

**Міністерство освіти та науки України  
Херсонський державний аграрно-економічний університет**

**«БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ  
ТА СПОРУДИ ТРЕТЬОГО ТИСЯЧОЛІТТЯ»**

**Збірка наукових праць**

**ВИПУСК 6**



**15 листопада 2023 року**

**м. Херсон, м. Кропивницький**

Видається за рішенням редакційної колегії VI Всеукраїнської науково-практичної Інтернет 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 № 4 від 29 листопада 2023 р.*

Збірник наукових праць складено за матеріалами конференції спрямованої на науковий пошук, обмін досвідом, впровадження результатів наукових досліджень у практичну будівельну діяльність підприємств і установ, установлення нових контактів і співробітництва між організаціями та фахівцями.

**Редакційна колегія :**

**Чеканович М.Г.** – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри будівництва, архітектури та дизайну ХДАЕУ, Заслужений винахідник України, Дійсний член Академії будівництва України;

**Ткачук А.І.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну ХДАЕУ – технічний редактор;

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

## ЗМІСТ

<b>1</b>	<b>Добрянська Л.О., Добрянський І.М. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВПЛИВІ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Чеканович М.Г. СИНЕРГІЯ НА ОСНОВІ СИХРОНІЗАЦІЇ МІЦНОСТІ МАТЕРІАЛІВ У ЗАЛІЗОБЕТОНІ</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Смоленська С.О. ЗАГАДКИ ХАРКІВСЬКОГО КОНКУРСУ 1930 РОКУ</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Добрянський І.М., Добрянська Л.О. НАПРУЖЕННЯ ДВОШАРОВИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ СТРИЖНЕВИМИ ЗВ'ЯЗКАМИ</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Волошин М.М. БАЛАНСУВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ – ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ З ОБІГРИВОМ В СТАРИХ БУДІВЛЯХ</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Чеканович М.Г. ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Барулін Д. С., Жабченко С.М. ПІНОСКЛО ЯК ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ У БУДІВНИЦТВІ</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>Добрянський І.М., Добрянська Л.О., Проць В.Є., Кліщ Т.М. НАПРЯМКИ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ІНВЕСТИЦІЙ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЕКТІВ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ ТА ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>Горбатенко А.О., Чеканович М.Г. УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ</b>	<b>37</b>
<b>10</b>	<b>Желуденко К.В., Гуськова А.Г. СПОСОБИ ЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД ЗАЙМАННЯ І ГОРІННЯ</b>	<b>41</b>
<b>11</b>	<b>Балін П.П., Ткачук А.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА МІЦНІСТЬ БЕТОНУ ПЛАСТИФІКАТОРІВ, ЩО СПОВІЛЬНЮЮТЬ ЙОГО ТУЖАВІННЯ</b>	<b>44</b>
<b>12</b>	<b>Зайцев Є. М., Чеканович М.Г. АНАЛІЗ ДАНИХ ТА СТАТИСТИЧНИЙ ОБЛІК ПОШКОДЖЕНЬ ТА РУЙНУВАНЬ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ, ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ</b>	<b>47</b>
<b>13</b>	<b>Волошин М.М., Калиняк А.Р. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ У БУДІВНИЦТВІ</b>	<b>51</b>
<b>14</b>	<b>Клюс О.С. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОСЕНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ</b>	<b>53</b>
<b>15</b>	<b>Панич Є.В., Ткачук А.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ТРИМКУ ЗДАТНІСТЬ ТА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН ПРОСТОРОВОЇ ФЕРМИ ІІ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ</b>	<b>56</b>
<b>16</b>	<b>Чеканович М.Г., Гребенюк В.В. ЛОКАЛЬНЕ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК</b>	<b>60</b>
<b>17</b>	<b>Чеканович М.Г., Зубко Є.В. УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК</b>	<b>64</b>

