілізуючі ефекти. Різні типи конструкцій відображені у дослідженнях, де розглянуто питання про ефективну крутильну жорсткість тонкостінних складових елементів інженерних систем в різних умовах зовнішнього впливу швидкоплинних повітряних мас. Отримано збільшення характеристики GI_k ; у багатьох практичних випадках, що відповідають реальним умовам експлуатації, величина GI_k , що відповідає ефективній площі, досягає нульового значення. Це приводить до теоретичного безмежного прогину і нульовому значенню крутильної частоти. Такий результат був би можливий, якщо б тонкостінний конструктивний елемент був навантажений зовнішніми зусиллями, але температурні навантаження є внутрішніми самоурівноваженими факторами. Ці деформації мають скінчені значення, які визначаються розподілом температури.

Швидкість, за якої настає нестійкість консольної складової, залежить від згинної і крутильної частот ω_h і ω_α . Для суцільної консольної балки за малих значень відношення ω_h/ω_α визначено наближену формулу для знаходження флатерної швидкості провисаючої частини системи, за умови згинно-крутильного флатера:

$$\frac{V_f}{b\omega_\alpha} = \sqrt{\mu r_\alpha^2 \cdot \frac{\frac{1}{2}}{a + x_\alpha + \frac{1}{2}}}. \quad (1.3)$$

У формулі (1.3) визначено: V_f – флатерна швидкість; b – довжина півхорди; ω_α – крутильна частота; a – відношення віддалі від осі жорсткості до середньої хорди b . Решта величин є такими:

$$x_\alpha = \frac{S_\alpha}{Mb}, \quad \mu r_\alpha^2 = \frac{J_\alpha}{\rho b^4}, \quad \mu r_\alpha^2 = \frac{M}{\pi \rho b^2},$$

де M – маса на одиницю довжини; S_α – статичний момент відносно середньої хорди; J_α – масовий момент інерції на одиницю довжини; ρ – густина обтікаючих повітряних мас.

У цьому випадку флатерна швидкість прямо пропорційна частоті ω_α і криві на рис. 1.1 вказують на зниження швидкості під дією дестабілізуючих температурних напружень. Для консолей зі звичною мірою повноти перерізу флатерна швидкість залежить від ω_α та відношення частот ω_h/ω_α і залишається дуже чутливою до поведінки частоти ω_α , хоча і не прямо пропорційною їй. В багатьох випадках з наближенням відношення ω_h/ω_α до одиниці флатерна швидкість знижується. Якщо ω_h не змінюється, то всяке

зниження ω_α від температурних напружень збільшує відношення ω_h/ω_α ; таким чином, флатерна швидкість зменшується від зміни як відношення ω_h/ω_α , так і величини ω_α . Таке зниження може мати серйозне значення у випадку, коли запас по швидкості, за якої настає флатер, є малим. Оскільки зв'язок частоти і амплітуди цих коливань нелінійний, то виникає питання, чи досягнуть коливання руйнуючої величини за найменших значень ω_α . Дослідження показують, що в нелінійній системі коливання флатера можуть розвиватись до досягнення деякої амплітуди, а далі стабілізуватись. Мабуть, питання виникнення руйнуючого флатера за наявності температурних напружень потребує додаткових теоретичних та експериментальних досліджень. Таке ж питання виникає і стосовно значення GI_k при розрахунку процесів дивергенції підкріплюючих елементів та стійок. Якщо прогин настільки великий, що знижує ефект температурних напружень раніше, ніж настає руйнування, то має бути застосованим повне значення характеристики GI_k . В умовах, коли діє зовнішній крутний момент отримаємо

$$R_T = \frac{\varepsilon_{0c}}{\varepsilon_k} + \left(\frac{D_i}{1 - \frac{\varepsilon_{0c}}{\varepsilon_k}} + D_s \right)^2 - D_i^2, \quad D_s = \frac{\pi r_0 \theta_s}{L \sqrt{2\varepsilon_k}}.$$

Оскільки значення R_T є сталим, то значення характеристики D_s таке, що може привести до зміни знаку деформації ε_{0c} , і тому, деформація стиску перейде у деформацію розтягу.

Температурні напруження, поряд зі зміною прогинів і частот балок і пластин можуть створювати в панелях стискуючі навантаження і змінювати частоту їх згинних коливань. При зміні частоти коливання панелі може так статись, що частота досягне такого значення, за якого виникає зв'язок частот панелі і балки, що може призвести до великих прогинів.

Висновки.

1. Для пластини, вільно опертої по довгих сторонах і шарнірно опертої по коротких, а також рівномірної зміни температура, отримано формулу обчислення деформації стиску, за якої втрачається стійкість. Розглянуто випадок, коли нагріта поверхня пластини вільно оперта і втримується від переміщень зі всіх чотирьох сторін холодними стрингерами і ребрами конструкції. У випадку, коли пластина защемлена стрингером скінченої площі і діє зовнішнє навантаження, прогин пластини можна знайти за експериментальними кривими, використовуючи значення деформації тої частини пластини, яка безпосередньо межує зі стрингером. Ця деформація залежить від зміни температури, зовнішнього навантаження і відносних ефективних площ пластини і стрингера.

2. В елементах конструкцій будівель і споруд (особливо надвисокої поверховості та складних інженерних систем спеціального призначення) навантаження (аеродинамічні від переміщення повітряних мас та від наддуву

в герметизованих приміщеннях) можуть діяти нормально до площини обшивки, викликаючи в ній прогини і напруження. Обшивка або пластина витримує ці нормальні навантаження: вигинаючись як балка; розтягуючись як мембрана, або згинаючись і розтягуючись одночасно. Якщо температура пластини-мембрани змінюється, то виникає прогин, і якщо пластина має в серединній площині максимальний початковий прогин, який апроксимується виразом виду параболи, то для його визначення отримано розрахункові залежності.

3. Знайдено рівняння, з якого можна знайти зміну довжини пластини внаслідок її прогину, але вираз, який отримується від прирівнювання зміни довжини пластини від згину до видовження, викликаному напруженнями, приводить до трансцендентного рівняння дев'ятої степені відносно бігармонійної функції. Подано методику апроксимації кривої прогину за допомогою іншого рівняння, яке виражатиме зміну довжини. Усі залежності для напружень і прогинів виражено через параметр, який залежить від модуля Юнга. Якщо напруження виходять в пластичну зону, то даний параметр має змінитись так, щоб це відповідало правильному значенню приведенного модуля пружності, яке має визначатись на основі кривих напруження-деформація із залученням відповідних чисельних методик.

4. Отримано розрахункову залежність прогинів при згині. Деформація та кут повороту при крученні знаходять за експериментальними кривими. Як і для поздовжнього згину, руйнування пластини від кручення не настає, хоча матеріал може підійти до межі текучості. При виведенні залежностей прогинів приймається, що деформація гарячого краю пластини визначає поворот незалежно від розподілу температури. Це вірно у випадку лінійного розподілу температури, бо у випадку поздовжнього згину і температурна деформація і деформація від моменту лінійна. Однак таке припущення справджується лише приблизно для інших розподілів температури за умови, що буде знайдено правильне значення критичної деформації для відповідного розподілу напружень.

5. Крім прогинів від короблення і повороту перерізів, температурне напруження може викликати також великі прогини від зсуву, що також може вплинути на зниження жорсткості. Знайдено розрахункову залежність, яка дає змогу підбирати товщину обшивки інженерної системи для ефективного функціонування в умовах експлуатації.

Список використаних джерел:

1. Добрянський І.М., Добрянська Л.О., Ільчук Н.І. Конвективний теплообмін при дослідженні процесів термічного розтріскування бетонних зразків за дії лазерного опромінення, 5 Міжнародна конференція, Збірник наукових праць №20 м. Луцьк, 2023 року. С. 28-36.
2. Добрянський І. М. Вплив мікроструктури цементного каменю на його фізико-механічні характеристики /І.М.Добрянський, І.І.Ніконець/ Будівництво України. – 2009. – № 3. – С. 35–36.

3. Добрянська Л.О., Добрянський І.М. Визначення напружень елементів бетонних конструкцій при впливі іонізуючого опромінення. «Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього тисячоліття». Збірник наукових праць. Випуск 6. м. Херсон, 15 листопада 2023 року. С. 5-9.
4. Добрянський І., Добрянська Л., Вибранець Ю. Дослідження температури в елементах аркових конструкцій з заданим початковим розподілом. Міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали», ХДАЕУ, с. 89-93, 2022.

УДК 624.01

**BUILDING DIAGNOSTICS
(ДІАГНОСТИКА В БУДІВНИЦТВІ)**

*Zhurakhivskiy V., ingénieur, WTM Engineers Munich GmbH, Bundesrepublik
Deutschland;*

*Чеканович О.М., к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та
дизайну, Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Херсон, Україна*

Вступ. Діагностика будівель та споруд є основою для прийняття рішень щодо обґрунтованого проектування реконструкції, підсилення або щодо подовження експлуатації об'єктів архітектури. [1]. В Німеччині накопичений віковий досвід обстеження і діагностики. Його удосконалення на основі сучасних комп'ютерних технологій представляється на сьогодні доволі актуальним.

Основний текст. Традиційно оцінку технічного стану окремих конструкцій і в цілому будівель та споруд (рис. 1) виконують на основі діагностики. Діагностика передбачає визначення не тільки характеристик міцності бетону та сталі для залізобетонних конструкцій, але й фактичного положення арматури, геометричних характеристик форми прогонових будов (рис. 2, 3). У разі попередньо напруженої арматури в конструкції її слід відрізнити від звичайної та встановити траєкторію проходження кожного пучка або каната (рис. 4, 5). Як відомо, саме цією арматурою визначається деформативність та міцність конструкції. Польові роботи з використанням найсучасніших приладів дозволяють сканувати залізобетонну конструкцію з певною точністю. Ультразвуковими і магнітними методами можна уточнювати скановані данні. Розкриття арматури в бетоні прагнуть уникати аби не пошкоджувати конструкцію.

В цілому фрагментарні дані сканування положення попередньо напруженої арматури камерально обробляють за допомогою комп'ютерних програм. В результаті обробки великої кількості інформації з ВІМ підходами вдається спрогнозувати 3 D модель залізобетонної прогонової будови. Тут в просторовому положенні в моделі визначена траєкторія кожної напруженої арматури конструкції. Це дозволяє не тільки перевірити фактичну несну

здатність прогонової будови, але й визначити місця кріплення додаткової арматури у разі необхідності підсилення. Останнє представляється надважливим для запобігання пошкодження вже існуючої арматури. Найкращим чином для проєктувальника є просторове представлення армування існуючої системи армування. Це забезпечує прийняття раціональних і безпечних рішень, щодо подальшої експлуатації залізобетонної споруди [2].



Рис. 1. Загальний вигляд залізобетонного моста



Рис. 2. Вид знизу прогонової будови моста



Рис. 3. Вигляд всередині коробчастої балки

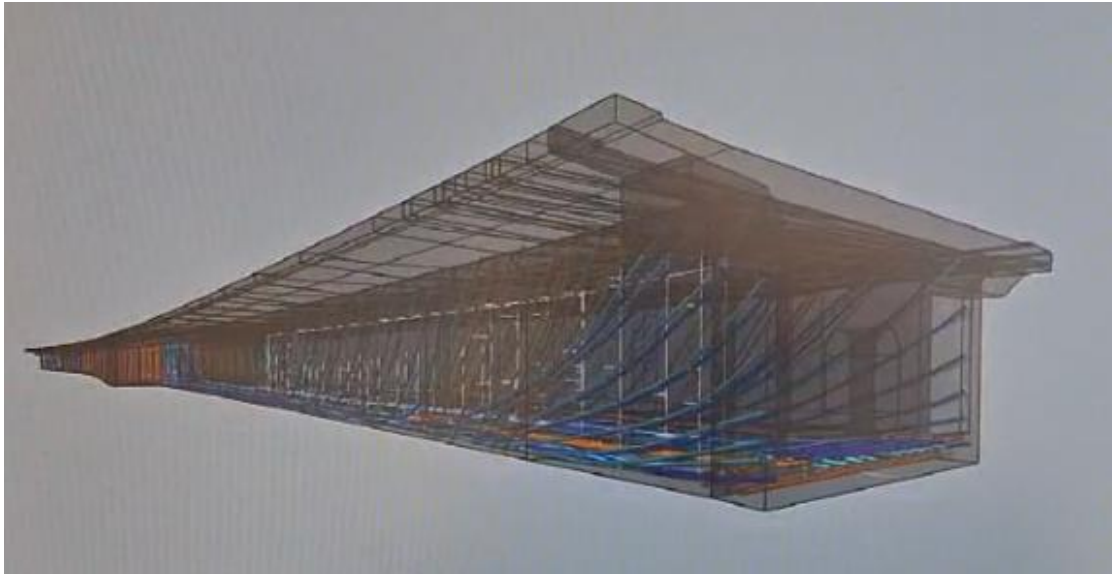


Рис. 4. 3D модель армування прогонової будови моста

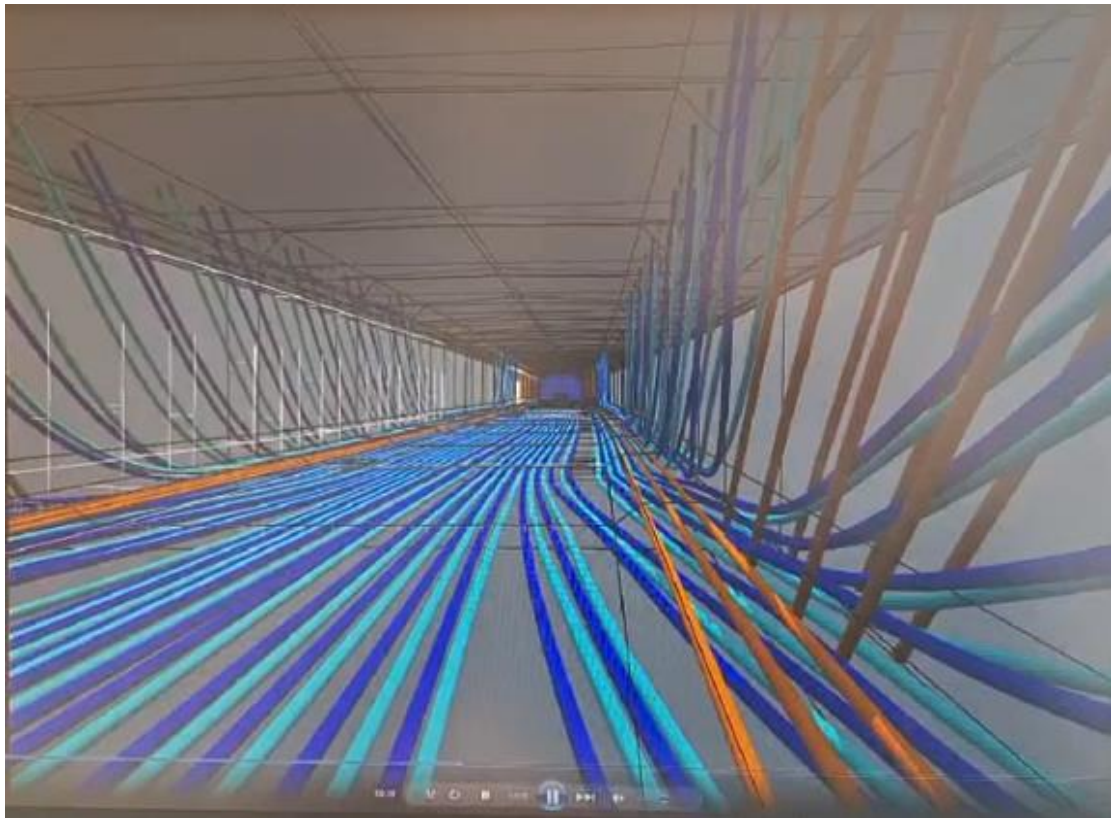


Рис. 5. Фрагмент фактичного армування прогонової будови моста попередньо напруженою арматурою

Висновки. Досвід діагностики залізобетонних будівель та споруд після тривалої експлуатації в Німеччині довів необхідність сканування положення арматури і на основі цих даних створення 3D моделі для подальшого раціонального проектування підсилення, реконструкції їх, або для прийняття рішення про подальшу безпечну експлуатацію споруди.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ-НБ В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану».
2. Чеканович, М. Г. (2024). Альтернативний розрахунок будівельних конструкції на основі обертального моменту. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (6), 261-268. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.29>.

УДК 725.

КУПОЛ СОБОРУ САНТА МАРІЯ –ДЕЛЬ - ФЙОРЕ. ФІЛІППО БРУНЕЛЛЕСКЕ

Харламова Л. В., старший викладач кафедри будівництва, архітектури та дизайну

Бурлака Д. В., здобувач вищої освіти

Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна

Вступ. Один із найбільш унікальних зразків архітектури XV століття – собор Санта Марія – дель - Фйоре у Флоренції (Дуомо). Восьмигранний купол діаметром 42,2 м є найбільшим після купола давньоримського Пантеону (який має діаметр 43,2 м). Собор вражає своїми величезними розмірами: зовнішня довжина – 153 м.; ширина трансепту - 90 м.; ширина нефів – 38 м.; висота склепінь - 45 м.; висота бані зсередини - 90 м.; загальна висота бані з хрестом - 114,5 м.; Загальна площа - 8300 м². У цьому монументальному творі втілено геніальну інженерну думку: при гігантських розмірах восьмигранної конструкції купола вдалося створити легкість, гармонійність, простоту і ясність форм. Відмінна риса восьмисекційного купола собору, авторства Ф. Брунеллеске полягає в тому, що більшу частину купола зводили без підпірок та будівельних риштувань.

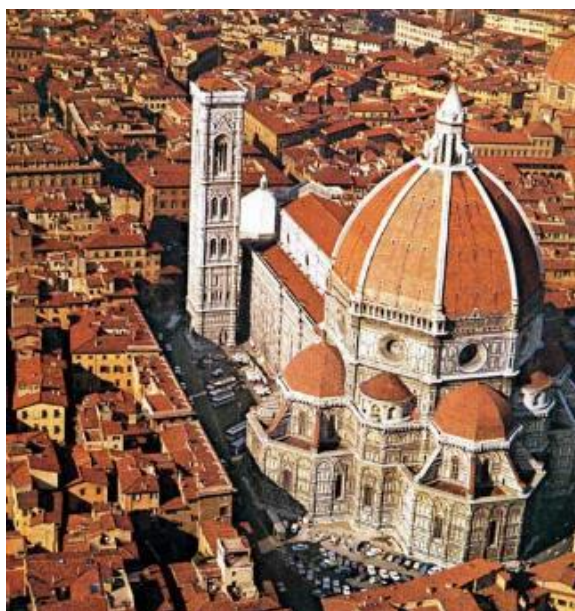


Рис.1 Собор Санта Марія – дель - Фйоре



Рис.2. Купол Собору Санта Марія – дель - Фйоре

Основна частина. Будівництво собору Санта Марія - дель - Фйоре почалося в 1296 р та здійснювалося за середньовічним звичаєм: «почати зведення до висоти тридцяти ліктів (17,5 м), а далі подивитися, як поводитимуться опорні стіни». Будівництво з різних причин тривало з перервами 140 років. Основною причиною тривалого будівництва було складне технічне завдання – перекриття простору понад 42 м без будівельних риштувань, спорудження яких за таких розмірів та висоті було нездійсненне. У 1420—1436 роках за проектом Ф. Брунеллеске звели величезний купол, шедевр інженерного мистецтва, який став одним із символів ренесансної Флоренції та епохи Відродження загалом.



Рис.3. Ф. Брунеллеске [3]



Рис.4 Проект купола



Рис. 5 Соборна площа

Майстер прийняв форму та основні розміри купола, встановлені моделлю [1] Арнольфо ді Камбіо 1367 р. Усі технічні питання та способи зведення купола - кількість та товщину несучих ребер; конструкцію кріплення та зв'язку опорного кільця купола; зведення купола без риштувань на допоміжних кружалах були детально розроблені та вирішені самим Ф. Брунеллеске. Пропозиції щодо зведення купола були показані на моделі, затвердженій у 1420 році. Ф. Брунеллеске запропонував зробити легкий восьмигранний купол з каменю та цегли, який збирався б із «часток – пелюсток» і скріплювався вгорі архітектурним ліхтарем. Також він удосконалив техніку підйому важких платформ з цеглою для роботи на великій висоті, застосувавши до лебідок і шків дотепну систему шестерних

передач, подібних до тих, що використовувалися в механізмах баштового годинника [4].

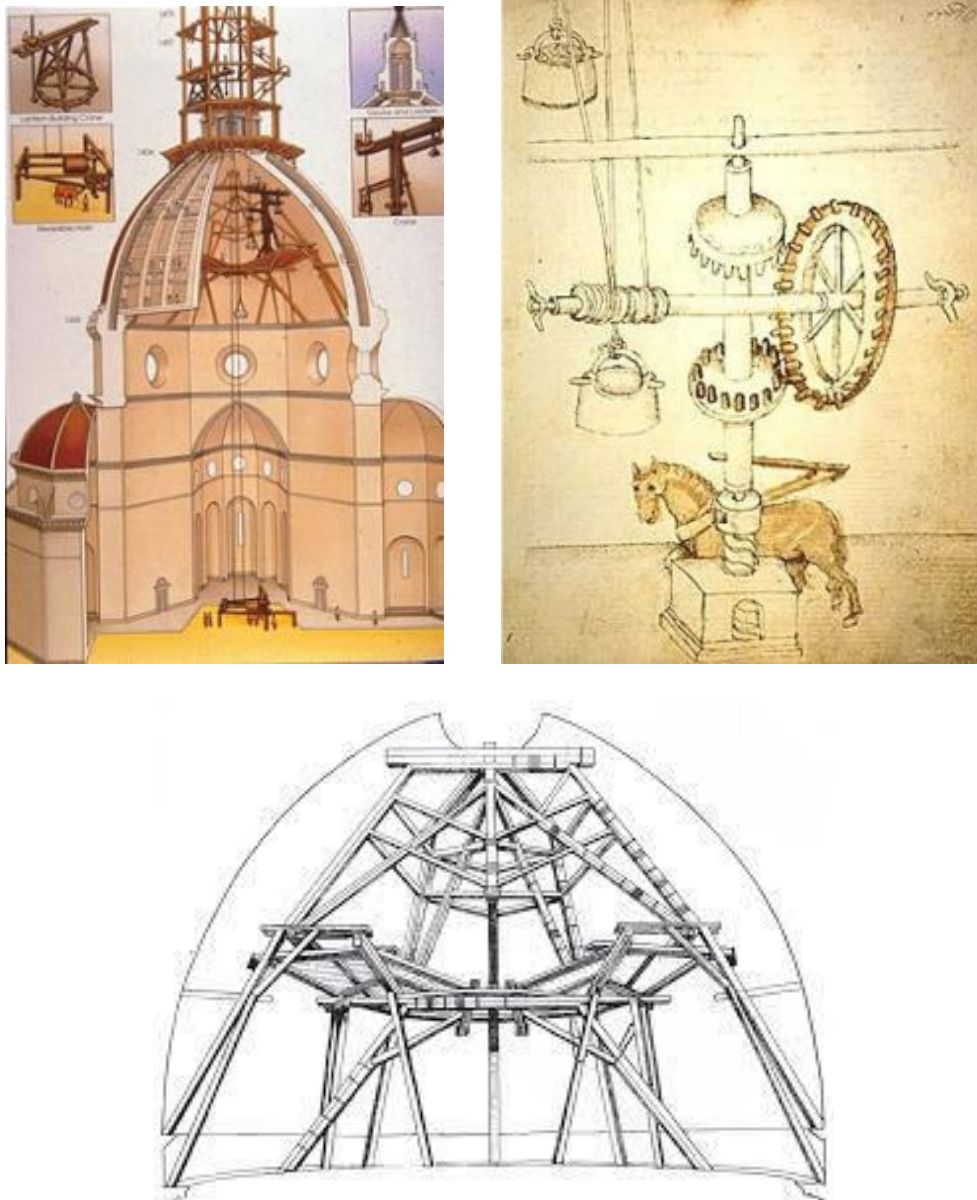


Рис.6; 6-а; 6-б: Підйомні механізми та платформи , розроблені Ф.Брунеллеске

Купол споруджували за попередньо виготовленою цегляною моделлю у масштабі 1:12. Він складається з двох оболонок, пов'язаних 24 ребрами та 6 горизонтальними кільцями. Оболонки складали з цегли з нахилом всередину «ялинкою», або «риб'ячим хребтом» (*spinapesce*), за спеціально виготовленими дерев'яними лекалами без кружал і будівельних риштувань, але з використанням підвісних платформ, що підіймалися за допомогою канатів та кілець, вставлених у кладку.



