

**Міністерство освіти та науки України  
Херсонський державний аграрно-економічний університет  
ХФ «Академія будівництва України»**

**Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього  
тисячоліття  
Збірка наукових праць  
ВИПУСК 5**



**17 листопада 2022 року**

**м. Херсон**

Видається за рішенням редакційної колегії V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього тисячоліття» та Вченої ради факультету архітектури та будівництва ХДАЕУ

*Рекомендовано до друку Вченою радою факультету  
АРХІТЕКТУРИ ТА БУДІВНИЦТВА  
Протокол № 3 від 29 листопада 2022 р.*

Матеріали конференції 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.

**Редакційна колегія:**

**Чеканович М.Г.** – к.т.н., професор, завідувач кафедри будівництва, архітектури та дизайну, Херсонський державний аграрно-економічний університет, Заслужений винахідник України; дійсний член Академії будівництва України;

**Желуденко К.В.** – асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну

## **ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОБОТИ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

- Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Експериментальні та теоретичні дослідження.
- Інноваційні технології виготовлення будівельних конструкцій та їх застосування у будівництві.
- Архітектура та містобудування.
- Енергозберігаючі технології у будівництві.
- Іноземна мова професійного спрямування у галузі будівництва.

## **Перелік секцій конференції:**

1. Сучасні проблеми у галузі будівництва;
2. Прогресивні технології проектування у будівництві.

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

## ЗМІСТ

1	М.Г. Чеканович <i>Міцність архітектурних конструкцій Канівської гідроелектростанції</i>	5
2	М.Г. Чеканович, К.І. Ткаченко <i>Натурне визначення карбонізації бетону мостової споруди</i>	10
3	М.Г. Чеканович, М.М. Трощіява, Р.С. Морозов <i>Прогнозування залишкового ресурсу елементів автопроїзду Канівської гідроелектростанції</i>	14
4	В.В. Слонь, М.Л. Петровська <i>Методи досліджень напружено-деформованого стану нормальних перерізів частково зруйнованих залізобетонних елементів</i>	17
5	А.І. Ткачук <i>Особливості застосування способу вирізання вузлів при вивченні статично визначених ферм студентами будівельних спеціальностей</i>	21
6	М.М. Волошин, Д.В. Жук, О.О. Іванець <i>Особливості розробки об'єктів будівництва та їх реконструкції для водопровідних мереж в селищах міського типу Козацьке Бериславського району та Верхній Рогачик Каховського району Херсонської області</i>	26
7	К.В. Желуденко, Ю.Р. Передерій <i>Проектування об'єктів цивільного захисту в Україні</i>	30
8	К.В. Желуденко, А.О. Горбатенко <i>Технологія влаштування горищних перекриттів у приватному будівництві</i>	33
9	М.Г. Чеканович, О.В. Махія, С.М. Петренко, Р.Ф. Мелікідзе <i>Модель рами залізобетонного каркасу громадської будівлі</i>	36
10	М.М. Волошин, К.К. Кльоб <i>Сучасний приклад архітектури та містобудування</i>	40
11	К.В. Желуденко <i>Сучасні методи захисту металевих конструкцій від впливу корозії</i>	46
12	К.В. Желуденко, Г.О. Бойко <i>Сучасне фахверкове будівництво</i>	49
13	К.В. Желуденко, М.М. Мирилко <i>Штучний інтелект, цифрові двійники та доповнена реальність у будівництві</i>	52
14	Д.С. Барулін, Г.В. Кудрявченко <i>Інноваційні технології виготовлення будівельних конструкцій та їх застосування у будівництві</i>	56
15	К.В. Желуденко, Є.В. Зубко <i>Проектування пасивних будинків в контексті енергозбереження</i>	59

## СЕКЦІЯ 1. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ У ГАЛУЗІ БУДІВНИЦТВА

УДК 624.01

### **МІЦНІСТЬ АРХІТЕКТУРНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАНІВСЬКОЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

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

**Вступ.** У сучасному будівництві поширені архітектурні конструкції, серед яких прогонові залізобетонні будови і, зокрема, в проїзних частинах гребель мостів великих гідроелектростанцій. Їх технічний стан, міцність, несна здатність визначають можливість безпечного проїзду автомобільного транспорту.

Бетонні і залізобетонні штучні споруди, вироби, конструкції під час експлуатації піддаються активному впливу рухомих навантажень автотранспорту, атмосферних факторів та агресивних компонентів середовища, промвипадків та продуктів неповного згоряння палива та інших сполук [1–4]. В результаті названих дій та процесів руйнується захисний шар залізобетону, металева арматура кородує, можуть обмежуватися температурні деформації прогонів в результаті зміни температур. Все це в кінцевому підсумку призводить до порушень в роботі конструкцій. Зниженню міцності та несної здатності штучної споруди.

**Основна частина.** Під час проведеного нами обстеження виявлені наступні дефекти проговоної будови та опорних частин.

#### **Дефекти опорних частин:**

- корозія опорних плит, балансирів та закладних деталей;
- забруднення та засміченість опорних частин;
- тріщини, сколювання в підливці під опорні частини;
- патьоки іржі на опорних частинах;
- тріщини, оголення та корозія арматури в монолітному ригелі.

#### **Дефекти проговоної будови:**

- карбонізація бетону;
- відколювання бетону;
- тріщини з розкриттям 0,1- 0,3 мм.;
- діафрагмами суміжних балок в діафрагмах, тріщини з розкриттям 0,1- 0,3 мм;
- корозія арматури з зменшення перерізу площі;
- не забезпечений зазор між ребром торця балки і опорою, зазор частково заповнений бетоном, що обмежує нормальну роботу деформаційних швів;
- перепад по висоті 30-65 мм між плитними частинами балок.

#### **Дефекти в плитних частинах залізобетонних балок:**

- сліди зволоження, затікання з патьоками іржі та вилугуванням

цементного каменю, заповнення, засмічення деформаційних зазорів деформаційного шва;

- ремонтна суміш Sika нанесена частково на відшарованих поверхнях бетону плит, і не виконує свої функції відновлення та ізоляції;
- корозія арматурної сталі збірних плит
- часткова корозія металу, кріплень у службових оглядових проходах.

#### Дефекти покриття проїзної частини:

- наявність води, зволоження під асфальтовим покриттям;
- поперечні тріщини до 4 мм в асфальтобетонному покритті на підходах.

#### Дефекти конструкції водовідведення:

- корозія нижньої частини труб з проїзної частини;
- водозливні труби укорочені, мають довжину менше проєктної;
- відсутнє організоване водовідведення.

#### Дефекти перильної огорожі:

- зігнутий в нижній третині стояк з верхової сторони в осях 7 - 8;
- роз'єднання стиків горизонтальних елементів в окремих місцях;
- часткова корозія елементів перильної огорожі на окремих ділянках.

Місцезнаходження дефектів на прогонових будовах, їх характеристика, наведено у відомості дефектів (див. нижче таблиця 1 та рис. 1,2), де також наданий перелік заходів з їх усунення.

Схема дефектів та пошкодженнь прогонової будови 13-14  
М 1:100

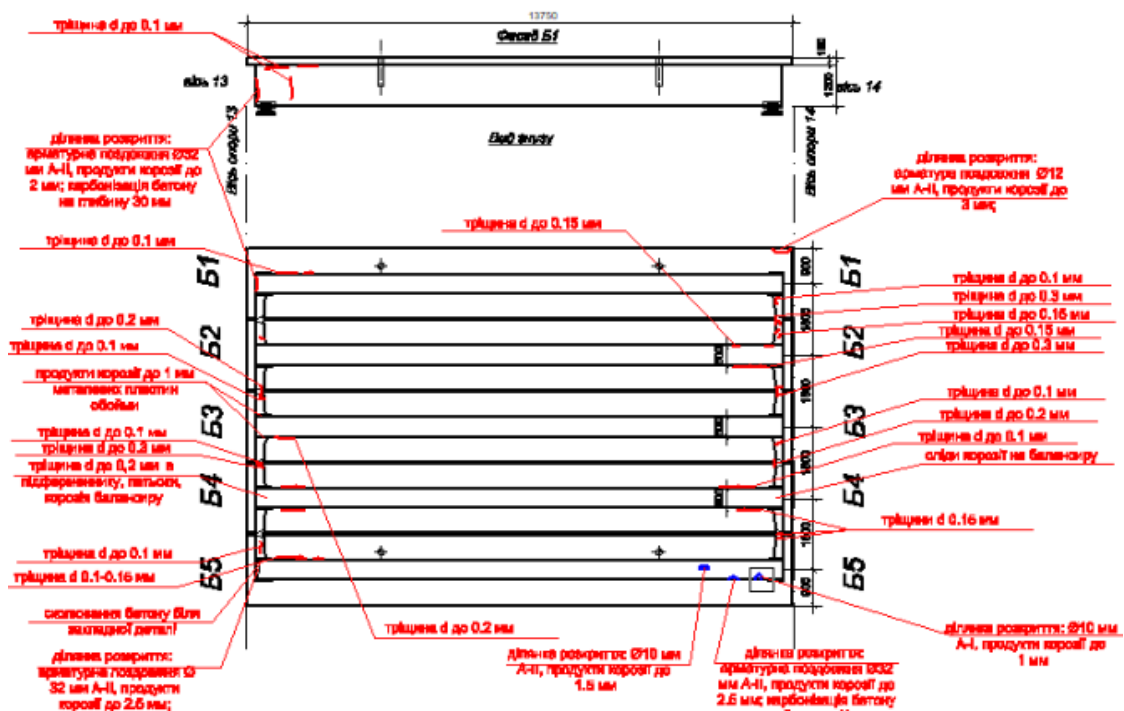


Рис. 1. Схема дефектів прогону Канівської ГЕС

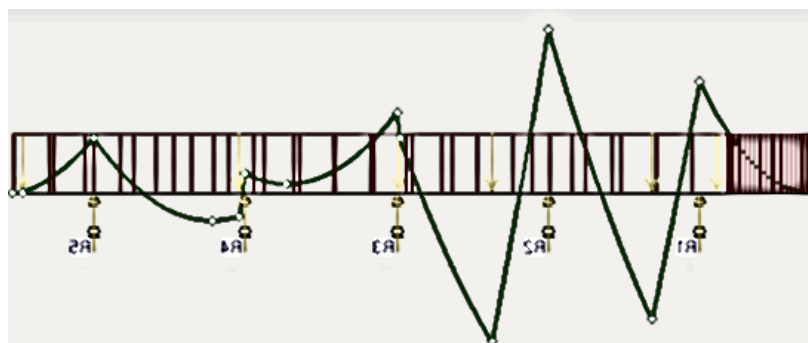
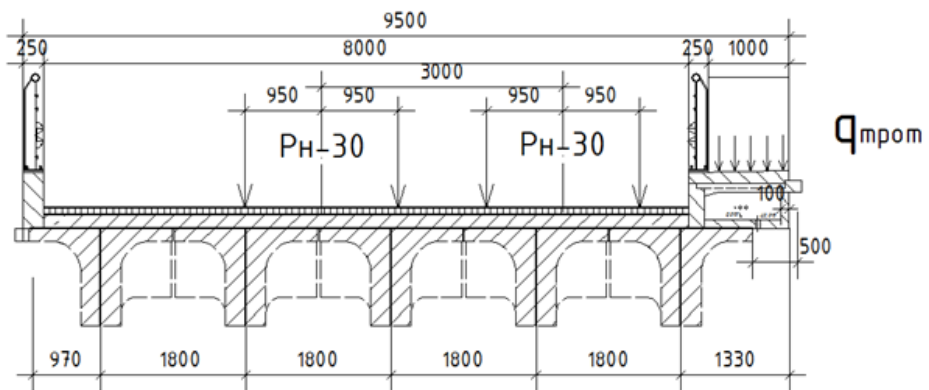
## Відомість дефектів

Ч.ч	Опис дефектів	Місце розташування дефектів	Вплив на експлуатаційні характеристики	Рекомендації з усунення дефектів
1	2	3	4	6
<b>1. Дефекти опорних частин</b>				
1.1	Корозія опорних плит, балансирів та закладних деталей	Балки: Б-1 опора 20; Б-3 опора 24 та частково всі нижні опорні плити та закладні деталі (фото 1.3; 1.11)	Зниження довговічності конструкції	Опорні плити, балансири та закладні деталі очистити від слідів корозії до металевого блиску, обробити поверхню антикорозійним захистом.
1.2	Забруднення та засміченість опорних частин	Усі опорні частини, зокрема балки: Б-1, Б-3 опора 22; Б-5 опора 23; Б-1, Б-2, Б-5 опора 20; Б-1 опора 19; Б-1 опора 14; Б-1 опора 10; Б-5 опора 9; Б-1, Б-5 опора 5; Б-1, Б-5 опора 6 (фото 1.1)	Зниження довговічності конструкції	Розчистити опорні частини, балансири, обробити. Поверхні кочення змазати графітовою або іншою подібною змазкою.



Рис. 2. Визначення міцності бетону полиці балки Б-2 на опорі 21 неруйнівним методом за допомогою електронного приладу Beton Pro CONDROL.

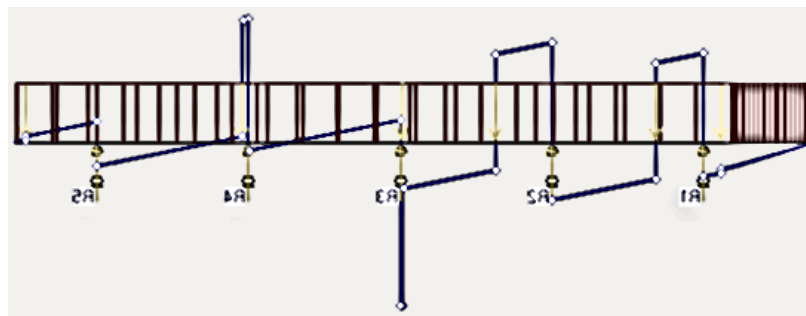
Схема 1  
Дві колони і натовп.





$$x = 3,13 \text{ М}$$

$$M = 2,469 \text{ тм}$$



$$x = 4,93$$

$$Q = 12,28 \text{ т}$$

За результатами проведених розрахунку міцності архітектурних конструкцій плитної частини балки встановлено, що вона витримує момент  $M = 3.6751 \text{ т м}$  і поперечну силу  $Q = 56,5 \text{ т}$ .

При сумісній роботі плитної частини балки з монолітною плитою проїзної частини –  $M = 9,15 \text{ т}$  і  $M = -4,6 \text{ тм}$  та  $Q = 56,5$  та  $130,5 \text{ т}$ .

Розрахункова несна здатність залізобетонної балки прогону з урахуванням пошкоджень визначається граничними величинами моменту -  $498,59 \text{ тм}$  і поперечної сили -  $224.13 \text{ т}$ . При цьому бетон в розрахунковому переріз може сприйняти зусилля  $Q = 112 \text{ т}$ .

Максимальні зовнішні зусилля від навантаження Н-30 складають за моментом в прогоні  $M = 209,94 \text{ тм}$ , а за поперечною силою на опорі  $Q = 51,99 \text{ т}$ .

**Висновки.** Отже, балки прогонової будови, як архітектурні конструкції, мають достатню міцність та несну здатність на час обстеження з урахуванням пошкоджень. При цьому слід виконувати очищення дфеомаційних швів, інше регламентні роботи.

### 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. ДБН В.1.1-12:2006. Будівництво у сейсмічних районах України. - К.: МІНБУД України, 2006 р.
3. Лучко Й. Й. Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій і споруд / Й. Й. Лучко, І. І. Глагола, Б. Л. Назаревич // НАН України; Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка: Каменяр, 1999. – 229 с.
4. Шилин А. А. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте / А. А. Шилин, М. В. Зайцев, И. А. Золотарев и др. – Тверь: Русская торговая марка, 2003. – 396 с.

## НАТУРНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КАРБОНІЗАЦІЇ БЕТОНУ МОСТОВОЇ СПОРУДИ

*Чеканович М.Г. к.т.н., проф. кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Ткаченко К.І. здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня*

**Вступ.** Штучні споруди під час експлуатації піддаються активному впливу атмосферних факторів і різних агресивних компонентів середовища: кислих газів, у першу чергу CO<sub>2</sub> і SO<sub>3</sub>; розчинів електролітів – хлоридів і сульфатів; промислових викидів та продуктів неповного згоряння палива автотранспорту та інших сполук. У результаті цих процесів відбувається руйнування захисного шару залізобетону, металева арматура кородує, що в кінцевому рахунку призводить до виходу із ладу конструкції. Ліквідація цих наслідків вимагає значних матеріальних і людських ресурсів. Через це актуальність проблеми повторного захисту від атмосферної корозії карбонізації бетонних і залізобетонних конструкцій, яка передбачає нанесення на їх поверхню спеціальних сумішей і створення бар'єрного прошарку, безсумнівна [1-3].

**Основна частина.** Для натурального визначення карбонізації залізобетонних прогонів проїзної частини Канівської гідроелектростанції (рис. 1-3) було виконано понад 100 місць розкриття конструкцій плит. Результати визначення карбонізації частково представлені у вигляді таблиці 1.

Хімічна реакційна здатність бетону конструкції відносно вуглекислого газу CO<sub>2</sub> можна визначити наближено за наступною формулою:

$$m_0 = 0.4C \cdot p \cdot f \quad (1)$$

Тут С – прийнята кількість цементу, кг на 1 м<sup>3</sup> бетону;

p – кількість в цементі основних окислів в перерахунку на СаО приймається у відносних величинах за масою. Величина приймається за даними хімічного аналізу конкретного цементу;

f – ступінь очікуваної нейтралізації бетоною. Вона дорівнює відношенню кількості основних окислів, що вже прореагували з кислим газом, до так званої загальної їх кількості в цементі.