18	<b>Желуденко К.В., Карпович К.О.</b> АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ НА ОСНОВІ ЦЕМЕНТУ	68
19	<b>Фурсов Ю.В.</b> ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ НЕЕКСПЛУАТОВАНОЇ БУДІВЛІ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ЇЇ ЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ У ВІДПОВІДНОСТІ З СУЧАСНИМИ ВИМОГАМИ	72
20	<b>Южалкін І.С., Ткачук А.І.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА МІЦНІСТЬ БЕТОНУ РІЗНИХ ТИПІВ СУЧАСНИХ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК, ЩО ПРИСКОРЮЮТЬ ЙОГО ТВЕРДІННЯ	79
21	<b>Харламова Л.В.</b> ХУДОЖНИК ПРИРОДНИХ ФОРМ – АРХІТЕКТОР САНТЬЯГО КАЛАТРАВА	83
22	<b>Желуденко К.В., Пивоваров В.М.</b> ОРГАНІЗАЦІЯ ВОДОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ФУНДАМЕНТІВ НЕГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ	88
23	<b>Кручиненко В.А., Ткачук А.І.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	91
24	<b>Лігінович О.О., Ткачук А.І.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА БУДІВЕЛЬНО-ТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ ГІДРОФОБНИХ ДОБАВОК	96
25	<b>Слонь В.В., Колядич А.М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ ҐРУНТОЦЕМЕНТНИМИ ПАЛЯМИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ	97
26	<b>Слонь В.В., Маринчук В.П.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	100
27	<b>Слонь В.В., Желіба М.М.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПАРОІЗОЛЯЦІЇ В БУДІВНИЦТВІ	103
28	<b>Слонь В.В., Машков Є.С.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕГУЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОДИФІКОВАНИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ	106
29	<b>Слонь В.В., Чернишов О.С.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ І МІЦНОСТІ ЦЕГЛЯНИХ СТІН ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ	109
30	<b>Слонь В.В., Савченко Д.С.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДСИЛЕННЯ СТІН ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ	112
31	<b>Слонь В.В., Фазаіров Ф.У.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СХОДІВ	115
32	<b>Слонь В.В., Черних Є.В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВЗУЧОСТІ БЕТОНУ НА РОБОТУ ПОПЕРЕДНЬО-НАПРУЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	118

## ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВПЛИВІ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ

*Добрянська Л.О., к.е.н., доцент, Добрянський І.М., д.т.н., професор,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ*

Високоінтенсивне іонізуюче випромінювання є додатковим у порівнянні з силовим навантаженням і нагрівом чинником, який впливає на міцність, надійність та довговічність будівельних конструкцій. Його вплив має бути врахований при проектуванні та експлуатації об'єктів, що зазнають впливу радіаційного випромінювання. Такі впливи також мають бути враховані у відповідних розрахункових методиках та нормативних документах.

Розробка нових нормативних актів та методик набуває особливої актуальності у наші дні, коли ставиться задача визначення і подовження термінів використання енергетичного обладнання і споруд атомних електростанцій, паспортний термін експлуатації яких вичерпано. Їх міцнісний розрахунок здійснювався на основі дійсних на момент виготовлення розрахункових методик та емпіричних даних для неопромінених матеріалів. Можливі впливи радіації враховувались шляхом введення відповідних коефіцієнтів запасу міцності. За десятки років накопичено значний об'єм експериментальних даних про вплив опромінення на механічні властивості конструкційних матеріалів, зокрема, бетонів [1; 2; 3]. На цій основі можна зробити перерахунок напружено-деформованого стану деяких інженерних конструкцій, кількісно оцінити реальні запаси міцності, які вони мають на момент здійснення розрахунків. Відповідні обчислення слід вести для об'єктів з реальною геометричною формою при мінімумі спрощуючи гіпотез. Такі дані можна отримати з використанням сучасних методів чисельного моделювання, які також у порівнянні з їх станом на момент створення і встановлення відповідного обладнання значно просунулись у своєму розвитку. Нові методики розрахунку разом з уточненими фізичними моделями будуть тим базисом на основі якого можна оцінити нові чи уточнені науково обґрунтовані схеми і методики розрахунку і оцінки міцності.

**Основний текст.** Розглянемо балкову конструкцію (рівномірно навантажену довгу балка висотою  $H$  і шириною  $B$  на опорах шириною  $2a$ , віддалі між якими –  $L$ ). Дослідимо її напружено-деформований стан за дії загального і локалізованого опромінення. Використаємо для цього метод скінченних елементів. З умов симетрії розглянемо частину конструкції:  $0 \leq x \leq L$ ;  $-H/2 \leq y \leq H/2$ ;  $-B/2 \leq z \leq B/2$  (рис. 1).