Рис.7. Купол з двох оболонок, пов'язаних 24 ребрами та 6 горизонтальними кільцями

Щоб витримувати в процесі цегляної кладки правильну кривизну параболічних поверхонь, від чого залежала точність сходження ребер купола у верхній точці, Брунеллеске намалював внизу, на підлозі восьмипелюсткову «квітку» (fiore) і від точок її «пелюстків» простягав угору мірні шнури, відкладаючи на них рівні проміжки. Зовнішня оболонка купола виконана червоною цеглою, на тлі якої виділяються вісім ребер з білого каменю [3]. У ході безпрецедентного будівництва Філіппо Брунеллеске, який не мав раніше досвіду роботи з такими масштабними об'єктами, придумав і реалізував кілька унікальних прийомів, що забезпечили стійкість і надійність споруди:

- Вигин кута ребер відповідав 60 градусам, а рівень нахилу зберігався завдяки дерев'яним лекалам, що пересуваються вгору поява нових рядів кладки;

- Цегляна кладка здійснювалася не горизонтально, а з ухилом всередину (згідно з римським способом), що послаблювало внутрішній розпір і зменшувало навантаження на основу будівлі;

- Купол складався з двох оболонок, при цьому внутрішня оболонка відігравала роль потужного каркаса, створеного із вплетеної в кладку арматури, а зовнішня – виконувала захисну та декоративну функції.

- Цеглини розташовувалися «ялинкою», за рахунок чого відпадала необхідність використовувати кружала (дугоподібні дошки для зведення кам'яних склепінь).

Для здійснення проекту Філіппо Брунеллеске використовував технологію цегляної кладки «ялинкою» (риб'ячим хребтом) - прийом, який застосовували при будівництві куполів у Стародавньому Римі. Цегла в кладці "ялинкою" розділена на дві групи: частина цегли розгорнута вертикально і викладена вздовж локсодром (похилих ліній на викривленій поверхні купола), а простір між ними заповнено звичайною горизонтальною кладкою.

У куполі собору Санта – Марія – дель - Фйоре ці похилі лінії з вертикальної цегли перетинаються, складаючись у ромби. Купол собору зводився без використання будівельних риштувань, для цього Філіппо

Брунеллеске передбачив його двошаровим, що давало можливість робити цегляну кладку з проходу між внутрішнім і зовнішнім шарами купола.

Щоб пояснити, чому такий купол можна побудувати без використання [5] підтримуючих пристроїв, вчені - механіки з Італії та США під керівництвом Sigrid Adriaenssens з Принстонського університету змоделивали його цегляну кладку за допомогою цифрових (математичних) методів. Вчені використовували метод дискретного елемента, який зазвичай використовують для моделювання систем, що складаються з великої кількості схожих одна на одну частинок.

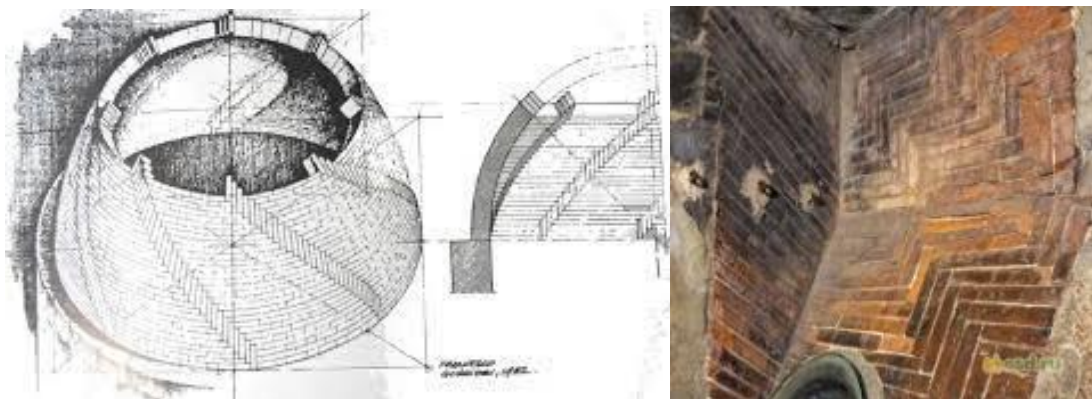


Рис.8. Цегляна кладка «ялинкою»

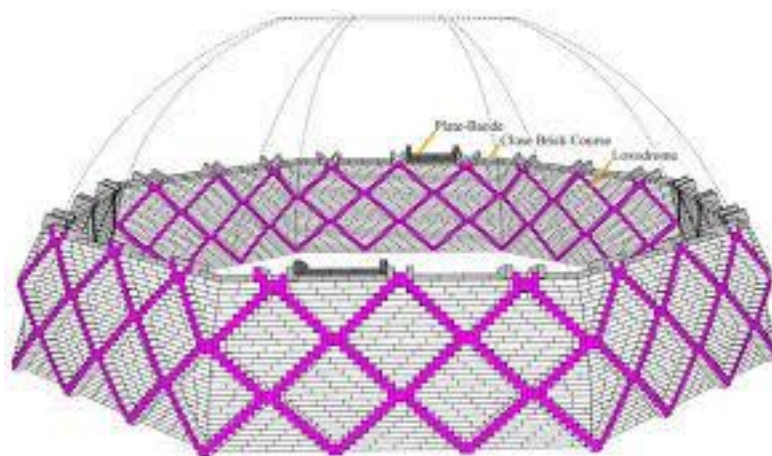


Рис.9. Модель кладки

Цей підхід враховує та описує тертя між окремими елементами та силу їх тяжіння на прикладі піску, тому його часто застосовується для вирішення механічних завдань у геології. В даному випадку вчені за допомогою такого методу розрахували сили, які діють на цеглу в кладці купола на кожному етапі будівництва, щоб оцінити, чи буде система стійкою. Виявилось, що основна напруга посідає ділянку горизонтальної кладки між вершинами ромбів.

За рахунок механічного опору цієї ділянки цегла не повертається і не ковзає відносно одна одної, а ще не добудований купол не розвалюється на частини. Цікаво, що сила тертя, що створюється між цеглою за рахунок будівельного розчину, великої ролі не відіграє: практично за будь-якого

коефіцієнта тертя така система буде стійка на кожному етапі будівництва.

Висновок. Автори роботи зазначають, що після середини XVII століття подібну техніку при проектуванні та будівництві куполів не використовували. Чому так сталося — до кінця незрозуміло, але зараз, на думку вчених, описані ними особливості врівноваження в «ялинкових» кладках цікаві вже не так з погляду історії чи збереження архітектурних пам'яток, як для розвитку деяких областей робототехніки. Зокрема, самоврівноваження конструкцій може бути корисним для розвитку методик будівництва з використанням літаючих роботів.

P.S. У 1977 р. на честь Ф.Брунеллеске названо астероїд головного поясу Юнітера.

Список використаних джерел:

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Філіппо_Брунеллескі
2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кватроченто>
3. [https://eprints.kname.edu.ua/56912/1/13Н%20-2019-Шкляр Відродження%20та%20Модерн.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/56912/1/13Н%20-2019-Шкляр_Відродження%20та%20Модерн.pdf)
4. <https://italy4.me/izvestnye-lyudi/filippo-brunelleschi.html>
5. https://house.24tv.ua/ru/10-faktov-o-filippo-brunelleski-florentijskij-poslednie-novosti_n1618876
6. <https://nplus1./news/2020/05/20/self-balancing-dome>

УДК 69.059:624:692

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ЖИТЛОВОЇ МАЛОПОВЕРХОВОЇ ПРИВАТНОЇ ЗАБУДОВИ З МЕТОЮ ПІДРАХУНКУ МАТЕРІАЛЬНИХ ЗБИТКІВ ПІСЛЯ ЗАТОПЛЕННЯ

Карпушин С.О., к.т.н доцент; Пашинський М.В., к.т.н доцент;

Дарієнко В.В., к.т.н доцент; Слонь В.В., к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна

Особливістю техногенного впливу на будівлі і споруди є величезні обсяги прісної води, що раптово, протягом короткого часу (4...5 годин) прибули і затопили будівлі і споруди приватного сектору та багатоповерхові багатоквартирні житлові будинки шаром води висотою до 5 м. в м. Херсон в травні 2023р.

Ділянка обстеження житлових будинків, що постраждали в наслідок підриву військовими рф Каховської ГЕС знаходиться в місті Херсон, в його центральній частині, це Корабельний район, мікрорайон Корабел по вулицям Богородицька та Михайлівська (рис.1).



Рис. 1. Місце розташування об'єктів, що обстежувалися 20-30 липня 2023 р.

На північ від ділянки обстеження розташовуються житлові будови центрального району м. Херсон, що знаходяться на підвищенні та під затоплення не потрапили. З півдня та сходу ріка Кошова, ріка Дніпро, річковий порт, мікрорайон «Острів», що сполучається з центральною частиною міста мостом по вул. Острівській. На захід розташована малоповерхова приватна забудова з висотними позначками 4,18...6,76м, що з високою імовірністю має аналогічну висоту затоплення та відповідну величину пошкоджень. Мікрорайон «Острів» характеризується висотними відмітками 4,12...5,75м, з чого можна зробити попередній висновок про його повне затоплення.

По вул. Михайлівська та вул. Богородицька розташована, в основному, стара та вітха приватна малоповерхова забудова. Це житлові одноквартирні та багатоквартирні будинки з присадибними ділянками площею до 10 соток, на яких розташовуються прибудинкові допоміжні господарчі споруди: гаражі, комори, веранди, флігелі, тощо. Вулиці Михайлівська, Богородицька і Кошовий Узвіз мають асфальтне покриття проїжджої частини та пішохідних доріжок. В домоволодіннях є газопостачання питний водопровід, центральна каналізація, електропостачання.

Стан вулиць станом на 20-30 липня 23 року представлено на фото (рис.2). Де видна робота комунального підприємства з вивезення сміття, намулу, зіпсованих речей домашнього вжитку, зруйнованих елементів будівельних конструкцій.



Рис. 2. Проїжджа частина вулиць Михайлівська та Богородицька станом на 20-30 липня 2023 р.

Вул. Богородицька (див. рис.1) знаходиться північніше та вище вул. Михайлівської і характеризується висотними відмітками відповідно 6,76 і 4,18м. Будівлі, що розташовані по вул. Михайлівській мають більші ушкодження, це пояснюється більшою висотою затоплення та довшим терміном перебування будівельних конструкцій під водою. Вул. Михайлівська характеризується лише малоповерховою приватною забудовою. Вітха житлова малоповерхова забудова по вул. Богородицька північною стороною зрідка замінена багатоповерховими житловими будинками (рис.3), що зведені відносно недавно та розташовуються на схилі.



Рис. 3. Змішана забудова північної сторони вул. Богородицької

Проаналізовано кліматичні, геологічні, гідрологічні, та ін. умови досліджуваної ділянки, взяті проби ґрунту основи з глибини -1м і -2м, які потім досліджувалися в лабораторії Інституту Агропроект м. Кропивницький.

Інженерно-геологічні умови ділянки по вул. Богородицькій запозичені з проекту будівництва 2012р. 10-ти пов. будинку у м. Херсон по вул Богородицькій. До 10 м. в глиб залягають техногенні супісчані і піщані ґрунти, рівень ґрунтових вод по вул. Богородицька, Михайлівська та вул. Кошовий Узвіз – 4,18...-6,76 м, та має гідравлічний зв'язок з річками Кошова та Дніпро.

Для дослідження було прийнято малу вибірку з 20-ти житлових об'єктів, що розташовані по вул. Михайлівська, вул. Богородицька, вул. Кошовий Узвіз м. Херсон. «Найстарішим» є об'єкт побудови 1905р., «наймолодшим» 2002р. Середній рік забудови даної вибірки - 1945р.

Відповідне розташування досліджуваних об'єктів на похилій ділянці в сторону р. Кошова та р. Дніпро обумовлює відповідно і різний ступінь, тривалість затоплення і отриманих пошкоджень. Так, одноповерхові житлові будинки по вул. Михайлівській мали висоту рівня води при затопленні, що перевищував рівень коника даху (від 4 до 5,2м.). Тобто будинки по вул. Михайлівській були затоплені повністю разом з конструкціями даху. З південної сторони вул. Богородицька висота рівня стовпа води у порівнянні з вул. Михайлівською була нижча на 0,7...0,8м. Вода, як правило, сягала висоти мауерлати, що у деяких випадках призводило до зміщення даху відносно стін будинку. Багатоповерхові будинки, що розташовані з північної сторони відносно проїжджої частини вул. Богородицької постраждали найменше, в тому числі і за рахунок високого цоколя. Затопленими є підвали, фундаменти, цоколь, підлоги першого поверху та стіни (в середньому до половини висоти першого поверху). Підвали багатоповерхівок характеризуються наявністю великої кількості намулу та побутового сміття.

Серед головних пошкоджень варто виділити: 100% руйнування внутрішнього оздоблення стін та стель в т. ч. з гіпсокартонних систем, вимивання кладочного глинистого розчину з швів, пошкодження електричної проводки, 100% деформація та втрата форми дерев'яних заповнювачів проїомів, руйнування склопакетів у МП елементах, вихід з ладу електроніки опалювальних газових котлів, колонок, г/плит, електричних бойлерів, руйнування дерев'яних підлог, ламінату, паркету. У деяких випадках комісія спостерігала підняття дахових конструкцій над стінами зі зміщенням їх первісного положення та просідання внутрішніх перегородок і елементів зовнішніх стін, локальне провалювання підлог та перекриттів. Також усі 20 досліджуваних об'єктів характеризуються наявністю сирості, грибка та плісняви на усіх внутрішніх поверхах (рис.4).



Рис. 4. Характерні пошкодження будівельних об'єктів

Обстеженню підлягали 20 об'єктів у м. Херсон, обстеження проводилося у період з 20 по 30 липня 2023р. Технічному обстеженню з метою визначення матеріальних збитків підлягав лише житловий об'єкт. Головними умовами проведення експертизи були присутність власника з документами, що посвідчували особу власника та наявність правоустановчих документів на володіння даним об'єктом. Суттєво прискорювало роботу наявність технічного паспорту на будівельний об'єкт. Технічний паспорт містить інформацію про рік введення в експлуатацію, тип і матеріал фундаментів, стін, конструкцій даху, план та площі кімнат, тип внутрішнього оздоблення, інформацію щодо реконструкції та видів відновлювальних робіт і матеріалів.

Відбувалось заповнення заяви і після цього проводився візуальний та інструментальний огляд пошкоджень. Також до обов'язкових умов, що висували міська та обласна адміністрації м. Херсон була необхідність фотофіксування документів, безпосередньо особи самого власника та відповідних технічних пошкоджень.

Наступним етапом є визначення величини матеріальних збитків. Так звані камеральні роботи з обробки результатів обстеження включали: підрахунок об'ємів пошкоджень та математичні підрахунки матеріальної вартості завданої об'єкту шкоди за укрупненими показниками вартості, що включали також вартість і будівельно-монтажних робіт із заміни пошкоджених елементів, їх заміни, тощо.

Звіт по кожному з будівельних об'єктів мав містити: - заповнений бланк заяви, - 2 екземпляр акту обстеження з вказівкою пошкоджень та категорією до якої буде віднесено даний об'єкт, - 2 екз. чек-листа з розгорнутим розрахунком суми компенсації за збитки. Дані документи мають бути підписані членами комісії та власником. Звіт по кожному з об'єктів та файли фотофіксації передавалися до Херсонської обл. та міськ. адміністрацій.

Для об'єктів, що відносяться до III категорії, складання чек-листа не передбачено, тому сума компенсації не обраховувалася, а формування звіту комісії передбачало заяву, акт технічної експертизи та файли фотофіксації.

Список використаних джерел:

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Херсонській області у 2015 році//Офіційний сайт Департаменту екології та природних ресурсів Херсонської обласної державної адміністрації [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: ecology.ks.ua/index.php?module=page&id=16.

2. ДСТУ-Н Б В.1.2-18: 2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Діючий. 01.04.2017. 02.07.2016 Наказ від 02.07.2016 № 213 Про прийняття національного стандарту Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ)

3. Про затвердження Методики обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів. НАКАЗ №65 від 28.04.2022. МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД ТА ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0065914-22#Text>.

ТЕХНІЧНИЙ СТАН БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ПІСЛЯ РАКЕТНОГО УДАРУ

Чеканович М.Г. к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну, Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна

Вступ. У результаті військових дій на даний час в Україні зазнають пошкодження і руйнувань будівлі та споруди, які можуть бути критично необхідні для держави. Значні руйнування виникають в результаті ракетних ударів. Серед таких споруд автодорожні мости та будівлі пов'язані з енергетичною сферою. Вкрай необхідно у стислі терміни виконати їх обстеження, оцінити технічний стан, можливість відновлення і перспективи подальшої експлуатації [1-4].

Основний текст. Розглянемо на прикладах мостової споруди і будівлі характерні пошкодження, їх особливості в результаті ракетного удару та оцінку їх технічного стану (рис. 1-5).



Рис. 1. Типові руйнування залізобетонних балок прогонових будов

З рис. 1 видно, що вхідний отвір в залізобетоні від удару значно менший від вивалу бетону з протилежної сторони. При цьому зона руйнування може поширюватися далеко від місця ураження. Зокрема на рис. 3, 5 видно сітку тріщин від динамічного удару. Силкові тріщини можуть виникати поодаль від місця безпосереднього ураження в місяцях максимальних зусиль у конструкції (рис.5). Одним з факторів оцінки технічного стану є міцність бетону [4] яка може визначатися неруйнівним методом (рис.1, 4).



Рис. 2. Фотофіксація руйнувань залізобетонних балок знизу



Рис. 3. Руйнування, тріщиноутворення прогону після ракетного удару

Оцінка технічного стану мостових споруд і цивільних будівель має дещо різну нормативні базу, що ускладнює комплексну оцінку технічного стану об'єктів внаслідок одночасного пошкодження від ракетного удару.

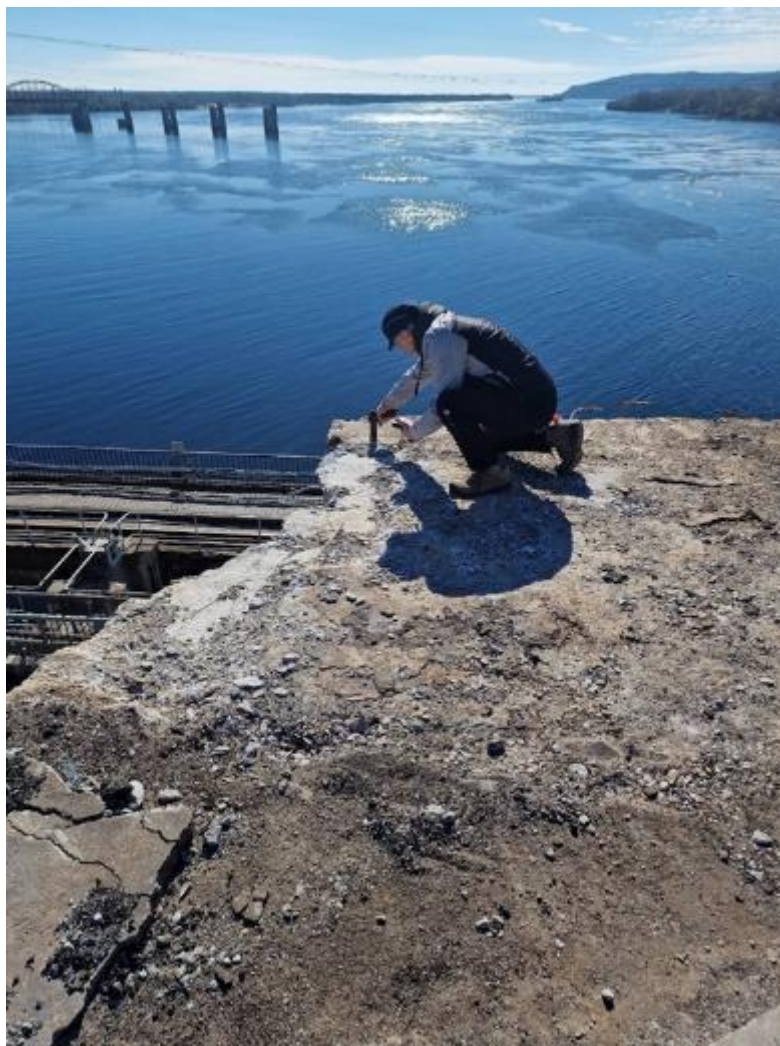


Рис.4. Контроль міцності бетону

Так класифікація експлуатаційних станів елементів мостів [2] згідно ДСТУ 9181:2022:

1 - справний - елемент відповідає всім вимогам проекту та чинних норм експлуатації;

2 - обмежено справний - елемент частково не відповідає вимогам проекту, проте не порушуються вимоги ані першої ані другої груп граничних станів;

3 - працездатний - елемент частково не відповідає вимогам проекту, проте не порушуються вимоги першої групи граничних станів. Можливо порушення другої групи граничних станів, якщо це не обмежує нормального функціонування споруди;

4 - обмежено працездатний - можливо часткове порушення вимог першої групи граничних станів. Порушуються вимоги другої групи граничних станів. Споруда експлуатується в обмеженому режимі і вимагає спеціального контролю за станом її елементів;

5 - непрацездатний - елемент не відповідає вимогам першої групи граничних станів і з'ясовується неможливість їх задоволення, що свідчить про необхідність припинення експлуатації споруди.

В нашому випадку за результатами аналізу основних конструктивних елементів прогонових будов, встановлено, що експлуатаційний стан прогону 5-6 по смузі проїзду зі сторони нижнього б'єфу -5 (непрацездатний), а зі сторони нижнього б'єфу - 4 (обмежено працездатний), експлуатаційний стан прогону 6-7 - 4 (обмежено працездатний), стан інших прогонів визначається як 3 – працездатний. В цілому автодорожній проїзд - стан 4 (обмежено працездатний).

При цьому технічний стан окремої конструкції будівлі згідно з ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» характеризують однією з чотирьох категорій [3]:

1 - нормальний - фактичні зусилля в елементах та перерізах конструкції не перевищують допустимих за розрахунком, відсутні дефекти та пошкодження, які знижують несучу здатність та довговічність або перешкоджають нормальній експлуатації.

2 - задовільний - за експлуатаційними якостями конструкція відповідає категорії технічного стану "1", але мають місце часткові відхилення від вимог проекту, дефекти або пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкцій або частково порушити вимоги другої групи граничних станів, що в конкретних умовах експлуатації конструкцій не обмежує використання об'єкта за визначеним призначенням.

Потрібні заходи захисту конструкції та дотримання встановлених вимог щодо його використання.

3 – не придатний до нормальної експлуатації - конструкція не відповідає категоріям технічного стану "1" та "2" щодо несучої здатності або нормальної реалізації захисних функцій, але аналіз дефектів і пошкоджень з перевірними розрахунками виявляє можливість забезпечення її цілісності до проведення ремонту, підсилення або заміни;

4 - аварійний - порушені вимоги першої групи граничних станів (або неможливо запобігти цим порушенням), і аналіз дефектів та пошкоджень з перевірними розрахунками показує неможливість гарантувати цілісність конструкції до проведення її ремонту, підсилення або заміни (особливо, якщо можливий "крихкий" характер руйнування), або остаточно втрачена можливість нормальної реалізації захисних функцій конструкції.

В наведеному випадку несуча залізобетонна плита покриття (перекриття ФП) з консольною частиною між осями ШІV – ШІVІ має руйнування, порушена цілісність плити консолі в місці ракетного удару, тріщини на периферії, тріщини розкриттям до 2,8 мм в основі консолі – стан "4" (аварійний).



Рис. 5.Тріщиноутворення в залізобетонній плиті будівлі

Висновки. В місці входу боєприпасу ураження, пошкодження залізобетонної конструкції виявляється меншим ніж у місці його виходу. Критичні пошкодження від ракетного удару в конструкції можуть бути поодаль від місця удару. Необхідно прийти до єдиної системи оцінювання технічного стану будівель та споруд, мостів оскільки ураження від ракетного удару можуть бути одночасні для об'єктів різного призначення.

Список використаних джерел:

1. Чеканович, М. Г. (2024). Альтернативний розрахунок будівельних конструкцій на основі обертального моменту. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (6), 261-268. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.29>.
2. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування.
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану»
4. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкцій. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 199-204. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24>.

**ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОСУШЕННЯ БУДІВЕЛЬ «БІОДРАЙ»
ПІД ЧАС РЕСТАВРАЦІЇ, РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ
ОБ'ЄКТІВ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ, ГРОМАДСЬКИХ, ЖИТЛОВИХ ТА
ІНФРАСТРУКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ВІЙНИ**

*Жученко Є.С., офіційний представник Швейцарської компанії
«Біодрай» в Україні*

Вступ. В умовах повномасштабної війни ситуація в сфері збереження об'єктів культурної спадщини, зміцнення української ідентичності та національної пам'яті *вимагає* надійного убезпечення творів мистецтв у придатних для цього місцях, гарантованого збереження невід'ємних від пам'ятки цінностей (фрески, мозаїки, олійний живопис) та негайної фізичної стабілізації стану історичних будівель в цілому.