Залежно від фактора часу за попередньо встановленою величиною ефективного коефіцієнта дифузії допускається визначити глибину нейтралізації бетону конструкції за формулою:

$$\delta = \sqrt{\frac{2D \cdot c \cdot t}{m_0}} \quad (2)$$



Рис. 1. Вигляд загальний Канівської ГЕС



Рис. 2. Загальний вигляд вибурених кернів з тіла бетону балок прогонової будови для оцінки карбонізації.

## Результати дослідження карбонізації бетону

№ з.п	Місце розташування	Глибина карбонізації	Примітки
1	2	3	4
1	Проліт 2-1: опора 2, балка Б-5, ребро	Глибина карбонізації 20 мм бетону була визначена за керном, вибуреними безпосередньо з тіла конструкції	
2	Проліт 2-3: опора 2, балка Б-5, ребро	Глибина карбонізації бетону бічної грані 28 мм. Карбонізація була визначена за керном	
3	Проліт 13-14: опора 14, балка Б- 5, ребро	Глибина карбонізації бетону бічної грані 25мм. Карбонізація була визначена за керном	
4	Проліт 13-14: опора 14, балка Б-5, полиця (торець)	Глибина карбонізації бетону бічної грані 16 мм. Карбонізація була визначена за керном	
5	Проліт 13-14: опора 14, балка Б- 5, ребро	Глибина карбонізації бетону бічної грані 26 мм. Карбонізація була визначена за керном	
6	Проліт 14-15: опора 14, балка Б- 5, ребро	Глибина карбонізації бетону бічної грані 30 мм. Карбонізація була визначена за керном	
7	Проліт 21-22: опора 22, балка Б- 5, ребро	Глибина карбонізації бетону бічної грані 23 мм. Карбонізація була визначена за керном	
8	Проліт 21-22: опора 22, балка Б- 5, полиця (торець)	Глибина карбонізації бетону бічної грані 12 мм. Карбонізація була визначена за керном	



Рис. 3. Карбонізація бетону до 20 мм. Керн вибурений з тіла бетону балки Б-5 біля опори 2.

### **Висновки.**

1. Для прогонової частини будови моста Канівської гідроелектростанції вперше отримані результати натурних досліджень глибини карбонізації бетону залізобетонних конструкцій за природних кліматичних впливів.

2. На основі натурних експериментальних досліджень встановлено корозійне пошкодження арматури, що пов'язане з карбонізацією бетону конструкцій будівлі .

3. Зпропоновано кількісну оцінку терміну експлуатації конструкції визначаєти за товщиною шару карбонізованого бетону, починаючи з поверхні конструкції.

4. Враховано вплив кліматичних факторів на швидкість протікання реакції карбонізації.

5. Товщина шару карбонізованого цементного бетону, розчину конструкції визначається на основі зміни забарвлення цементної складової під дією фенолформальдегіда.

6. Запропоновано формулу для прогнозування за розрахунком товщини шару карбонізації бетону в умовах експлуатації конструкції від його віку в умовах експлуатації конструкції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. С. Н. Алексеев. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С. Н. Алексеев, Ф. М. Иванов, С. Модры и др. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
2. Лучко Й. Й. Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій і споруд / Й. Й. Лучко, І. І. Глагола, Б. Л. Назаревич // НАН України; Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка: Каменяр, 1999. – 229 с.
3. Шилин А. А. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте / А. А. Шилин, М. В. Зайцев, И. А. Золотарев и др. – Тверь: Русская торговая марка, 2003. – 396 с.

УДК 624.01

### ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОПРОЇЗДУ КАНІВСЬКОЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

*Чеканович М.Г. к.т.н., проф. кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Троцієва М.М., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Морозов Р.С., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** У будівництві поширені прогонові залізобетонні будови і, зокрема, в проїзних частинах гребель великих гідроелектростанцій. Їх міцність, несна здатність визначає можливість безпечного проїзду автомобільного транспорту. Сьогодні експлуатація будівель та споруд визначає майже усі вимоги до конструкцій. Безпека експлуатації в Європейській і світовій практиці класифікує будівлі та споруди на три групи – СС1, СС2 та СС3. В цій системі одним з ключових моментів є залишковий ресурс конструкції. Тобто термін її безпечної експлуатації [1-4].

Таким чином, проблеми визначення ресурсу залізобетонної прогонової будови при рухомому експлуатаційному навантаженні актуальна.

**Основна частина.** Залишковий ресурс елементів автопроїзду Канівської гідроелектростанції (рис. 1-3) визначається розв'язанням рівняння деградації елементів:

$$P_i = 1 - 0,008333(\lambda t)^5 e^{-\lambda t}$$

де  $P_i$  – прийнята надійність елемента в  $i$ -му експлуатаційному стані;

$\lambda$  – введений параметр, інтенсивність відмов;

$e$  – прийнята постійна,  $e = 2,718$ ;

$t$  – введений час.

Термін часу експлуатації споруди автопроїзду - 49 років. Стан усієї споруди автопроїзду -3.

За допомогою таблиці Г.1 норм ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 знаходимо значення параметра інтенсивності відмов, а саме  $\lambda$  для стану 3 та відповідної надійності  $P_i = 0,9925$ .

Введений параметр інтенсивності відмов  $\lambda = 0,0256$ .

За допомогою таблиці норм Г.2 ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 визначаємо час  $T_n$ , який прогнозується, що пройде від початку експлуатації елемента до його переходу в аварійний стан 5.

Ресурс від початку експлуатації до досягнення аварійного стану 5 становить 82 роки.

Таким чином, залишковий ресурс споруди автопроїзду Канівської гідроелектростанції складає:

$$T = 82 - 49 = 33 \text{ роки}$$

Залишковий ресурс споруди автопроїзду Канівської гідроелектростанції 33 роки.



Рис.1. Оголення, корозія арматури підферменної частини ригеля опори балки Б-1.



Рис.2. Не забезпечений зазор між торцем ребра балки Б-3 і опорою 20. Зазор частково заповнений бетоном. Обмежені переміщення, додаткові напруги



Рис.3. Відшарування захисного шару бетону, оголення та корозія арматури плити балки. Карбонізація на глибину розкриття

*Залишковий ресурс споруди Канівської гідроелектростанції автопроїзду після ремонтних робіт.*

Термін експлуатації споруди Канівської гідроелектростанції автопроїзду - 49 років. Технічний стан споруди автопроїзду після проведення ремонтних робіт - 2.

За допомогою таблиці діючих норм Г.1 ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012



знаходимо значення параметра інтенсивності відмов  $\lambda$  для технічного стану 2 та відповідної надійності  $P_i = 0,9984$ .

Параметр інтенсивності відмов складає  $\lambda = 0,0173$ .

За допомогою таблиці діючих норм Г.2 ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 визначаємо час  $T_n$ , який прогнозується, що пройде від початку експлуатації елемента до його переходу в аварійний стан 5.

Ресурс від початку експлуатації до досягнення стану 5 з урахуванням ремонту становить 123 роки.

Таким чином, залишковий ресурс споруди автопроїзду за різницею складає:

$$T = 123 - 49 = 74 \text{ роки}$$

### **Висновки.**

1. На основі проведених натурних експериментальних досліджень виконано оцінку технічного стану переходу мостового по спорудам греблі.

2. Визначено з урахуванням технічного стану споруди вантажопідйомність плити проїзної частини споруди моста Канівської гідроелектростанції.

3. Встановлено залишковий ресурс залізобетонної прогонової будови Канівської гідроелектростанції при рухомому експлуатаційному навантаженні без та з урахуванням ремонту.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. ДБН Д.2.2-7-99 Бетонные и железобетонные конструкции сборные.
2. ДБН В.2.1-10-2009 Житлові будинки. Основні положення.
3. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогибы и перемещения. Требования проектирования. - К.:МИНСТРОЙ Украины, 2006 г. – 9 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану

**УДК 624.07**

### **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЧАСТКОВО ЗРУЙНОВАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

*Слонь В.В., к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну, Петровська М.Л., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Реконструкція та відновлення пошкоджених та частково зруйнованих залізобетонних елементів є актуальною темою сьогодення, бо є менш витратними не тільки в плані об'єму фінансових ресурсів, а і значною економією ресурсу часу, бо суспільство має за вимогу отримати задовільний результат якомога швидше. При цьому обмеження в часу ні яким чином не повинно вплинути на якість відновлення та безпеку

подальшої експлуатації. Реконструкція, в порівнянні з новим будівництвом, дозволяє економити кошти, матеріали, оборотні засоби, зменшити терміни введення в експлуатацію. Тому проблеми удосконалення та модернізація методів підсилення зараз набувають великої актуальності та уваги науковців

Основним акцентом удосконалення методів розрахункової оцінки несучої здатності залізобетонних елементів, які експлуатуються, є проблема визначення оцінки несучої здатності саме тих елементів, стан яких в процесі експлуатації сприймається близьким до руйнівних та на момент обстеження знаходяться у непрацездатному або в аварійному технічному стані, що потребує прийняття глобального рішення чи є доцільним розробка проекту його підсилення або даний елемент підлягає демонтуванню.

В разі прийняття рішення про підсилення в розрахунку обов'язково враховується залишкова несуча здатність елемента.

Визначенню оцінки несучої здатності залізобетонних елементів та удосконаленню підсилення присвячені роботи вітчизняних та іноземних авторів: Чеканович М.Г., Абовського М.П., Ахмеднабієва Р.М., Гамбарова Г.А., Гитлевича М.Б., Голишева А.Б., Гриневича Є.О., Губія М.М., Динельта Ю.Б., Домбаєва І.А., Зубарева А.Н., Ізбаша М.Ю., Калініна А.А., Клименка Є.В., Клименка Ф.Е., Клименка В.З., Крижанівського В.Н., Ф. Леонгарда, Онуфрієва М.М., Перельмутера А.В., Сальникова В.І., Савицького Н.В., Салії Г.Ш., Саляхова М.А., Семірненка Ю.І., Ткаченко І.Н., Фейгина Е.М., Фомиці Л.Н., Е. Фрейсіне, Чеканович М.Г., Шагіна О.Л., Fastabend M., Ivanyi G., Schücker V., Wilhelm B., Wu Z.H, та ін.

**Основна частина.** Залізобетонні балки, які знаходяться у непрацездатному або аварійному станах бо зазнали в процесі експлуатації часткового руйнування є основним об'єктом дослідження. Такі конструкції на практиці вважаються зруйнованими, а під час розрахунку підсилення їх залишкову несучу здатність приймають рівною нулю. Оцінка залишкової несучої здатності таких конструкцій в останній час набула великої актуальності. Особливо гостро вона постала під час здійснення обстеження технічного стану механічно зруйнованих залізобетонних конструкцій та визначення технічної можливості їх підсилення.

Якщо вважати такі конструкції частково зруйнованими, тобто такими, що мають залишкову несучу здатність, тоді виникає необхідність визначення ознак за якими можна відрізнити такі конструкції від конструкцій які вважатимуться повністю зруйнованими. Можливість використання таких конструкцій після проведення підсилення для подальшої експлуатації реалізується якщо виконуються такі умови: загальний вигляд конструкцій та будівлі в цілому дозволяє вважати можливим їх експлуатацію після підсилення; існуючий стан конструкцій не загрожує життєдіяльності людей, які будуть проводити роботи з підсилення; процес збільшення прогинів та деформацій після часткового зняття зовнішнього навантаження зупинився.

Проведення підсилень балочних конструкцій, які мають значні пошкодження, особливо руйнування стиснутої зони, в лабораторних умовах свідчить про можливість відновлення несучої здатності пошкоджених конструкцій та доведення їх стану до проектного значення і більше.

Модель деформування бетону, яка б включала всі етапи його роботи від початку навантаження до повного руйнування з визначення залишкової несучої здатності залізобетонних конструкцій, що зазнали тривалу та короточасну дію навантажень високого рівня вимагає розробки математичних методів розрахунку.

якщо різниця між нормативним значенням та розрахунковим перевищує 25 % або хоча б одна умова не виконується - залізобетонна конструкція підлягає підсиленню.

Застосування розрахункових підходів до оцінювання залишкової несучої здатності експлуатованих конструкцій або дискретні методи, під час яких визначаються одиничні показники якості - міцність бетону і арматури, площі перерізів бетону і арматури, ступінь пошкоджень, дефекти, а потім за розрахунком визначають несучу здатність, були розглянуті вище. Але безпосередньо визначити показники, які характеризують несучу здатність конструкції дає можливість застосування інтегральних методів.

Всі розрахунки мають відмінну рису - підхід до бетону як пружного, пружно-пластичного або пластичного матеріалу.

Найбільш прийнятною виглядає побудова розрахункового методу на основі використання методики НДІБК. Методика ґрунтується на використанні залежності (1.4) для опису діаграм деформування бетону. Залежність є зручною для інтегрування, що дозволяє використовувати її у розрахунках конструкцій, що мають різні за обрисом перерізи та досить точно описувати експериментальні криві бетону.

За рахунок зменшення частки пружних деформацій балок із одночасним збільшенням деформацій балок за рахунок швидконатікаючої повзучості бетону стиснутої зони відбувався процес часткового розвантаження балок.

Незалежно від того чи балки одразу ж навантажували до повного руйнування чи виконували це після повного розвантаження, залишкова несуча здатність балок була на рівні 76 % несучої здатності балок при короточасному навантаженні.

В більшості випадків залізобетонні елементи мають перерізи, в яких ширина змінна по висоті перерізу і не може бути описана по всій висоті єдиною функцією  $Z_b = f(b)$ . У цьому випадку частину перерізу площею  $A_b$  розбивають на ділянки, у межах яких можна прийняти одну функцію зміни ширини по висоті перерізу по ділянкам.

Відстань зусилля  $N_b$  до розтягнутої грані визначають за формулою

$$Z_b = Z_c + h - \epsilon_1 / \chi$$

Після розгляду питання визначення внутрішніх зусиль в нормальному перерізі залізобетонного елемента, який працює на згин, можна приступити до побудови загального алгоритму визначення НДС нормального перерізу.

Відповідно значенням деформацій  $\epsilon_1$  та  $\epsilon_2$  визначають розрахункові випадки визначення зусиль у бетоні  $N_{b,i}$  по зонам або частинам нормального перерізу. За обчисленими деформаціями відповідно прийнятим аналітичним залежностям  $\sigma_s = f(\epsilon_s)$  визначають напруження в арматурі  $\sigma_{s,j}$

За цими напруженнями визначають зусилля у кожному ряді арматури  $N_{s,j} = \sigma_{s,j} A_{s,j}$ . Розрахунок за пунктами повторюють до то тих пір поки це необхідно, як правило до виконання умови  $\epsilon_1 \geq \epsilon_{bu}$ . За результатами розрахунків будують необхідні діаграми “ $M - \epsilon_1$ ” або “ $M - \epsilon_2$ ” для використання в подальших розрахунках конструкцій.

За цими діаграмами в залежності від силового фактора  $M$  або деформаційного  $\chi$  можливо оцінити НДС нормального перерізу на всіх етапах роботи балочної конструкції.

**Висновки.** Виконавши якісний і кількісний порівняльний аналіз розробленого розрахункового алгоритму який з достатньою достовірністю відображає процес деформування нормальних перерізів залізобетонних балок на стадії руйнування. За результатами аналізу досліджень маємо переконання що він може бути рекомендований для застосування в експертних роботах з оцінки залишкової несучої здатності залізобетонних балочних конструкцій, які зазнали дії руйнівних та механічних навантажень.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Барашиков А. Я., Войцехівський О. В. Пропозиції щодо вдосконалення методу оцінки технічного стану залізобетонних конструкцій, що експлуатуються // Вісник ВГП. - 2001. - № 5. - с. 5-11.
2. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: навчальний посібник/ Є.В. Клименко. - К.: Центр навчальної літератури, 2004. - С. 171
3. Карпенко Н. И., Мухамедиев Т. А. Диаграммы деформирования бетона для развития методов расчета железобетонных конструкций с учетом режимов нагружения // Эффективные материалоёмкие железобетонные конструкции. - М.: НИИЖБ, 1988. - с. 4-18.
4. Мурашев В. И. Трещиностойкость, жесткость и прочность железобетона. - М.: Машстройиздат, 1950. – с.268 .
5. Чеканович, М. Г., С. М. Романенко і Я. П. Андрієвська. "Система зовнішнього підсилення залізобетонних згинальних елементів і моделювання її роботи". *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*, nr 36 (24.11.2018): 428–35. <http://dx.doi.org/10.31713/budres.v0i36.295>.
6. Розробка математичної моделі оцінки стану залізобетонних конструкцій, що експлуатуються: Звіт про НДР (заключний) / ВДГУ, кер. Свердлов В. Д. - ДР. №0199U003436, інв. №0200U003214. - Вінниця, 2001. – с.104 .

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СПОСОБУ ВИРІЗАННЯ ВУЗЛІВ ПРИ ВИВЧЕННІ СТАТИЧНО ВИЗНАЧЕНИХ ФЕРМ СТУДЕНТАМИ БУДІВЕЛЬНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

*Ткачук А.І., к. т. н., доцент*

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

**Вступ.** На сучасному етапі прискореного економічного розвитку різних галузей виробництва, збагачення духовної культури людства, стрімкого соціального і політичного життя України ставляться відповідні вимоги до всебічного розвитку особистості. Провідним завданням вищої школи в сучасних умовах є підготовка всебічно розвинених фахівців, здатних безупинно поповнювати й поглиблювати свої знання, підвищувати теоретичний і професійний рівень. Національна доктрина розвитку освіти вказує на мету державної політики щодо створення умов для вдосконалення особистості і творчої самореалізації кожного громадянина України. Тому одним із пріоритетних напрямів розвитку освіти є оновлення її змісту та форм організації освітнього процесу для формування творчих здібностей і навичок самостійного наукового пізнання, самоосвіти й самореалізації особистості, шляхом інтеграції науки, освіти та виробництва; оперативного і гнучкого оновлення змісту навчального матеріалу. Власне, наукові основи технічної підготовки студентів будівельних спеціальностей є базовою і системотвірною ланкою у формуванні їхніх професійних знань та умінь, що зумовлює внесення відповідних змін та коректив у зміст відповідних обов'язкових компонент освітніх програм. Аналіз системи професійної підготовки майбутніх спеціалістів будівничої галузі у закладах вищої освіти засвідчив, що рівень їх технічної підготовки може бути недостатнім для кваліфікованого виконання ними своїх обов'язків у сучасних умовах [1; 2]. З огляду на це, актуальним є питання розробки наукових засад технічної підготовки спеціалістів архітектурно-будівельного напрямку, що потребує теоретичного обґрунтування та експериментальної перевірки ефективності структурних змін у навчальних програмах і посібниках з технічних навчальних дисциплін.