Обчислення виконаємо в межах рівнянь тривимірної і плоскої термопружно-пластичності з використанням ізопараметричних біквадратичних скінченних елементів [1]. Запишемо граничні умови для плоскої задачі:

$$u_x(0, y) = 0, \quad u_x(L, y) = 0; \quad (1)$$

$$u_y(x, -H/2) = 0 \quad \forall x \in [0, a] \cup [L - a, L], \quad (2)$$

$$\sigma_{yy}(x, H/2) = -p(x), \quad \sigma_{yy}(x, -H/2) = 0, \quad \forall x \in [0, L] \quad (3)$$

Умови (1) є умовами симетрії, (2) – це умови в місцях контакту балки з опорами, перша умова (3) – це умова поверхневого навантаження балки, тоді як друга – умова вільної нижньої поверхні.

Для числових розрахунків прийmemo такі вихідні дані:

$$L = 2,1 \text{ м}; \quad H = 0,2 \text{ м}; \quad a = 0,1 \text{ м};$$

$$E = 2,1 \cdot 10^4 \text{ МПа}; \quad \nu = 0,25; \quad p = 1 \text{ кПа}.$$

Розподіли прогину (переміщень  $u_y$  точок нижньої поверхні) та осьових напружень на верхній навантаженій (суцільна лінія) та нижній вільній (штрихова лінія) поверхнях балки залежно від координати  $x/L$  подано у вигляді графіків на рис. 1 та 2 відповідно. Ці результати відповідають моменту виготовлення конструкції.

Припустимо, що матеріал конструкції зазнав дії іонізуючого випромінювання [1]. Як приведено в [1], модуль пружності за впливу радіаційного опромінення зменшується до 75% (фактично до 15700 МПа). У зв'язку з цим розглянуто випадки, коли  $E = 1,57 \cdot 10^4$  МПа для всієї балки та для її частин (за припущення, що балка локально піддавалась радіаційному опроміненню).