Що поставило новий виклик перед спеціалістами, так як:

- Лєвова частка приміщень під фондосховища мають критичний рівень перезволоження стін та, як наслідок, агресивні і небезпечні мікрокліматичні умови як для короткострокового так і довгострокового зберігання творів мистецтв, що є неменше шкідливим ніж пряме влучення ракетою. *В таких умовах зберігання, небезпечна руйнація творів мистецтва починається дуже швидко.*

- На даний час, технічний стан багатьох будівель через пошкодження надмірною вологою, згідно з офіційною класифікацією, - «непридатний до нормальної експлуатації», а у випадку невиконання термінової стабілізації фізичного стану *може прийти у аварійний, що збороняє їх використання.* Додаткові зовнішні фактори (такі як вибухова хвиля, надмірна вібрація або сейсмічний рух) в таких випадках *можуть призвести до аварійного стану будівлі одразу,* що робить ситуацію з перезволоженням критичною, та потребує негайного вирішення.

- Невід'ємні від пам'ятки цінності (фрески, мозаїки, олійний живопис) *не можуть бути евакуйовані і їх умови збереження повинні бути покращенні до вищого та більш стабільного рівня.*

- Відсутність ясного розуміння дати завершення збройного конфлікту, та нищівний вплив природних факторів, який акумулюється та постійно збільшується, *потребує реорганізації та оптимізації питання підтримання у належному стані історичних будівель та екстреного залучення нових, ефективних, неруйнівних, еко- та біо- сумісних технологій, які б цілком відповідали концепції сталого розвитку.*

Вирішення таких викликів нагально потребують велика кількість музейних, архівних та культурних інституцій, понад 30,000 квадратних метрів площ в першу чергу, та більше 450, 000 другим етапом. Нагальність проблеми підтверджується відгуками спеціалістів та запитамі від керівників установ.

Основний текст. Конструктивні особливості фундаментів історичних будівель, ландшафтні характеристики та археологічні аспекти територій

роблять недопустимим виконання робіт з влаштування відсічної гідроізоляції руйнівними (будівельними) методами.

Висока історична цінність об'єктів нерухомої культурної спадщини, предметів мистецтв, невід'ємних від пам'ятки цінностей, явищ нематеріальної культури передбачають застосування лише *неруйнівних*, безпечних та негроміздких методів, які б дозволяли продовжувати постійне функціонування об'єктів та відповідали найвищим стандартам збереження.

Таким чином стабілізацію будівель необхідно проводити шляхом застосування методики зупинки руху вологи по кладці та їх осушення за рахунок використання спеціальних приладів.

Для економічної та технологічної оптимізації використання такого обладнання варто застосовувати системи, що не використовують елементів живлення. А контроль за процесом стабілізації повинен передбачати цілодобове он-лайн спостереження, систему сповіщення про порушення перебігу процесу стабілізації та виходу параметрів вологи за встановлені норми.

Наукове підґрунтя. Проблема критичності стану великої кількості будівель *неодноразово* піднімалися на багатьох міжнародних наукових конференціях та підтверджувалась висновками спеціалістів, а пошук ефективних, неруйнівних технологій та розробка нових комплексних підходів вівся протягом останнього часу.

Експерти зазначають, що переважна більшість, таких технологій, *за винятком однієї*, мають обмежений результат та низку недоліків, які роблять їх застосування недоцільним. Такими обмежувальними факторами є те що, забезпечення захисного ефекту потребували безперебійного режиму електропостачання, в разі порушення якого, волога поверталася до стін, і не лише повертаючи попередній результат перезволоження, а і ще збільшуючи його та знищуючи проведені ремонтні роботи. Необхідність постійного підключення до електромережі та експлуатація в жорстких мікрокліматичних умовах викликає руйнацію самих приладів, що обмежує їх строк дій. Агресивна дія самих приладів є неконтрольованою та може приводити до пересушення стін, або руйнації невід'ємних цінностей (фресок, тощо). Ці обставини створюють загрозу для стабільності вологісного стану об'єктів, які захищені приладами такого типу, під час проведення в державі військових дій, результатом яких може бути фізичне порушення елементів критичної інфраструктури (підстанції, ЛСП, тощо), що зведе нанівець ефект захисту будівлі чи споруди.

Винятком стало обладнання Швейцарського виробництва, система просушення стін Біодрай, яка *не потребує* для забезпечення захисних функцій електричного живлення, а елементи, з якого вироблено саме обладнання, стійкі до жорстких мікрокліматичних умов. Зазначене обладнання втілює останні наукові розроблення в будівельній сфері щодо використання хвильових методів захисту від вологи. *Неруйнівний підхід, автономність і стабільність виконання гідрозахисних функцій* створює суттєву перевагу останнього покоління зазначеного захисного обладнання, як перед

попередніми версіями аналогічного обладнання, так і перед традиційними заходами з влаштування або відновлення гідробар'єрів.

Апробація та висновки. Обладнання «Біодрай» пройшло успішну апробацію на різних об'єктах країни та показало високу ефективність та надійність.

1. В період з грудня 2019 року по листопад 2022 року технологія «Біодрай» пройшла апробацію на об'єкті Національного заповідника «Києво-Печерська Лавра», який є об'єктом всесвітньої спадщини UNESCO, - «Хрестовоздвиженський храм», XVII ст.

2. В період з серпня 2020 по листопад 2022 року технологія «Біодрай» пройшла апробацію на шести об'єктах Національного заповідника «Софія Київська», які є об'єктами всесвітньої спадщини UNESCO, - Собор «Софія Київська» XI ст., «Дім Митрополита» XVIII ст., «Дзвіниця» XVIII ст., «Південна виїзна башта» XVIII ст., «Трапезна», «Мури» XVIII ст.;

3. В період з грудня 2021 по листопад 2022 року технологія «Біодрай» пройшла апробацію на об'єкті Національного історико-архітектурного музею «Київська фортеця», XVI ст.

4. В період з березень 2022 року по листопад 2022 року технологія «Біодрай» пройшла апробацію на об'єктах Львівської національної галереї Мистецтв ім. Б. Возницького, - «Палац Потоцьких» XVII ст., «Палац Лозинських» XVIII ст.; «Монастир Капуцинів» XVIII ст.; церква Іона, XIII ст.;

Застосування систем Біодрай дало змогу, без застосування руйнівного впливу та використання електроживлення, на кожному з об'єктів:

- Відновити температуру і вологість повітря та стабілізувати її в нормальному діапазоні, та як наслідок, відновити мікроклімат і привести санітарно-гігієнічні норми приміщення у відповідність до вимог законодавства;

- Стабілізувати фізичний стан будівель; Прибрати перезволоженість стін та стабілізувати її в прийнятних нормах (в діапазоні 4%);

- Підвищити енергоефективність будівель;

- Оптимізувати економію електроенергії;

- Створити належні умови для збереження фондів експонатів, виставкових предметів та невід'ємних від пам'яток цінностей;

Результати дозволяють рекомендувати його використання, як надійний та ефективний засіб, особливо в умовах військових дій та обмежених ресурсів на відновлення об'єктів та інженерної інфраструктури.

Економічна обґрунтованість. Фінансова складова надання послуг з осушення стін, в порівнянні з іншими загальноприйнятими методами усунення надлишкової вологи, нижча в 2 рази.

Система «Біодрай» також відповідає технічним, технологічним та законодавчим вимогам, які виставляються до робіт та технологій, що використовуються на пам'ятниках культурної спадщини:

1. Радіус ефективної дії та кількість обладнання повинні забезпечувати повне покриття периметру об'єкта без сліпих зон, через які може проникати вода;

2. Спосіб просушування стін за допомогою обладнання має бути неінвазійним та не передбачати негативного фізичного впливу на конструкцію (в тому числі без використання хімічних речовин, дренажу стін, тощо);

3. Спосіб просушування стін за допомогою обладнання не повинен передбачати підключення до електромережі (або використовувати будь-яких інших електричних джерел живлення);

4. Обладнання для просушування стін повинно мати висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи щодо безпечності її впливу на людей та відповідати встановленим медичним критеріям безпеки.

5. Спосіб та метод просушування стін за допомогою обладнання повинен передбачати можливість моніторингу вагової вологості кладки та проведення періодичних контрольних замірів процесу осушення (для унеможливлення агресивного впливу обладнання на історичну будівлю або інтенсивне пересушення).

6. Габарити, дизайн і вага системи повинні бути гармонійними до внутрішнього інтер'єру церкви та не заважати експозиціям.

7. Спосіб кріплення та установка обладнання повинні давати можливість безпечного демонтування (без руйнівного впливу на автентичність будівлі) та мобільного перенесення обладнання;

Висновки. Провести модернізацію об'єктів культурної спадщини Швейцарською інноваційною технологією «Біодрай» для зупинки фізичної деградації будівлі на молекулярному рівні та запобігти руйнуванню несучих частин будівлі, викликаних критичною та надмірною вологістю, і привести її до природного стану, що дозволить в подальшому безпечно та надійно функціонувати пам'ятці архітектури протягом десятиліть у складних зовнішніх умовах, убезпечити невід'ємні цінності, забезпечити збільшення ємності фондосховищ та підвищити енергоефективність будівлі.

УДК 69.03:728.3

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ В БУДІВНИЦТВІ ДЕРЕВ'ЯНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

Желуденко К.В., старший викладач кафедри будівництва, архітектури та дизайну

*Якімова А.Д., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна*

Вступ. На сьогодні існує велика кількість різних конструкцій з дерева. Сучасні тенденції в будівництві з деревини направлені на екологічність, доступність матеріалів, зручність в обробці і легкість при монтажу. Дерев'яні

конструкції у будівництві поділяються на: конструкції з колод і брусів, будинки з дерев'яних масивних елементів, каркасно-панельна технологія, модульне будівництво, комбінована технологія.

У багатьох країнах світу широке розповсюдження отримало будівництво малоповерхових каркасних житлових будівель зі збірних елементів заводського виготовлення. В останні роки ця технологія будівництва поширилася і в Україні.

Каркасні будинки відрізняються швидкістю зведення, легкістю будівництва, високою теплоізоляцією, комфортом, економічністю, мають значну міцність при мінімальних витратах матеріалів і будуються переважно за індивідуальними проектами. Популярна в усьому світі технологія будівництва каркасних будинків розроблена з урахуванням зведення будівлі в різних кліматичних широтах. Якість конструкцій і попередньо зібраних елементів, виготовлених промисловим способом, набагато вище, ніж у тих, що були виготовлені в умовах будівельного майданчику.

Основна частина. Конструкції з дерева застосовуються з давніх часів. Вони є надійними, довговічними і доступними в обробці. Деревина має низьку теплопровідність, високу механічну міцність, стійкість до впливу солей і мастил, добре пропитується захисними розчинами, забезпечуючи при цьому високу стійкість до загнивання. При зведенні дерев'яних будинків необхідно враховувати наступне: клеєні конструктивні елементи не повинні виділяти токсичні речовини; теплоізоляційні матеріали повинні бути екологічно безпечними; дерев'яні конструкції повинні бути оброблені екологічними вогнезахисними речовинами; для будівництва можна використовувати тільки висушену деревину.

Існують такі способи збирання каркасного будинку: каркасно-рамний, каркасно-щитовий та фахверковий. З усіх типів зведення житлових будинків каркасно-рамний відрізняється можливістю не залучати будівельні організації та порівняно низькими трудовитратами. По такій технології будинок можна побудувати самостійно. При каркасно-рамному методі збирання каркасу проводиться безпосередньо на будівельному майданчику з елементів заводського виготовлення. Також вона дозволяє не тільки ефективно здійснювати зведення будинків за готовими проектами, але і враховувати зміни, які вносяться замовником у процесі будівництва. При зведенні будівель рекомендується використовувати деревину камерної сушки. Будівництво каркасного будинку проводять в наступному порядку:

1. Вибір місця будівництва. Спочатку проводять геодезичні вишукування, після цього очищення і розпланування ділянки.

2. Закладання фундаменту. Під каркасний будинок не потрібно влаштовувати масивний фундамент. Визначаючим фактором у виборі типу фундаменту є вага будинку і структура ґрунту на місці забудови. Тому, враховуючи легкість об'єкта, для нього влаштовують стрічковий, стовбчасто-стрічковий або монолітний фундамент. Обв'язка є основою для стін будинку і виконується з дерев'яних брусів перерізом 150x150 мм, 150x200 мм, де другий розмір визначає ширину стояка і товщину теплоізоляційного шару. Вони

укладаються на гідроізоляційний матеріал – руберойд у 2-3 шари. Укладений на руберойд брус притягується до фундаменту за допомогою анкерів. Це запобігає здвигу обв'язки каркасного будинку і підсилює всю конструкцію. По верху змонтованої конструкції укладаються плити перекриття, які виконують роль підлоги першого поверху і тримають всю дерев'яну конструкцію. Для захисту від загнивання низ плити підлоги першого поверху покривають бітумною мастикою.

3. Зведення каркасу. Несучий елемент будинку – вертикальний дерев'яний каркас, який складається з брусів різних перерізів, дерев'яних балок спеціальної конструкції з дошки хвойних порід товщиною 40-50 мм і шириною 150 мм, встановлених з кроком 400 мм, та горизонтальних обв'язок. Такі елементи каркасу надають всій конструкції будинку жорсткість і надійність. Для того, щоб передача навантаження по елементам несучих стін, перекриттів була кращою, потрібно дотримуватися однакового кроку для встановлення стояків, крокв і балок перекриття. Елементи каркасних рам з пиломатеріалу рекомендується виготовляти і покривати антисептичним матеріалом на заводі, а збирання рам з елементів виконувати на будівельному майданчику в спеціальних шаблонах (кондукторах).

Монтаж стін починають зі встановлення кутових рам, які кріпляться до цокольної обв'язки цвяхами. Після кутових елементів послідовно встановлюють інші рами зовнішніх та внутрішніх стін. При встановленні елементи закріплюються тимчасовими підкосами. Вертикальне та горизонтальне положення їх ретельно вивіряється. По верху першого ярусу по рівню укладається обв'язка, яка слугує опорою для стін другого ярусу або кроквяних систем. Перекриття влаштовується по балочним конструкціям без утеплення (міжповерхове) або з утепленням (горищне). Дерев'яні балки укладаються по рівню з вивіркою під одну площину верхніх граней балок міжповерхових перекриттів і нижніх граней горищних перекриттів.

4. Утеплення і внутрішня обшивка стін. Для заповнення каркасу використовують різні матеріали. Роботи по пароізоляції і тепловій ізоляції стін повинні виконуватися тільки після монтажу стін і перекриттів. Стики кутів ізолюються. Частіше всього каркас обшивають вологостійкими плитами OSB товщиною 12 мм. Для забезпечення необхідних теплоізоляційних характеристик, всередину каркасу закладають плити утеплювача – базальтову вату, скловату або пінополістирол. Із внутрішньої сторони каркасу утеплювач закривають пароізоляційною плівкою-мембраною, яка захищає стіни від парів вологи з приміщень, а із зовнішньої – вітрогідрозахисною, яка забезпечує вільний вихід парів зі стіни і служить перешкодою для вітру і потрапляння вологи з атмосфери всередину. Після ізоляції підшивають стелю.

5. Влаштування покриття. Покриття може бути виконано як набором з окремих крокв, так і у вигляді готових заводських кроквяних ферм. Товщина бруса для крокв розраховується з урахуванням навантаження власне покрівлі і снігового навантаження. Стійкість крокв забезпечує мауерлат, в який вони врізаються. Розпором між балками є ригель, брус для якого вибирають перерізом 150x50 мм. Наступні шари покрівлі: пароізоляція, контрлати, лати,

гідроізоляція, покрівельний матеріал. Контрлати забезпечують вентиляцію між кроквами і латами. Для них беруть рейки товщиною 20 мм і прикріплюють їх до крокв. Брус 40x50 мм використовують для влаштування латів. Саме до них прикріплюється покрівельний матеріал, від вибору якого залежить крок брусів. Перед монтажем покрівлі на лати настиляють гідроізоляційний шар. Використовують різні види покрівельних матеріалів: металочерепицю, бітумну черепицю, шифер та ін. Зовнішній вигляд даху – класичний або ламаної форми: двохскатний, односкатний, шатровий, мансардний.



Рис. 1. Конструкція каркасних будинків з деревини

6. Внутрішнє і зовнішнє оздоблення будинку. Зовнішня обшивка підвищує механічну жорсткість конструкції каркасних стін, а також виконує функцію захисту внутрішньої частини каркасу від атмосферного впливу. Для фасаду використовують різні оздоблювальні матеріали: блокхаус, сайдинг, штукатурка, фасадну плитку, фарбування. Важливо перед початком робіт правильно розрахувати зміщення точки роси. Стіну будинку з внутрішньої сторони зашивають гіпсокартоном, який слугує основою для фінішного оздоблення. Можна використати плити OSB, які штукатурять і фарбують, або клеять шпалери. Паралельно з покрівлею виконують встановлення вікон і дверей.

7. Влаштування підлоги, стелі, перегородок. Окремі приміщення в каркасних будівлях розділяють перегородками. Влаштовуються перегородки переважно каркасно-обшивного типу. Рекомендується між листами обшивки передбачати звукоізоляцію, що підвищує комфорт проживання.

8. Влаштування комунікацій. При каркасній технології всі внутрішні комунікації (водопровід, електрика, опалення, вентиляція) монтують всередині стін.

Висновки: Отже, основні переваги будівництва будинку по каркасній технології: можливість будівництва у будь-яку пору року; високі темпи будівництва, оскільки строк зведення будинку від нульового циклу до повної готовності з проведенням інженерних комунікацій складає 3-4 місяці; можливість будувати в один етап, так як каркасна технологія забезпечує відсутність усадки; можливості енергозбереження при відносно невеликій

товщині стіни; система утеплення забезпечує збереження тепла у будинку, а це означає зниження експлуатаційних витрат на обігрів приміщень; каркасна технологія не потребує використання будь-якого важкого монтажного обладнання, мінімізує трудовитрати; каркасний будинок має високу сейсмостійкість; можливість енергозбереження при відносно невеликій товщині стіни; екологічність.

Незважаючи на всі переваги, каркасні будинки мають і деякі недоліки, серед яких: довговічність таких будинків нижча, ніж цегляних; при зведенні такого будинку потрібно приділити увагу правильності вибору теплоізоляції, забезпечити паро- і гідроізоляцію стін будівлі; підвищена пожежонебезпека, для усунення якої використовують різні пожежозахистні матеріали – пропитка антипіренами, що знижує таку небезпеку в багато разів.

Список використаних джерел:

1. Гасенко А.В., Чегринець А.М., Бутенко С.А. Впровадження технології каркасно-щитового будівництва в сучасні житлові комплекси. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2012. Вип. 5(16). С. 26 – 29.
2. Гнідець Б.Г. Гнідець Р.Б, Гнідець З.Б. Легкомонтована універсальна каркасна система для малоповерхового житлового та іншого індивідуального будівництва. 2012. С. 58 – 64. URL: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/49558da0-b83d-4888-9add-a99efdefab48/content> (дата звернення: 10.05.2024 р.)
3. Смаль М. В., Струк О. О. Переваги будівництва з сендвіч панелей за канадською технологією. С. 30 – 34. URL: https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-03/%D0%A1%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9%20%D0%B2%D1%96%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20N%2021%20-%202016_0.pdf#page=30 (дата звернення: 10.05.2024 р.)
4. <https://kbu-group.com/technology>

УДК 624.01

РУШІЙНІ СИЛИ ТА ПЕРЕШКОДИ НА ШЛЯХУ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТАХ

Гасенко Л.В., к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вінодхіні Офілія Гудвін, к.т.н., доцент

Інститут дизайну Авані, Калікут, штат Керала, Індія

Вступ. У сучасному світі, де екологічна стійкість має першочергове значення, важливість енергоефективності будівель важко переоцінити. Енергоефективність має вирішальне значення для пом'якшення зміни клімату

та збереження навколишнього середовища шляхом скорочення викидів парникових газів і мінімізації виснаження обмежених енергетичних ресурсів. Вона пропонує значні економічні вигоди, включаючи економію коштів, збільшення доходу та створення робочих місць, одночасно сприяючи енергетичній незалежності та безпеці. Енергоефективність будівель також покращує здоров'я населення шляхом зменшення забруднення повітря та підвищення комфорту в приміщенні. Крім того, вона узгоджується з цілями сталого розвитку, сприяючи відповідальному споживанню, підтримці доступу до чистої енергії та створенню стійких спільнот для кращого майбутнього [1].

За оцінками Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, глобальне потепління на 1,5°C буде перевищено впродовж 21-го століття, якщо в найближчі десятиліття не відбудеться глибокого скорочення викидів CO₂ та інших парникових газів [2]. Щоб зменшити викиди від будівель, необхідно зменшити викиди на етапі будівництва та зменшити використання енергії на етапі експлуатації будівлі.

Будівлі, як житлові, так і комерційні, відповідальні за значну частину глобального використання енергії та викидів вуглецю. На комерційний, інституційний і житловий сектор припадає близько 12% викидів парникових газів ЄС, а на будівлі припадає приблизно 41% споживання енергії в ЄС [3]. Це робить їх роль вирішальною у боротьбі зі зміною клімату. Розвиток технологій енергоефективності забезпечує інноваційні рішення для зменшення цього енергетичного сліду.

Щоб зменшити викиди від будівель, необхідно впроваджувати технології енергоефективності, які умовно можна розподілити на три основні категорії:

- модернізація огорожувальних конструкцій;
- модернізація будівельних систем;
- запровадження відновлювальної енергетики.

Для цього важливо визначати та посилювати рушійні сили впровадження енергоефективних технологій, а також розуміти та усувати перешкоди на шляху їхнього впровадження.

Основний текст. Споживання енергії на етапі експлуатації будівлі залежить від різних факторів, таких як поведінка мешканців, теплофізичні властивості будівлі, технічні деталі конструкції, зовнішній клімат, а також технічне обслуговування та якість системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря [4].

В результаті аналізу було виокремлено 4 основні категорії рушійних сил для збільшення впровадження енергоефективних технологій у будівельні проекти:

- 1) фінансові рушійні сили:
 - бонуси для підрядників, консультантів і планувальників проектів за випробування нових технологій;
 - державні субсидії або податкові відрахування для більш енергоефективного будівництва;
 - зменшення витрат за рахунок зниження споживання енергії;

2) інформаційні рушійні сили:

- легко зрозуміла інформація про енергоефективні технології;
- довідкові проекти з енергоефективності та поширення інформації на конференціях, семінарах та в довідковій літературі;
- сертифікація майстрів та покращення системи освіти в будівельній галузі щодо енергоефективності;

3) організаційні рушійні сили:

- коворкінг, тобто забезпечення міжфункціональних команд, які складатимуться із різних учасників під час програми планування та фази планування проекту і працюватимуть в одному місці, щоб дати всім більш цілісне уявлення про майбутню будівлю;
- корпоративна культура, в якій стимулюється відвертість до нових технологій і в якій зазнавати невдач – це нормально і люди почуваються комфортно, презентуючи свої ідеї;
- стимулювання амбіційності проєктантів, що відстоюватимуть свою думку щодо необхідності врахування енергоефективності та екологічної чистоти технологій в будівельних проєктах;

4) зовнішні рушійні сили:

- національні вимоги;
- запити клієнтів;
- внутрішні знання клієнтів про енергоефективність та екологічні вимоги;
- довгострокова перспектива клієнтів (ті будинки, де клієнт також збирається володіти будівлею в осяжному майбутньому, як правило, стають більш енергоефективними, ніж якщо будівлю тільки будують, а потім продають).