**Основний текст.** Навчальними планами на вивчення дисципліни «Теоретична механіка» студентами спеціальностей «191 Архітектура та містобудування» і «192 Будівництво та цивільна інженерія» передбачено 180 годин: 40 годин лекцій, 50 годин практичних та 90 годин – на самостійне опрацювання матеріалу. Підвищення ефективності підготовки майбутнього фахівця, на наш погляд, полягає в пошуку шляхів оптимального використання різних засобів, методів та форм засвоєння навчального матеріалу. У цій роботі показано ефективний метод поліпшення рівня засвоєння матеріалу шляхом застосування базових еквівалентних прикладів аналітичного розв'язування задач з теми «Статично визначені ферми».

Так, при вивченні застосування аналітичного способу вирізання вузлів

для розв'язування задач на розрахунок просторових статично визначених ферм, нами запропонована наступна послідовність теоретичного і практичного матеріалу для компоновання базових еквівалентних прикладів:

**Визначити зусилля в стрижнях просторової ферми (рис. 1), та реакції опор ферми E, F, K і L, якщо на її вузол B діє вертикальна сила  $P_1 = 40 \text{ кН}$ , а на вузол C діє горизонтальна сила  $P_2 = 20 \text{ кН}$ , що направлена вздовж стрижня CD. Розміри вказані на малюнку.**

**Дано:**

$P_1 = 40000 \text{ Н}$ ,  $P_2 = 20000 \text{ Н}$ ,  
 $AB = DC = LK = EF = 4 \text{ м}$ ,  
 $FK = EL = AD = BC = 3 \text{ м}$ ,  
 $CK = BF = AE = DL = 3 \text{ м}$

$\vec{S}_1, \vec{S}_2, \vec{S}_3, \vec{S}_4, \vec{S}_5, \vec{S}_6 - ?$

$\vec{S}_7, \vec{S}_8, \vec{S}_9, \vec{S}_{10}, \vec{S}_{11}, \vec{S}_{12} - ?$

$\vec{R}_E, \vec{R}_L, \vec{R}_K, \vec{R}_F - ?$

**Розв'язання:**

Розв'яжемо цю задачу способом вирізання вузлів. Так як сили, що діють на кожен з вузлів ферми, взаємно зрівноважуються, то, вирізаючи окремі вузли ферми, будемо складати по три рівняння рівноваги сил, які діють на кожний вузол.

Вузли ферми будемо вирізати в такій послідовності, при якій число невідомих сил в розглядуваному вузлі не перевищуватиме трьох. Так само, як і при визначенні зусиль в стрижнях

плоскої ферми, всі стрижні даної ферми будемо вважати розтягнутими. Якщо під час розрахунку числове значення реакції якогось із стрижнів отримується із знаком мінус, то це буде означати, що даний стрижень стиснуто.

Для визначення зусиль в стрижнях даної просторової ферми, спочатку будемо вирізати послідовно **вузли A, B, C і D** (рис. 2). Складемо для **вузла A** наступні три рівняння рівноваги просторової збіжної системи сил  $(\vec{S}_1, \vec{S}_2, \vec{S}_6)$ :

1. вісь X :  $S_{1x} + S_{2x} + S_{6x} = -S_1 + 0 + 0 = 0$ ;  $\Rightarrow S_1 = 0$ ;

2. вісь Y :  $S_{1y} + S_{2y} + S_{6y} = 0 + S_2 + 0 = 0$ ;  $\Rightarrow S_2 = 0$ ;

3. вісь Z :  $S_{1z} + S_{2z} + S_{6z} = 0 + 0 - S_6 = 0$ ;  $\Rightarrow S_6 = 0$ .

Таким чином, оскільки **вузол A** не навантажено зовнішньою силою, а збіжні сили  $\vec{S}_1, \vec{S}_2$  і  $\vec{S}_6$ , що не лежать в одній площині, не можуть врівноважуватись, то вони рівні нулю. На **вузол B** діє просторова система збіжних сил  $(\vec{P}_1, \vec{S}_2', \vec{S}_3, \vec{S}_5, \vec{S}_{12})$ , причому  $\vec{S}_2' = -\vec{S}_2 = 0$ . Складемо рівняння рівноваги:

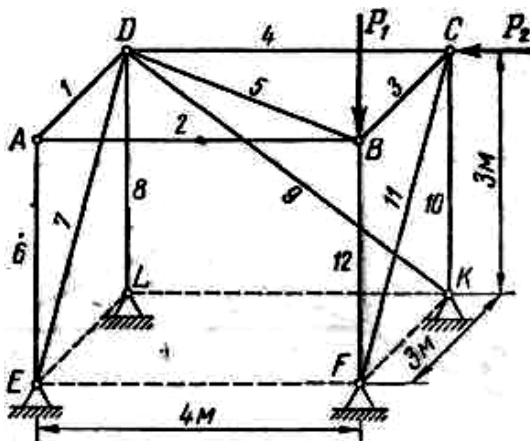


Рис. 1.

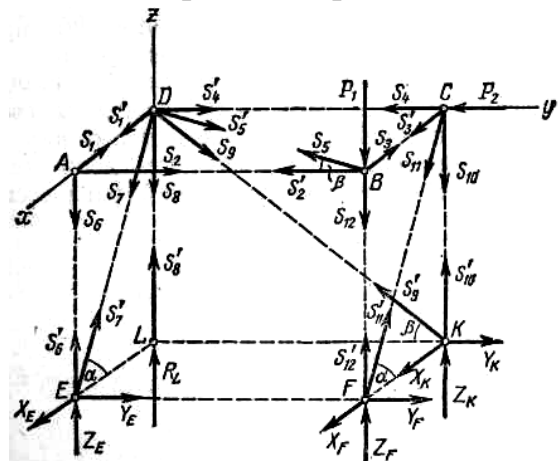


Рис. 2.

$$1. \text{ вісь } X : P_{1x} + S'_{2x} + S_{3x} + S_{5x} + S_{12x} = 0 + 0 - S_3 - S_5 \cdot \sin \beta + 0 = 0 ;$$

$$2. \text{ вісь } Y : P_{1y} + S'_{2y} + S_{3y} + S_{5y} + S_{12y} = 0 - S'_2 + 0 - S_5 \cdot \cos \beta + 0 = 0 ;$$

$$3. \text{ вісь } Z : P_{1z} + S'_{2z} + S_{3z} + S_{5z} + S_{12z} = -P_1 + 0 + 0 + 0 - S_{12} = 0 .$$

Таким чином, з другого рівняння маємо  $S_5 = -S'_2 / \cos \beta = 0$ . З першого рівняння одержимо  $S_3 = -S_5 \cdot \sin \beta = 0$ . В третьому рівнянні  $S_{12} = -P_1 = -40000 (H)$ .

На **вузол C** діє просторова система збіжних сил  $(\vec{P}_2, \vec{S}'_3, \vec{S}_4, \vec{S}_{10}, \vec{S}_{11})$ , причому  $\vec{S}'_3 = -\vec{S}_3 = 0$ . Складемо для даного вузла рівняння рівноваги:

$$1. \text{ вісь } X : P_{2x} + S'_{3x} + S_{4x} + S_{10x} + S_{11x} = 0 + S'_3 + 0 + 0 + S_{11} \cdot \cos \alpha = 0 ;$$

$$2. \text{ вісь } Y : P_{2y} + S'_{3y} + S_{4y} + S_{10y} + S_{11y} = -P_2 + 0 - S_4 + 0 + 0 = 0 ;$$

$$3. \text{ вісь } Z : P_{2z} + S'_{3z} + S_{4z} + S_{10z} + S_{11z} = 0 + 0 + 0 - S_{10} - S_{11} \cdot \sin \alpha = 0 .$$

Таким чином, з першого рівняння маємо  $S_{11} = -\frac{S'_3}{\cos \alpha} = 0$ . З другого рівняння одержимо  $S_4 = -P_2 = -20000 (H)$ . В третьому рівнянні  $S_{10} = -S_{11} \cdot \sin \alpha = 0$ .

На **вузол D** діє просторова система збіжних сил  $(\vec{S}'_1, \vec{S}'_4, \vec{S}'_5, \vec{S}_7, \vec{S}_8, \vec{S}_9)$ , причому  $\vec{S}'_1 = -\vec{S}_1 = 0$ ,  $\vec{S}'_5 = -\vec{S}_5 = 0$ ,  $\vec{S}'_4 = -\vec{S}_4 = \vec{P}_2$ ,  $S'_4 = 20000 H$ .

Складемо для **вузла D** рівняння рівноваги:

$$1. X : S'_{1x} + S'_{4x} + S'_{5x} + S_{7x} + S_{8x} + S_{9x} = S'_1 + 0 + S'_5 \cdot \sin \beta + S_7 \cdot \cos \alpha + 0 + 0 = 0 ;$$

$$2. Y : S'_{1y} + S'_{4y} + S'_{5y} + S_{7y} + S_{8y} + S_{9y} = 0 - S'_4 + S'_5 \cdot \cos \beta + 0 + 0 + S_9 \cdot \cos \beta = 0 ;$$

$$3. Z : S'_{1z} + S'_{4z} + S'_{5z} + S_{7z} + S_{8z} + S_{9z} = 0 + 0 + 0 - S_7 \cdot \sin \alpha - S_8 - S_9 \cdot \sin \beta = 0 .$$

Знайдемо синуси і косинуси кутів  $\alpha$  і  $\beta$ . Оскільки  $DL = LE = 3 м$ , то в рівнобедреному прямокутному трикутнику **DLE** кут при основі й, відповідно, гіпотенузі буде рівний  $\angle DEL = \alpha = 45^\circ$ . Тоді

$$\cos \alpha = \sin \alpha = \cos 45^\circ = \sin 45^\circ \approx 0,707 .$$

В прямокутному трикутнику **KDL** гіпотенуза **KD** рівна

$$KD = \sqrt{LK^2 + LD^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 (м), \quad \cos \beta = \frac{LK}{KD} = \frac{4}{5} = 0,8 ,$$

$$\sin \beta = \frac{LD}{KD} = \frac{3}{5} = 0,6 .$$

Таким чином, з першого рівняння рівноваги для **вузла D** ми одержимо:

$$S_7 = -\frac{S'_1 + S'_5 \cdot \sin \beta}{\cos \alpha} = -\frac{0 + 0 \cdot 0,6}{0,707} = 0 .$$

З другого рівняння рівноваги для **вузла D** матимемо:

$$S_9 = \frac{S'_4 - S'_5 \cdot \cos \beta}{\cos \beta} = \frac{20000 - 0 \cdot 0,8}{0,8} = 25000 (H) .$$

З третього рівняння рівноваги для **вузла D** слідує:

$$S_8 = -S_7 \cdot \sin \alpha - S_9 \cdot \sin \beta = -0 \cdot 0,707 - 25000 \cdot 0,6 = -15000 \text{ (H)}.$$

<b>Стрижні</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
$S_i, \text{кН}$	0	0	0	-20	0	0	0	-15	25	0	0	-40

Аналізуючи одержані результати розрахунків зусиль в стрижнях просторової ферми (рис. 1), можна зробити наступні **висновки про нульові стрижні просторової ферми:**

**Лема 1:** якщо в ненавантаженому вузлі просторової ферми сходяться три стрижні, які не лежать в одній площині, то зусилля в кожному з цих стрижнів дорівнює нулю (вузол *A*, стрижні 1, 2 і 6).

**Лема 2:** якщо в деякому вузлі просторової ферми всі зовнішні сили і всі стрижні, крім одного, лежать в одній площині, то зусилля в стрижні, який не лежить в цій площині, дорівнює нулю.

**Лема 3:** якщо в навантаженому вузлі просторової ферми сходяться три взаємно перпендикулярні стрижні, які не лежать в одній площині, і лінія дії прикладеної до вузла зовнішньої сили збігається з віссю одного із стрижнів, то зусилля в цьому стрижні рівне за модулем прикладеній силі, а зусилля в інших стрижнях дорівнюють нулю.

Дані леми дають можливість без обрахунків визначати стрижні з нульовими зусиллями в просторових фермах.

Визначивши зусилля в стрижнях просторової ферми способом вирізання вузлів, можна визначити реакції  $\vec{R}_E$ ,  $\vec{R}_F$ ,  $\vec{R}_K$  і  $\vec{R}_L$  опор ферми *E*, *F*, *K* і *L*, що являють собою кульові шарніри – шарнірно нерухомі опори (рис. 1). Реакцію кожної опори з невідомим напрямком розкладемо на три складові, які направлені вздовж осей координат. В свою чергу, ці складові визначимо з рівнянь рівноваги для просторових збіжних систем сил, які прикладені до даних опорних вузлів. На **опорний вузол E** діє просторова система збіжних сил  $(\vec{S}'_6, \vec{S}'_7, \vec{X}_E, \vec{Y}_E, \vec{Z}_E)$ , причому  $\vec{S}'_6 = -\vec{S}_6 = 0$ ,  $\vec{S}'_7 = -\vec{S}_7 = 0$ . Рівняння рівноваги:

$$1. X : S'_{6x} + S'_{7x} + X_{Ex} + Y_{Ex} + Z_{Ex} = 0 - S'_7 \cdot \cos \alpha + X_E + 0 + 0 = 0;$$

$$2. Y : S'_{6y} + S'_{7y} + X_{Ey} + Y_{Ey} + Z_{Ey} = 0 + 0 + 0 + Y_E + 0 = 0;$$

$$3. Z : S'_{6z} + S'_{7z} + X_{Ez} + Y_{Ez} + Z_{Ez} = S'_6 + S'_7 \cdot \sin \alpha + 0 + 0 + Z_E = 0.$$

З I-го рівняння одержимо  $X_E = S'_7 \cdot \cos \alpha = 0 \cdot \cos 45^\circ = 0$ . З II-го рівняння  $Y_E = 0$ . В третьому рівнянні:  $Z_E = -S'_6 - S'_7 \cdot \sin \alpha = 0 - 0 \cdot \sin 45^\circ = 0$ . Таким

чином  $R_E = \sqrt{X_E^2 + Y_E^2 + Z_E^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2} = 0$ , тобто опора *E* ненавантажена.

На **опорний вузол F** діє просторова система збіжних сил  $(\vec{S}'_{11}, \vec{S}'_{12}, \vec{X}_F, \vec{Y}_F, \vec{Z}_F)$ , причому  $\vec{S}'_{11} = -\vec{S}_{11} = 0$ ,  $\vec{S}'_{12} = -\vec{S}_{12} = \vec{P}_1$ ,  $S'_{12} = 40000 \text{ H}$ .

Складемо для **вузла F** рівняння рівноваги:

$$1. X : S'_{11x} + S'_{12x} + X_{Fx} + Y_{Fx} + Z_{Fx} = -S'_{11} \cdot \cos \alpha + 0 + X_F + 0 + 0 = 0;$$

$$2. Y : S'_{11y} + S'_{12y} + X_{Fy} + Y_{Fy} + Z_{Fy} = 0 + 0 + 0 + Y_F + 0 = 0;$$

$$3. Z : S'_{11z} + S'_{12z} + X_{Fz} + Y_{Fz} + Z_{Fz} = S'_{11} \cdot \sin \alpha - S'_{12} + 0 + 0 + Z_F = 0.$$



З I-го рівняння одержимо  $X_F = S'_{11} \cdot \cos \alpha = 0 \cdot \cos 45^\circ = 0$ . З II-го рівняння  $Y_F = 0$ . В третьому рівнянні  $Z_F = -S'_{11} \cdot \sin \alpha + S'_{12} = -0 \cdot \sin 45^\circ + 40000 = 40000 (H)$ .

Знак плюс у відповіді вказує на те, що справжній напрямок складової  $Z_F$  співпадає з напрямком, який вказано на рис. 2, – вертикально вгору.

Оскільки  $X_F = 0$  і  $Y_F = 0$ , то реакція опори  $F$  направлена вертикально вгору і має модуль  $R_F = \sqrt{X_F^2 + Y_F^2 + Z_F^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 40000^2} = 40000 (H)$ .

На **опорний вузол K** діє система збіжних сил  $(\vec{S}'_9, \vec{S}'_{10}, \vec{X}_K, \vec{Y}_K, \vec{Z}_K)$ , причому  $\vec{S}'_{10} = -\vec{S}_{10} = 0$ ,  $\vec{S}'_9 = -\vec{S}_9$ ,  $S'_9 = 25000 H$ . Складемо рівняння рівноваги:

1.  $X : S'_{9x} + S'_{10x} + X_{Kx} + Y_{Kx} + Z_{Kx} = 0 + 0 + X_K + 0 + 0 = 0$ ;
2.  $Y : S'_{9y} + S'_{10y} + X_{Ky} + Y_{Ky} + Z_{Ky} = -S'_9 \cdot \cos \beta + 0 + Y_K + 0 = 0$ ;
3.  $Z : S'_{9z} + S'_{10z} + X_{Kz} + Y_{Kz} + Z_{Kz} = S'_9 \cdot \sin \beta + S'_{10} + 0 + 0 + Z_K = 0$ .