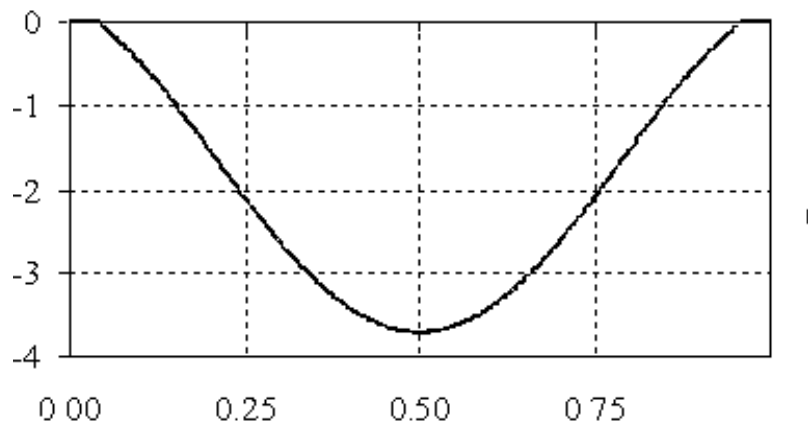


Рис 1. Прогин балки без врахування опромінення

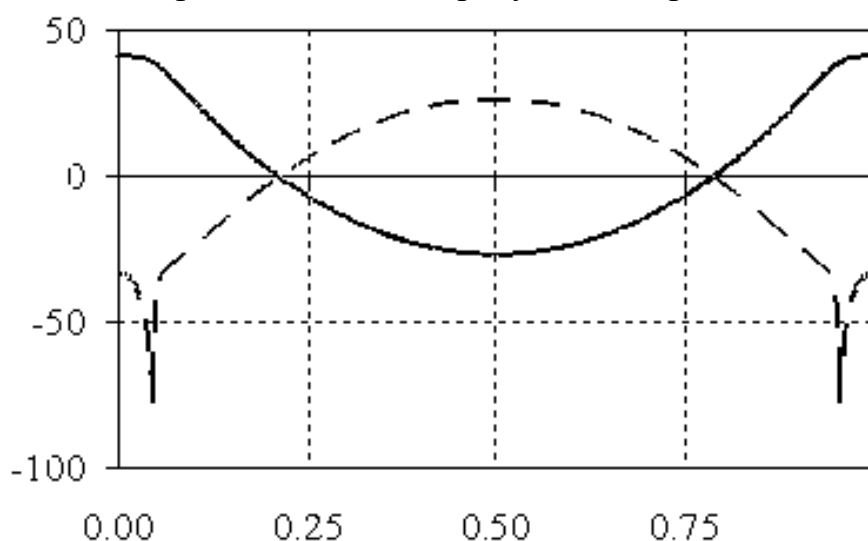


Рис. 2. Напруження на верхній (суцільна лінія) та нижній (штрихова лінія) поверхнях балки без врахування опромінення

На рис. 3 суцільною лінією подано переміщення  $u_y$  точок нижньої поверхні за випадку, коли матеріал всієї балки деградував під дією радіаційного опромінення. На цьому ж рисунку штриховою лінією показано переміщення для балки у вихідному стані. Бачимо істотну (до 33%) різницю між ними. Розподіли переміщень при усіх можливих локальних впливах радіаційного опромінення на балку за розглядуваного навантаження лежать між цими двома кривими. Зокрема, для порівняння штрих-пунктирною лінією на рис. 3, коли ліва половина балки ( $x \in [0, L/2]$ ) перебувала в зоні опромінення.