Найпомітнішими перешкодами для впровадження енергоефективних технологій у будівельних проєктах є:

- приховані витрати, які часто поділяють на три основні категорії: загальні накладні витрати на управління енергією, витрати, пов'язані з інвестиціями в технології, і втрата вигод, пов'язаних з ефективною технологією. Іншими прикладами прихованих витрат є витрати на збір та аналіз інформації, на збої у виробництві тощо;

- інертність: люди хочуть робити все так, як завжди робили раніше. Потенційна економія енергії є невизначеною, тоді як витрати на будівлі, обладнання та рахунки за енергію є передбачуваними, а передбачувані результати часто матимуть більшу вагу, ніж невизначені результати. Люди схильні раціоналізувати попередні рішення, підкреслюючи позитивні аспекти рішення та негативні аспекти невибраної альтернативи, і ця тенденція є більшою для складних, дорогих або незворотних рішень;

- ризик: якщо технологія не працює, її потрібно замінити, що призведе до додаткових витрат, а великі інвестиції можуть не окупитися. Можна виділити три великі категорії ризиків: зовнішній ризик, бізнес-ризик і технічний ризик. До категорії зовнішнього ризику можна віднести такі аспекти, як загальні економічні тенденції, очікуване зниження цін на паливо

та електроенергію, а також політичні зміни та політика уряду. Бізнес-ризик можуть включати галузеві економічні тенденції, економічні тенденції індивідуального бізнесу та фінансовий ризик. У категорії технічного ризику можна знайти такі аспекти, як технічна продуктивність окремих технологій і ненадійність;

- доступ до капіталу є загальною перешкодою для інвестицій в підвищення ефективності через те, що багато споживачів мають доступ до капіталу лише за вартістю, що значно перевищує середню норму прибутку на капітал в економіці. Рішення про економічну ефективність найчастіше ґрунтуються виключно на інвестиційних витратах, а розрахунки вартості життєвого циклу (Life Cycle Cost, LCC) проводяться рідко, хоча LCC може продемонструвати кращу економію в довгостроковій перспективі, якщо буде обрана більш енергоефективна технологія;

- брак знань: знання про те, як будувати енергоефективні технології, є низькими в усій галузі. Якщо інформації, яка виробляється та передається ринком, недостатньо, учасники не зможуть здійснити всі взаємовигідні обміни;

- роздільні стимули. Найпоширенішим прикладом розподілу стимулів є орендодавець та орендарі на ринку житла. І орендодавець, і орендар можуть не бажати модернізувати квартиру, щоб зменшити споживання енергії, але з різних причин. Орендодавець не бажає, оскільки отримані заощадження будуть реалізовані орендарем, а орендар не бажає, оскільки він може виїхати, перш ніж отримати вигоду від заощаджень;

- інфраструктурні обмеження: якщо будівля будується в регіоні, де доступне централізоване опалення, воно часто є більш енергоефективним, ніж інші доступні рішення. Може бути й навпаки, коли будівля будується в регіоні, де найбільш енергоефективне рішення просто недоступне через розташування, і тому його не можна прийняти.

Перешкоди часто відрізняються між різними фазами будівельного процесу. Фази, на яких, як показує досвід, виникає більшість перешкод, це фаза програми планування та фаза планування проекту. Етапи будівельного проекту можуть відрізнятися за назвою та обсягом у різних країнах і компаніях. Однак робота, яка виконується на різних етапах, виконується в більшості будівельних проектів незалежно від країни чи компанії.

Декарбонізація будівель широко визнана критичним шляхом у боротьбі зі зміною клімату. Щоб декарбонізувати будівлі, необхідно впроваджувати більш енергоефективні технології, а щоб мати більше енергоефективних технологій у нових будівлях, потрібно подолати перешкоди, представлені в цьому дослідженні.

Висновки. Впровадження енергоефективних технологій та стратегій у будівельних проектах дає можливість зменшити споживання енергії, заощадити кошти та допомогти побудувати більш стійке майбутнє. Етапи будівельного проекту можуть відрізнятися за назвою та обсягом у різних країнах і компаніях. Однак робота, яка виконується на різних етапах, виконується в більшості будівельних проектів незалежно від країни чи

компанії, що робить це дослідження узагальненим для більшості будівельних проектів.

Основними категоріями рушійних сил для впровадження енергоефективних технологій у будівельних проектах є фінансові (бонуси, субсидії, зменшення витрат), інформаційні (довідкові проекти, сертифікація майстрів та покращення системи освіти), організаційні (коворкінг, корпоративна культура та стимулювання амбіційності проєктантів) та зовнішні (національні вимоги та вимоги клієнтів) рушійні сили.

Найпомітнішими перешкодами для впровадження енергоефективних технологій у будівельних проектах є приховані витрати, інертність споживачів, ризики впровадження енергоефективних технологій, ускладнений доступ до капіталу, брак знань, роздільні стимули різних груп користувачів та інформаційні перешкоди.

Щоб подолати інерцію та брак знань, можна визначити дві основні сфери, на яких слід зосередитися:

- підвищення знань про енергоефективні та екологічно чисті технології та способи будівництва;

- виведення людей із зони комфорту, щоб вони не завжди робили те, що звикли.

Зосередження уваги на цих двох сферах може також допомогти подолати інші перешкоди.

Список використаних джерел:

1. 10 Best Innovations for Energy Efficiency in Buildings // Patsnap. URL: <https://www.patsnap.com/resources/blog/10-innovations-for-energy-efficiency-in-buildings-you-need-to-know-about/> (дата звернення: 19.05.2024).

2. Jakob Carlander, Patrik Thollander. Barriers to implementation of energy-efficient technologies in building construction projects – Results from a Swedish case study // Resources, Environment and Sustainability. Volume 11. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2022.100097>

3. Enrico Cagno, Andrea Trianni, Ernst Worrell, Federica Miggiano. Barriers and Drivers for Energy Efficiency: Different Perspectives from an Exploratory Study in the Netherlands // Energy Procedia. Volume 61. 2014. P. 1256-1260 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.11.1073>

4. Gil Zaslavsky. Smart Energy-Saving Technologies in Buildings // Medium. URL: <https://medium.com/@gilzaslavsky/smart-energy-saving-technologies-in-buildings-47b0fda95d96> (дата звернення: 19.05.2024).

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ «ПАСИВНИЙ БУДИНОК»

Волошин М.М., к.т.н., доцент;

*Херсонський державний аграрно - економічний університет, м. Херсон,
Україна*

Постановка проблеми. Різноманітні проекти енергозберігаючий будинків, які мають скромні енергетичні потреби, почали завойовувати все більшу і більшу популярність серед людей, що шукають більш економічні і раціональні підходи в енергоспоживанні свого житла. Зауважимо, що скромність однозначно буває різною. Наприклад на обігрів будинку, який вважається дешевим і економічним в експлуатації, може знадобитися від 70-ти кВтг на метр квадратний за рік до всього лише 15 - кВтг на метр квадратний за рік, погодьтеся - це суттєва різниця, але в кожному конкретному випадку є свої нюанси (рис.1).

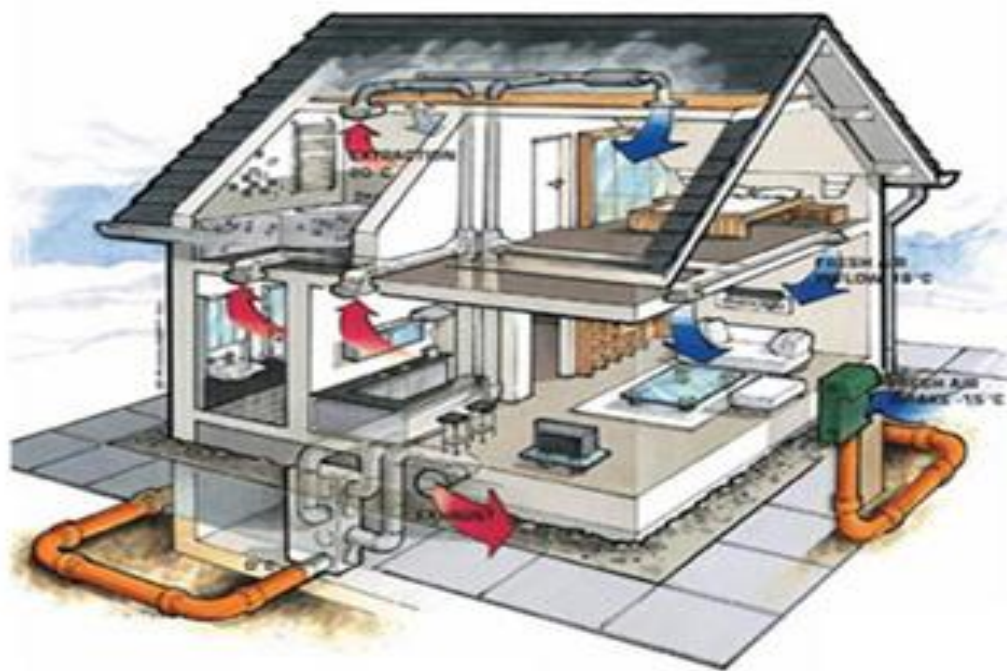


Рис. 1. Вигляд будинку в розрізі та його система опалення

Основні матеріали дослідження. Енергозберігаючі будинки звичайно поділяються на два типи: енергозберігаючі будинки з більш високим рівнем витрати енергії - перший з прикладу, і енергозберігаючі будинки з більш низьким споживанням енергії - другий з прикладу. Ці будинки з енергозбереження називають пасивними. Будова, яке потрапляє під визначення «пасивний будинок», як би це не виглядало фантастично, може не тільки не залежати від зовнішніх джерел енергії, а й саме служити таким джерелом. Це відбувається як за рахунок тепла самого такого будинку, що знаходяться в момент проживання в ньому людей, так і навколишнього середовища, території на якій розташоване це енергозберігаюче будову.

Споживання енергії енергозберігаючого будинку, званої первинної, тобто поставляється з різноманітних зовнішніх джерел для опалення та підігріву гарячої води, забезпечення освітлення і роботи різних електричних приладів, складає близько 250-ти кВтг на метр квадратний за рік, а в пасивному режимі не повинно перевищувати 120-ти кВтг на метр квадратний за рік. Спокуса до перспективи оплати незначних рахунків за опалення свого будинку дуже великий, однак не варто розслаблятися. Якщо ви все ж таки зважитесь на такий крок і замовте проект максимально продуманого енергозберігаючого будинку, то знайте, що різниця в ціні на його будівництво може вас дещо охолодити до цієї ідеї. Для подальшого натхнення на цей сміливий крок, стане думка, що в цьому прекрасному будинку ви будете жити довгі роки і в кінцевому підсумку всі ваші витрачені кошти не одноразово окупляться.

Безліч компаній переходять на суворий режим економії з впровадженням енергозберігаючих технологій в освітленні, це стосується безпосередньо як економії в цілому, так зокрема і на електроенергії. Кінцевому споживачу вже прийшло розуміння про необхідність і доцільність економити кіловати. Зараз стають більш популярні енергозберігаючі технології, застосовувані в освітленні. Безпосередньо на освітлення йде близько 38% всієї споживаної електроенергії, в деяких випадках ця цифра доходить до 50%.

Освітлення займає суттєву частку споживаної енергії в побуті, і прийшов час коли слово економія воістину стало нагальною необхідністю. Чи можна заощадити на освітленні? Відповідь - елементарно.

Існують два способи економити на освітленні: перший - використання менших джерел світла та скорочення часу їх горіння, другий - застосування більш економічних і надійних джерел світла і сучасна пускорегулююча апаратура. Перший варіант має свої недоліки, він може призводити, наприклад, у співробітників до втоми очей, а у клієнтів компанії знижується їх концентрація через звичайної нестачі світла і наноситься відповідний шкоди іміджу компанії, тому що сам клієнт, потрапляючи в приміщення, де присутній напівтемне освітлення, особливо з яскравого денного світла, може відчути якийсь дискомфорт. Другий же варіант більш виправданий. При невеликих стартових капітальних вкладеннях можна досягти значних скорочень у витратах на електрику.

З впровадженням нових енергоефективних технологій, конфігурація яких спирається на використання економічних джерел світла, енергозберігаючих ламп, у сукупності із сучасними пускорегулювальними пристроями, можна досягти значної економії коштів, що йдуть на оплату за електроенергію. Цей підхід дозволить істотно знизити ефект тепла, що виділяється від застосування звичайних ламп освітлення, відповідно, знижуються і витрати на кондиціонування приміщення. Скорочується кількість джерел світла, так як енергозберігаюче освітлення більш ефективно. Створюється більш якісний, новий рівень освітлення.

Енергонезалежність, яку забезпечує власникам будинків, фермерських господарств і віддалених від мереж централізованого енергопостачання

будівель, застосування сонячних батарей, стає більш реалістичною. Все частіше сонячні батареї використовуються в якості автономного, максимально незалежного джерела енергопостачання.

Екологічність такого рішення з енергозабезпечення очевидна, так як енергія береться з поновлюваного джерела - сонця.

Сонячні батареї показали свою ефективність в установці для будь-якого регіону. Вони не займають багато місця і навіть, в деякому плані, можуть прикрасити будівлі, на якому встановлюються, надаючи їм більш сучасний вигляд (рис.2):



Рис. 2. Вигляд будинку з сонячними батареями

Економія на оплату енергоносіїв та централізоване енергоспоживання в ході застосування сонячних батарей, також є дуже значною. Їх застосування є ідеальне рішення у випадках, коли вартість виділяються лімітів від місцевих обленерго занадто висока, а в деяких випадках навіть більше ніж вартість установки самих сонячних батарей.

Сонячні батареї можуть розроблятися і проектуватися також спеціально для умов окремо взятих регіонів, наприклад, характеризуються досить холодною зимою або великою кількістю непогожих хмарних днів. Таке проектування дозволяє отримувати один з найвищих коефіцієнтів корисної дії, з розрахунку на невисокі показники сонячної радіації. У поєднанні з гарантіями кращих цін це дозволить говорити про найбільш коротких строках на окупність сонячних батарей, що подаються в сегментах побутових та промислових ринків. Дуже часто при продажу сонячних батарей деякими компаніями проводяться різні акції, що дозволяють знайти найкращі ціни на сонячні батареї за аналогічною специфікації.

Застосування сонячних батарей дозволяє вирішувати завдання будь-яких рівнів у споживчому сегменті, це і забезпечення електроенергією встановленого на дачі обладнання, і комплексне автономне енергопостачання котеджів або садиб, включаючи з собою ландшафтне освітлення прилеглих територій, а також опалення, підігрів басейнів і кондиціонування приміщень.

Системи автономного електропостачання на основі сонячних батарей можуть використовуватися і як основне джерело відновлюваної енергії, і як резервний, він надійний і нешкідливий для вашого будинку.

Цікавість до інформації про енергозберігаючих технологіях і заходах наростає. Це не дивно, адже від їх впровадження і застосування залежить більш ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів та суттєве зниження грошових витрат. Основні напрямки в енергозберігаючих технологій можна підрозділити на кілька категорій: економія теплової енергії при виробництві, в транспорті і споживанні; економія електричної енергії; економія води при водозаборі, транспортуванні та споживанні; економія палива у виробництві електричної і теплової енергії; облік води, газу, тепла і електрики; енергоаудит, складання енергетичних паспортів, енергетичні обстеження, створення енергетичних паспортів; поновлювані джерела теплової та електричної енергії.

Висновки. Енергозберігаючі технології розробляються і впроваджуються в таких сферах економії теплової та електричної енергії, як в автоматизації і оптимізації режимів горіння, винахід безпаливних установок для виробництва електроенергії, вдосконалення вихровий технології деаерірованія, впровадженні новітніх водопідготовчих установок на джерелах тепла, заміни морально застарілих котлів на нові, в технології кисневого спалювання палива, у котлах з топками киплячого шару, в методах глибокої утилізації тепла димових газів, мінімізації величини продувки котла і надбудову котелень газотурбінними установками, диспетчеризація в системах тепlopостачання, застосуванні азбестоцементних труб в тепlopостачанні, акумулюванні теплової енергії, застосуванні лоджій і балконів, переході на двоставковий тариф при оплаті за теплову енергію, розробка стратегії розвитку генеруючих потужностей, реконструкції котельних промислового підприємства за допомогою ГТУ в міні-ТЕЦ, проектуванні компенсації реактивної потужності, в енергоефективної експлуатації трансформаторів, в заміні ламп розжарювання на люмінесцентні та енергозберігаючі лампи, створенні та впровадженні інфрачервоних датчиків руху і присутності, використанні в ЖКГ частотно-регульованих приводів і багатьох інших напрямках. Вектор нашого сьогодення і майбутнього в розвитку і життєдіяльності людини лежить через енергозберігаючі технології.

Список використаних джерел:

1. <https://uk.wikipedia.org>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
3. <https://www.eurointegration.com.ua>

ЗАСТОСУВАННЯ МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОНУ ПРИ БУДІВНИЦТВІ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

Желуденко К.В., старший викладач кафедри будівництва, архітектури та дизайну

*Пововаров В.М., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна*

Вступ. На сьогодні завдяки досягненням будівельного матеріалознавства, розширенню сировинної бази композитних вяжучих, за рахунок використання сировинних ресурсів з високою вільною внутрішньою енергією, ринок малоповерхового будівництва є одним з найперспективніших напрямів розвитку будівельної галузі.

Питаннями сучасного монолітного будівництва присвячені роботи багатьох науковців. Результати їх наукової і практичної діяльності дозволили узагальнити і удосконалити основні ідеї сучасної технології монолітного залізобетону. Монолітний залізобетон є важливим формоутворюючим елементом сучасної архітектури, при цьому реальні можливості досягнення архітектурної виразності будівель з бетону ще недостатньо використовуються вітчизняними архітекторами і проектувальниками – найчастіше зустрічається монолітний залізобетон в уніфікованих модульних будівлях, що підходять більше для збірного будівництва.

Основна частина. При будівництві малоповерхових будинків застосовуються різні технології: панельна, монолітна і збірно-монолітна; для кам'яних і блочних будівель – технологія ручного мурування несучих стін. Накопичений останнім часом досвід монолітного будівництва виявив техніко-економічні переваги даного методу будівництва у порівнянні з іншими.

В монолітному будівництві простежується два основних напрямки розвитку. Один з них направлений на будівництво унікальних об'єктів, а інший – на зведення типових житлових споруд, у тому числі котеджних, з бетонної суміші з використанням спеціальних форм (опалубок) безпосередньо на будівельному майданчику.

Впровадження монолітного залізобетону дає можливість простіше і дешевше, ніж при збірному будівництві, створювати різні, виразні по плануванню і архітектурі будівлі, гнучку систему внутрішнього планування, відсутність обмежень при виборі поверховості майбутнього будинку, що є важливим в котеджному будівництві.

При монолітному будівництві будівля повністю зводиться із суцільного бетону, а при збірно-монолітному – створюється жорсткий монолітний каркас з різними видами огорожуючих конструкцій і елементів перекриття.

Одним з основних переваг при добре відпрацьованій монолітній технології, є можливість істотного скорочення термінів зведення конструкцій будівель (стіни, перекриття, колони, сходові марші) безпосередньо на будівельному майданчику практично будь-якої поверховості і форми, що

залежать від складності і площі котеджу.

Сучасні технології дозволяють етап зведення каркасу малоповерхового будинку скоротити від місяця до 5-6 днів. В монолітних будівлях навантаження передається на несучий каркас, тому немає необхідності влаштування внутрішніх перегородок значного поперечного перерізу, а зовнішні стіни виконують роль огорожуючої, звуко- і теплоізолюючої конструкції. Вони мають більший термін експлуатації і кращу сейсмічну стійкість. За рахунок меншої товщини стін і перекриття істотно збільшується внутрішня (корисна) площа монолітного будинку.

Монолітна конструкція забезпечує рівномірну і дуже незначну усадку будівлі, що попереджує виникненню тріщин в його елементах, а також дозволяє майже відразу після зведення будинку приступати до зовнішніх і внутрішніх опоряджувальних робіт. Крім того, при якісно виконаній роботі виключається необхідність виконувати опорядження поверхонь (стяжку і тинькування стін і стелі), що дозволяє значно знизити затрати на матеріали.

Такі будинки є практично безшовні, що значно підвищує їх міцність і термін експлуатації, а також стійкі до будь-яких несприятливих впливів зовнішнього середовища.

Метод монолітного зведення будівель, незважаючи на переваги, має і недоліки, до яких можна віднести:

- небезпеку виникнення технологічних тріщин в монолітних конструкціях від температурно-усадочних деформацій бетону в процесі його твердіння, що залежать від складу бетону, умов тверднення і розмірів ділянок бетонування конструкцій;

- надійна оцінка міцності тверднучого бетону в момент розпалубки і передачі навантаження від вищележачих елементів на конструкції, в яких бетон не досягнув проектної міцності;

- необхідність розробки розрахункових правил по встановленню допустимої проміжної міцності бетону при знятті і перестановці опалубки по поверхнях для різних видів монолітних конструкцій (перекриття, стін, колон) з точки зору забезпечення тріщиностійкості і міцності конструкцій під час зведення монолітної будівлі, а також включення в план виробництва робіт заходів по прискоренню набору міцності бетону;

- ефективний контроль якості монолітних конструкцій.

Монолітне будівництво має більш високу трудоемність і вартість у порівнянні з каркасно-панельним, але нижчу, ніж з кам'яним будівництвом. В монолітному будинку повинні бути заделегідь заплановані канали для інженерних мереж і димоходів, оскільки можливість виконання перепланування в ньому практично відсутня.

Для забезпечення високої міцності і монолітності конструкцій процес заливки бетону повинен бути безперервний, причому одночасно в багатьох напрямках, а ущільнення залитої суміші повинно виконуватися максимально якісно.

Залізобетонні стіни мають високу теплопровідність (а, отже, погано теплоізоляцію), тому вимагають додаткового утеплення.

В умовах малоповерхового будівництва виникають проблеми, пов'язані з розсосередженням будівельних майданчиків, в основному з невеликим об'ємом робіт і незадовільними транспортними зв'язками. Але в останні роки все більша кількість компаній переходить на технологію монолітного зведення будинків, яка постійно оптимізується, застосовуються нові засоби механізації.

Технологія монолітного будівництва складається з кількох етапів: приготування бетонної суміші, встановлення опалубки, заливка готової суміші в опалубку, витримка форм до набуття необхідної міцності, демонтаж опалубки та експлуатація отриманої конструкції.

Приготування бетонної суміші найчастіше проходить в заводських умовах за допомогою спеціальних автоматизованих бетонозмішувачів і виробничих ємностей. При невеликих масштабах будівництва бетонну суміш виготовляють механічним способом безпосередньо на території будівельного майданчику.

Транспортування бетонної суміші до місця монтажу будівель здійснюється за допомогою спеціально обладнаної будівельної дорожньої техніки – автобетонозмішувачів, що забезпечують потрібну якість бетонної суміші, що перевозиться, на великі відстані. Вони можуть завантажуватися на заводі як готовою бетоною сумішшю, так і сухими компонентами.

Укладання бетону є одним з найбільш відповідальних моментів при монолітному будівництві котеджу. Важливо враховувати час доставки бетону, його температуру, швидкість бетонування, час вібрування, якість швів тощо.

На сьогодні прогресивним способом подачі і укладання бетонної суміші є бетононасосна подача по трубопроводам. Для подачі бетонної суміші на висоту використовують пересувні або стаціонарні бетононасоси з великим запасом міцності.

Більшу частину працезатрат при зведенні монолітних конструкцій займають опалубочні і бетонні роботи. Вибір опалубки в багатьох випадках визначає необхідність застосування вантажопідйомних механізмів, вартість, якість і швидкість будівництва. Застосовують монолітні технології зі з'ємною опалубкою (щитові, об'ємно-переставні чи тунельні, ковзаючі) і з нез'ємною опалубкою (з пенополістиролу, арболіту, фіброліту тощо). Проведений аналіз показує, що для малоповерхових будівель доцільно використовувати легкі збірно-переставні опалубки, що дозволяють виконувати опалубочні роботи по безкрановій технології і забезпечують високу якість бетонування конструкцій.

Монолітні котеджі зводяться шляхом використання трьох основних типів опалубки: переставної, ковзаючої або їх сполучень. Кожен вид опалубки дозволяє проектувати певну архітектурну форму монолітного котеджу. Наприклад, з урахуванням використання переставної опалубки, що складається з опалубочних модулів, проектують монолітні котеджі об'ємно-модульної структури. З використанням ковзаючої опалубки стін у поєднанні зі щитовою опалубкою перекриття будують монолітні котеджі з вертикальною структурою стін будь-якого обрису в плані. Для монолітного будівництва котеджів криволінійної просторової форми застосовується пневматична опалубка. Можливі варіанти поєднання ковзаючої опалубки для стін перших

поверхів монолітних будинків, щитової опалубки для перекриття і пневматичної опалубки для монолітного будівництва котеджів з другого поверху.

Пневматичну опалубку використовують тільки для монолітного будівництва котеджів з тонкостінними конструкціями з важкого бетону, що захищені від промерзання і перегріву шаром ефективного утеплювача. Всі три групи опалубки відрізняються за технологією укладання бетонної суміші. На пневматичну опалубку бетон набризгують «шприц-машиною», а в інші – бетон заливають з використанням бетононасосу.

Важливим етапом монолітного будівництва котеджів є догляд за бетоном, контроль і регулювання температури і вологості тужавіння бетонної суміші. Порушення технології на даному етапі недопустимі. Після набирання проектної міцності і демонтажу опалубки бетон готової конструкції проходить фінішну доводку. Лише після точного виконання всіх технологічних операцій процес монолітного будівництва малоповерхових будівель можна вважати закінченим, тобто зведення будівлі повинно супроводжуватися моніторингом для забезпечення його надійності і послідувочої безпеки.

Висновки. Отже, монолітне будівництво отримує подальший розвиток і стає домінуючим методом в загальній структурі малоповерхового будівництва. Цьому сприяють використання нових технологій, сучасних опалубочних систем і комплексної механізації та індустріалізації технологічних процесів виготовлення, доставки, подавагтя та укладання бетонної суміші.