З першого рівняння одержимо  $X_K = 0$ . З другого рівняння  $Y_K = S'_9 \cdot \cos \beta = 25000 \cdot 0,8 = 20000 (H)$ . В третьому рівнянні:

$$Z_K = -S'_9 \cdot \sin \beta - S'_{10} = -25000 \cdot 0,6 - 0 = -15000 (H).$$

Знаки відповідей показують, що прийнятий напрямок сили  $\vec{Y}_K$  співпадає з дійсним, а сили  $\vec{Z}_K$  – протилежний справжньому (рис. 2).

Визначимо модуль і напрямок реакції  $\vec{R}_K$  опори  $K$ :

$$R_K = \sqrt{X_K^2 + Y_K^2 + Z_K^2} = \sqrt{0^2 + 20000^2 + (-15000)^2} = 25000 (H),$$

$$\cos \angle(\vec{R}_K, \vec{j}) = \frac{Y_K}{R_K} = \frac{20000}{25000} = 0,8, \quad \cos \angle(\vec{R}_K, \vec{k}) = \frac{Z_K}{R_K} = \frac{-15000}{25000} = -0,6,$$

$$\angle(\vec{R}_K, \vec{j}) = \arccos 0,8 \approx 36,9^\circ, \quad \angle(\vec{R}_K, \vec{k}) = \arccos(-0,6) \approx 126,9^\circ.$$

На **опорний вузол L** діє система сил  $(\vec{S}'_8, \vec{R}_L)$ , лінії дії яких збігаються, причому  $\vec{S}'_8 = -\vec{S}_8$ ,  $S'_8 = 15000 H$ . Так як у вузлі невідома лише реакція  $\vec{R}_L$ , то в даному випадку необхідно скласти лише одне рівняння рівноваги:

$$\text{вісь } Z : S'_{8z} + R_{Lz} = -S'_8 + R_L = 0,$$

звідки  $R_L = S'_8 = 15000 (H)$ . Знак плюс у відповіді вказує на те, що реакція  $\vec{R}_K$  опори  $K$  направлена вертикально вгору.

**Висновки.** Таким чином, розглянутий метод поліпшення рівня засвоєння матеріалу шляхом застосування базових еквівалентних прикладів аналітичного розв'язування задач з теми «Статично визначені ферми» способом вирізання вузлів можна використовувати як під час проведення лекційних занять з теоретичної механіки (особливо в умовах дистанційної освіти), так і при проведенні усіх інших форм занять.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Теоретична механіка : навчальний посібник / П.К. Штанько, В.Г Шевченко, О.С. Омельченко, Л.Ф. Дзюба, В.Р. Пасіка, О.М. Поляков; за редю П.К. Штанька. Запоріжжя : НУ "Запорізька політехніка", 2021. 464.
2. Булгаков В.М., Яремко В.В., Черниш О.М., Березовий М.Г. Теоретична механіка. Підручник. Перше перевидання. К. : Центр учбової літератури, 2019. 705 с.

УДК 628.14

### **ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА ТА ЇХ РЕКОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ В СЕЛИЩАХ МІСЬКОГО ТИПУ КОЗАЦЬКЕ БЕРИСЛАВСЬКОГО РАЙОНУ ТА ВЕРХНІЙ РОГАЧИК КАХОВСЬКОГО РАЙОНУ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

*Волошин М.М., к.т.н., доцент;*

*Жук Д.В., Іванець О.О. здобувачі вищої освіти другого (магістерського) рівня Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** На сьогоднішній день пріоритетним напрямом державної стратегії розвитку водопровідно-каналізаційного господарства є збереження водних ресурсів, поліпшення якості питної води та послуг централізованого водопостачання та водовідведення. Враховуючи це, розвиток сфери водопостачання та водовідведення має бути орієнтований на сучасні соціально-економічні вимоги і відповідати найвищим екологічним стандартам. Останнє потребує запровадження низки заходів, спрямованих на технологічне удосконалення процесів водокористування; розвиток територіально-галузевої інфраструктури; забезпечення високої якості питної води; розвиток регіональних водоресурсних структур та дієву співпрацю на міжнародному рівні у сфері ефективного використання та збереження водних ресурсів [1].

Вимоги екологічної якості та безпеки повинні забезпечити збереження водоресурсних джерел та успішне функціонування сфери водопостачання та водовідведення, підвищенню безпеки при використанні токсичних речовин та зменшенню рівня їх використання, вирішенню проблеми промислових та побутових відходів. В Україні в цілому сформовано правову базу для розвитку житлово-комунального господарства, однак фактично вона не працює, оскільки існує термінологічна неврегульованість, недосконала класифікація житлово-комунальних послуг, відсутня чіткість у визначенні повноважень і взаємодії органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування і національних комісій [2].

Функціональні і фінансово-господарські показники роботи більшості підприємств водопровідно-каналізаційного господарства України є незадовільними. З погіршенням технічного стану водопровідних систем

помітно знижується ефективність їх роботи та зростають нераціональні втрати води і витоки. Показник втрат води у міських мережах є надто високим і знаходиться в межах 0,4–3,0 м<sup>3</sup>/км·год, у порівнянні з показниками у Західній Європі, які становлять 0,1–0,4 м<sup>3</sup>/км·год [3].

Актуальність реформування, модернізації та розвитку водопостачання України обумовлена надзвичайно тяжким становищем, в якому опинилася ця найважливіша галузь житлово-комунального господарства. Досягнення мети реформування має відбуватися шляхом послідовного проведення комплексу взаємозалежних і взаємопов'язаних заходів, що впливають один з іншого та мають чітко розроблений механізм впровадження. Безсистемне ж проведення окремих заходів може не тільки не привести до бажаних результатів, але й мати негативні наслідки.

**Основна частина.** Система водопостачання селища є складним технологічним та соціально-економічним комплексом, що забезпечує життєдіяльність споживачів. Споживач дає оцінку якості функціонування системи водопостачання, і мірою для цієї оцінки є три фактори: якість та надійність водопостачання, вартість послуг водопостачання.

Відповідно до Законів України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006-2030 роки»; «Про внесення змін до Закону України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006-2030 роки»; «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» розвиток систем водопостачання повинно ґрунтуватися на затверджених Схемах оптимізації роботи систем централізованого водопостачання.

Схема оптимізації (далі - Схема) є документом, в якому обґрунтовується економічна доцільність та технологічна необхідність удосконалення роботи споруд існуючої системи водопостачання, проектування і будівництва нових, розширення та модернізації діючих водозаборів і мережі. Схема водопостачання селищ міського типу Козацьке та Верхній Рогачик розроблена на основі пропозицій та за участі комунальних підприємств Козацького державного багатогалузевого комбінату та Водопровідно-каналізаційного господарства селища Верхній Рогачик.

Схема включає конкретні техніко-економічні пропозиції на ближчі роки з перспективою до 2022 року, щодо підвищення якості та ефективності існуючої системи водопостачання шляхом її оптимізації та впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій з виділенням етапів розвитку. Розглянуто можливості розвитку існуючих та будівництва нових водозабірних споруд і мережі. На базі техніко-економічних розрахунків надано рекомендації стосовно розвитку водопостачання до 2022 року. Реалізація заходів щодо удосконалення і оптимізації роботи системи водопостачання дозволить знизити планову собівартість її послуг.

За останні 15-20 років економічні умови господарювання, формування ринкових відносин, зміна державного статусу, виникнення нових міждержавних відносин, входження в загальносвітову економічну структуру господарювання та інші численні фактори призвели до необхідності перевірки і перегляду прийнятих раніше технічних, економічних, екологічних,

інвестиційних рішень в галузі розвитку водозабезпечення селищ. Виконані раніше проекти водопостачання базувалися на прийнятих перспективних рішеннях стосовно розвитку селищ та містять рекомендації, які характерні для старої системи господарювання, і не відповідають реально сформованим на теперішній час економічним, екологічним, інвестиційним, технічним і політичним умовам.

Суттєвий економічний спад виробництва та економіки держави в 90-х роках минулого сторіччя та нездійсненність запланованого раніше розвитку населених пунктів призвели до неможливості, а іноді – недоцільності реалізації практично всіх прийнятих раніше рішень, існуючих схем водопостачання і, як наслідок, до неоптимального (часто майже неконтрольованого) розвитку систем водопостачання, економічним та екологічним втратам, хоча такий підхід в реальних економічних умовах при значній нестачі інвестиційних та обігових коштів диктувався потребами вирішення тільки невідкладних поточних питань.

Системи водопостачання смт. Козацьке здані в експлуатацію 1962 році, а смт. Верхній Рогачик – 1964 році. Крім того, споруджувалися частково господарським способом, реконструювалися як системи багатофункціонального призначення (комунально-питного, виробничого і протипожежного водопостачання). За об'єктивних причин вони трансформувалися в однофункціональну, для вирішення виключно комунально-побутових проблем, при цьому знизилася річна витрата води і знизився вільний напір, що не відповідають вимогам БНІП 2.04.02-84.

Гідравлічний потенціал в обох населених пунктах максимально не використовується, що знижує економічність роботи трубопроводів за рахунок їх високої амортизації, одночасно впливаючи на рівень собівартості питної води. За теоретичними нормами водоспоживання населеним пунктом розрахункові витрати перевищують фактичні. У повному обсязі водоспоживачі не забезпечуються нормативними витратами і напорами, що пов'язано зі 100% зношеністю фасонних частин і арматури. В умовах ринкових відносин великого значення набуває питання доцільності подальшої експлуатації застарілих мереж, арматури і фасонних частин. Якщо для морально та фізично застарілої системи водопостачання розрахунки покажуть неможливість забезпечення її рентабельності, необхідно привертати інвестиції та інші джерела фінансування на її модернізацію.

Системи водопостачання будувалися по централізованому принципу, коли об'єктивно знизилася фінансування, об'єм ремонтів та відновлювальних робіт на мережах знизився, а об'єм зношених ділянок мережі почав інтенсивно зростати. Протяжність мережі смт.Козацьке складає 29,34 км, в смт.Верхній Рогачик – 59,54 км. Вони експлуатуються без капітального ремонту більше 50 років, їх фактичний знос становить 100% (нормативний строк експлуатації азбестоцементних труб - 30 років). Нормативний строк експлуатації сталевих переходів фланець-гладкий кінець - 15 років (сталеві труби), чавунних фасонних частин і арматури - 40 років.

Зважаючи на цілі Національної стратегії водозабезпечення України,

пріоритетними напрямками розвитку систем водопостачання смт.Козацьке та смт.Верхній Рогачик визначено: комплексна технічна модернізація системи водопостачання, зниження витрат електроенергії і непродуктивних втрат питної води в житловому секторі, запровадження приладів обліку води. Від успішного вирішення проблеми боротьби із втратами і нераціональним використанням питної води залежать розміри майбутніх капіталовкладень.

**Висновки.** Реалізація можливостей науково-технічного прогресу в системах водопостачання має забезпечити їх відродження на новому науково-технічному рівні з виведенням їх за рівнем ефективності на світовий рівень. Темпи зростання економії електроенергії і матеріальних ресурсів в комунальних підприємствах повинні перевищувати темпи зростання потужностей.

Сучасне функціонування системи водопостачання, дії щодо її поліпшення, планування перспективного розвитку повинні орієнтуватись на досягнення основної мети: забезпечення найбільш економічним чином якісного та надійного водопостачання споживачів з урахуванням нормативних технологічних і конструктивних вимог. Досягнути головної мети можливо тільки за умови розробки та впровадження технічних, економічних, адміністративних та структурно-організаційних рішень для всієї системи водозабезпечення селища з урахуванням інтересів усіх основних учасників процесу.

На підставі аналізу ситуацій, яка склалася і процесів, що відбуваються, в системі водопостачання селищ пропонується розглянути етапи розвитку системи водопостачання, капітальний ремонт ділянок магістрального чавунного трубопроводу та заміна сталевих труб на ділянках трубопровідної мережі, заміна металевих фасонних частин і арматури на існуючих зношених ділянках водопровідної мережі, реконструкція свердловин і відновлення зон санітарної охорони.

На реконструйованих свердловинах передбачати заходи щодо зменшення питомого споживання електроенергії шляхом впровадження енергозберігаючих технологій, підвищення якості питної води, надійності функціонування системи і якості послуг з водопостачання, заміна застарілого і фізично зношеного обладнання на водозаборах, а також зміна функціональної привязки свердловин до рекомендованих зон локальних систем водопостачання, запровадження системи автоматизованого управління за рахунок диспетчеризації і моніторингу обліку води й напору на водозаборі.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

- 1.Крилова І. І. Аналіз сучасного стану сфери водопостачання та водовідведення в Україні. Журнал Інвестиції: практика та досвід науково-фахове видання України з питань економіки та державного управління. URL: [http://www.investplan.com.ua/pdf/23\\_2018/23.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/23_2018/23.pdf) (дата звернення: 16.10.2021).
- 2.Карпенко О. В., Козиренко М. В. Особливості реалізації державної політики у сфері надання житлово-комунальних послуг на рівні міста. Реформування публічного управління та адміністрування: теорія, практика, міжнародний

досвід : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнар. участю, м. Одеса, 28 жовт. 2016 р. Одеса, 2016. С. 28–29. URL: [http://www.oridu.odessa.ua/9/buk/new\\_01\\_11\\_16.pdf](http://www.oridu.odessa.ua/9/buk/new_01_11_16.pdf) (дата звернення: 16.10.2021).

3. Федулова С.О. Економіка підприємств водопостачання та водовідведення : навч. посіб. / С.О. Федулова; за ред. проф. О.А. Півоварова; Укр. держ. хім.-тех. універ-т. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2017. 300 с. URL: [https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/03/Ekonomika-pidpr.-vodopid.-ta-vodovid\\_vodovid\\_Pivovarov\\_Fedulova.pdf](https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/03/Ekonomika-pidpr.-vodopid.-ta-vodovid_vodovid_Pivovarov_Fedulova.pdf) (дата звернення: 16.10.2021).

## УДК 624.03

### **ПРОЄКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УКРАЇНІ**

*Желуденко К.В., асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Передерій Ю.Р., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Об'єкти цивільного захисту населення під час надзвичайних ситуацій та воєнного стану відіграють значну роль для збереження життя та здоров'я населення. Актуальність даного дослідження обумовлена бойовими діями, що відбуваються у населених пунктах, масштабними руйнуваннями об'єктів критичної інфраструктури та загибелі людей. Це стало наслідком, перш за все, відсутності такої кількості споруд та укриттів, що було б достатнім для захисту населення, в тому числі й використання приміщень, які не були пристосованими для мінімального захисту від повітряної ударної хвилі та уламків зруйнованих будівель. Адже ті укриття, що були, не розраховувалися на довготривале перебування, а їх місткість не відповідає кількості людей, що потребують укриття.

**Основний текст.** Врахування досвіду попередників-країн з довготривалими військовими конфліктами, полягло в основу нещодавно затвердженого Верховною Радою України Закону №7398 про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій. За новими нормами будівлі, що мають значні (СС3) і середні (СС2) класи наслідків, у яких будуть постійно перебувати більше 50 людей або тимчасово понад 100 людей, проєктуються із захисними спорудами цивільного захисту, що здатні забезпечити або підвищити безпеку від воєнних злочинів. Тобто, тепер житло, яке буде споруджуватися в Україні, повинно мати власне укриття, і доступ до них має бути забезпечений для маломобільних груп населення та осіб з інвалідністю. При цьому у містобудівній документації на регіональному та місцевому рівнях має бути розділ про прийняті інженерно-технічні заходи щодо цивільного захисту, а орган державного архітектурно-будівельного контролю відтепер може відмовити у затвердженні містобудівної документації у разі відсутності даного розділу.

Захисна споруда складається з наступних конструктивних елементів:

– несучих й огорожувальних конструкцій: перекриттів, зовнішніх стін, внутрішніх стін, колон й перегородок, суцільної фундаментної плити або окремих стовпчастих (стрічкових) фундаментів;

– конструктивних елементів входів стін тамбурів, тамбурів – шлюзів, передтамбурів, сходових спусків і пандусів, перекриттів над ними, вхідних прорізів із захисними пристроями (дверима, затворами, воротами), захищених або незахищених оголовоків над входами в сховище;

– конструктивних елементів аварійних виходів стіни, перекриття й фундаментів галерей і захищеного оголовка, прорізів із захисними пристроями (дверима, ставнями, уніфікованими захисними секціями).

Приміщення, що пристосовують під укриття, повинні бути герметичними. Потрібну герметичність укриття можна досягнути шляхом проведення будівельних робіт високої якості, дотримуючись діючих нормативів на виробництво й приймання будівельних робіт; скорочення числа прорізів і периметра вхідних і противибухових пристроїв, уведення та інших закладних деталей.

При проектуванні укриттів застосовуються наступні конструктивні схеми [3]: каркасно-панельна з повним каркасом; каркасно-панельна з неповним каркасом; безкаркасна.

На сьогодні в країні запроваджені швидко-монтавні модульні та пересувні типи укриттів. Тут можна зазначити розробки архітекторів та конструкторів з Харкова, Дніпра, Львова тощо. В апробованих зразках укриттів Харкова в наявності засоби зв'язку, Інтернету з Wi-Fi, телевізійні екрани тощо. Використання унікальних арочних армованих конструкцій, що є розробками з Дніпра («DOT») роблять ці захисні споруди зручними, для розміщення в будь-якому місці існуючої забудови (рис.1). Це компактна споруда, яка може бути використана для захисту як військових, так і цивільного населення під час повітряної тривоги. Всередині може бути розміщено до чотирьох осіб. На сьогоднішній день один такий "DOT" можна встановити за 5-6 днів. Дане укриття здатне захистити від будь-якої стрілецької зброї, уламків ракет і снарядів.