Список використаних джерел:

1. Удосконалення залізобетонних огорожувальних конструкцій для малоповерхового будівництва / А. М. Сопільняк, В. В. Колохов, К. В. Шляхов та ін. // *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 2. С. 92-101.
2. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2009. 71 с. Чинні від 01.06.2011.
3. <https://stroyfibra.com.ua/monolitnyi-jelezobeton-dostoinstva-i-nedostatki/>

КОНОПЛІ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ СТАЛОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ ПІСЛЯ ВІЙНИ

*Дарієнко В.В., к.т.н., доцент; Карпушин С.О., к.т.н., доцент
Центральноукраїнський національний технічний університет,
м. Кропивницький*

*Слонь В.В., к.т.н., доцент; Піонткевич М.Й. здобувач другого
(магістерського) рівня вищої освіти, Херсонський державний аграрно-
економічний університет, м.Кропивницький*

Вступ. Руйнівні наслідки російсько-української війни ставлять перед Україною безпрецедентні виклики відновлення житла, інфраструктури, економіки на засадах сталого розвитку. За оцінками КСЕ, станом на січень 2024 року загальні втрати економіки від війни сягають 155 млрд доларів [1]. Відбудова зруйнованих міст і селищ потребуватиме значних обсягів будівельних матеріалів. Водночас, Україна взяла курс на декарбонізацію та циркулярну економіку відповідно до Європейського зеленого курсу [2]. У цьому контексті коноплі можуть стати одним із ключових ресурсів для сталого відновлення країни.

Основний текст. Україна має давні традиції та сприятливі умови для вирощування технічних конопель. За даними Інституту луб'яних культур НААН, Україна донедавна була одним зі світових лідерів коноплярства, маючи до 20% світових площ. Проте за останні 10 років посівні площі скоротилися більш ніж у 10 разів через недосконалу регуляторну політику. При цьому за рентабельністю коноплі вдвічі перевищують пшеницю. Налагодження переробки 1 тонни конопляної сировини дає роботу 30 людям [3].



Рис. 1.Блоки виготовлені з конопель

Переваги використання конопель для цілей відбудови Технічні коноплі є однією з найбільш універсальних та екологічних культур. Вони мають цілий ряд переваг порівняно з іншими сільгоспкультурами та альтернативними матеріалами:

1. Висока врожайність біомаси та целюлози з гектару – до 10-15 т/га волокна чи костри, що в 4-5 разів більше ніж ліс.
2. Швидке зростання (до 5 м за 4 місяці) та щорічне відновлення врожаю, на відміну від дерев.
3. Невибагливість до ґрунтів, стійкість до шкідників, здатність рости без пестицидів та гербіцидів.
4. Фітомеліоративні властивості та здатність очищувати ґрунти від важких металів і радіонуклідів.
5. Поглинання значного обсягу CO₂ та продукування кисню (1 га конопель дає O₂ як 25 га лісу).
6. Можливість виготовлення широкої номенклатури продукції – від будматеріалів до текстилю, паперу, біопластику, олії, харчових продуктів.
7. Низька теплопровідність конопляних матеріалів (конопляний бетон, утеплювач), що забезпечує високі енергоефективність будівель.
8. Природна вологорегуляція та паропроникність конопляних матеріалів, що створює здоровий мікроклімат у приміщеннях.
9. Міцність, легкість та екологічність конопляних композитів, здатних замінити скловолокно, пластик.
10. Антисептичні та антистатичні властивості конопляних тканин, здатність захищати від ультрафіолету [3-4].

Європейський Союз є одним зі світових лідерів у вирощуванні та переробці технічних конопель. За даними Європейської промислової асоціації коноплярів (EINA), площі під коноплями в ЄС за останні 7 років зросли в 5 разів. Лідерами є Франція (18 тис. га), Італія (4 тис. га), Естонія (3,5 тис. га). Розвиток галузі підтримується спільною аграрною політикою ЄС, яка виділяє субсидії фермерам та переробникам конопель [4].

Франція є піонером у розробці та впровадженні технологій будівництва з використанням конопляних матеріалів. З 1990-х років тут зведено понад 300 об'єктів з конопляного бетону. Розроблені національні норми з проектування та зведення стін, перекриттів, покрівель з композитів конопель (Construire en Chanvre) [6]. У 2020 році в Парижі збудовано найвищий 8-поверховий житловий будинок з використанням конопляного бетону [5].

Інститут Нової Архітектури в Нідерландах (NAI) розробив модульну систему трансформованого соціального житла на основі конопляних панелей. Будинки площею від 19 до 90 м² легко транспортуються та швидко збираються з уніфікованих елементів. Такий підхід може бути актуальним для забезпечення соціальним житлом переселенців та постраждалих від війни.

У Великобританії успішно реалізовано низку проектів будівництва соціального та приватного житла, офісів, шкіл із використанням конопляних матеріалів. Створено національний кластер коноплярства (British Hemp Alliance). Розроблено перший британський стандарт для проектування конопляних стін (The RICS Building with Hemp Report) [7].

Приклади використання конопель в Україні В Україні також є успішні приклади виробництва та застосування матеріалів на основі конопель. Компанія Hempire UA розробила конопляний бетон з унікальними

характеристиками для будівництва стін. З нього зведено кілька приватних та громадських будівель у різних регіонах [3]. Компанія VeWood виготовляє збірні каркасні будинки з використанням костроблоків та конопляних утеплювачів [4].

Бар'єрами для розвитку галузі залишаються недосконале законодавство, брак потужностей з переробки сировини, відсутність державної підтримки та популяризації культури. Проте інтерес до конопель в Україні зростає, створюються нові виробництва та реалізуються проекти будівництва.

Потенційні ефекти від розвитку коноплярства в Україні. Розвиток коноплярства та виробництва продукції з конопель в умовах відбудови України може дати такі ефекти:

1. Відновлення економіки та створення доданої вартості. За оцінками, переробка 1 т конопляної сировини може давати до 700 євро доданої вартості [5].

2. Імпортозаміщення целюлозної сировини, деревини, мінеральної вати, пластику вітчизняними матеріалами.

3. Створення нових робочих місць у сільському господарстві, переробній та будівельній галузях.

4. Відновлення родючості та очищення забруднених і деградованих ґрунтів.

5. Збільшення виробництва екологічних енергоефективних будівельних матеріалів для потреб реконструкції.

6. Декарбонізація будівельної галузі через використання матеріалів з негативним вуглецевим слідом.

7. Покращення здоров'я нації через використання гігієнічних натуральних матеріалів у будівництві та побуті.

Для реалізації потенціалу коноплярства Україні потрібно:

- Узгодити законодавство з нормами ЄС, спростити регулювання та дозвільні процедури для коноплярів.

- Створити державну програму розвитку коноплярства з наданням дотацій фермерам та переробникам.

- Розробити національні стандарти на коноплесировину та продукцію з конопель у будівництві.

- Стимулювати використання конопляних та інших екологічних матеріалів при державних закупівлях, будівництві соціального житла, об'єктів інфраструктури.

- Створити галузеві кластери та кооперативи з вирощування, переробки та застосування конопель.

- Проводити науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з розвитку технологій виробництва і застосування конопляних матеріалів.

- Популяризувати екологічні та економічні переваги використання конопель через освітні та медійні кампанії.

Висновки. Таким чином, в умовах післявоєнного відновлення Україна має унікальний шанс відбудувати економіку і інфраструктуру на засадах сталого розвитку, використовуючи місцеву екологічну сировину, зокрема коноплі. Розвиток коноплярства дасть змогу створити нові робочі місця, замінити імпорт, декарбонізувати будівництво, покращити здоров'я людей. При цьому слід скористатися успішним досвідом європейських країн та розвинути власні технології на основі наукового та виробничого потенціалу. Відродження коноплярства потребує політичної волі, сприятливого регулювання, стимулів та інвестицій з боку держави, синергії зусиль агровиробників, промисловців, будівельників, науковців, громадськості. Від того, як Україна розпорядиться стратегічним ресурсом конопель, залежатиме траєкторія її розвитку на десятиліття вперед.

Список використаних джерел:

1. Збитки економіки України від війни. KSE, 2024. URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-zrosla-do-mayzhe-155-mlrd-otsinka-kse-institute-stanom-na-sichen-2024-roku/> (дата звернення: 20.05.2024)
2. Communication from the commission. The European Green Deal, 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640> (дата звернення: 20.05.2024)
3. Сторінка компанії BeWood. URL: <https://m.facebook.com/bewood.ua> (дата звернення: 20.05.2024)
4. Сторінка компанії HEMPIRE. URL: hempire.com.ua (дата звернення: 20.05.2024).
5. EİHA. Environment Agency Austria study 2021. URL: <https://eiha.org/documents/general/> (дата звернення: 20.05.2024)
6. Construire en Chanvre – Règles professionnelles d'exécution. Société Coopérative Cavac Biomatériaux, 2012. <https://www.construire-en-chanvre.fr/documents/pdf/documentation/livre-mixite-vol-2-web.pdf>
7. Gray R. Social housing in paris uses hempcrete to lower carbon footprint. Dezeen, 2020. URL: <https://svit.kpi.ua/en/2021/08/27/social-housing-in-paris-uses-hempcrete-to-lower-carbon-footprint/> (дата звернення: 20.05.2024)

СУЧАСНІ ІНДУСТРИАЛЬНІ АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ЕЛЕМЕНТІВ НВЕ

*Савицький О.М. к.т.н, Спиридоненков В.А., Шинкаренко І.В.
ПБМП «Строитель-П», ТОВ «Дніпро ЗБК», ТОВ «Рівер
Таун Девелопмент»*

Вступ. В житловому будівництві останнім часом не втрачає актуальності використання деревини й матеріалів на її основі. Популярності набуває будівництво малоповерхових будівель з клеєного бруса, оциліндрованих колод, каркасно-панельних конструкцій та гібридної (комбінованої) технології будівництва [1].

Тенденція в розвитку будівельної галузі полягає в тому, що розробники дедалі частіше змінюють масові матеріали, такі як сталь і бетон, на деревину. Очевидний фактор цього тренду - вирішення проблем пов'язаних з екологією, енергоефективністю та комфортом. Дерев'яні будівлі фактично виводять з атмосфери більше вуглекислого газу ніж викидають: вони можуть утримувати вуглець, який поглинається деревами з атмосфери протягом п'яти-шести десятиліть [2].

Через це та за рахунок програм Європейського союзу з розвитку “зеленого” будівництва обсяг дерев'яних будинків в Німеччині становить до 20% усіх житлових будинків, у Австрії 30%, в Фінляндії – приблизно 40% та планується збільшення частки малоповерхового дерев'яного житла [3].

Основний текст. Елементи НВЕ - сучасні індустриальні елементи будівництва з клеєного бруса. Клеєний брус є типом деревини, який часто використовується для конструкційних елементів. Він побудований з шарів деревини, які всі орієнтовані в одному напрямку. Це означає, що великі елементи конструкції можна виготовляти з менших шматків деревини. Конструктивні елементи можуть бути виготовлені у вигляді прямих відрізків для балок і колон, або у вигляді вигнутих частин, які можна використовувати для формування арочних конструкцій. Клеєний брус зазвичай виготовляють з ялиці, модрини, дуба або ялини [4].

Одна з сучасних технологій виготовлення дерев'яних конструкцій з клеєного бруса - елементи системи ММ НВЕ (Рис. 1).



Рис. 1

Система елементів ММ НВЕ виготовляється з подвійним шпунтом як з'єднувальним профілем. Як варіант, фрезерується паз для проходу технічних комунікацій.

Максимальна довжина елемента становить 24,00м.

- товщина панелей 60 мм і 80 мм: ширина до 320 мм
- елементи товщиною від 100 мм до 260 мм: ширина до 960 мм

Система ММ НВЕ виробляється з двома різними якістьми поверхні:

- Видима якість (SI): для видимого використання, наприклад, житлові райони, школи.
- Промислова якість (NSI): для використання без оптичних вимог, наприклад, на заводах, промислових цехах. [5]

Завдяки своїй системі ММ НВЕ з профільованого клеєного бруса пропонує нове рішення для дерев'яних конструкцій висотою до трьох поверхів. Будівельний елемент будинку з клеєного бруса ММ НВЕ заснований на принципі будівельних блоків і працює лише з кількома простими деталями (Рис. 2).



Рис. 2

Використання стандартизованого будівельного елемента дозволяє створювати міцні дерев'яні стіни, стелі та дахи. Просто з'єднавши гвинти разом щоб утворити раму, що складається з нижньої балки та верхньої балки жорсткості, навантаження структурно передаються лінійним чином через панелі (Рис. 3).



Рис. 3

Система елементів ММ НВЕ має перевагу, особливо коли потрібна швидка доставка, гнучкість та вартість проекту є першочерговими. Елементи ММ НВЕ є природним, відновлюваним будівельним матеріалом, який зберігає вуглекислий газ, що робить важливий внесок у активний захист клімату.

Фізико-механічні характеристики [6] :

1. Вологість панелей, 12% +/- 2%;
2. Щільність приблизно 430 кг/м³;
3. Стійкість до проникності паром, 20-40;
4. Клас міцності, CL24h;
5. Теплопровідність, 0,13 Вт/м·К, паралельно клеєним швам;
6. Пожежостійкість, s2, dO, D.

Висновки. Система ММ НВЕ використовується у наступних типах будівель:

- Односімейні та багатосімейні будинки;
- Комерційні, офісні та промислові будівлі;
- Модульні та тимчасові споруди;
- Гібридне будівництво в поєднанні з традиційним цегляно-дерев'яним будівництвом.

Окрім того, практика показує, що конструкції дерев'яних ММ НВЕ мають наступні переваги, в порівнянні з будівництвом зі сталі та бетону:

- Висока якість, стабільність форми і точності розмірів, завдяки промислому виготовленню та високій ступені стандартизації збірних елементів;

- Забезпечує приємний клімат в приміщенні, завдяки присутності дифузійній потужності деревини;
- Високі показники теплоізоляції;
- Високий клас вогнестійкості;
- Висока сейсмічна безпека;
- Оздоблення поверхні на вибір Замовника;
- Терміни будівництва скорочується до 25 % в порівнянні з каркасом із сталі або бетону, завдяки сухому будівництву;
- Зменшення викидів вуглекислого газу при виготовленні та монтажу конструкцій;
- Зменшення загальної ваги будівлі до 65% в порівнянні з конструкціями зі сталі та бетону.

Список використаних джерел:

- 1.Розвиток дерев'яного домобудівництва: історія багатоповерхових дерев'яних будівель, нові матеріали на основі деревини, можливості і обмеження застосування. doi.org/10.29295/2311-7257-2021-103-1-113-119 УДК 69.07 Савицький М. В., Шехоркіна С. Є., Бердников М. Р. Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
- 2.Тенденції розвитку сучасного дерев'яного домобудівництва УДК 72.012.8:725.1 О. О. Сафронова, м. Київ
- 3.Building material preferences with a focus on wood in urban housing: durability and environ-mental impacts *Can. J. For. Res.* 2015. С. 1617-1627.
- 4.The Dezeen guide to mass timber in architecture. URL:<https://www.dezeen.com/2023/03/01/dezeen-guide-mass-timber-revolution/>
- 5.MM HBE : ELÉMENT DE CONSTRUCTION MASSIVE BOIS. URL:<https://www.agenceboinet.fr/hbe-elements-construction-lamelle-colle/>
- 6.GLULAM HOUSE BUILDING ELEMENTS. URL:<https://www.mm-holz.com/en/products/glulam-house-building-elements>

УДК 69.03:728.3

МЕТОДИ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

Желуденко К.В., старший викладач кафедри будівництва, архітектури та дизайну

*Шестаков О.Г., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна*

Вступ. Вплив різних факторів на основи будівель та споруд призводить до фізичного зносу фундаментів: вони піддаються вилучуванню, пори фундаментів заповнюються водою і фундамент стає менш міцним. Основними причинами, що обумовлюють необхідність підсилення основ і влаштування

фундаментів, є: зниження характеристик міцності та деформативності ґрунтів основ в результаті різних впливів; зниження міцності матеріалу фундаменту за час експлуатації; реконструкція з істотним збільшенням навантажень на конструкції; зведення поряд з існуючою будівлею нової, що створює додаткове навантаження на основу.

Основна частина. Підсилення фундаментів – це роботи, що виконуються у зв'язку зі зміною геометричних розмірів будівель, збільшенням постійних чи тимчасових навантажень, будівництвом підземних споруд у межах периметру будівлі, а також підсиленням несучої здатності основ і фундаментів.

До природніх факторів зносу фундаментів відноситься: деформація схилів; вивітрювання гірських порід матеріалів фундаментів; землетруси; відтаювання ґрунтів з просіданням основ; підмивання основ будівель, що розташовані на берегах річок і морів; вітрова ерозія основи.

До техногенних факторів зносу фундаментів відносять:

1. Нерівномірне осідання основи – головний фактор, який виникає у вигляді процесу тривалого ущільнення ґрунтів під дією навантаження від ваги будівлі. До такого нерівномірного осідання може призвести розробка території, тобто будівництво підземних споруджень закритим способом. Так само при влаштуванні дренажів, дощової каналізації виникає штучне пониження рівня ґрунтових вод, що призводить до осушення і загнивання дерев'яних елементів, а наслідком цього основи будуть давати більше нерівномірне осідання.

2. Наводнення основи – даний фактор виникає при підвищенні рівня ґрунтових вод. Лесові ґрунти піддаються просіданню, пухкі піски доущільнюються, розвивається хімічна суфозія мінералів, що призводить до виникнення провалів через завали карстових порожнин.

Інші фактори також впливають на руйнування фундаментів:

1. Прорив водопровідних мереж призводить до розмиву ґрунту;
2. Транспорт, промислові установки, будівельні механізми створюють вібраційний вплив на будівлі. Вібрація стає причиною ущільнення пухких пісків або втрати стійкості основи через розрідження водонасиченого ґрунту.

3. Надбудова будівель призводить до значного збільшення навантаження, при цьому часто перевищується розрахунковий опір основи. Це призводить до втрати стійкості фундаменту, ушкодження конструкцій, збільшенню загального зносу будівель.

Для того, щоб уникнути таких критичних станів, необхідно підсилювати фундамент. До проектування підсилення необхідно виконати інженерно-геологічні вишукування, роботи з обстеження стану надземних конструкцій і старого фундаменту, оскільки вибір способів підсилення залежить від результатів обстеження. Методи підсилення ґрунтів основ сприяють підвищенню їх несучої здатності шляхом штучного зміцнення. До основних способів зміцнення основ будівель і споруд відносяться: фізико-хімічні, конструктивні, механічні. Серед фізико-хімічних способів можна виділити:

силікатизацію, цементацію, смолізацію, глинізацію, бітумізацію, термічний метод, електрохімічне закріплення.

Підсилення ґрунтів основ методом ін'єкції в контактну зону фундамент-ґрунт цементного розчину є найбільш прийнятним для будівлі. Цементний розчин подається в ґрунт основи через труби-ін'єктори, які встановлені в тіло фундаменту. В ґрунті виникає утворення цементного каменю і ущільнення оточуючого ґрунту. Буріння ін'єкційних свердловин виконується за допомогою алмазних кільцевих свердл, що практично виключає вібраційний вплив на несучі конструкції будівлі. Компактні розміри обладнання дозволяють проводити роботи безпосередньо зсередини будівлі.

Серед конструктивних методів відзначаються наступні: влаштування подушок (з піску чи зв'язного ґрунту); влаштування шпунтового огородження; створення бокового навантаження; армування ґрунту тощо.

ґрунтові подушки – це технологія заміни слабкого ґрунту іншим, що відповідає заданим вимогам. При проектуванні необхідно визначити її товщину і розміри в плані. Найчастіше приймають товщину подушки 1,0 – 3,0 м, у межах якої прибирають слабкі шари ґрунту.

Підсилення фундаментів шляхом влаштування монолітної залізобетонної обійми використовується для фундаменту неглибокого закладання і полягає у збільшенні площі і заглибленні фундаменту, при цьому виникає повна або часткова заміна старого мурування. Підведення стрічкових фундаментів виконується так званими «захватками», їх довжина залежить від міцності вищележачого мурування і наявності у ньому тріщин чи проємів. Частину, яку підводять, виконують з монолітного бетону чи залізобетону.

Механічні методи підсилення основ представлені: поверхневим ущільнення ґрунту та глибинним ущільненням ґрунту.

Поверхнєве ущільнення ґрунту – це метод, при якому сила діє на поверхню і призводить до ущільнення відносно невеликої товщини ґрунтів. Ущільнення ґрунтів в значному ступеню залежить від їх вологості і максимальної щільності каркасу ущільненого ґрунту і відносної вологості ділянок, що захищаються.

До основних робіт при ремонті та підсиленню фундаментів також належать: розширення підшви фундаментів, збільшення глибини закладання, повна або часткова їх заміна.

Підсилення фундаментів неглибокого закладання може бути виконано шляхом їх розширення і поглиблення підведенням додаткових конструктивних елементів. Такими елементами можуть бути плити, стовпи або суцільні стіни. На ділянках 1 – 2 м ґрунт під фундаментом видаляють і на його місці виготовляють залізобетонну монолітну плиту або монтують заздалегідь заготовлені залізобетонні елементи. Після обтиску ґрунту в основі гідравлічними домкратами проміжок між плитою і підшвою старого фундаменту заповнюють пластичним бетоном і ретельно ущільнюють.

Одним із способів збільшення несучої здатності фундаменту є використання палів. Пальові фундаменти можуть бути різними: бурові і буронабивні, буроін'єкційні, загвинчувані і конструкція «стіна в ґрунті».

Складні умови реконструкції, значна товща слабого ґрунту, збільшення навантажень – всі ці фактори є приводом для застосування паль. Вони дозволяють підсилити основу, не порушуючи структури ґрунту і не вимагаючи розробки котлованів. Бурунабивні і бурові палі використовуються при збільшенні навантажень і великої товщини слабких ґрунтів, у складних умовах реконструкції. Буроін'єкційні палі використовуються в тих самих умовах, а також при неможливості часткового розбирання існуючих фундаментів. Часто забивка паль і буріння може бути неприпустимим через ґрунтові умови, стан будівлі чи вібрацію. В такому випадку застосовуються вдавлювані палі. Такі палі можна розташовувати близько до стіни і навіть під існуючим фундаментом. Але потрібно попередньо укріпити фундамент і стіни. Вдавлювання виконується домкратом. Іноді такі палі вдавлюються на глибину 25 м. Перевагою таких паль є можливість визначення їх несучої здатності в процесі виробництва робіт.

Висновки. Таким чином, підсилення фундаментів і ґрунтів є дуже важливим заходом, що дозволяє продовжити термін експлуатації будівель і споруд. Представлені методи підсилення фундаментів дозволяють підвищити міцність фундаментів і основ, а також знизити деформації будівель.

Список використаних джерел:

1. Корзаченко М. Підсилення фундаментів малоповерхових будинків у щільних умовах. *Технічні науки та технології*, №2 (12), 2018. С. 283 – 289.
2. Гранько О. В., Суходуб О. В. Робота системи «Основа-фундамент-будівля» при надбудові // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. Полтава : ПолтНТУ, 2013, № 3 (38), т. 2, С. 64–68.

УДК 728

СУЧАСНИЙ ПРИКЛАД АРХІТЕКТУРИ САУДІВСЬКОЇ АРАВІЇ

Волошин М.М., к.т.н., доцент;

*Херсонський державний аграрно - економічний університет, м. Херсон,
Україна*

Вступ. Саудівський принц схвалив будівництво гігантського «лежачого хмарочоса», який має стати найбільшим будинком в історії. Причому ще й найекологічнішим у світі. Преса та соцмережі сповнені обурених оцінок: «це антиутопія!», «Проект сирий!» і тому подібним. Однак суто технічно це не так: «Дзеркальну лінію» на п'ять мільйонів мешканців цілком можна збудувати. І така будівля справді буде енергоефективною (і формально безвуглецевою). Але проект має інші слабкі місця, що лежать швидше у сфері науки, ніж техніки.

Основа частина. Арабський світ - як і весь Близький Схід - не вчора почав піднімати престиж своїх правителів найбільшими або найвигадливішими будовами. Піраміда Хеопса, Вісячі сади Семіраміди і

навіть Вавилонська вежа (втім, лише 91 метр заввишки) — список досить значний (рис 1.).



Рис. 1. Загальний вигляд сучасного міста

Класичне пояснення таким мегапроектам що у давнину, що зараз однаково: вони виражають силу правителя, вражають його сучасників і створюють сильний культурний вплив, що триває століттями та тисячоліттями.