Рис. 1. Процес будівництва «DOT»

*Джерело: [5]*

Наступна розробка «будинок Хоббіта» (рис.2) - надійно захищатиме людей під час повітряних тривог. Бомбосховища планують будувати з надміцного бетону та арматури, які використовуються у військовому будівництві для зведення бункерів. Самі модулі-укриття обладнують місцями для відпочинку, санвузлами, шафами для зберігання речей і продуктів та кулерами для води. Згідно з концепцією, укриття має розташовуватися нижче рівня землі на один метр. Висота насипу становитиме 2,1 метра. В одному такому сховищі можуть перебувати від 8 до 146 осіб залежно від типу і варіанту планування модулів.

У межах проекту укриттями мають забезпечити різні установи та навчальні заклади, які не мають сховищ або потребують облаштування додаткового захисту від повітряного нападу, землетрусів, стихійних лих. Укриття «Дім Хоббіта» виготовляються з високоякісного бетону з додаванням пластифікатора, добавок, а за необхідності мікрофібри, згідно з чинними нормами ДБН для цього виробу.

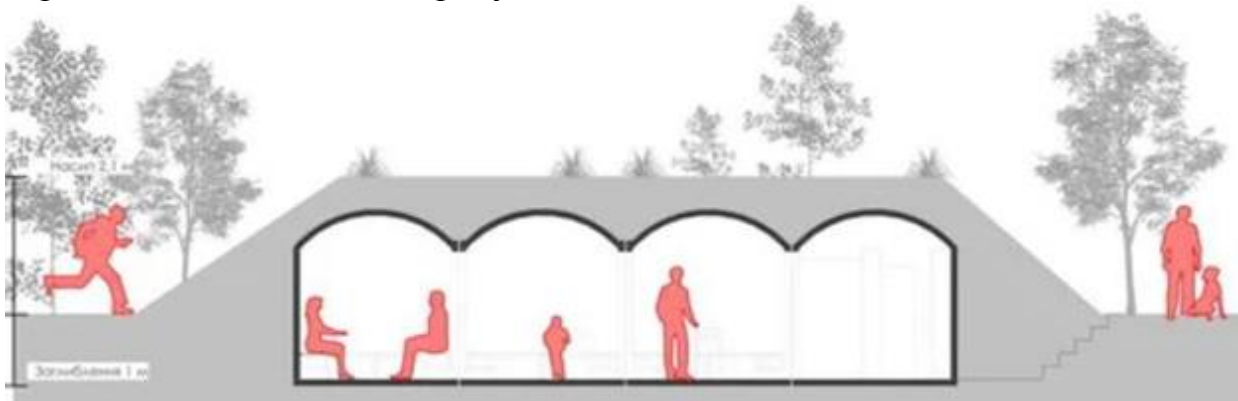


Рис. 2. «Дім Хоббіта» у розрізі

Джерело: [5]

**Висновки.** У процесі дослідження встановленні головні типи об'єктів цивільного захисту; узагальненні чинники впливу на характер та структуру цих об'єктів; доведено доцільність комплексного застосування споруд укриття під час будівництва житла.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Кодекс цивільного захисту України. Документ 5403-VI, чинний, чинна редакція від 03.04.2022 р., основа – 2081-IX. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Текст> (дата звернення: 15.11.2022).
2. ДБН В.1.2-4:2019. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони) [Чинний з 01.08.2019]. Київ : Мінрегіон, 2019. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-754>.
3. ДБН В.2.2-5-97. Захисні споруди цивільної оборони. Будинки і споруди. Зі змінами [Чинний від 2019-01-01]. Київ : Мінрегіон, 2018. URL: [https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/05/ZM3\\_DBN\\_V225.pdf](https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/05/ZM3_DBN_V225.pdf).



4. Жидкова Т. В., Глеба В. Ю., Насібович А. О., Жлобніцький А. В. Програма заходів, щодо сучасних засобів захисту цивільного населення. Український журнал будівництва та архітектури, № 3 (009), 2022. С. 52 – 58. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.050722.52.864.

5. Укрінформ / Інтернет посилання / Режим доступу: <https://www.ukrinform.ru/rubric-ato/3548884-ulicnye-ukrytiabomboubezisa-kotorye-nam-nuzny.html> (дата звернення: 15.11.2022).

**УДК 624.05**

## **ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ГОРИЩНИХ ПЕРЕКРИТТІВ У ПРИВАТНОМУ БУДІВНИЦТВІ**

*Желуденко К.В. асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Горбатенко А. О., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Перекриття у будівлях слугують для їх розділення за висотою на горище, підвал та поверхи. При цьому виконують роль одночасно несучих та огорожувальних конструкцій, а виступаючи у якості діафрагм жорсткості, - забезпечують стійкість будівлі.

Зведення перекирття є дуже трудомістким завданням, оскільки часто їх монтаж потребує застосування спеціальної вантажопідйомної техніки. Вартість влаштування перекирття у порівнянні із загальними витратами на будівництво будівлі складає приблизно 20%.

**Основна частина.** Горищні перекирття є необхідним елементом будинку. Вони його захищають від несприятливих погодних умов, а також є теплозахисною оболонкою. Поряд із загальними вимогами, до них висуваються і спеціальні, серед яких:

- Забезпечувати нормальну висоту приміщень, мати невеликі прогини;
- Витримувати навантаження (у випадку плоскої покрівлі у тому числі і снігові)
- Бути комфортними по вимогам до теплотехнічних характеристик;
- Задовольняти пожежним вимогам;
- Мати можливість оздоблення;
- Швидкість монтажу і готовності до експлуатації;
- Бути надійними і довговічними;
- Відповідати вимогам шумоізоляції.

Тому конструктивні рішення горищних перекирття відмінні від міжповерхових. Одним з найбільш простих і дешевих варіантів влаштування горищних перекирття є перекирття по дерев'яним балкам. Основним недоліком такого варіанту є їх недостатня довговічність, невелика міцність та здатність до загнивання.

Дерев'яні горищні перекриття представлені балками, що виконують роль несучої конструкції, міжбалкового заповнення, конструкцією підлоги та оздоблювальним шаром стелі. На відміну від міжповерхового, на горищне перекриття замість звукоізоляції укладаються теплоізоляційні матеріали, а по балкам – ходові дошки. Як правило, дерев'яні балки представлені брусками прямокутного перерізу з деревини хвойних порід. Балки укладаються в залежності від прольоту і перерізу з кроком 0,6 – 1,0 м, переріз балок залежить від навантаження на них та приймається у межах 100...120 x 180...240 мм.

На сьогодні в приватному будівництві широко поширені горищні перекриття з монолітного, збірного залізобетону, а також за балочною системою. Вони мають переваги в якості матеріалу (заводський контроль якості), різноманітності пропозицій на ринку, доступності матеріалу, а у випадку зі збірним – швидкість монтажу. Серед недоліків можна відзначити велику вагу конструкцій, низькі теплотехнічні показники, необхідність значних підготовчих робіт (влаштування опалубки при монолітному заливанні, встановленні армування), а також необхідність будівельної техніки для підйому бетону через значну його кількість у конструкції. Кожен вид перекриттів має певні недоліки та переваги.

Перекриття з залізобетонних плит виробляються нормованими розмірами, що ускладнює, а інколи і унеможлиблює їх використання при проектуванні перекриттів. Влаштування їх повинне передбачати шар утеплювача, укладеного по пароізоляції з 1-го або 2-х шарів пергаменту або руберойду, наклеєного на мастиці. Утеплювач при цьому представлений сипучими матеріалами (шлаком, керамзитом) та плитними (фібролітовими, комишитовими або мінераловатними плитами). По верху утеплювача влаштовується захисний шар з піску чи шлаку товщиною 30...40 мм, або з розчину. Перекриття з залізобетонних плит мають перевагу у зменшеній вазі і покращених теплотехнічних показниках завдяки пустотам в конструкції, на них не потрібне встановлення опалубки на об'єкті будівництва. До недоліків відносять необхідність техніки для монтажу плит в проектне положення [5].

Альтернативою поширеній технології може слугувати перекриття з армованого керамзитобетону або газобетону. Керамзитобетон - це штучний матеріал з крупним заповнювачем – керамзитом. Завдяки цьому він має доволі гарні показники з теплопровідності (при  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,31 \text{ Вт/(м*К)}$ ) і меншу вагу конструкції, що створює переваги серед класичних залізобетонних плит, при подібності монтажних робіт.

Іншим видом матеріалу для влаштування перекриття може слугувати газобетон. Існують різні схеми укладання, одна з них - це використання газобетону як заповнювача, укладеного на різні балочні конструкції, інша – використання газобетонних плит заводського виробництва.

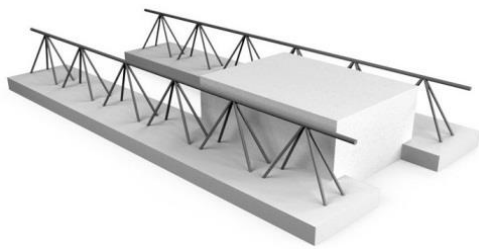


Рис. 1. Вид перекриття з Т-подібних блоків газобетону на балки

Розглянемо схему укладання на балочну основу. Таку систему зручно використовувати в плоских системах покрівлі. Серед переваг можна відзначити швидкий та полегшений монтаж, у порівнянні із залізобетонними плитами (можна виконувати без доступу техніки на об'єкт), високі теплотехнічні характеристики (при  $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,16 \text{ Вт/(м*К)}$ ), меншу масу, ніж у керамзитобетону. Недоліками є вартість балочних систем, а також утворення лінійних теплопровідних включень.

Іншою є схема укладання плит за технологією «паз в паз». За такою технологією завод-виробник постачає вже готові плитні вироби на об'єкт будівництва, де вони монтується за допомогою механізмів. Після укладання необхідно стягнути сусідні плити. Перевагами даного способу є здійснення швидкого монтажу, відсутність лінійних теплопровідних включень, гарна шумоізоляція, кращі теплоізоляційні характеристики. Серед недоліків можна відзначити незначну номенклатуру пропозицій таких плит на ринку, необхідність використання техніки для монтажу плит, а також обладнання для стикування, стягування таких плит між собою.

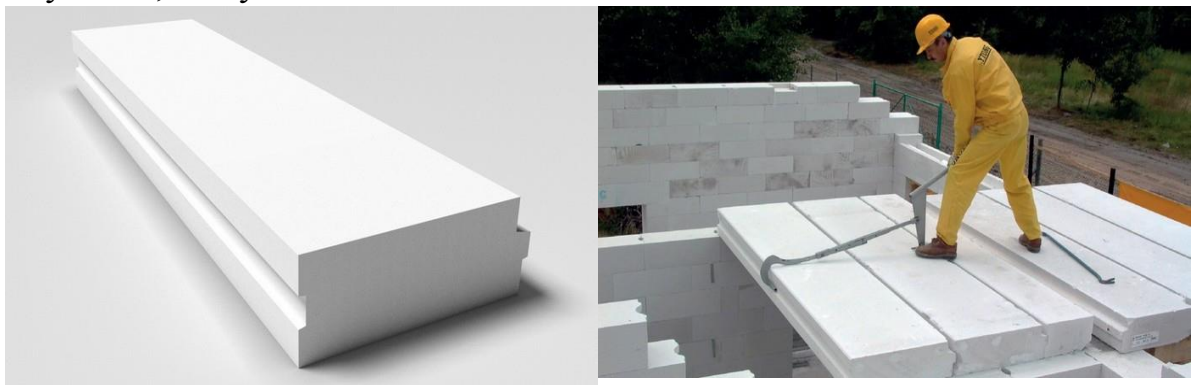


Рис. 2. Вид плит з газобетону з пазовою системою та їх монтаж

**Висновки.** Отже, перекриття у будинках слугують для розділення їх за висотою на поверхи, забезпечують стійкість будівель в цілому, тепло- та звукоізоляцію приміщень. До всіх видів перекриття будівель висуваються вимоги, яких потрібно неухильно дотримуватися. Конструктивні рішення горищних перекриттів відмінні від міжповерхових. Вид та конструкцію горищного перекриття обирають в залежності від навантажень, які діють, конструктивних рішень об'єкта будівництва та техніко-економічних порівнянь варіантів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Мінрегіон України. Київ, 2014.
2. ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд. Мінрегіон України. Київ, 2017.
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-202:2015 Настанова з проектування та улаштування конструкцій будівель із застосуванням виробів із ніздрюватого бетону автоклавного тверднення. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ, 2016.
4. ДБН В.2.6-160:2010 Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення. Мінрегіонбуд України. Київ, 2011.
5. Котеньова З.І. Архітектура будівель і споруд: Навчальний посібник. Харків: ХНАМГ, 2007. 170 с.

## **СЕКЦІЯ 2. ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ**

**УДК 624.01**

### **МОДЕЛЬ РАМИ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ**

*Чеканович М.Г. к.т.н., проф. кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Махія О.В., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Петренко С.М., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Мелікідзе Р.Ф. здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Сьогодення в будівництві характеризується широким застосуванням каркасного будівництва. Це дозволяє механізувати процеси, виконати різноманітні конструктивні рішення будівель. Не обмежує простір внутрішніми стінами, особливо при трансформації, реконструкції будівель.

Разом з тим, методи розрахунку, моделі для них потребують подальшого удосконалення. Для кожної конкретної будівлі є необхідність розробки моделі для реалізації розрахунків в програмних комплексах на основі методу скінченних елементів. Зручно на практиці застосовувати цей метод у вигляді переміщень.

Розглядаючи окрему будівлю, для неї кожна модель схема буде нова. Інші методи ручного розрахунку не витримують конкурентність за швидкістю розрахунків, а найчастіше і за якістю для багатоярусних рам.

Враховуючи це актуальність проблеми розробки моделі рами каркасу залізобетонних конструкцій для громадської будівлі, яка дозволить підсилити конструкцію і виконати її реконструкцію, очевидна [ 1-4].

**Основна частина.** Було складено програму і виконано статичний розрахунок плоскої стержньової системи за допомогою програмного комплексу Mathcad за методом скінчених елементів, а саме у формі переміщень. Було виконано обчислення вузлових реакцій на кінцях кожного стрижня ( рис.1). Були побудовані епюри згинальних моментів, поздовжніх і поперечних сил та перевірена несуча здатність вертикальних і горизонтальних стрижнів. Вони моделювали монолітні залізобетонні колони та перекриття. Розрахункову схему-модель рами каркасу наведено нижче на рис.1.

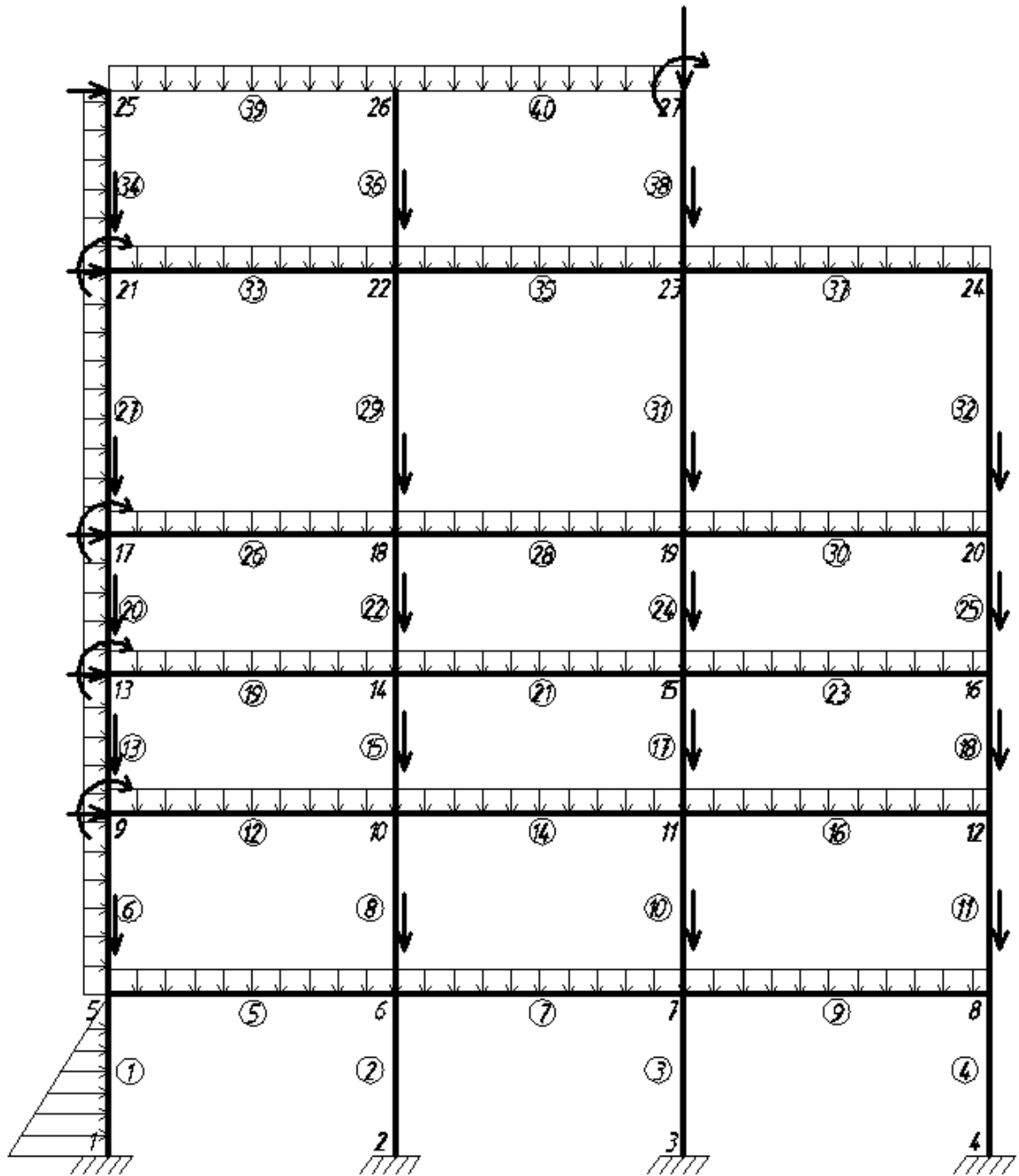


Рис. 1. Розроблена розрахункова схема плоскої рами в осях 1-4,Г

Складена таблична матриця вузлових реакцій стрижнів з колон та перекриття розробленої розрахункової моделі рами в осях 1-4,Г. Ця матриця

наведена в таблиці 1. Величини переміщення вузлів також наведені у вигляді матриці у таблиці 1.