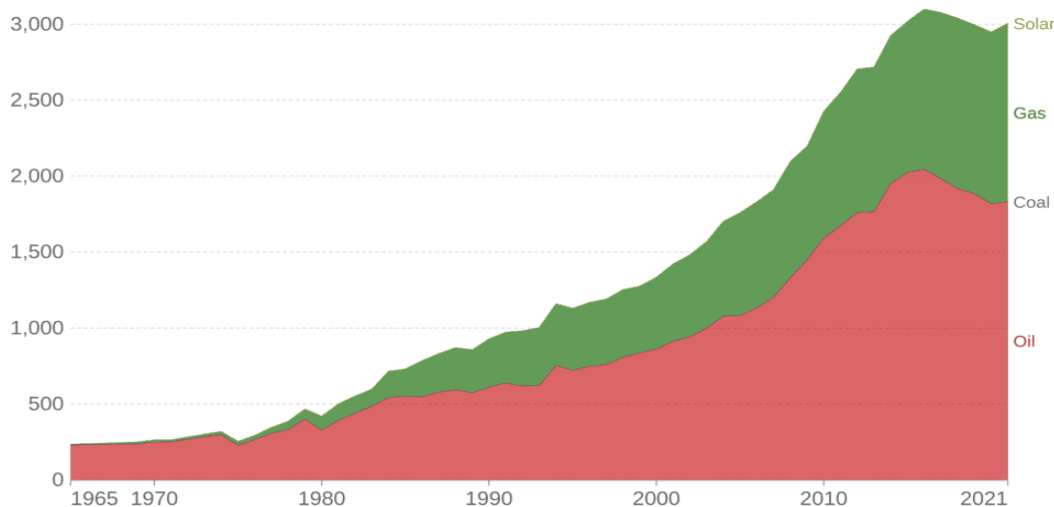
Крім цих звичних мотивів, у саудівського принца Мухаммеда бін Салмана є нові, гостро модні — вуглецева нейтральність. Не секрет, що Саудівська Аравія має великі проблеми з енергоефективністю. Але річ не лише в тому, що великий «вуглецевий слід» — це немодно.

Західний світ активно обговорює, що товари з таких «вуглецевих» країн треба було б при ввезенні оподатковувати великим податком. Змусити «невуглецеві нейтральні» народи платити за несправедне життя. В принципі, нічого нового: репресії проти мусульман і євреїв в Іспанії часів Торквемади вже включали відчуження додаткової вартості в обмін на невідповідність тодішнім моральним стандартам західного світу. Отже, йдеться про цілком реальну перспективу (рис 2.).

Energy consumption by source, Saudi Arabia

Primary energy consumption is measured in terawatt-hours (TWh). Here an inefficiency factor (the 'substitution' method) has been applied for fossil fuels, meaning the shares by each energy source give a better approximation of final energy consumption.

Our World
in Data



Source: BP Statistical Review of World Energy

Note: 'Other renewables' includes geothermal, biomass and waste energy.

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Рис. 2. Графік вуглецевих викидів

Але є ще одна: Королівство Саудівська Аравія витрачає 85 тисяч кіловат-годин енергії всіх видів на душу населення, що близько до світового рекорду. Це в чотири рази вище за середньосвітовий і на десятки відсотків більше, ніж у США і тим більше Росії. Причому понад 60% саудівського споживання — архідорога сьогодні нафта. Газ дає менше 30%, повного заміщення їм нафти немає й близько.

Від нафти в балансі добре було б позбутися, бо, відправивши її на експорт, можна заробити набагато більше, ніж отримують саудівці зараз, спалюючи її на ТЕС. Загалом нафтові ТЕС у наші дні — звичка дуже багатих людей, оскільки така енергія вкрай дорога. А завдяки непередбачуваним діям ЄС тепер ще незрозуміло: чи є сенс переходити на газ? Так, до 2020-х він давав електрику в рази дешевше. Але тепер поза Росією та США газ коштує стільки, що вигода не така велика.

Саудівський принц хоче заробити. Для цього його країні об'єктивно треба переходити на якісь енергетичні рішення, що не спираються на нафту і не залежать від настільки непередбачуваного гравця, як західні правителі.

І тут у проекті «Неом» і будівлі-міста «Дзеркальна лінія», що входить до нього, загалом все добре.

Енергоефективна утопія. На перший погляд, вибір високої будівлі для економії енергії виглядає дивним. Вчені давно з'ясували, що будівлі в 20 поверхів і вище споживають набагато більше електрики та газу на квадратний метр, ніж ті, що нижчі за шість поверхів.

Але тут треба враховувати нюанси. Що далі від поверхні землі, то нижча температура повітря і вища швидкість вітру — тобто тим більше треба нагрівати будівлю. Саудівська Аравія, навіть північ, — досить тепла частина Землі. Там будівлі нагрівати треба не дуже часто, а ось нижча температура та

вітер зовні – явний плюс (рис 3).



Рис. 3. Загальний вигляд міста із космосу

Основна частина витрат на охолодження та опалення будівель у Саудівській Аравії залежить від здатності отримувати або віддавати (взимку там буває відносно прохолодно) тепло через стіни.

Мегабудова «Дзеркальна лінія» має ширину 200 метрів, висоту 500 та довжину 170 тисяч метрів. Виходить, тепло через бічні стіни не прийде (вони надто далеко) — тобто витрати на кондиціювання відразу стають набагато меншими, ніж у типових хмарочосах у такій місцевості.

Більш серйозне сонячне нагрівання від висотності (і великі вікна) могли б зіпсувати всю справу, але будівля не просто так отримала свою назву: зовнішні стіни будуть мати шар, що відображає майже все видиме випромінювання.

Приблизно третину своєї енергії людство витрачає на переміщення або транспорт. Місто «Дзеркальна лінія» на березі Червоного моря продумане саме так, щоб звести до мінімуму подібні витрати. До води рукою подати: тим часом саме водний транспорт найекономічніший, він вимагає всього грам палива на перевезення тонни вантажу на кілометр.

Усередині «Дзеркальної лінії» все перевозиться залізницею. І тут вибір найефективніший із усіх можливих: на суші саме вона витрачає найменше енергії, близько 10 грамів палива на тонно-кілометр вантажу. Це логічно, тому що тертя коліс об рейки мінімальне: і ті, і ті гладкі. Пасажирів возитимуть надшвидкі поїзди — зі швидкістю 512 кілометрів на годину. Лінії залізниць пройдуть під землею, тобто фактично йдеться і про найбільше метро в історії.

А ось з автомобілями, з їхньою сотнею грамів на тонно-кілометр, в ідеальному місті наклали край: вони не передбачені проектом (принаймні, для використання всередині міста). І вантажі, і пасажери переміщують лише залізничні лінії — та й, звичайно, ліфти.

Без них нікуди: місто шириною всього 200 метрів, але заввишки

півкілометра. Тобто це серйозний хмарочос — майже Останкінська вежа, а не просто найдовша будівля світу. У той же час ця висота вже цілком освоєна будівельниками технологічно: подібну будівлю можна збудувати будь-якої довжини та ширини.

Звичайно, західні зелені відразу заявили, що така будівля перекриє шляхи птахів, що мігрують, але, відверто кажучи, вони поспішили. По-перше, не так багато видів перелітних птахів літають нижче за півкілометра і не вміють підніматися вище, щоб облітати перешкоди. Власне, він не дивний: у тій самій частині Саудівської Аравії, де планують будувати будівлю, лежить гірська гряда, що включає найвищі гори цієї країни, до 2,4 кілометра. Якби птахи не вміли перелітати лише півкілометрові перешкоди, вони б давним-давно перестали відвідувати ці місця (рис 4).

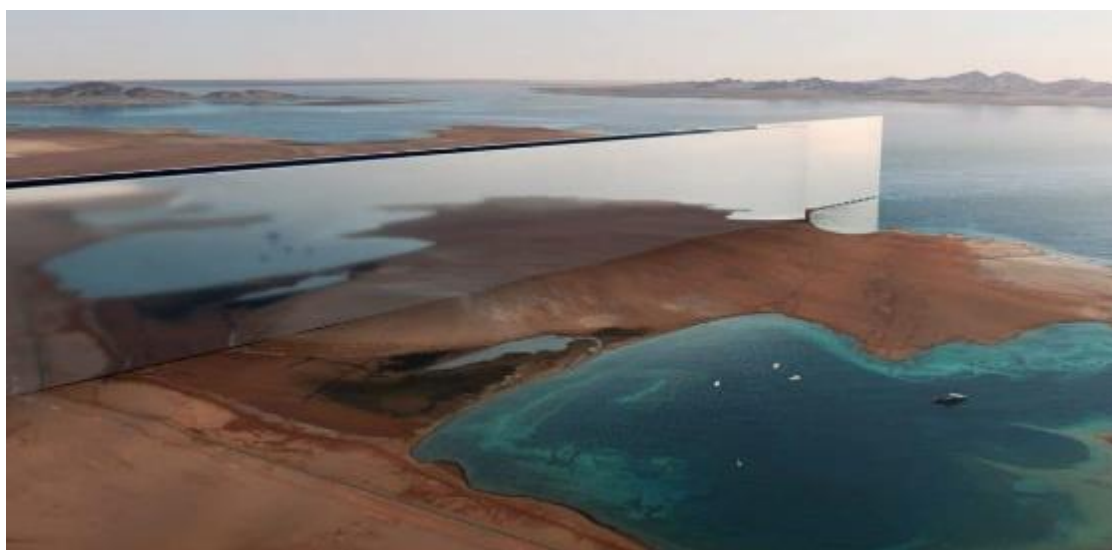


Рис. 4. Загальний вигляд міста

Економічний аспект. При всьому розумінні бажання саудівських принців заощадити, зрізавши споживання нафти, цей аспект «дзеркального» мегабудування викликає великі сумніви. Допустимо навіть, що дзеркальний шар зовнішньої огорожі зніме проблеми кондиціонування. Все одно залишається питання: з чого розробники проекту взагалі вирішили, що зможуть забезпечити його «стовідсотково відновлюваною енергією»?

Як уже писав Naked Science, наука на сьогодні не показує можливості організації великих енергосистем на сонячній та вітровій енергії ніде у світі. Точніше, вказує, але тільки якщо 10-20% часу енергії не буде взагалі. Жодні батареї це питання поки що не вирішують, оскільки потрібний обсяг батарей коштує стільки, скільки не може дозволити собі жодна економіка світу (рис 5).



Рис. 5. Загальний вигляд міста

Єдине, що може закрити ці провали в сонячно-вітровій генерації, — ТЕС. Саме тому німецькі енергетики прямо кажуть: нам потрібно будувати більше газових ТЕС, бо інших способів забезпечити стійке енергопостачання немає.

Звісно, це означає, що у планеті немає неуглецевих джерел енергії потрібної потужності. Вже здобутий і складований лише у Росії уран здатний забезпечити все людство на тисячі років наперед. Тільки для цього потрібні зовсім інші електростанції — не вітряки та фотоелементи. Потрібно зауважити: у Саудівській Аравії подібний перехід не планується, під відновлюваною енергією там мають на увазі саме СЕС та ТЕС. Тому можна впевнено говорити: жодних «100 відсотків поновлюваної енергії» у «Дзеркальній лінії» не буде. І якби саудівська влада читала *Nature*, де пояснюється, чому СЕС і ВЕС не дадуть стабільного енергопостачання навіть при міжконтинентальних перекиданнях сонячно-вітрової енергії, то самі б це знали. А як же концентрована сонячна енергія, яку NEOM пропонує ця наукова робота? Такі станції за допомогою поля дзеркал нагрівають центральну вежу із сіллю, та гріє воду, чия пара крутить турбіну паросилової ТЕС. Фактично, перед нами і є ТЕС, тільки тепер геліотермальна.

Що ж, така електростанція справді може нормально забезпечувати місто енергією. Але за однієї умови: якщо її потужність буде надмірною. Такою, щоб вона справлялася із забезпеченням міста навіть узимку, коли інсоляція буде мінімальною (це північ Саудівської Аравії: зимовий день коротший, взимку сонце нижче над горизонтом).

У цьому випадку літні надлишки енергії доведеться кудись експортувати. Так, місто буде на 100% на сонячній енергії, але лише за рахунок того, що в незимові дні десь доведеться вимикати іншу електростанцію, щоби прийняти енергію з околиць «Дзеркальної лінії». У такому разі перед нами буде рішення із серії «формально все правильно, але по суті — знущання».

Отже, «людство надто довго жило у нефункціональних та забруднених містах, які ігнорують природу». А тепер, значить, ми старий світ обтрусимо з ніг і заживемо по-новому. Автори відео так і кажуть: «Тепер у нашій цивілізації відбувається революція», маючи на увазі свій проект.

Суть будь-якої утопії проста: деякі інтелектуали роздратовані життям навколо них і прагнуть її «упорядкувати та покращити». Як правило, такі люди досить спеціалізовані у своїй освіті — наприклад, це урбаністи, активісти боротьби з забрудненнями або ще хтось.

Вкрай рідко вони замислюються: а чому так взагалі вийшло, що люди живуть у «нефункціональних та забруднених» містах? Не таких, як «Дзеркальна лінія», де місце роботи та торговельно-розважальні центри поряд із будинком. А де на роботу треба їхати півгодини машиною — і добре, якщо на ній. Тому що якщо на громадському транспорті часів, наприклад, Лужкова (або в сьогоднішньому паризькому метро), то стояння у пробці хвилин десять видасться раєм.

Якби інтелектуали, які сміливо малюють міста майбутнього, над усім цим задумалися, швидко прийшло б розуміння: наші міста склалися так тому, що основою сучасної цивілізації залишається промислове виробництво.

Але НПЗ, сталеливарний чи автозавод, як «Гігафабрику», не можна поставити в кожному мікрорайоні. Є техніко-економічні причини, через які вони будуть неефективні, якщо стануть меншими за певні розміри.

Висновки. Візьмемо ту ж саму «Дзеркальну лінію». У Саудівській Аравії живуть 34 мільйони людей. Припустимо, ми поселили п'ять мільйонів у мегабудівлі, а чим вони там займатимуться та на що житимуть? Промисловість у такому місті не розмістити: навіть середній завод «розірве» тканину ідеального міста, створить великий центр тяжіння працюючих, куди стікатимуться люди з різних кварталів.

Взагалі, поряд із «Дзеркальною лінією» планують ще побудувати промисловий гіперкомплекс «Октагон»... Але ж і поїздки до нього викличуть перенапругу на одній лінії підземної залізниці міста. Тиснява в метро — навряд чи риса ідеального міста, чи не так?

Якщо уважно дивитися на суспільство загалом, а не всередину себе, у прірву своїх уявлень про те «як має бути», то виявиться, що заселити мільйони в «Дзеркальну лінію» — як і сотні тисяч у вежу Нікітіна — можна лише в такий спосіб, яким у СРСР мільйони прийняли до колгоспів. Тобто добровільно-примусово.

Все тому, що розробники «Дзеркальної лінії» намагаються створити місто, яке не ігнорувало б природу, водночас навіть не замислюючись про те, що їхнє дітище ігнорує природу людини.

Схоже, це неминуча доля всіх ідеальних міст — і ідеальних товариств.

СУЧАСНІ ПОКРІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Желуденко К.В., старший викладач кафедри будівництва, архітектури та дизайну

*Нікітенко М.І., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна*

Вступ. Важливою складовою будь-якої будівлі є покрівля. Призначення покрівлі полягає в тому, щоб оберігати будівлю від атмосферних впливів, а також в гармонійній відповідності загальному вигляду будинку. Тому одним з перших кроків до будівництва надійної будівлі є правильний вибір покрівельного матеріалу.

Основа, що слугує покрівельним матеріалом для скатного даху, є досить різноманітна. Вид покрівлі обирається в залежності від конструктивних особливостей будівлі і поставлених завдань. Перед вибором покрівельного матеріалу потрібно визначити, який вид покрівлі найбільше відповідає конкретній будівлі чи споруді. При будівництві висотних багатоповерхових будівель і одноповерхових складських приміщень широко використовуються пласкі покрівлі, а для малоповерхового і приватного будівництва зазвичай використовуються скатні.

Основна частина. Сучасні покрівельні матеріали представлені широким асортиментом. Це може бути рідкий покрівельний матеріал, шифер, черепиця (бітумна, цементно-піщана, композитна, керамічна, металочерепиця), фальць (сталевий, алюмінієвий, мідний), профнастил, ондулін. Кожний з перерахованих матеріалів має свої переваги і недоліки.

Протягом багатьох десятиліть для покриття дахів приватних будинків найчастіше використовувався шифер або металеві листи. На сьогодні лідируючі позиції займає м'яка покрівля. Даний варіант покриття прекрасно підходить для різних об'єктів. За допомогою рулонних матеріалів можна виготовити недорогу покрівлю гаражу чи господарської будівлі. А при використанні бітумної покрівельної плитки можна створити красиве і оригінальне покриття котеджу. До того ж технологія влаштування м'якої покрівлі є нескладною.

М'якою покрівлею називають групу матеріалів, які використовуються для покриття даху. Деякі з них, такі як руберойд, відомі вже давно, а деякі з'явилися недавно. В приватному будівництві найчастіше використовується бітумна покрівельна плитка для покриття скатних дахів будинків, для влаштування плоских покрівель найчастіше обираються рулонні матеріали. Вперше м'які покрівельні матеріали почали використовуватися більше 100 років тому. З роками їх асортимент значно розширився. Сьогодні в якості покрівельного матеріалу використовують: рулонні матеріали, покрівельну бітумну плитку, мембранні покрівельні матеріали.

Рулонні матеріали виготовляються у вигляді полотнищ, основою яких слугують картон або скловолокно шириною близько 1 м і довжиною 7-20 м. В процесі виготовлення таких матеріалів додають спеціальні модифікатори, які надають всьому матеріалу водостійкість, теплостійкість та інші корисні властивості. Такі добавки захищають матеріал від тріщин, що збільшує термін експлуатації таких покриттів. Для зручності матеріали продаються згорнутими в рулони, звідки і походить їх назва. Кількість шарів при покритті залежить від кута даху: при ухилі від 0 до 5% укладають 4 шари матеріалу; при ухилі 5 – 12% - 3 шари; при ухилі більше 15% - 2 шари. Максимальний ухил, при якому можливий монтаж рулонної покрівлі, складає 30%. При укладанні шари склеюють між собою за допомогою мастики чи наплавляють один на один. При цьому холодну мастику перед самим процесом монтажу покрівлі розігрівають до температури 160 °С. Даний вид покрівлі можна назвати універсальним. До її переваг можна віднести ціну, простоту в укладанні, термін експлуатації складає 25 – 30 років. Серед недоліків можна виокремити непривабливий зовнішній вигляд, здатність до загивання. Тому такий покрівельний матеріал часто використовують для приміщень з односкатним або плоским дахом.

Покрівельна бітумна плитка, яка називається також бітумною (гнучкою, м'якою) черепицею, використовується для покриттів різних будівель (рис. 1). Форма і кольорова гама даного матеріалу досить різноманітні, тому з його допомогою легко створити оригінальні і естетично привабливі покриття. Структура покрівельної плитки нагадує структуру рулонних матеріалів, але випускається матеріал не полотнищами, а у вигляді невеликих елементів – гонтів, розмір яких складає 1,0x0,3 м довжиною і товщиною приблизно 3-5 мм з фігурним вирізом по нижній стороні. Основу гнучкої черепиці складає скловолокно, яке пропитують бітумом з різними модифікаційними добавками, що забезпечують пластичність і міцність. Основною перевагою м'якої черепиці є те, що її можна монтувати на складні багатоскатні дахи і радіусні поверхні з мінімальним використанням матеріалу, а також те, що такий матеріал можна легко і швидко замінити, не демонтуючи все покриття. Термін експлуатації даного виду покриття складає до 50 років.

Рідка або наливна покрівля – це гідроізоляційний матеріал, в склад якого входять латекс і бітум, змішаний з водою і технологічними добавками. Завдяки вязкості, рідина для покрівлі даху миттєво перетворюється в міцний суцільний шар. Переваг у даного матеріалу багато: покриття безшовне, має гідроізоляційні властивості, довговічне, стійке до ультрафіолету, має хорошу зчеплюваність зі старим покриттям, економічне, еластичне, стійке до перепадів температур та екологічне. Незважаючи на інноваційність матеріалу, він має і недоліки: механічний демонтаж, висока вартість апарату для наплення рідини, неможливість використання для скатних дахів.



Рис. 1. Покрівля з бітумної черепиці

Мембрани на основі полімерів є порівняно новим матеріалом. Вони відрізняються більшою міцністю у порівнянні з бітумними матеріалами. Однак поки що такий вид покрівлі в приватному будівництві не дуже поширений, так як даний матеріал має високу вартість. Мембранні покриття використовуються для укладання на дахи з невеликими ухилами. Покриття дахів таким матеріалом займає невелику кількість часу, а прекрасні захисні властивості дозволяють надовго зберегти дахи в гарному вигляді. До переваг полімерних мембран можна віднести наступне: термічна стійкість по відношенню до добового і сезонного перепаду температур; висока еластичність і міцність на розтяг; забезпечення мінімальної кількості стиків; можливість використання на дахах зі складною і нестандартною конфігурацією; стислі терміни по влаштуванню мембранного покриття. Покриття даного типу не вимагає додаткової гідроізоляції, так як добре відштовхує вологу. Термін експлуатації складає 20-30 років.

Широко використовуються також покрівлі з листових покрівельних матеріалів. До даного типу відносяться металочерепиця, шифер, виготовлені з бітуму і гофровані листи картону. Шифер можна зустріти на багатьох дахах. Він представляє з себе лист асбестоцементу, має форму хвилі, може бути пофарбований у різні кольори. Фарба дуже прикрашає даний вид покриття, матеріал приймає гарний зовнішній вигляд. Позитивною стороною даного покриття є високі характеристики при перепадах температур. Термін експлуатації складає до 40 років. Металочерепиця – дуже популярний матеріал на сьогодні, його можна зустріти на дахах різних форм. Дане покриття представляє собою оцинковані листи, які мають спеціальні покриття з полімерів, що захищає покрівлю від більшості видів несприятливих погодних впливів.

Ще один вид – штучні покрівельні матеріали. Головним представником даного виду покриттів є керамічна черепиця. Не зважаючи на те, що даний

матеріал використовується протягом кількох тисяч років, він і досі дуже популярний. Даному виду матеріалу притаманні достатньо високі експлуатаційні характеристики. Серед його переваг можна виділити наступні: відповідність екологічним характеристикам; є звукоізоляційним матеріалом; довговічність. Велику масу можна вважати з однієї сторони недоліком керамічної черепиці, а з іншої сторони саме ця характеристика дозволяє покрівлі з таким покриттям протидіяти сильним вітру і снігу. Термін експлуатації керамічної черепиці складає не менше 100 років.



Рис.2. Покриття даху з керамічної черепиці

Значну популярність в останні роки має композитна черепиця завдяки своїм технічним характеристикам та естетичним властивостям. За зовнішнім виглядом нагадує глиняну черепицю, але має ряд переваг. Так як основу матеріалу складає лист сталі, покритий алюмоцинком і гранулами натурального каменю, він достатньо еластичний, має тепло- та звукоізоляційні властивості, стійкий до температурних коливань і механічних впливів, довговічний та екологічний. Крім того, вага композитної черепиці в шість разів менша керамічної, що збільшує термін експлуатації кровляної системи даху. Обробка черепиці спеціальним глазурованим складом робить її стійкою до вологи, іржі, гниттю, грибку та плісняви. Невеликі розміри елементів дозволяють скоротити кількість відходів, а простота монтажу дозволяє використовувати для покриття дахів різних форм, в тому числі, складних. Основними недоліками композитної черепиці є висока вартість і слабка паропроникність, що вимагає додаткових витрат на встановлення системи вентиляції.

Висновки. Сучасні матеріали для покрівлі дахів мають широкий асортимент та експлуатаційні властивості. Всі розглянуті матеріали в останні роки активно використовуються в будівництві, з урахуванням їх переваг і недоліків. Основні розробки щодо покрівель повинні бути спрямовані на створення нових, міцніших, легших, дешевших, екологічніших, більш стійких до атмосферних впливів будівельних матеріалів, а також поліпшення властивостей вже існуючих.

Список використаних джерел:

1. Першина Л.О., Макаренко О.В., Шкарупа С.С. Сучасні рулонні матеріали для гідроізоляції покрівель. *Науковий вісник будівництва*. Том 79 № 1, 2015. С. 117 – 121.
2. Орловська, Ю. В., & Гавриленко, Д. О. (2020). Міжнародні тенденції і сучасні виклики розвитку ринку будівельних матеріалів. *Економічний простір*, (163), 35-40. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/163-6>.
3. Сучасні покрівельні матеріали: розвиток та використання. Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/161260977.pdf>

УДК 621.3

ENERGY-INDEPENDENT BUILDINGS AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

Zubenko V.O.,

Kherson State Agrarian and Economic University,

Introduction. According to the Energy Strategy in Ukraine until 2035 [1] and within the framework of the project "Integration of Sustainable Development in Ukraine in accordance with the European Green Deal", one of the priority areas of the country's development is the introduction of energy-independent buildings. Currently, to improve the energy efficiency of buildings, the EU has established a legal framework that includes EU Directive 2024/1275 on the energy performance of buildings and EU Directive 2023/1791 on energy efficiency, both of them were revised in 2023. This approach involves reducing dependence on traditional energy resources, increasing the energy efficiency of buildings, and using renewable energy sources [2].