Таблиця 3.1.

Опорні реакції на початку( $N_1, Q_1, M_1$ ) та на кінці ( $N_2, Q_2, M_2$ ) стержня						
Номер елементу	1	2	3	4	5	6
$N_1$	2156,275757	3138,871052	3254,956064	1516,769127	53,87866865	1868,268147
$Q_1$	458,5463634	44,90702083	40,62560237	82,58501338	242,05761	-24,12496793
$M_1$	-811,1490676	-89,18529861	-84,09437136	-133,0334987	-200,5635515	55,36425589
$N_2$	-2156,275757	-3138,871052	-3254,956064	-1516,769127	-53,87866865	-1868,268147
$Q_2$	78,00363658	-44,90702083	-40,62560237	-82,58501338	274,83639	33,09496793
$M_2$	145,1992956	-67,98927428	-58,09523694	-156,0140481	302,1777695	56,21461904
Номер елементу	7	8	9	10	11	12
$N_1$	27,67835298	2588,51949	3,663802256	2683,781242	1213,13312	-15,80908252
$Q_1$	232,8251713	18,70670515	259,7759934	16,61105165	78,92121113	254,2667503
$M_1$	-200,4355379	-33,75295732	-242,6084357	-26,87420304	-151,934431	-233,7480507
$N_2$	-27,67835298	-2588,51949	-3,663802256	-2683,781242	-1213,13312	15,80908252
$Q_2$	273,8388287	-18,70670515	279,5760066	-16,61105165	-78,92121113	266,9052497
$M_2$	327,5778756	-39,20319278	307,9484791	-37,90889839	-155,8582924	272,9273986
Номер елементу	13	14	15	16	17	18
$N_1$	1487,881397	-28,23063218	2047,103547	-30,28711231	2130,647193	907,901863
$Q_1$	-57,87405045	241,7206943	6,285155493	258,1807429	14,55457152	109,2083234
$M_1$	97,22343168	-225,1221783	-8,602027518	-240,8003731	-18,40300226	-160,8107774
$N_2$	-1487,881397	28,23063218	-2047,103547	30,28711231	-2130,647193	-907,901863
$Q_2$	64,77405045	264,9433057	-6,285155493	281,1712571	-14,55457152	-109,2083234
$M_2$	86,74871967	297,1122738	-10,25343896	316,6690698	-25,26071231	-166,8141929
Номер елементу	19	20	21	22	23	24
$N_1$	4,113346811	1098,60004	-1,818310163	1501,808223	-1,444217682	1546,753247
$Q_1$	263,1613567	-67,56070364	252,6846798	0,35349852	265,0266258	14,928664
$M_1$	-266,2062413	99,1475216	-242,0467682	2,061177357	-246,7227981	-19,05144335
$N_2$	-4,113346811	-1098,60004	1,818310163	-1501,808223	1,444217682	-1546,753247
$Q_2$	258,0106433	74,46070364	268,4873202	-0,35349852	289,7693742	-14,928664
$M_2$	250,2390298	113,8845893	291,0349538	-3,121672916	328,3738681	-25,73454866
Номер елементу	25	26	27	28	29	30
$N_1$	588,8324888	70,83850643	657,3434313	67,07098014	928,3410352	50,37108971
$Q_1$	110,6525411	263,7966091	-10,5221972	250,2337973	-3,414027777	258,4692634
$M_1$	-161,5596752	-259,7623788	49,63778947	-248,8435144	6,534784761	-241,2661083
$N_2$	-588,8324888	-70,83850643	-657,3434313	-67,07098014	-928,3410352	-50,37108971
$Q_2$	-110,6525411	259,1733909	23,6321972	256,4302027	3,414027777	280,8827366
$M_2$	-170,3979481	245,4304026	47,70223459	268,052371	12,92517357	315,2305697
Номер елементу	31	32	33	34	35	36
$N_1$	1007,793781	283,8897522	1,739700899	181,1198138	18,29663069	424,3698509
$Q_1$	-1,771226427	60,28145141	264,1636175	-35,00249631	237,4108017	13,14290202
$M_1$	-1,05171406	-144,8326216	-293,4642512	44,60201657	-213,48514	-25,74825652
$N_2$	-1007,793781	-283,8897522	-1,739700899	-181,1198138	-18,29663069	-424,3698509
$Q_2$	1,771226427	-60,28145141	242,5003825	44,15649631	269,2531983	-13,14290202
$M_2$	11,14770469	-198,7716515	226,3082229	112,9243787	312,1965692	-26,5604935
Номер елементу	37	38	39	40	0	0
$N_1$	60,28145141	434,9583353	53,35649631	40,21359429	0	0
$Q_1$	279,5222478	40,21359429	181,1198138	205,4656647	0	0
$M_1$	-263,7568869	-59,58738701	-112,9243787	-203,4954396	0	0
$N_2$	-60,28145141	-434,9583353	-53,35649631	-40,21359429	0	0
$Q_2$	259,8297522	-40,21359429	218,9041862	194,5583353	0	0
$M_2$	198,7716515	-100,4627183	230,0559331	169,6827183	0	0



Рис. 2. Фрагмент монолітного перекриття. Порушений захисний шар бетону, оголена арматура.

**Висновки.** За результатами розрахунку міцності нормальних перерізів залізобетонних колон будівлі встановлено, що найбільші небезпечні зусилля в колонах виникають переважно у підвальному та першому поверхах. Традиційно це пояснюється схемою роботи каркасу будівлі у вигляді жорсткої рами та армуванням конструкцій.

Розрахункові переміщення рами каркасу в горизонтальному напрямку під дією горизонтальних тиску ґрунту, сил вітру в комбінації з іншими силовими діями і впливами, згідно нашого розрахунку не перевищують  $1/1000$  висоти  $H$  [5]. Через це станом конструкцій каркасу на момент дослідження влаштування додаткових жорсткостей та ядер жорсткості не є обов'язковим до виконання.

Міцність плит монолітних перекриттів в прольотах, як нами встановлено, може витримувати тимчасове навантаження для торговельних залів –  $400 \text{ кг/м}^2$ . Це з урахуванням фактичної міцності бетону плит та їх армування.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану
2. ДБН В.1.1-12:2006. Будівництво у сейсмічних районах України. - К.: МІНБУД України, 2006 р.
3. ДБН Д.2.2-7-99 Бетонные и железобетонные конструкции сборные.

4. ДБН В.2.1-10-2009 Житлові будинки. Основні положення.

5. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогибы и перемещения. Требования проектирования. - К.:МИНСТРОЙ Украины, 2006 г. – 9 с.

УДК 725

## СУЧАСНИЙ ПРИКЛАД АРХІТЕКТУРИ ТА МІСТОБУДУВАННЯ

*Волошин М.М., к.т.н., доцент;*

*Кльоб К.К., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** «Дзеркальна лінія»: наскільки реальне місто-антиутопія завдовжки 170 кілометрів? 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.

**Основана 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.).

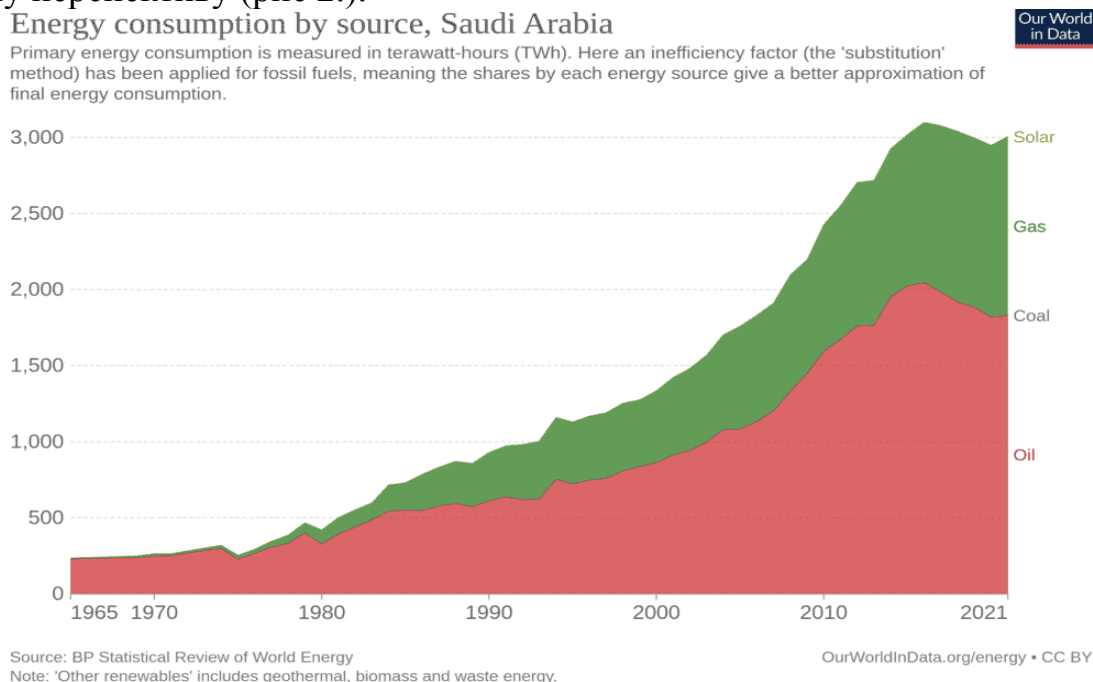


Рис. 2. Графік вуглецевих викидів

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 проекту «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 (привіт, Москва).

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 кондиціонування 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 пасажирів 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 НЕОМ 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 — знуцання».

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.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. <https://naked-science.ru/>
2. <https://ru.wikipedia.org/>
3. <https://vc.ru/>

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД ВПЛИВУ КОРОЗІЇ

*Желуденко К.В., асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** На даний час існує необхідність у зростанні експлуатаційної надійності будівельних конструкцій з металу. При цьому у підвищенні їх надійності особливу роль відіграють окремі елементи конструкцій будівель і споруд, що поєднують не лише значну міцність, але й стійкість до впливу агресивного середовища.

На сьогодні конструкції перебувають у такому стані, що викликає певні побоювання щодо їх безпечної експлуатації. Деякі з них мають аварійний або передаварійний стан. Значні матеріальні затрати для заміни та відновлення уражених корозією конструкцій будівель спонукають суспільство до пошуків засобів захисту від корозії. Адже набагато простіше і надійніше запобігти процесу корозії, аніж зупинити і відновити уражені конструкції.

**Основна частина.** Корозією називають фізико-хімічну взаємодію металу із середовищем, що викликає руйнування металу. Через виникнення корозії метали переходять до стійких сполучень – оксидів або солей, у вигляді яких вони знаходяться в природному середовищі. Досить непросто врахувати непрямі втрати від простоїв і зниження продуктивності устаткування, що піддалося впливу корозії, від порушення нормального перебігу технологічних процесів, від аварій, причиною яких стало зниження міцності металевих конструкцій. У світі корозія призводить кожного року до мільярдних збитків, тому вирішення даної проблеми має важливе значення. Основні збитки, що виникають через корозію, полягають не тільки у втраті металу як такого, але й у значній вартості виробів, що руйнуються через неї. Наприклад, США мають збитки від корозії і витрачають на боротьбу з нею 3,1% від ВВП. У Німеччині цей збиток складає 2,8% від ВВП. За оцінками фахівців різних країн ці втрати в промислово розвинених країнах складають від 2 до 4% ВВП. При цьому втрати металу, в які включена маса металевих конструкцій, що вийшли з будівництва, виробів, устаткування, складають від 10 до 20% річного виробництва сталі [2, с. 211].

Україна має значно більші проблеми з корозією через низку причин. Велика кількість будівель та споруд, які все ще є в експлуатації, мають критичний вік 40-60 років. Фахівці оцінюють такі об'єкти як ті, що перебувають у передаварійному стані або вже в такому. Особливо це торкається металургійних і хімічних підприємств, нафто- і газопроводів, плавзасобів, де робота елементів і конструкцій проходить у високоагресивних середовищах. Корозія стає причиною втрат 1,5-2% на рік зі 100 млн. тон конструкцій, що експлуатуються. Це призводить не лише до величезних збитків, а й до надзвичайних ситуацій та екологічних катастроф.

Активними компонентами природнього середовища, що здійснюють

вплив на металеві поверхні, є кисень, водяна пара, карбон (IV) оксид, сульфур (IV) оксид, нітроген (IV) оксид. Особливо активізуються процеси корозії під час контакту металевих поверхонь із солоною водою. Спинити корозійні процеси неможливо, але їх можливо уповільнити. У цьому застосовують наступні способи, завдяки яким можна [1, с. 7]:

- підвищити хімічний опір конструкційних матеріалів;
- ізолювати поверхню металевих конструкцій від дії агресивного середовища;
- знизити агресивність виробничого середовища;
- знизити корозію прикладенням зовнішнього струму (електрохімічний захист).

*Покриття, що отримують за допомогою хімічної та електрохімічної обробки поверхні.* Дані покриття представлені плівками нерозчинних продуктів, які виникли при хімічній взаємодії металевих поверхонь із зовнішнім середовищем. Так як чимала кількість їх пориста, вони використовуються, в основному, у якості підшарів під мастила і лакофарбові покриття, сприяючи збільшенню захисної здатності покриття на поверхні металевої конструкції і забезпечуючи надійне зчеплення. Серед методів нанесення основними виступають оксидування, фосфатування, пасивування, анодування.

*Електрохімічний захист металевих конструкцій.* Завдяки катодній або анодній поляризації від стороннього джерела струму або приєднанні до конструкції, яку захищають, протекторів, потенціал металу переміщується до показників, за яких суттєво уповільнюється або цілком зупиняються корозійні процеси. Реалізація наведеного методу може сприяти позбавленню конструкцій від дії її негативного впливу. Головною проблемою застосування даного методу є те, що він досить енергозатратний та економічно не вигідний.

*Неметалічні покриття.* Такі покриття отримуються шляхом нанесення на поверхню таких неметалічних матеріалів, як лакофарбові, каучукові, пластмасові, керамічні тощо. Найпоширеніші лакофарбові покриття розділяються за призначенням – за атмосферостійкістю, водостійкістю, маслобензостійкістю, хімічною стійкістю, термостійкістю, а також можуть бути спеціальні, електроізоляційні. За складом плівкоутворювача класифікуються на бітумні, епоксидні, кремнійорганічні, поліуретанові та інші. Тривалість і ефективність покриття сталевих поверхонь на 80% залежить від ретельності підготовки поверхонь до фарбування і лише на 20% від якості лакофарбових матеріалів, що використовуються, і способів їх нанесення. При підготовці поверхні перед нанесенням заводської ґрунтовки або праймера передбачається усунення зі сталеві поверхні окалини, іржі та наявних сторонніх речовин. Вторинна підготовка поверхні полягає в усуненні зі сталеві поверхні іржі або наявних сторонніх речовин, із заводською ґрунтовкою або праймером до нанесення антикорозійної фарбувальної системи [3, с. 29].

*Металеві покриття.* За принципом захисної дії виокремлюють анодні і катодні покриття. Металеві покриття отримують шляхом електролітичного осадження, хімічного осадження, гарячого і холодного нанесення,

термодифузійної обробки, металізації напиленням, плакірування. Широкого розповсюдження знайшов засіб нанесення цинкового та алюмінієвого покриття зануренням матеріалів та пропуском їх крізь розплавлений метал. Металізовані покриття сприяють суттєвому здорожченні конструкції. Проте, враховуючи їх більший строк служби, експлуатаційні витрати виявляються меншими, ніж при використанні лакофарбових покриттів.

*Грунтовки і шпаклівки.* Для фарбування готується поверхня, на яку спочатку наноситься грунтовка. Вона виступає в'язучим шаром між металевією конструкцією та лакофарбовим покриттям. Таким чином має бути забезпечене міцне зчеплення грунтовки з металевим покриттям і грунтовки з емаллю. У грунтовках пігменти виконують різні функції: пасивують метал (анодний), а також захищають його (катодний процес); сприяють формуванню на поверхні металевих конструкцій важкорозчинних з'єднань; ускладнюють дифузію через покриття корозійно-активних агентів; послаблюють термічну і фото деструкцію полімерного покриття.

Захист металевих конструкцій від впливу корозії за допомогою інгібіторів полягає у використанні особливих властивостей хімічних сполук або їх сумішей знижувати швидкість процесів корозії при введенні їх в корозійне середовище. Переваги даного методу виражаються у простоті і невисокій вартості. Також розроблено новий метод антикорозійного захисту, що передбачає введення інгібіторів у лакофарбові покриття. За даного методу при проникненні електролітів через лакофарбові покриття пасивуючі іони інгібіторів, відщеплюючись, шляхом гідролізу або дисоціації, можуть запобігти процесам корозії. У полімерне покриття вводять водорозчинні інгібітори, або масло-розчинні речовини. Одним з популярних водних розчинів є розчини нітриту натрію, що представляє собою інгібітор контактного типу. Він наноситься власне на поверхню металевієї конструкції. Додавання у водні розчини нітриту натрію додаткового компонента, що дозволяє підвищити в'язкість структури, сприяє зростанню ефективності речовин.

**Висновки.** У дослідженні систематизовано інформацію щодо методів захисту металевих конструкцій від корозії. Визначено, що нанесення різних видів покриттів може надійно захищати металеві конструкції від корозійного зносу при дії атмосфери та вологи, при цьому міцність металоконструкції може тільки підвищуватися.

#### **Список використаних джерел:**

1. Бондар О.І., Савенко В.І., Машков О.А., Висоцька Г.Ф., Каратеев А.М. Забезпечення функціональної стійкості металевих конструкцій, виробів та машин за допомогою застосування екологічно чистих засобів. *Екологічні науки.* №3 (22). С. 6 – 9.
2. Жаданова К.Ф., Воденнікова О.С. Захист металоконструкцій від корозійного зносу із застосуванням алюмінідного покриття. *Науково-технічний збірник* №105. С 210 – 214.
3. Савенко В.І., Висоцька Л.М., Шейніч Л.О., Ключова В.В., Назаренко М.І. Подовження термінів служби і захист від корозії металевих конструкцій та



виробів ефективними екологічно чистими засобами рослинного походження. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, вип. 33, 2015. С. 26 – 47.

**УДК 624.03**

### **СУЧАСНЕ ФАХВЕРКОВЕ БУДІВНИЦТВО**

*Желуденко К.В., асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Бойко Г. О. здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет м. Херсон*

**Вступ.** У багатьох країнах світу широке розповсюдження отримало будівництво малоповерхових каркасних житлових будівель, а в останні роки ця технологія будівництва поширилася і в Україні. Каркасні будинки характеризуються 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. Існують такі способи збирання каркасного будинку: каркасно-рамний, каркасно-щитовий та фахверковий.

**Основна частина.** Фахверк - це об'ємна дерев'яна конструкція, у якій отвори заповнюються фасадним будівельним матеріалом або шарами утеплювача та оздоблювальних матеріалів. Фахверк як напрям у будівництві зародився та почав активно використовуватись у X-XI століттях, а вже у XVI столітті майстри досягли піку своєї майстерності. У нас час він також не втрачає актуальності, але вже в більш сучасному вигляді. Основні ознаки сучасного фахверку - це більш мінімалістичний дизайн, менша поверховість (2-3 поверхи), технологічне оснащення.

Сьогодні для фахверкового будівництва використовується клеєна деревина з відсутністю дефектів. Отвори в каркасі можуть закриватись клеєним брусом, системами фасадного утеплення, енергозберігаючим склом тощо. Найпомітніша різниця між сучасним і старовинним фахверком - це архітектура: вона стала більш простою та мінімалістичною, будинки стали більше схожими на шале, ніж на готику, з великою кількістю архітектурних елементів фасаду та покрівлі.

Незважаючи на малу схожість старовинних та сучасних фахверків, їх поєднує спільна технологія – об'ємна дерев'яна конструкція, у якій отвори заповнюють фасадним будівельним матеріалом або утеплювачем з оздоблювальним матеріалом в її межах. Каркасні будинки мають іншу конструкцію – по каркасу монтують все, окрім утеплювача.

З розвитком фахверкової технології відокремлюють два основних методи збирання конструкції - це метод довгих стовпів, поширений у XII столітті, та метод коротких стовпів, який був розроблений у XVI-XV століттях.

Основна різниця цих методів - довжина стовпів та висотність будівель. У методі довгих стовпів будівлі частіше всього були 2-х або 3-х поверхові, а також була основна проблема в доставці та пошуку суцільних дерев'яних стовпів. З використанням методу коротких стовпів будівлі стали 4-х та 5-ти поверховими (12-15 м), спростився підбір будівельного матеріалу, його доставка, а також власне будівництво.

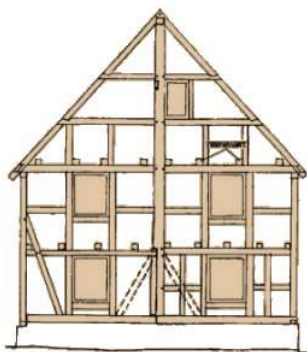


Рис. 1. Метод довгих стовпів.



Рис. 2. Метод коротких стовпів

Сучасне будівництво поєднує в собі обидва методи фахверкового будівництва, але домінуючим є метод довгих стовпів, через використання клеєної деревини.



Рис. 3. Каркас сучасного будинку за технологією фахверк

Технологія фахверкового будівництва передбачає кутову закладку каменів в ті місця, де утворюється кут від балок перекриття обв'язки, і фахверковими проміжними та кутовими стійками. Це робиться для попередження гниття деревини.

Фундамент для будівель у фахверковому стилі виконують бетонний.

Наступним етапом є зведення каркасу будинку, що включає в себе стійки, балки, ригелі, підкоси, розпірки, верхню та нижню обв'язки. При

будівництві багатопверхового будинку стійки виконують висотою в 2 поверхи. Для виготовлення елементів фахверкового каркасу використовують брус прямокутного перерізу. Міцність та жорсткість каркасу забезпечується використанням певних з'єднань деталей - на потайний шип, на шип «ластівчин хвіст» та інших типів врубок, що для підвищення міцності закріплюються за допомогою дерев'яних нагелів. Отже, основною відмінністю традиційного фахверка є відсутність будь-яких кріплень з металу.

Каркас фахверкових будинків зводиться з міцних та довговічних порід деревини - переважно дубу, ялини, ялівцю. Оскільки деревина є екологічно безпечною, їй частіше за все віддають перевагу серед інших матеріалів. За умов правильної експлуатації дерев'яні конструкції не мають жодних несприятливих впливів на здоров'я людей.

Найпоширеніший вихідний матеріал для основного елемента фахверка – заповнення - є глина, оскільки вона не дефіцитна, і добути її можна без заповідання будь-якої шкоди навколишньому природному середовищу. Глина – це дрібнозерниста осадова порода, пиловидна в сухому стані і пластична у разі зволоження. Діаметр її часток менше 0,005 мм, але, дотримуючись традиційної технології зведення фахверкових будівель, при подальшій їх експлуатації пил не утворюється. Іншим поширеним матеріалом заповнення є керамічна цегла, сировиною для виготовлення якої виступає глина. Рідше у якості заповнення застосовують природний камінь, головною властивістю якого є довговічність.

Покрівля фахверкових будинків виконується з черепиці, очерету й пластин шиферу. На сьогодні шифер вже не виготовляють із використанням азбесту, зробивши заміну його на інші, безпечні для здоров'я людей волокнисті матеріали.

При зведенні фахверкових будівель слід обережно підходити до застосування сучасних ізоляційних і герметизуючих матеріалів при заповненні фахверкового каркасу. Це пов'язано з тим, що історично стіни фахверкових будинків завжди мали щілини, що запобігало гниттю дерев'яних конструкцій каркасу. Тому, використовуючи сучасні герметизуючі матеріали, потрібно передбачати спеціальні вентиляційні зазори й канали, що не завжди можливо зробити без порушення традиційного стилю фахверкового будинку.

Декоративна функція каркасу є однією з основних особливостей фахверкового будівництва. За традицією, дерев'яні балки каркаса фарбують у темно-червоний, коричневий або навіть чорний колір. По штукатурці дерев'яний каркас також за традицією обводять «жирною» чорною лінією, щоб деталі каркаса здавалися більш товстими, масивними і міцними.

**Висновки.** Будинки, які збудовані за фахверковою технологією, мають велику кількість переваг. Найголовніша перевага - це міцність і довговічність конструкції. Каркас будинку виготовляють з клеєного бруса, а такий вид деревини забезпечує міцність і стійкість всієї конструкції. Також фахверкові будинки є енергозберігаючими. Завдяки своєму конструктиву будинок виходить легким, і навантаження на ґрунт є мінімальним, що дозволяє не виконувати підсилений фундамент. Також цей напрям будівництва має свою

особливу індивідуальність. Каркас є основною візитною карткою, його видно ззовні і всередині, а завдяки змінам та вдосконаленням кожного забудовника ця технологія і досі розвивається. Також ці будинки є екологічними через використання екологічно чистих та природніх будівельних матеріалів. Ще один з плюсів - це швидкість будівництва, найчастіше воно триває до шести місяців. Через використання клеєного дерев'яного каркасу, який збирається з сухого дерева, він має стабільну форму і геометрію. Заселення до будівлі можливо одразу після закінчення будівельних та оздоблювальних робіт, бо будинок не дає усадки. Звичайно у такої технології є і недоліки, основний - це висока ціна таких будинків. Побудова будинків за технологією фахверк виконується з урахуванням високотехнологічних архітектурних елементів та матеріалів з високою якістю.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Каркасні споруди, фахверк; Фахверк // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010.
2. ДБН Д.2.4-3-2000. Збірник 3. стіни (29945) / Мінрегіон України. – Київ, 2000
3. Pevsner N. Europäische Architecture. — München, 1978
4. <https://dom.ukr.bio/ua/articles/2279/> (дата звернення 14.11.2022)

### УДК 624.01

#### ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ ТА ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ У БУДІВНИЦТВІ

*Желуденко К.В., асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Мирилко М.І., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Уже багато років галузь цифрових технологій має значний розвиток і впроваджена в усі інші галузі життя суспільства. Все більше цифрові носії витісняють із нашого життя фізичні. Побут, медицина, розваги та навіть будівництво вже не можна уявити без сучасних технологій.

Суспільство звикло до інноваційних та проривних технологій минулого століття. Це програми САПР, що мають великий попит при проектуванні будівель. Але як і технологічний розвиток, так і власне програми зазнали значної еволюції у сфері будівництва. ArchiCAD, SketchUP, AutoCAD - зараз ці програми не здаються нам, як щось неможливе та не зрозуміле, а є важливим та незамінним інструментом для користувачів цих програмних продуктів.

**Основний текст.** На сьогодні лише невелика кількість всіх промислових робіт використовується у будівельному секторі, при цьому більшість із них зайнята у виробництві збірних конструкцій. Однак кілька компаній наразі задіяні у розробці мобільних роботів для будівельної галузі. Тому з

впровадженням нових технологій у будівництво покращується як ефективність використаних матеріалів, так і сама виконавча робота на будівельному майданчику.

Один з найважливіших частин проектування є процес уявлення майбутнього проекту, та його архітектурний стиль. Під час знаходження певних ідей для реалізації майбутнього проекту можна вдатись до виконання цифрових двійників та штучного інтелекту.

Цифрові двійники бувають наступних видів:

- прототип — це віртуальний аналог реального об'єкта, який містить усі дані для виробництва оригіналу;

- екземпляр — містить дані про всі характеристики та експлуатації фізичного об'єкта, включаючи тривимірну модель, і діє паралельно з оригіналом;

- агрегований двійник — обчислювальна система з цифрових двійників та реальних об'єктів, якими можна керувати з єдиного центру та обмінюватися даними усередині.

Це дозволяє отримати надзвичайно корисне уявлення про експлуатаційні характеристики, функціонування будівлі, як вже побудованої, так і тої, що знаходиться в процесі будівництва.

Розвиток технологій будівництва змінює та ускладнює всю проектну документацію, при цьому значно збільшується її обсяг. Перед проектувальниками постає завдання з обробки все більшого об'єму інформації, яка супроводжує процес роботи над проектом. Інформація надходить і після приймання об'єкта в експлуатацію, так як зведена будівля перебуває у тісному взаємозв'язку з навколишнім середовищем й іншими об'єктами. Також слід пам'ятати й про життєзабезпечення об'єкта будівництва та управління його внутрішніми процесами. Таким чином, виникає ймовірність допущення помилок, а збільшення вартості проекту тягне за собою й зростання вартості таких помилок.

Відповіддю на перераховані вище проблеми стало прийняття концепції інформаційного моделювання будівель. Власне абревіатура інформаційного моделювання «BIM» з'явилася нещодавно, у той час як сама концепція комп'ютерного моделювання з максимальним урахуванням усієї інформації про об'єкт формувалася і набула конкретних обрисів значно раніше (рис. 1).

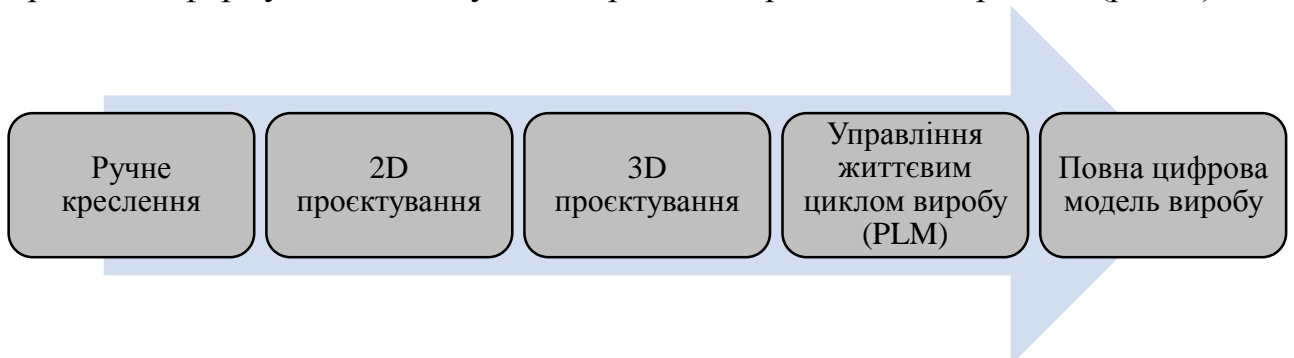


Рис. 1. Еволюція інструментів автоматизації проектування

Джерело: [1]

Основою технології BIM є концепція об'єктно орієнтованого параметричного проектування (моделювання) будівель та споруд. Це є основною особливістю, що відрізняє BIM-програми від усіх інших САД систем проектування, яку б назву вони не мали. В першу чергу такий підхід набув широкого розповсюдження в машинобудуванні, а в останні роки особливо активно реалізується в архітектурно-будівельному проектуванні.

Інформаційною моделлю будівлі є числова інформація про наявний об'єкт або такий, що знаходиться на стадії проектування, який можуть використовувати щоб прийняти конкретні проектні рішення; створити високоякісну проектну документацію; спрогнозувати експлуатаційні якості об'єкта; скласти кошториси і будівельні плани; замовити і виготовити матеріали і обладнання; управляти зведенням будівель; управляти й експлуатувати будівлі і засоби технічного оснащення протягом всього життєвого циклу; управляти будівлею як об'єктом комерційної діяльності; проектувати та управляти реконструкцією або ремонтом будівлі; зносити будівлю тощо [1].

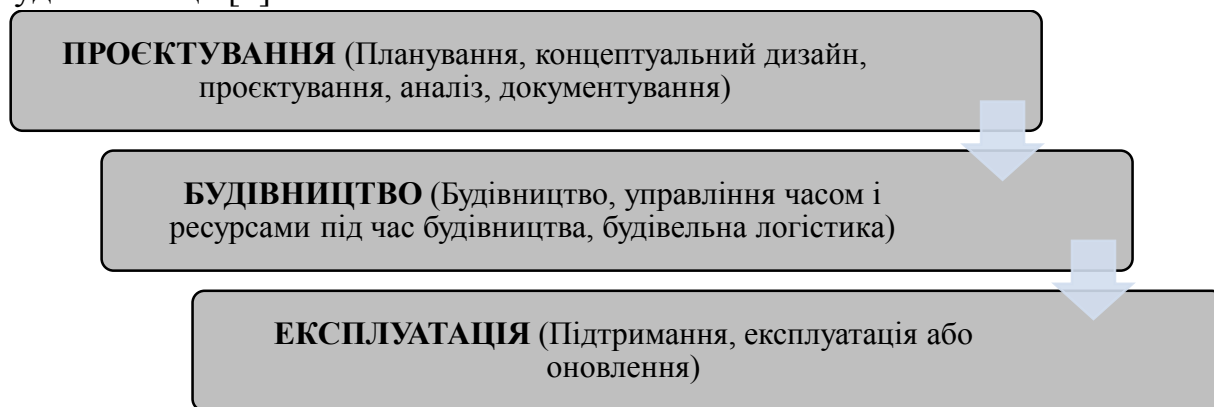


Рис. 2. Життєвий цикл будівлі в концепції BIM

Однією з важливих складових технології BIM є єдиний інформаційний простір, база даних, де міститься вся інформація з технічних, правових, майнових, експлуатаційних, енергетичних, екологічних, комерційних та інших характеристик об'єкта будівництва. Висока точність та детальний опис моделі даної технології надає змогу провадити розрахунки різного плану (з енергоефективності та енергоспоживання будівель, вогнестійкості та міцності як усієї будівлі, так і її окремих елементів, комплексні розрахунки на довготривалість, та аналізувати отримані результати.

У наступні роки графічні BIM-моделі зможуть забезпечити інформацією системи технічного обслуговування будівель. Сюди відноситься інформація щодо споживання енергії, результати профілактичного обслуговування. Дослідження та трактування даних, отриманих з BIM-моделей, дає можливість уникнення помилок у майбутньому та вдосконалення процесів проектування та будівництва.

З розвитком технологій покращується не лише виконання самих робіт, але і взаємодія кінцевого споживача з проектом та будівництвом. У

будівельних проектах отримує використання віртуальної реальності (VR). Наприклад, тепер можна здійснити віртуальну прогулянку майбутньою будівлею і подивитися, як вона виглядатиме після завершення будівництва. Віртуальна реальність допомагає краще зрозуміти та уявити проект усім його учасникам: будівельникам, інвесторам і навіть майбутнім мешканцям. На дану технологію очікує активний розвиток, а функціонал буде доступний навіть на мобільному телефоні. Замість того, щоб одягати громіздкі VR-окуляри, достатньо буде просто озброїтися телефоном.

Доповнена реальність (AR) означає накладення цифрової інформації на реальні об'єкти навколишнього світу. Варіантів використання доповненої реальності в будівництві безліч. Ця технологія може використовуватись для демонстрації монтажу нових систем у існуючих будівлях. Наприклад, можна показати, як труба проходитьиме крізь дах або стіну.