Today, about 25-30% of buildings in Ukraine are newly constructed, while the rest are old buildings. According to energy analytical studies, the average new building in Ukraine consumes about 50% less energy compared to buildings constructed in the 1980s. For example, the average energy consumption for heating and lighting of a building built in the 1980s is 200 kWh/m² per year, while for a new building this figure has decreased to 100 kWh/m² per year.

Therefore, the construction of new energy-independent buildings can significantly improve energy efficiency and help reduce energy consumption in these buildings. And investing in energy-independent buildings will not only help reduce operating costs and improve the environment, but also contribute to the comfort of residents and create a sustainable future for future generations.

The integration of renewable energy sources into construction makes it possible to create buildings that can provide themselves with the necessary energy on their own.

One of the biggest challenges in the implementation of energy-independent buildings is the high cost of initial equipment and their reconstruction. However, in the future, such investments will save money by reducing energy bills and protecting

the environment.

The purpose of the research is to identify the most effective ways to integrate renewable energy sources into modern construction to create energy-independent buildings, as well as to assess the economic and environmental benefits of such solutions.

To achieve this goal, a number of tasks need to be solved:

- to analyze modern renewable energy technologies available for integration into construction projects;
- appraise the economic efficiency and return on investment in renewable energy sources for buildings;
- develop recommendations for the design and construction of energy-independent buildings;
- study the environmental benefits and potential impact on reducing greenhouse gas emissions.

Main part. Modern renewable energy technologies open up new opportunities for creating energy-independent buildings that can significantly reduce dependence on traditional fossil fuels and reduce the negative impact on the environment. Now, with the rapid rise in natural gas prices in Ukraine, this has become not just relevant, but very urgent and essential. The main elements of such buildings are renewable sources, such as solar panels, wind turbines, geothermal systems and bioenergy plants.

One of the key elements of such buildings is solar panels, which use photovoltaic technology to convert solar energy into electricity. Solar panels can be installed on the roofs of buildings or integrated into their elevations of buildings, thus providing an autonomous power supply. In addition, solar systems are used to heat water, which further reduces heating and hot water costs.

Photovoltaic systems in combination with solar thermal systems cover the annual heat demand of the building. First of all, a solar thermal system conducts this with the help of large-surface solar collectors that are installed on the roof and supply thermal energy to a buffer storage tank. For example, this is one water tank for a private house. In this way, the thermal energy can be stored for a long time before it is increasingly used for heating and hot water heating during the colder months. The heating system used then simply draws heat directly from the tank for space heating and hot water. Under favorable conditions, homeowners who heat in this way can last until spring with the stored energy without using an additional heater.

Wind turbines are another effective solution for generating renewable energy. They use wind energy to generate electricity and can be installed in both urban and rural areas. It is important to note that wind turbines are most effective in areas with constant wind flows, which ensures a stable energy supply.

In general, wind and solar energy in this method always organically complements the main source of thermal energy.

The heat of the earth are used to heat and cool buildings by geothermal systems. These systems work on the principle of heat pumps, which transfer heat from the ground to the building in winter and vice versa - from the building to the ground in summer. Geothermal systems are efficient and reliable, providing a stable

energy supply throughout the year.

Bioenergy plants use biomass to produce heat and electricity. This can be agricultural and forestry waste or specially grown energy crops. The use of biomass as an energy source reduces the amount of waste and provides an additional source of energy.

The choice of energy source for buildings depends on geographic location, economic factors, resource availability and energy efficiency. Climatic conditions, installation and maintenance costs, availability of natural resources, and energy conversion efficiency determine the most appropriate solution for a particular facility.

The economic effectiveness and payback of renewable energy sources are important aspects to consider when implementing such systems. The cost of installing solar panels, wind turbines, or geothermal systems can be high, but the long-term economic benefits, such as reduced energy costs, make these investments worthwhile. In addition, government support programs and subsidies can significantly reduce the financial burden at the initial stage of implementation.

The environmental benefits of using renewable energy sources include a significant reduction in greenhouse gas emissions, which contributes to the fight against climate change. The use of green energy sources reduces dependence on fossil fuels, thereby reducing the negative impact on the environment and contributing to the conservation of natural resources. The successful implementation of energy-independent building projects can be an important step towards sustainable development and energy security in the future.

The European Union [3] has proposed to move from existing buildings with near-zero energy consumption to zero-emission buildings by 2030.

A near-zero-emission building (NZEB) is a building that has very high energy efficiency, with the majority of the required energy coming from renewable sources, usually produced on-site or in the close vicinity.



The characteristics of an energy-independent building compromise mandatory requirements for certain elements, such as

- advanced thermal insulation of windows, including a double-glazed energy-efficient package and a specially insulated frame;
- high-quality insulation of external walls;
- building construction without heat-conducting bridges;
- absence of air flows;
- efficient ventilation system with mandatory heat recuperation to ensure comfortable air exchange.

Technical solutions and regulatory requirements for energy-independent buildings should take into account the needs of society for sustainable development and energy conservation. Any technologies and structures should be designed with energy efficiency taking into account, ensuring maximum thermal insulation and the use of renewable energy sources. Developments should be aimed at reducing energy losses, optimizing energy consumption and implementing systems that ensure a sustainable and efficient energy balance in buildings. Technical solutions also need to be easy to use and accessible to a wide range of consumers to stimulate the massive adoption of energy efficient technologies in construction. In addition, there is a need to create a database of constructed facilities that will include information on energy efficiency and the use of renewable energy sources. This will ensure transparency and accessibility of data on the energy performance of buildings, facilitating informed decision-making on energy efficient construction and modernization of existing buildings. Such a database will be a valuable resource for authorities, design companies, and consumers, contributing to the development of energy efficient construction and reducing energy consumption in the construction industry.

Conclusion. Energy-independent buildings using renewable energy sources are an important step towards sustainable development and reducing the negative impact on the environment. Despite the high cost of initial investment and technological challenges, the long-term economic and environmental benefits make such solutions promising. For successful implementation, it is necessary to continue developing technologies, adapting infrastructure, and training qualified professionals.

References:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». / Верховна Рада України URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf>
2. Про альтернативні джерела енергії: Закон України № 555-IV від 20.02.2003 року (із змінами, внесеними згідно із Законом № 3220-IX від 30.06.2023/ Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2009, № 13. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>
3. International Renewable Energy Agency (IRENA) [Електронний ресурс]. – URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings_en

NATURAL BUILDING MATERIALS

Barulin D.

*Senior lecturer of the Department of Construction, Architecture and Design
Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson*

Introduction. The world is becoming increasingly urbanized. It is expected that by 2025, about 65% of the world's population will reside in cities. Due to the rapid pace of urbanization, natural ecosystems are increasingly being displaced by cities [1]. Urbanization promotes rapid social and economic development, but at the same time, it leads to many problems such as population concentration, traffic congestion, housing shortages, resource scarcity, loss of biodiversity, the "heat island" effect, noise, air, and water pollution [2]. Urbanization, combined with climate change, increases risks and has a negative impact on people, their health, livelihoods, and affects local and national economies and ecosystems [3]. Therefore, the future of Earth's ecosystems increasingly depends on urban growth models and the adaptive capacity and resilience of social, economic, and ecological systems to climate change.

Currently, the construction industry is a leading consumer of global energy reserves and various energy resources, and is a major source of environmental pollution worldwide [4]. According to a report by the United Nations Environment Programme, the overall energy consumption in the construction industry accounts for approximately 30–40% of total global energy consumption [5].

In 2020, carbon dioxide emissions in the construction sector reached 11.79 gigatons of carbon dioxide, which constitutes 37% of all carbon emissions worldwide. In total, 17% of these emissions were associated with operational carbon emissions in residential buildings [6]. Therefore, it is crucial to accelerate the implementation of sustainable development strategies to achieve carbon neutrality as the global climate continues to deteriorate. Additionally, the construction industry faces the challenge of identifying more environmentally friendly and sustainable solutions for future development. Thus, there is an urgent need to explore and implement a sustainable development approach in cities to change the current situation, which is characterized by high levels of environmental pollution and resource consumption.

Main part. Most modern building materials are produced using processes that heavily rely on non-renewable resources, generate a large amount of waste, and potentially create unhealthy environments.

The most common of these materials is concrete, which can be cast on-site or used to manufacture prefabricated structural elements, with cement as its primary active ingredient. Cement has an extremely high level of embodied energy in its production and is a major source of greenhouse gas emissions [7]. This is due to the fact that a large amount of carbon dioxide is released into the atmosphere during the calcination process, in which natural limestone and other raw materials are converted into clinker (the key ingredient in cement), and additional CO₂ is emitted from the

combustion of fossil fuels to achieve the necessary temperature of approximately 1500°C. Due to these high-temperature production processes, many other modern materials also have high embodied energy. These include reinforcement used in structural concrete, and even materials increasingly used to enhance thermal energy efficiency, such as aluminum and glass for energy-efficient windows, and petrochemical plastics like polystyrene foam for thermal insulation. In addition to embodied energy and carbon emissions, numerous direct and indirect environmental impacts (such as air pollution and water pollution) also arise from the transportation of raw materials and finished products over long distances.

Ecological "green" building materials are raw and processed natural materials used in construction. These materials are extracted from the biological cycle for technical purposes, and their production and processing have a low environmental impact in terms of indicators such as embodied energy and carbon, water consumption, and the use of harmful chemicals. They ensure a healthy working and living environment concerning indoor air quality and microclimate. Ideally, material processing and construction technologies should allow nutrients to safely return to the ecosystem at the end of the building material's usage cycle.

At the same time, when selecting building materials, preliminary evaluation is necessary. In addition to the need for "greenness," materials must meet a number of requirements laid out and described by national/international standards, national laws, and local construction practices, such as:

- Acoustic properties, related to satisfactory indoor comfort;
- Aesthetic results, consistent with local building traditions;
- Cost within the available budget;
- Dimensional and weight limitations, according to structural features;
- Durability in the specific environmental and geographical context of the building (durability is closely linked to sustainability as it determines the lifespan of materials);
- Mechanical properties of structural materials, including stiffness, strength, behavior under seismic activity, etc.;
- Safety, both in the event of fire and during material handling/processing;
- Special characteristics related to building use (e.g., safety requirements for schools, hygiene requirements for hospitals, etc.);
- Thermal properties necessary for achieving satisfactory energy performance during operation.

One of the promising plant materials is straw. Ukraine annually produces about 50 million tons of grain and leguminous crops. This means that straw, as a byproduct, is produced in approximately the same volumes. Straw is used for animal feed and bedding, and for soil fertilization, with a potential surplus of 20-40%. This surplus can be used for the production of building materials.

Straw can be effectively used in construction either directly in the form of bales based on a framework of wooden load-bearing beams or modular straw panels. In modern construction practices, the construction of houses from factory-made modular straw panels is more common, while the construction of straw bale houses

based on wooden frameworks is mainly used for self-building.

Straw panels consist of a wooden frame with compressed straw. In Ukraine, rye straw is mainly used for the production of straw panels. Rye straw is low in nutrients, making it uninteresting to rodents, and dense compression and subsequent plastering of the walls reliably prevent the appearance of rodents and insects.

Straw is compressed in production using a hydraulic press. Straw panels are made from dry straw (moisture content up to 12%) and a wooden frame made from calibrated pine timber, treated with fire-resistant and antiseptic compounds.

Houses made of 40 cm thick straw panels are characterized by high levels of thermal insulation and load-bearing capacity. The frame itself is very strong, allowing the construction of a house up to three stories high. The panels can include window and door openings.

The finished panels are delivered to construction sites and assembled on-site following the modular house principle. The finished house frame is plastered with clay plaster in two layers using reinforcing mesh, after which the straw blocks are protected from water and fire.

The most common practice for the exterior finishing of straw houses is the use of a ventilated facade system to protect the outer layer of clay plaster from the harmful effects of atmospheric precipitation, especially driving rain.

Thanks to ceramic plastering, the environmental friendliness of the house is not compromised, and this technology also features high fire resistance and durability. The production of straw wall panels involves modern technologies, and thanks to the compression of the straw, the panels have a long service life.

Conclusions. The advantages of houses made from rye straw include:

- Low material cost and overall house cost;
- High living comfort. A house made of straw wall panels (blocks) "breathes," creating a good indoor microclimate in both winter and summer. Indoor air quality improves. Rye straw has high hygroscopicity, easily absorbing and releasing excess moisture. With proper design, dampness and damage to wall sections by fungus and mold are eliminated;
- Environmentally safe material;
- High durability of rye straw blocks (up to 100-200 years or more), as confirmed by history. The durability of rye straw is ensured by the presence of silica in its structure;
- High construction speed;
- Low labor intensity of construction work compared to traditional construction, approximately 100 times less per 1 m² of the building's total area. No heavy machinery is required;
- High fire resistance. Densely compressed straw (80-120 kg/m³) and clay plaster up to 5 cm on both sides allow such a wall to withstand fire loads with a temperature of 1000°C for several hours;
- High sound insulation of walls, acoustic comfort, and noise reduction inside the house;
- Low thermal conductivity coefficient of 0.12 W/m²K (wood has 0.5 W/m²K). This means straw has 4 times lower thermal conductivity than wood and 7

times lower than brick. As a result, heating and cooling costs are about 3-4 times lower. Heating a house made of straw blocks requires 10 times less gas than a conventional house (heat loss is approximately 40 kWh/m² per year).

References:

1. Дудяк Н. В., Баруліна І. Ю. Розвиток сіті-фермерства в Україні як перспективний шлях подолання продовольчої кризи. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2022. № 12. С. 20–28. URL: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.3>
2. Onder S., Dursun S. Global Climate Changes and Effects on Urban Climate of Urban Green Spaces. *International Journal of Thermal and Environmental Engineering*. 2010. Vol. 3, no. 1. P. 37–41. URL: <https://doi.org/10.5383/ijtee.03.01.006>.
3. OECD. Cities and Climate Change. Policy perspectives. National governments enabling local action. 2014. URL: <https://www.oecd.org/env/cc/Cities-and-climate-change-2014-Policy-Perspectives-Final-web.pdf>
4. Bhutta, F.M. Application of smart energy technologies in building sector—Future prospects. International Conference on Energy Conservation and Efficiency (ICECE), Lahore, Pakistan, 22–23 November 2017; pp. 7–10. DOI: 10.1109/ECE.2017.8248820
5. Green Buildings as a Necessity for Sustainable Environment Development: Dilemmas and Challenges / C. C. Bungau et al. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, no. 20. P. 13121. URL: <https://doi.org/10.3390/su142013121>
6. Yan, R.; Xiang, X.; Cai, W.; Ma, M. Decarbonizing residential buildings in the developing world: Historical cases from China. *Sci. Total Environ.* 2022, Vol. 847, 157679.
7. Optimizing structural roof form for life-cycle energy efficiency / N. Huberman et al. *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 104. P. 336–349. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.008>

УДК 692.232

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЗНІМНОЇ ОПАЛУБКИ ПРИ ЗВЕДЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Желуденко К.В., старший викладач кафедри будівництва, архітектури та дизайну

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. У сучасному світі надзвичайно важливим є впровадження енергоефективного будівництва, що сприяє збереженню паливно-енергетичних ресурсів, а саме вугілля, нафти та природного газу. Тому потрібно максимально ефективно використовувати наявні енергоресурси та намагатися їх економити. Одним з рішень цієї проблеми є зведення енергоефективного житлового будинку за допомогою методу незнімної

опалубки за технологією «Термодім».

Основна частина. В Україні чинні норми дозволяють будувати будівлі зі стінами з незнімною опалубкою висотою до 5 поверхів включно. Наприклад, у Німеччині такі будівлі можуть мати до 22 поверхів, а в Грузії — до 9 поверхів [4].

Технологія «Термодім» передбачає використання модульної облицювальної опалубки, яка встановлюється рядами, формуючи єдину опалубну систему для стін будинку. Внутрішній простір цієї системи заповнюється бетоном. Суть методу полягає в тому, що спочатку збираються опалубні форми з блоків, потім встановлюється арматура і заливається бетон. Знімати форми не потрібно, вони залишаються частиною зведеної будівлі.



Рис. 1. Застосування незнімної опалубки при зведенні енергоефективного будинку

Принцип монтажу незнімної опалубки з бетонних блоків дозволяє використовувати їх не тільки для створення фундаменту, але і для зведення несучих або монолітних підпірних стін. Перший ряд блоків встановлюється на вертикальну арматуру, що виходить з фундаменту. Блоки з'єднуються між собою за допомогою вбудованих кріплень. Найзручнішим і найпрактичнішим є застосування блоків з екструзійного пінополістиролу, який є високоякісним ізоляційним матеріалом завдяки своїй низькій щільності та закритій комірчастій структурі [4].

Загалом, несучі конструкції будівлі, побудованої з використанням незнімної опалубки з пінополістиролу, утворюють монолітну залізобетонну просторову систему. Вона складається з залізобетонних поздовжніх і поперечних стін, ребристих перекриттів та обв'язувальних горизонтальних рам, що з'єднують стіни з перекриттями. Необхідна несуча здатність стін досягається шляхом вибору відповідного класу бетону за міцністю на стиск, а також підбором класу і перерізу арматури. Незнімна опалубка з блоків пінополістиролу з порожнинами «Термодім» (Німеччина) являє собою пластини з пінополістиролу (зазвичай товщиною 50 мм), з'єднані між собою знімними або незнімними перемичками. Процес монтажу опалубки нагадує складання конструктора: верхні ряди блоків з'єднуються з нижніми завдяки спеціальній формі сполучених поверхонь («замки»). Внутрішній простір

блоків, зазвичай шириною 150 мм, заповнюється бетоном.

Основним елементом блочної системи є базовий стіновий модуль, представлений у кількох типорозмірах. Система також зазвичай включає кутові блоки (під 90° або зі змінним кутом), торцеві заглушки та інші додаткові елементи, такі як блоки з виступом для цегляної кладки, конічні блоки тощо. Завдяки спеціальній конструкції замків, блоки швидко і точно з'єднуються, що запобігає витіканню бетонної суміші під час заливки.

Термоблоки сконструйовані таким чином, що бетон, який заливається в них, заповнює порожнечу як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках, утворюючи монолітну бетонну решітку. Стіна, яка утворюється, має структуру «сендвіча» з пінополістиролу і бетону, і потребує обов'язкової обробки фасадної та внутрішньої сторін для забезпечення механічного і протипожежного захисту пінополістиролу (не менше 30 мм негорючого матеріалу, такого як гіпсокартон або штукатурка).

Гнучкість у використанні блоків дозволяє створювати різноманітні конфігурації будівель. Висока якість виготовлення термоблоків забезпечує точну геометрію стін термобудинку. Працювати з термоблоками легко і зручно. Технологія будівництва «Термодім» використовується переважно у малоповерховому будівництві.

Крім того, що опалубка окреслює форму будівлі, вона також захищає його від атмосферних впливів, підвищує міцність конструкції, а також покращує умови тверднення бетону. Нерівна внутрішня поверхня її разом з арматурою покращують зчеплення опалубки з бетоном. Головною перевагою можна визначити скорочення трудовитрат майже в 2 рази за рахунок того, що опалубку не потрібно демонтувати. А за рахунок того, що опалубка є частиною конструкції, знижується об'єм монолітного бетону.

Пінополістирольні блоки легко можна різати ножом чи ножовкою на будівництві, якщо потрібно підібрати необхідний розмір блоку.

Використання в будівництві системи «Термодім» дає можливість отримати велику кількість варіантів для опорядження стінових панелей. Зовні будинок можна зашити сайдингом, облицювати за допомогою цегли, тинькування чи пофарбувати всю поверхню. Обшивка внутрішніх стін виконується гіпсокартоном, штукатуркою для внутрішнього застосування, керамічною плиткою та іншими матеріалами.

Комунікації термодому прокладаються паралельно з розташуванням блоків. Перш, ніж заповнити ці ємності бетонною сумішшю, в них розташовуються всі проводки і труби внутрішнього призначення. Така практика дозволяє надовго продовжити службу трубопровідної системи і електропроводки. Будинки, побудовані за технологією «Термодім» з використанням незнімної опалубки, мають такі характеристики: високий рівень теплозахисту та звукоізоляції, комфортність, довговічність, швидкість зведення і низьку вартість будівництва.

Висновки. Технологія «Термодім» призначена для швидкого будівництва теплих і недорогих будинків. Стіна термобудинку товщиною 25 см за теплоізоляційними властивостями відповідає цегляній стіні товщиною

1,5 метра. Гнучкість у використанні блоків дозволяє створювати різноманітні конфігурації будівель. Головною перевагою можна визначити скорочення трудовитрат майже в 2 рази за рахунок того, що опалубку не потрібно демонтувати, а при будівництві з використанням блоків незнімної опалубки не залишається відходів.

Список використаних джерел:

1. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель : ДБН В.2.6-31:2021. [На заміну
2. ДБН В.2.6-31:2016; чинні з 2022-09-01]. Мінрегіон України. Вид. офіц. Київ :ДП «Укрархбудінформ», 2022. 23 с. (Державні будівельні норми України).
3. Саницький М. А., Позняк О. Р., Марущак У. Д. Енергозберігаючі технології в будівництві : навч. посіб. 2-ге вид., випр. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. 236 с.
4. Стрижак С. О., Дьяченко О. С., Дьяченко Л. Ю. Особливості застосування незнімної опалубки за технологією «ТЕРМОДИМ» при зведенні енергоефективного житлового будинку. Режим доступу: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/123456789/12602/1/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B6%D0%B0%D0%BA.pdf>

УДК 625.7/.8

ПІДХОДИ ІЗ ЗАХИСТУ ВІД АГРЕСИВНИХ ФІЗИЧНИХ І ХІМІЧНИХ ВПЛИВІВ ДОРОЖНІХ ВОДОПРОПУСКНИХ СПОРУД З МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Гаркуша М.В. к.т.н. доцент

Національний транспортний університет, м. Київ

Вступ. Останнім часом відбувається погіршення стану транспортних споруд, у тому числі побудованих і за типовими проектами, що зумовлено впливом навколишнього середовища, фізичним зносом і старінням матеріалів та конструкцій, підвищенням осьових навантажень, збільшенням транспортного потоку, тощо [1]. Основними факторами, які впливають на довговічність дорожніх водопропускних споруд з металевих гофрованих конструкцій є корозія та абразивне стирання, які, у свою чергу, можуть призвести до їх дефектів.

Багато дорожніх водопропускних споруд із металевих гофрованих конструкцій піддаються прискореним темпам зносу, головним чином через стирання та корозію металу. Основна складність виникає через те, що структурна реакція водопропускної споруд залежить від складної взаємодії між металевою гофрованою конструкцією та оточуючим її ґрунтом.

Основний текст. Різноманітні зовнішні навантаження та зміна умов ґрунту можуть спричинити розкриття швів (рис. 1), уможливаючи інфільтрацію засипки та ексфільтрацію води, однак це мало ймовірно, якщо

використовуються відповідні стрічки. Ключовими факторами при перевірці швів є ознаки інфільтрації засипки та ексфільтрації води, що спричиняє ерозію навколишнього ґрунту та призводить до утворення отворів на поверхні або прогинів дорожнього одягу.



Рис. 1 — Пошкодження споруд від корозії та абразивного стирання: дефектів з'єднань; зношення внутрішньої частини споруди; спотворення форми; міграції ґрунту)

Стирання стінки споруди відбувається через дію матеріалів, що переносяться потоком, що стикається зі стінкою споруди (рис. 1). На нього впливає частота абразивних навантажень у потоці та швидкість потоку. Очевидно, що кількість, тип і розмір матеріалу, що транспортується, і частота потоку мають значний вплив на очікуваний термін служби споруди, як і склад матеріалу самої споруди. На ділянках сталевих споруд, де присутнє стирання, після того, як оцинкований шар буде стерто, виникне корозія з подальшою перфорацією конструкції та втратою навколишнього ґрунту засипки. Це, у свою чергу, може призвести до спотворення форми залежно від взаємодії ґрунту та споруди в результаті міграції дрібних частинок засипки. Алюміній піддається корозії інакше, ніж сталь, і не схильний до корозії в межах прийняттого діапазону рН 5,5-8,5. Потенціал стирання залежить від об'єму, швидкості, розміру, форми та твердості шару. Швидкості потоку в водопропускних спорудах, які часто перевищують 5 футів/с (1,524 м/с), допустимі лише для невеликих об'ємів меншого, округленого навантаження. У некорозійних середовищах алюмінієві труби можуть стиратися швидше, ніж сталеві, тому їх не рекомендують використовувати в середовищі, де швидкість часто перевищує 5 футів/с (1,524 м/с), і якщо присутній кутовий або великий матеріал навантаження [2].

Однією з найпоширеніших проблем із гофрованими металевими водопропускними спорудами є зношення внутрішньої частини споруди, як правило, через поєднання корозії та стирання після зносу оцинкованого шару (рис. 1). Саме з цієї причини дорожні водопропускні споруди з гофрованої сталі часто покривають захисним покриття (мінеральне, органічне, полімерне).

В США [2] наразі існує кілька методів оцінки терміну служби дорожніх водопропускних споруд на додаток до існуючого, найпоширенішого каліфорнійського методу, який враховує рН і питомий опір ґрунту. Агентства Державного департаменту транспорту у Флориді, Колорадо та Нью-Йорку запропонували формули для оцінки терміну служби водопропускних споруд,

які, наприклад, залежать від таких параметрів ґрунту, як рН, рівень сульфату та хлориду. На додаток до цих класифікацій, заснованих на ґрунті, різні штати використовують різні умови водопропускних споруд, що базуються на матеріалах обстеження[2].

Міністерство транспорту штату Теннессі використовувало 10-бальну шкалу, тоді як Caltrans використовує чотирибальну шкалу пошкоджень [3]. На додаток до таких підходів, заснованих на перевірці, дослідники, які проводили дослідження водопропускних споруд, використовували вказівки опублікованого звіту Каліфорнійського методу випробувань [2], де корозія пояснюється питомим опором ґрунту. Різниця у вмісті кисню між більш аерованим верхнім шаром ґрунту та менш багатим киснем нижнім ґрунтом може генерувати концентрацію кисню, що змушує метал з нижньої частини труби, який часто називають інвертом, переходити до вищих рівнів концентрації кисню у верхній частині водопропускної споруди, використовуючи ґрунт навколо водопропускної споруди як свого роду електролізер, що спричиняє прискорену корозію сталеві споруди через процес електролізу. Ефективність цього розчину у спричиненні корозії залежить від його провідності. Раніше було зазначено, що питомий опір навколишнього ґрунту може впливати на корозію споруди, коли ґрунт діє як провідник [4], крім того на поведінку корозії також помітно впливає рівень рН ґрунту. Марр Дж. [5] посилається на графік залежності питомого опору від рН, опублікований Caltrans, зауважив, щоб створити максимально точні карти терміну служби, важливо підтвердити дані вимірювань і спостережень як доцільні для включення в розрахунок терміну служби [5, 6].

Дослідження демонструють неоднозначні дані про вплив рН на корозію сталі в ґрунті: деякі дослідження показують, що рН впливає на швидкість корозії, а деякі показують, що корозія не залежить від рН, а залежить від дифузії кисню в метал. Однак мінімальний питомий опір може бути використаний для визначення можливого ступеня корозії. В табл. 1 показано зв'язок між питомим опором і корозійністю ґрунту [7].

Таблиця 1

Зв'язок між питомим опором і корозійністю ґрунту [8]

Агресивність	Питомий опір [Ом-см]
Дуже корозійний	< 700
Корозійний	700 — 2000
Помірно корозійний	2000 — 5000
Помірно корозійний	5000 — 10000
Не піддається корозії	10000

Найпоширенішими покриття є бітумні, полімерні. На основі проведеного аналізу було розроблено вимоги до застосування додаткового захисного антикорозійного шару (гідроізоляційного шару) дорожніх водопропускних споруд з металевих гофрованих конструкцій за рахунок

метилметакрилатного покриття, як додаткового захисного шару на оцинковане покриття.

Показники фізико-технічних властивостей гідроізоляції наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Показники фізико-технічних властивостей гідроізоляції

Назва показників	Значення
1 Життєздатність за 20 °С, хв не менше ніж	15
2 Час полімеризації за 20 °С, хв, не менше ніж	60
3 Час висихання до ступеня 3, хв: 30 °С, не менше ніж 20 °С, не менше ніж 10 °С, не менше ніж 5 °С, не менше ніж	30 60 90 180
4 Щільність, в рідкому стані, г/см ³ , не менше ніж	1,1
5 Водопоглинання, % за масою, не більше ніж	0,1
6 Міцність на розрив, МПа, не менше ніж	10,0
7 Відносне подовження на розтягування, %, не менше ніж	100
8 Теплостійкість, не менше ніж, °С	230
9 Міцність зчеплення з основою, МПа, не менше ніж	0,3
12 Міцність на удар, не менше ніж, см	30
13 Хімічна стійкість — стійкість до дії кислот, лужних, сольових розчинів і нафтопродуктів	Стійкі
14 Морозостійкість (за температури 25 °С)	Витримує
15 Рекомендована товщина сухої плівки кожного шару в двошаровому покритті, мкм, не менше ніж	1000
16 Рекомендована товщина сухої плівки в одношаровому покритті, мкм, не менше ніж	2000

Виконана за проектом гідроізоляція повинна бути: водонепроникною по всій поверхні, яку ізолюють, у місцях сполучення конструкційних елементів; герметичною у місцях примикань; міцно зчепленою із ізолюваною поверхнею і зберігати міцність зчеплення за зсуву; міцною і зберігати еластичність у часі та інтервалі розрахункових температур; монолітною та безперервною, без здуття, бульбашок та хвилястості; цілісною та зберігати гідроізоляційні властивості, не ушкоджуватись у разі тривалих впливів постійної та тимчасової навантаги і можливих деформацій; здатною перекривати тріщини; хімічно та біологічно стійка та стійка до проникнення хлорид-іонів; тепло та морозостійка, вплив теплової навантаги не повинен істотно впливати на показники матеріалу; без компонентів, які спричинюють корозію металу.

Висновки. В роботі проведено аналіз підходи із захисту від агресивних фізичних і хімічних впливів дорожніх водопропускних споруд з металевих гофрованих конструкцій та запропоновано вимоги до додаткових сучасних заходів захисту дорожніх водопропускних споруд від корозії.

Список використаних джерел:

1. Ковальчук В. В., Коваль П. М., Коваль М. П. Методи обстеження та випробовування тунельного шляхопроводу з металевих гофрованих конструкцій на км 228+160 автомобільної дороги Київ–Харків–Довжанський // Дороги і мости. – 2020. – Вип. 21. – С. 250-269. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.250>
2. California Department of Transportation (Caltrans), Caltrans Supplement to FHWA Culvert Repair Practices Manual, Design Information Bulletin No. 83-04, Caltrans, Sacramento, 2014.
3. Meegoda, Jay, and Thomas Juliano. Corrugated steel culvert pipe deterioration. Corrugated Steel Culvert Pipe Deterioration, 2009.
4. Gabriel, L.H. and Moran, E.T., Service Life of Drainage Pipe, Synthesis of Highway Practice 254, Transportation Research Board, 1998
5. Heitkamp, B., and Marr J. Minnesota Steel Culvert Pipe Service-Life Map. Minnesota Department of Transportation. 2015
6. Beaton, J.L. and R.F. Stratfull (1962). "Field Test for Estimating the Service Life of Corrugated Metal Pipe Culverts", Report 62-06. <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrbproceedings/41/41-017.pdf>
7. Galtung-Døsvig, T. Durability of buried galvanized steel structures in British Columbia (T). 1995. Retrieved from <https://open.library.ubc.ca/collections/ubctheses/831/items/1.0050395>

УДК 72.02

ДОСТУПНЕ І СТІЙКЕ ЖИТЛО: ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПІДХОДИ

Іваночко У.І., к. арх., доцент, Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Вступ. Сучасне суспільство стикається з численними викликами, включно з необхідністю пошуку стійких (сталих) рішень для житлового середовища і багатоквартирного житла. Зокрема, в контексті змінюваності клімату та погіршення екології середовища проживання протягом останніх десятиліть, окрім того, важливість цього підходу стане особливо актуальною при повоєнній відбудові і відновленні середовища українських міст, спричинених урбіцидом. Є багато аспектів, завдяки яким сучасне стійке будівництво підтримує сталий розвиток і сприятливо впливає на природне середовище. На сьогоднішній день важливим є вивчення і врахування досвіду окремих країн, які вже мають значні напрацювання і досвід у сфері стійкого житлового будівництва та сталої архітектури.

Основна частина. Концепція стійкого будівництва базується на цілісному підході до потреб людини та навколишнього середовища. Тобто, ідея сталого розвитку враховує потреби майбутніх поколінь. Досвід таких

країн як Австрія та Німеччина засвідчують, що найбільш вдалим девізом майбутнього житлового будівництва має бути – добре і доступно.

«Добре» тут означає: реалізований відповідно до вимог майбутніх мешканців і максимально безпечний для ресурсів та клімату. «Доступно (чи дешево)» означає, що оренда або купівля квартири не повинна створювати надто великого фінансового тиску для споживача, навіть у містах, що розвиваються.

Екологічне будівництво є звичайним завданням для архітекторів, містобудівників і ландшафтних архітекторів, дизайнерів інтер'єрів, будівельників, а також для компаній-виконавців. Однак саме власник будівлі має вирішальний вплив на результат, формулюючи запит щодо стійкості на початку проекту. Планувальник може підтримувати визначення цілей на цьому етапі, щоб забезпечити успішне опрацювання проекту разом з іншими учасниками на цій основі.

Така культура планування, узгодження вимог із підходом, а також знання та досвід кожного, хто бере участь у проекті, прокладає шлях, що веде до результату, орієнтованого на майбутнє [1-3].

До прикладу, в ряді європейських країн у процесі формування сталих житлових утворень важливою залишається необхідність планування, систематизації, керування та стандартизації дій, що реалізуються:

- створення просторової політики (у широкому розумінні, інтегрованої з економічною та соціальною складовими), яка підпорядкована пріоритетам та законодавству як на рівні ЄС так і національному;
- діяльність місцевого самоврядування, яка є важливою для адаптації до принципів сталого розвитку, додатково також може передбачатися досягнення сертифікованого рівня якості – використовуваного на підприємствах із врахуванням впливу на навколишнє середовище,
- вирішальними стають соціальна участь і популяризація знань та проектологічного ставлення;
- інвестиції в будівництво здійснюються в рамках діяльності підприємств будівельного ринку, які також прагнуть до стандартів управління якістю та екологічного менеджменту на підприємстві;
- важливою є необхідність адаптувати всіх учасників інвестиційного процесу до вимог сталого розвитку та будівництва;
- проектувальники, містобудівники та архітектори можуть особливим чином брати участь у забезпеченні сталого розвитку, розвиваючи знання й методологію діяльності та впроваджуючи наукові методи в комплексне проектування;
- на кожному з етапів продукція та послуги сприяють сталому розвитку, дотримуючись певних стандартів, які можуть бути підтверджені відповідним маркуванням, але його вибір залежить від суспільної обізнаності щодо екологічних питань;
- будівлі та комплекси з різними функціями можуть бути створені з використанням засобів сертифікації, які допомагають адаптувати

прийняті дії, проектні рішення та вибір матеріалів до стандартів екологічної стійкості.

Стала архітектура вимагає більш ретельного розгляду та оптимізації від усіх, хто бере участь у проекті. Якщо вимоги різних критеріїв стійкості інколи суперечать один одному, покращення певних аспектів потенційно може призвести до недоліків в інших сферах. Такі оптимізації не можуть бути відображені лінійно, а лише в ітераційних та інтегральних процесах планування.

Ще на етапі проектування районів багатоквартирної житлової забудови важливою стає стратегія, скерована на створення сталого житлового середовища, яке відповідає сучасним вимогам енергоефективності, екологічності та соціальної взаємодії. При цьому особливу увагу відведено використанню екологічно чистих матеріалів та конструкцій, забезпеченню комфортних спільних просторів для мешканців та їхньої активної взаємодії, а також розвитку інфраструктури для заміщення стандартного житлового середовища на більш екологічне та комфортне [4,с. 23].

Важливі заходи для уникнення або зменшення інтенсивності руху вже мають бути вжиті в рамках міського планування. Пропозиція мобільності також є важливим фактором розташування і планування як окремої житлової будівлі, так і їх комплексів. Доцільно визначити важливість окремих транспортних засобів як частину транспортної концепції та аналізу місцевого руху й потоків мобільності та ефективно їх організувати. Високому рівню комфорту житлового середовища та розвитку екологічно чистої мобільності забезпечує перевага пішохідної мобільності, їзди на велосипеді та популяризація електромобільності (електромобілі, скутери, велосипеди). Базуючись на часто обов'язкових правилах щодо місць для паркування, у координації з муніципалітетом шукаються рішення щодо мобільності, з метою зменшення кількості місць для паркування на відкритих майданчиках, надаючи пріоритет заглибленим або підземним паркінгам. Житлові комплекси, зведені в дусі сталого будівництва, часто обладнані місцевими спортивними й ігровими майданчиками, а місця загального користування належним чином облаштовані, щоб заохотити мешканців до активності час на свіжому повітрі.

Серед іншого, з метою сприяння доступності та особистої мобільності створюються безбар'єрні простори з пристосуванням для людей з обмеженими можливостями.

Збільшення озеленення, зон інфільтрації роблять комплекси багатоквартирного житла більш стійкими та водночас забезпечують охолодження в щільно забудованих міських районах. Для цього можна озеленити будівлі та заощадити енергію для кондиціонування повітря, охолоджуючи їх влітку. Таким чином можна створити комфортне, здорове та збалансоване середовище проживання й житловий простір.

Варто зупинитися на окремих архітектурно-містобудівних та інженерних аспектах формування та розвитку сталих багатоквартирних житлових утворень.

Проект енергозберігаючого Future Living (рис. 1) *розумного міського району* в Берліні (Німеччина), в рамках якого 90 житлових та 10 комерційних одиниць отримують опалення з майже нульовими викидами, є експериментом у створенні передових енергетичних рішень для Panasonic. Новий Берлінський квартал поєднує екологічне та цифрове життя. Це досягається шляхом встановлення інтелектуальних енергетичних систем, включаючи повітряно-водяні теплові насоси та фотоелектричні модулі Panasonic, а також накопичувачі сонячної енергії. Експерти з питань енергетики та інженери програмного забезпечення Panasonic розробили власне програмне забезпечення для керування, щоб оптимізувати використання енергії та електрифікувати сектор опалення.



Рис. 1. Перший у Берліні квартал «Розумне місто»: демонстраційний проект для соціальних і цифрових технологій та сталого способу життя (2020 р.)

«Forum am Seebogen» (рис. 2) – комплекс на будівельній ділянці площею 800 м² у кварталі «Am Seebogen» у новому віденському районі Seestadt (Австрія), який став проектом-переможцем конкурсу інтегрованих концепцій, і важливий у кількох аспектах: тут можливості модульного та системного дерев'яного будівництва розвиваються та досліджуються інноваційним шляхом. Було розроблено поліфункційний проект, де життєвий, робочий та культурний простори утворюють симбіотичний зв'язок.



Рис. 2. Багатоквартирне житлове утворення у районі Seestadt-Aspern у Відні, [5]

Особливим акцентом стала житлова будівля, дизайн якої вирішено на

основі модульної системи, завдяки чому було створено сучасний прототип. Мета полягала в тому, щоб за короткий термін і за відносно незначною ціною побудувати якісне житло: 20 квартир, з них 2 суміщених одиниці «житлова та робоча», 4 міні лабораторії, 2 комерційні одиниці. Невеликі об'єкти можна використовувати як міні-лабораторії, мікро-робочі одиниці або спільну інфраструктуру, вони інтегровані в структуру так само, як велика зона для роботи на верхньому поверсі.

Висновки. Процес формування міських житлових утворень відбувається з врахуванням просторових та економічно-культурних аспектів. Житлові комплекси будуються в містах з вищим або нижчим рівнем розвитку та якістю забудованого середовища. Стійкість у широкому розумінні, залежить від дій і рішень на кожному етапі створення антропогенного середовища. Мірою сталості житлових утворень є якість міського простору, що здебільшого визначається планово-програмним етапом у процесі їх формування. Саме тут варто зазначити особливу важливість етапів планування та містобудування і детального інвестиційного програмування та їхній вплив на майбутній рівень стійкості всього забудованого середовища.

Список використаних джерел:

1. Horn P. Systematyka kryteriów zrównoważenia w zakresie projektowania dobrej jakości środowiska mieszkaniowego. Studium przypadku modelowego osiedla Nowe Żerniki (WuWA 2) // Środowisko Mieszkaniowe. – N 36, 2021. – S. 37-47.
2. Horn P. Zrównoważony rozwój w procesie kształtowania współczesnego osiedla. Idee, przykłady. – Wrocław, 2019. – 310 S.
3. Буравченко С. Г. Сценарні методи формування сталої архітектури багатоквартирних житлових будинків / С.Г. Буравченко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2020. – Вип.56. – С.305 – 322.
4. Белоусов В., Бардецький І. Особливості формування сталих багатоквартирних житлових утворень для післявоєнної системної відбудови українських поселень на прикладі житлового району Seestadt Aspern у Відні // XV Міжнародна науково-практична конференція «New knowledge: strategies and technologies for teaching young people», 16-19 квітня 2024 р., Лісабон. – С. 23-25.
5. <https://www.archdaily.com/997971/forum-am-seebogen-apartments-heri-and-salli>

КОНСТРУКТИВНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОКРІВЕЛЬ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ

Желуденко К.В., старший викладач кафедри будівництва, архітектури та дизайну

Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна

Вступ. Покрівля, що експлуатується, призначена для можливості використання у якості зон відпочинку, розміщення спортивних площадок, озеленення, автостоянок тощо. Особливо влаштування таких покрівель є актуальним у разі дефіциту міської території та високої вартості земельних ділянок. Відсутність вільного відкритого простору обмежує можливість розміщення необхідних інфраструктурних об'єктів для обслуговування мешканців і знижує рівень комфорту для проживання. Тому перспективним в останні роки напрямом є влаштування покрівель, що експлуатуються.

Основна частина. Інверсійна покрівля була розроблена в Америці на початку 50-х рр. ХХ ст. Такі покрівлі мають певні особливості при проектуванні і зведенні. В розрахунки їх несучої здатності повинні бути враховані додаткові навантаження і впливи, наприклад, від обладнання, людей, ґрунту і рослин.



Рис. 1. Типи покрівель: а) експлуатована покрівля; б) не експлуатована покрівля

Інверсійна покрівля відрізняється від традиційної тим, що теплоізоляційний шар знаходиться не під гідроізоляційним шаром, а поверх нього (рис. 2). Принцип такої покрівлі полягає в захисті гідроізоляційного шару, вільно лежачого над шаром утеплювача. Існує велика кількість варіантів вирішення влаштування інверсійної покрівлі, що залежить від функціонального її призначення та експлуатованого фінішного покриття. Конструктивно-технологічна послідовність розташування шарів зазвичай ідентична. В особливих випадках конструкція може бути доповнена фільтруючими шарами, підстиляючим шаром і шарами пароізоляції.

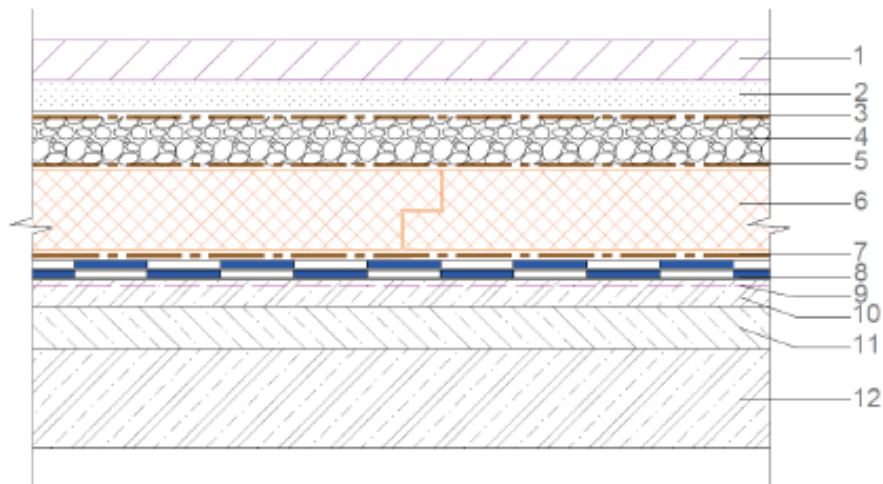


Рис. 2. Конструкція інверсійної покрівельної системи: 1 – фінішне покриття, 2 – цементно-піщана суміш, 3 – геотекстиль, 4 – шар гравію, 5 – геотекстиль, 6 – теплоізоляційний матеріал, 7 – геотекстиль, 8 – гідроізоляція, 9 – бітумний праймер, 10 – стяжка цементно-піщана армована, 11 – шар з керамзиту, що формує ухил, 12 – залізобетонна основа

Монтаж гідроізоляційного килиму виконується по шару керамзиту, що створює ухил, і цементно-піщаної стяжки. Всі поверхні основи ґрунтуються бітумним праймером для кращої адгезії матеріалу до основи. Перепади температур, вологість і ультрафіолет негативно відображаються на довговічності тротуарного чи асфальтобетонного покриття і тепло- та гідроізоляції, що знаходиться під ним. Захист гідроізоляції забезпечують шари покрівельної системи, що знаходяться вище, гідроізоляційний матеріал під шаром утеплювача одночасно виконує роль пароізоляції. Для створення дренажного зазору і швидкого відведення води на полістирол укладають профільовану мембрану. Далі виконується укладання фінішного покриття.

Покрівля інверсійного типу висуває підвищені вимоги до теплоізоляційного шару. В процесі експлуатації в утеплювачі може накопичуватися вода, тому матеріали, що використовуються, повинні мати високу водостійкість, морозостійкість, міцність і щільність. Правильний вибір утеплювача дозволяє в значній мірі скоротити втрати тепла. Тепловтрати в покрівлі можуть складати 45% від загальної кількості тепловтрат в усій будівлі. У зв'язку з цим в якості теплоізоляційного матеріалу покрівель, що експлуатуються, використовуються плити з екструдованого пінополістиролу з низьким водопоглинанням і високою міцністю на стиск понад 30 кг/м³. Це дозволяє забезпечити конструкцію даху від виникнення конденсату, з чого виникає відсутність потреби влаштування шару пароізоляції.

Екструдований пінополістирол не поглинає і не накопичує вологу завдяки своїй гомогенній замкнутій структурі комірок. Плити відрізняються довговічністю і властивістю зберігати вихідні теплоізоляційні властивості протягом всього періоду експлуатації при впливі вологи і механічних навантажень, мають низький коефіцієнт теплопровідності. Також має високі звукоізоляційні властивості та морозостійкість.

Конструкція з улаштуванням гідроізоляційного шару поверх теплоізоляції непридатна для дахів з підвищеною прохідністю або для влаштування парковок для автомобілів. Правильно підібрана гідроізоляція забезпечує нормальну експлуатацію будівель і конструкцій, підвищує їх надійність і довговічність, і повинна задовольняти наступним вимогам: високій міцності і стійкості до механічних впливів, еластичність, несприйнятливості до вологості та її негативним наслідкам, здатність зберігати свої властивості в широкому діапазоні температур, стійкість до атмосферних впливів, паропроникність.

Важливою перевагою інверсійної покрівлі є термін експлуатації. Період експлуатації традиційних м'яких покрівель складає трохи більше 10 років, в той час як інверсійної – більше 25.

Використання інверсійної покрівлі має ряд переваг:

- Підвищення довговічності гідроізоляційного шару, який надійно захищається від впливу основних несприятливих факторів;
- Економія на пароізоляційному шарі;
- Можливість укладання теплоізоляційних матеріалів і вищележачих шарів даху при різних погодних умовах;
- Легка комбінація різних видів експлуатуємих і зелених покрівель при проектуванні і будівництві.

Висновки. Таким чином, інверсійна покрівля є хорошою альтернативою традиційній плоскій покрівлі. Конструкція дозволяє використовувати поверхню для різних цілей, має високу ступінь надійності та довговічності. Переваги застосування інверсійної покрівлі забезпечуються використанням відповідних матеріалів.

Список використаних джерел:

1. Колесніков А. В., Бур'ян А. І., Фарафонов Д. Д. Техніко-економічна оцінка улаштування експлуатованих покрівель. Режим доступу: <https://stlnau.in.ua/samoosvita/item/2019/lnau191114.pdf#page=150>.
2. Сердюк В.Р., Сердюк Т.В., Франишина С.Ю. Сучасні способи модернізації плоских горизонтальних покрівель. *СучТехнБудів*, 2020, вип. 27, вип. 2. С. 30-36.
3. Суржикова Д. Ю. Ковальський В. П. Сучасні тенденції проектування зелених покрівель об'єктів цивільної забудови. Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/42199/20995.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Наукове видання

*Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали: зб. наук. пр.:
Вип. 5. – Кропивницький: ХДАЕУ, 2024. – 123 с.*

*Збірник наукових праць видається за підсумками щорічної
V Міжнародної науково – технічної конференції «Інтелектуальні
конструкції та інноваційні будівельні матеріали», присвяченої
50-річчю відкриття будівельної спеціальності,
22-23 травня 2024 р.*

*Редакційна колегія:
Чеканович М.Г., Желуденко К.В.*

*Формат А4
Гарнітура Times New Roman
Умовних друкованих аркуша 7,62*

Херсонський державний аграрно-економічний університет