Змішана реальність (MR) являє собою поєднання віртуальної та доповненої реальності. Це означає, що віртуальний об'єкт, що розглядається, настільки органічно вбудований у реальний світ, що здається його частиною, як голограма. За допомогою цієї технології власник будівлі може вийти на будівельний майданчик, надіти окуляри та побачити свою ще не збудовану будівлю в масштабі 1:1. При цьому можна виконувати різні маніпуляції або наближати якісь деталі.

**Висновки.** З впровадженням нових технологій у будівництво покращується як ефективність використаних матеріалів, так і сама виконавча робота на будівельному майданчику. Однак людям не під силу опрацювати настільки великі обсяги інформації. Нова тенденція використання BIM разом із технологією штучного інтелекту дозволяє задіяти повністю всю інформацію, прискоривши обробку даних та значно підвищивши ефективність будівельного процесу.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. Трач Р.В. Інформаційне моделювання в будівництві (BIM): сутність, етапи становлення та перспективи розвитку. Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського. Випуск 16. 2017. С. 490 – 495.
2. <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb> (дата звернення 15.11.2022)
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Цифровий\\_двійник](https://uk.wikipedia.org/wiki/Цифровий_двійник) (дата звернення 15.11.2022)
4. <https://softprom.com/ru/chto-takoe-bim-building-information-modeling> (дата звернення 15.11.2022)

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

*Барулін Д. С., асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Кудрявченко Г.В., здобувач вищої освіти першого(бакалаврського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет*

**Вступ.** Розвиток науки і техніки відбувається з неймовірною швидкістю. Неймовірна швидкість розвитку науки і техніки, щодня дарує нам технології, про які раніше здавались неможливими. Дивовижні розробки сучасних вчених захоплюють і вражають своєю новизною і значущістю.

Бурхливий розвиток технологій в кінці 20 і початку 21 століття не могло не торкнутися будівельну галузь. Основним джерелом інноваційного розвитку були й залишаються будівельні матеріали, удосконалення яких робить неможливе цілком буденним. Так, завдяки новим технологіям в будівництві дозволяють вже сьогодні зводити величезні прольоти мостів і великі перекриття без центральних опор – якихось 20 років тому такі споруди могли б вважатися дивом інженерної справи. Які винаходи в будівельній галузі змінюють світ на краще вже сьогодні? Розглянемо основні із них.

**Основна частина Легкі сталеві тонкостінні конструкції (ЛТСК).** ЛТСК- це особливий клас будівельних металевих конструкцій, що утворюється із сталевих, переважно холодноформованих профілів з товщиною до 4 мм включно, які широко використовуються в різних типах споруд. Мають досить поширене застосування як в якості другорядних елементів (наприклад, покрівельних і стінових прогонів промислових будівель), так і в ролі основних несучих конструкцій легких сталевих каркасів (наприклад, в житлових будинках). Також їх можуть використовувати як окремі конструкційні елементи (наприклад, балки міжповерхового перекриття) або об'єднуватися в більш складні каркасні конструкції. І звичайно, можуть використовуватися для швидкої, зручної та економічної реконструкції будівель [2].

Найбільш широке застосування ЛТСК знайшли в каркасному будівництві: замість рублених або кам'яних стін все частіше використовуються напрямні металеві профілі. Такий спосіб будівництва має ряд переваг:

- простий у зведенні – не вимагається використання важкого підйомного устаткування;
- висока швидкість монтажу;
- широкі архітектурні можливості. Каркасна технологія ЛТСК дозволяє реалізовувати складні архітектурні та конструкторські рішення. Будівництво на основі ЛТСК забезпечує свободу планувань, а можливість розміщувати комунікації всередині каркасних стін і перекриттів дозволяють архітекторам максимально використовувати внутрішній простір, створюючи оригінальні планування.



- Легка вага каркасної конструкції – великоваговий і поглиблений фундамент використовувати не потрібно.
- Надійність і довговічність. Довговічність оцинкованої сталі гарантує надійність конструкції каркаса будинку. Каркас з ЛСТК не схильний до біологічних впливів, стійкий до грибків, комах і гризунів.
- Екологічність. Сталь є абсолютно безпечним матеріалом і не робить ніяких шкідливих впливів на людину. До складу каркасного будинку входять екологічно чисті матеріали. При виробництві та будівництві мінімальну кількість матеріалів йде в неперероблювані відходи.
- Вогнестійкість і пожежна безпека. Каркаси з ЛСТК з типовою обробкою з успіхом проходять пожежні випробування.
- Особлива конструкція термопрофілей -стійкі до морозу і сильної спеки. Каркасні конструкції за коефіцієнтом теплопровідності можуть зрівнятися з конструкціями з натуральних матеріалів [2].

**Незнімна опалубка.** Блок незнімної опалубки – це конструкція збірного бетону, що збирається в єдину опалубку конструкцію, значно спрощує процес будівництва, через те що об'єднує кілька технологічних процесів в один: не потрібно ставити дерев'яні чи інші форми, чекати застигання та знімати їх. Такий фундамент не потребує багато рук, тож економить фінанси та час. В той час як бетон застигає в незнімній опалубці, майстри можуть сміливо переходити до наступного етапу.

Суть технології полягає в тому, що опалубка, яка застосовується для створення монолітних залізобетонних конструкцій, після попереднього затвердіння робочого розчину не знімається, а використовується як заповнювач порожнин та теплоізоляційний матеріал. Цим самим скорочується час на монтаж монолітної конструкції в цілому. У якості вихідних матеріалів для створення незнімної опалубки використовуються як натуральні (дерево у вигляді хвойної тріски), так і штучні (пінополістирол) матеріали [3].

**3D-панелі.** 3D – панелі – це одна з найсучасніших технологій будівництва, яка об'єднує принципи відразу двох способів зведення конструкцій: каркасно-панельного і монолітного. Основа будівлі, тобто його каркас, збирається з типових пінополістирольних елементів, попередньо вироблених на заводі. Первинний монтаж закінчується, коли арматурні сітки, вмонтовані в панелі, приварюються до основних арматурних стрижнів з нержавіючої сталі.

Таким чином, створюється стійка несуча конструкція, яка служить ідеальним каркасом для заливки бетону. У результаті виходять надзвичайно міцні, надійні і швидкі у зведенні монолітні конструкції з потужною арматурною підкладкою [1].

**Технологія напруженої арматури.** До списку новітніх віяння будівельної галузі також належить технологія напруженої арматури, яка заключається в тому, що замість типових балок і опор в якості основних тримальних елементів використовується арматура, виконана з надміцних матеріалів. Використовуючи домкрати та спеціальну техніку, будівельники спочатку створюють «опорний кістяк» майбутньої конструкції (прольоту

моста, куполи будівлі), після чого відбувається заливка бетону. Напружена арматура залишається всередині конструкції, і після затвердіння бетону може бути додатково напружена для ще більшого посилення конструкції [1].

Фахівці, що працюють в області монолітного залізобетонного будівництва вважають, що технологія перед- і післянапруженої арматури повинна стати справжнім проривом у будівництві великих споруд вже в якнайближчому майбутньому.

**Гранульоване піноскло.** Піноскло – це новий «старий» матеріал, який був заново винайдений шляхом удосконалення технології виробництва. Раніше виробництво піноскла було надзвичайно дорогим, тому широкого поширення цей теплоізоляційний матеріал не отримав.

Перш за все, така ситуація склалася через складний і тривалий технологічний процес. Піноскло володіє рядом позитивних характеристик, наявність яких робило його перспективним з точки зору функціональності матеріалу:

- Висока міцність.
- Вологостійкість.
- Зручна гранульована форма.
- Морозостійкість.
- Низька теплопровідність.

Експлуатаційний термін будівлі становить близько 50 років, не вимагаючи при цьому капітального ремонту. На відміну від пінополістиролу або мінеральної вати, термін служби споруди, побудованого із застосуванням гранульованого піноскла майже в 4 рази довше [4].

**Проникаюча гідроізоляція.** Якісний захист від корозії й руйнування необхідний фундаменту, несучих конструкцій, покрівлі, стінових покриттів всіх без винятку будівель, особливо в регіонах з помірним кліматом за рік може випадати до 800 мм опадів.

Технологія проникаючої гідроізоляції за принципом своєї роботи кардинально відрізняється від технологій всіх попередніх поколінь. Навіть після будівництва будівлі досить нанести порошкоподібну субстанцію на вологу поверхню елемента конструкції будівлі, яке планується захистити від води. Утворюючи дрібні кристали, така проникаюча гідроізоляція запобігає потраплянню води в мікропори матеріалу, при цьому дає йому « дихати», тобто пропускати повітря, видаляючи надлишки вологи [5].

Така гідроізоляція не боїться механічних пошкоджень і робить бетон водонепроникним, а не створює захисний шар. Для проникаючої гідроізоляції все одно з якого боку від напрямку води вона наноситься. Вона не притискається і не відривається водою. Вона всередині бетону. Їй байдуже. Ну і наостанок, така гідроізоляція постійно працює і не має терміну служби. Вона безстрокова.

**Висновки.** Будівельна сфера не стоїть на місці і впроваджує нові технології, що допомагають полегшити та вдосконалити процес. Нові технології в будівництві дозволяють не тільки скоротити час на здійснення типових операцій, але й істотно зменшити їх вартість, яскравим прикладом

чого служать саме ЛТСК, незнімна опалубка, 3D-панелі, технологія напруженої арматури, гранульоване піноскло, проникаюча гідроізоляція.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Нові технології в будівництві. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://blokbud.lviv.ua/novi-tehnologiji-v-bydivnutsyvi/>
2. Український цент сталевого будівництва [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.uscc.ua/lstk>
3. Незнімна опалубка: що це таке і де вона застосовується? Незнімна опалубка: що це таке і де вона застосовується? [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://krasnebruk.com.ua/neznimna-opalubka-shcho-tse-ta-de-zastosovuyetsya/>
4. Гранульоване піноскло [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://sanpol.ua/ua/library/o-promyshlennom-stroitelstve/granulirovannoe-penosteklo/>
5. Як відрізнити проникаючу гідроізоляцію від обмазувальної [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.penetron.kiev.ua/jak-vubratu-izolaciju>

**УДК 624.01**

### ПРОЕКТУВАННЯ ПАСИВНИХ БУДИНКІВ В КОНТЕКСТІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

*Желуденко К. В., асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну,  
Зубко Є. В., здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Для економічного зростання нашої держави потрібно дотримуватися розумного використання енергії, забезпечуючи тим самим якість життя майбутнім поколінням. На сьогодні одним з найдорожчих видів енергії є тепло. Одним із елементів ресурсоекономії є споживання будівлями мінімальної кількості енергетичних ресурсів. Утеплення приміщень сприяє зниженню втрат тепла та, відповідно, економії матеріальних ресурсів. При цьому існує велика кількість технологій скорочення витрат різних видів енергії, що й зумовлює актуальність вибору теми доповіді.

**Основний текст.** Економія енергії передбачає ефективне використання енергоресурсів завдяки впровадженню інноваційних рішень, що є технічно-обґрунтованими та економічно прийнятними, виходячи з екологічної безпеки й соціальної точки зору.

В останні роки всі енергетичні проблеми розділяють на проблеми з енергозабезпечення та проблеми з енергозбереження, які є взаємопов'язаними. Європейською класифікацією передбачено наступні види енергоефективних будівель:

- будинки з низьким споживанням енергії (low energy house) – теплове споживання складає не більше 60-70 кВт/ч;

- пасивні будинки (passive house) – з питомим річним споживанням енергії менше 15 кВт/ч;
- будинки з нульовим споживанням енергії (zero – energy building) – мають архітектурний стандарт, що і пасивні будинки, але з інженерним обладнанням пристосованим до споживання виробленої самостійно енергії. Питоме споживання – 0 кВт/ч;
- активні будинки, або будинки з плюсовою енергією (active house/energy plus house) – виробляють більшу кількість енергії, ніж споживають, за рахунок влаштування спеціальних інженерних систем.

Оскільки економія енергії на сьогодні є одним з актуальних питань для України, то доцільно створювати пасивні будівлі, що поєднують застосування інноваційної інженерії, архітектурних засобів та матеріалів, які дозволяють зберігати енергію. Пасивний будинок — це будинок, в якому тепловий комфорт досягається виключно за рахунок додаткового попереднього підігріву або охолодження свіжого повітря, що необхідне для підтримки в приміщенні повітря високої якості, без його додаткової рециркуляції. Підтримці у будинку комфортної температури сприяє постійне поповнення енергії завдяки теплоносіям. Таку потребу можна зменшити, зробити витрати тепла мінімальними. Першим пасивним будинком стала будівля Учбового Центру з вивчення навколишнього середовища (Огайо, США). Принципом пасивного будинку є те, що житло можна обігріти за рахунок тепла, яке виділяється людьми і тваринами, які живуть в ньому, а також побутовими приладами та іншими джерелами енергії.

Пасивні будинки стають принципово новим етапом в будівництві. Вони дозволяють досягнути значного рівня енергозбереження (більш ніж у десять разів), а також відзначаються підвищеною комфортабельністю. Наприклад, пасивні будинки відповідно до європейських стандартів характеризуються чистим повітрям, можливістю автоматичного утримання температури і відносної вологості заданого рівня. Пасивний будинок як правило можна будувати в будь-яких місцях навіть з щільною забудовою, затінена ділянка не буде перешкодою. Щодо окупності, дослідження показує, що будівництво потребує на 5-7% інвестицій більше лише на початковому етапі.

Пасивний будинок можна зібрати за декілька тижнів і встановити в будь-якому місці. Він є незалежним від електромереж, каналізації та водопостачання та має системи очищення води та повітря. В процесі реконструкції старої будівлі можна втілити нові технології, тому звичайний будинок можна перетворити в пасивний.

Для пасивного будинку для забезпечення високої якості повітря, має надходити 30 м<sup>3</sup>/чол на годину. При нормальному тиску і температурі 21°C теплоємність повітря становитиме 0,33 Вт/(м<sup>3</sup>\*К). Щоб уникнути карбонізації пилу або спалювання дрібних часток пилу в повітрі, свіже повітря може бути нагріте максимум до температури 51°C.

Сертифікований пасивний будинок складається з таких будівельних конструкцій: стін, даху, підлоги з підвищеною теплоізоляцією. Якісна теплоізоляція в такому будинку досягається завдяки добре ізольованим

зовнішнім оболонкам. В існуючих будівлях на витрати тепла через зовнішні стіни та дах припадає понад 70% від загальних теплових витрат. Таким чином потрібно зробити якісну теплоізоляцію, використовувати тришарові вікна. На схемі теплоізоляційної оболонки будівлі (рис. 1) жовтим кольором зображено безперервна теплоізоляційна оболонка, влаштування якої призведе витрати до мінімуму, а червоним кольором - додатковий герметичний шар, який влаштовують через те, що деякі теплоізоляційні матеріали не є герметичними. Також потрібно мінімізувати теплові містки.

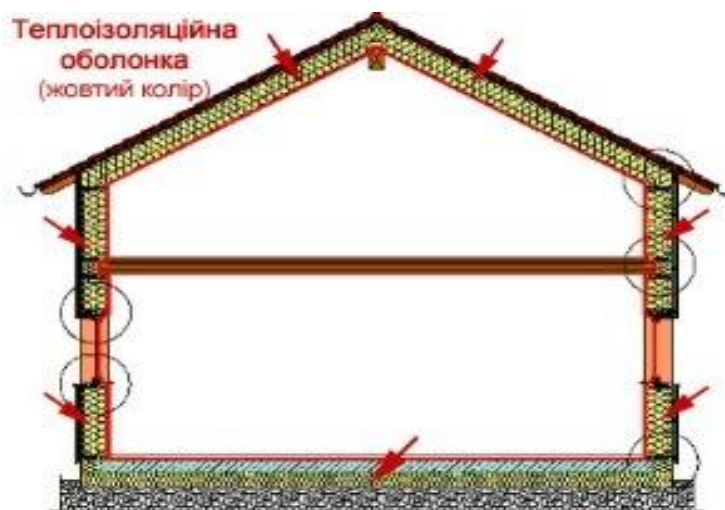


Рис.1. Схема теплоізоляційної оболонки будівлі

Джерело: [3]

**Висновки.** Отже, при будівництві житлових будинків архітектурно-просторові та об'ємно-планувальні рішення мають бути спрямованими у першу чергу в сторону підвищення енергоефективності будівлі. Це передбачає розробку раціональних, енергетично вигідних рішень, застосування інноваційних інженерних систем, технологій енергозбереження, використання вискоелективних теплоізоляційних матеріалів. Пасивному будинку як правило, потрібна невелика кількість енергії на опалення, що дає можливість заощаджувати ресурси.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. <https://patch.com/massachusetts/winchester/bp--passive-house-vs-active-house-two-compelling-buil33c0960904> (дата звернення 12.11.2022)
2. <https://karpatybud.com.ua/statti/pasyvniy-budynok/> (дата звернення 12.11.2022)
3. <https://passivehouse-igua.com/passive-house/passive-house-integrated-thermal-protection/> (дата звернення 12.11.2022)
4. <https://passivehouse-igua.com/passive-house/passive-house-fag/> (дата звернення 12.11.2022)
5. <https://ukrainer.net/haus-me/> (дата звернення 12.11.2022)



*Наукове видання*

*Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього тисячоліття: зб. наук. пр.:  
Вип. 5. – Херсон:ХДАЕУ, 2022. – 64 с.*

*Збірка наукових праць видається за підсумками щорічної  
V Всеукраїнської науково – практичної Інтернет конференції  
«Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього  
тисячоліття»,  
17 листопада 2022 р.*

*В оформленні збірки наукових праць прийняли участь:  
Чеканович М.Г., Желуденко К.В.*

*Формат А4  
Гарнітура Times New Roman  
Умовних друкованих аркуша 7,39*