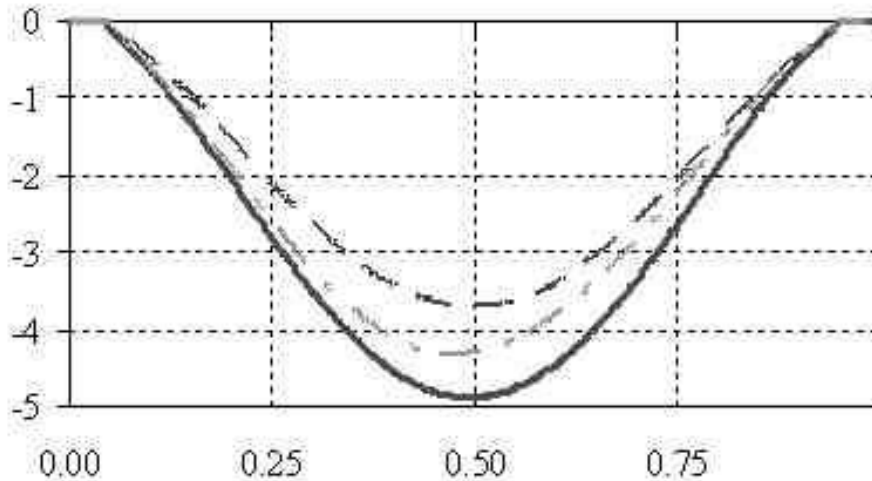


Рис 3. Прогин балки

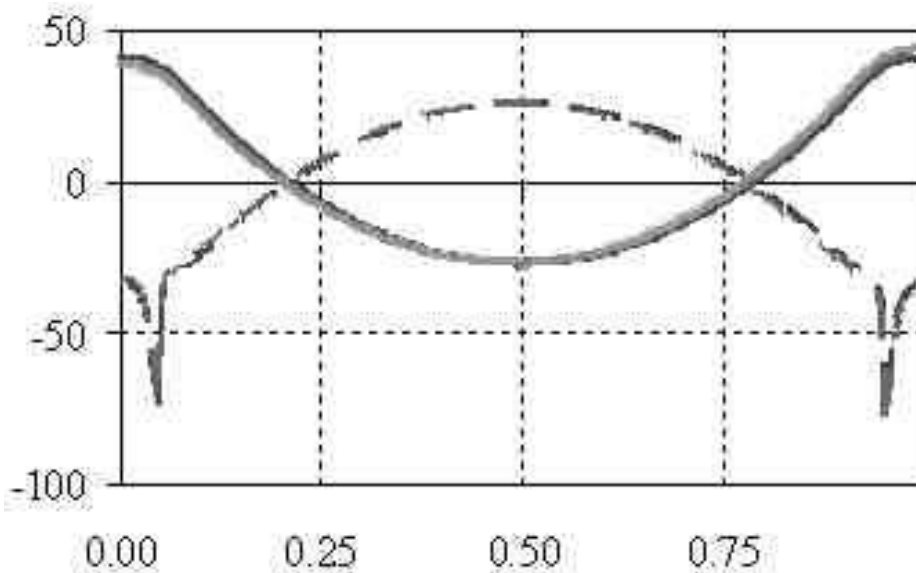


Рис. 4. Напруження на верхній (суцільна лінія) та нижній (штрихова лінія) поверхнях балки з урахуванням опромінення і без такого врахування

Порівняльний аналіз отриманих розподілів напружень для різних локальних і загального впливів на балку радіаційного опромінення не виявив істотного впливу опромінення на напружений стан балки (рис. 4). Криві практично накладаються одна на одну в масштабі рисунка. Збільшення максимальних напружень при врахуванні опромінення не перевищує 6-7%.

Дослідження збіжності та достовірності отримуваних результатів (шляхом порівняння розв'язків, отриманих на різних скінченно-елементних поділах області і в межах різних моделей) показало, що досить точні розв'язки отримуємо вже за двох елементів по висоті балки (розміри елементів в інших вимірах приймалися такими, щоб елементи максимально наближались до квадратів у випадку плоскої задачі і кубів – у випадку просторово тривимірної задачі). При цьому в межах плоскої задачі максимальний прогин розглядуваної вихідної балки защемленої на краях становив 3,99 мм для плоского напруженого стану і 3,74 мм для плоского деформованого стану. Результати розв'язку відповідної тримірної задачі потрапляли між ними (3,97 мм) – ближче до результатів задачі про плоский деформований стан.

Зауважимо, що аналітичний розв'язок в межах моделі балки Ейлера-Бернуллі для навантаження  $p \cdot B$  – 3,62 мм. Таке майже десятивідсоткове відхилення можна пояснити тим, що розглядувана балка досить товстостінна (із збільшенням співвідношення  $L/H$  результати узгоджувались краще).

**Висновки.** 1. Здійснено скінченно-елементний аналіз і оцінку впливу іонізуючого випромінювання на напружено-деформований стан балочної конструкції, досліджено його еволюцію, залежності від дози отриманого випромінювання. Вибрана фізична модель враховує вплив випромінювання на модуль пружності бетону. Показано, що максимальні напруження слабо залежать від отриманої дози опромінення. При цьому при зменшенні модуля пружності на 25% приблизно на 33% збільшується максимальний прогин балочної конструкції.

2. Досліджено вплив локалізованого радіаційного опромінення на напружений стан балочної конструкції в залежності від місця локалізації та дози опромінення. При локалізованому радіаційному опроміненні задача визначення напруженого стану і переміщень балки є фізично нелінійною і не може бути розв'язана відомими класичними методами. Отримані числові дані про напружений стан конструкції можуть бути перераховані з дози радіації на час її отримання і використані для визначення граничної тривалості експлуатації. Коефіцієнт запасу міцності конструкції із збільшення дози радіації зменшується насамперед з причини зменшення межі текучості бетону. З отриманих даних видно, що чинник зміни пружних властивостей бетону слабо впливає на напружений стан конструктивних елементів, які виготовлені з його використанням, однак, істотно впливає на виникаючі в системі переміщення, що може бути причиною збільшення навантажень і напружень в елементах будівельних конструкцій, які контактують з деталями, виготовленими із бетону. Цей фактор безсумнівно має бути врахований при створенні нових чи уточненні існуючих методик розрахунку будівельних конструкцій. При цьому додатковим засобом підвищення їх точності є використання сучасних методів числового розв'язання інженерних і науково-прикладних задач.



### Список використаних джерел

1. Вплив радіаційного випромінювання на поведінку будівельних матеріалів і конструктивних елементів/ Й.Й. Лучко, І.М. Добрянський // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: збірник наукових праць. Дніпро: 2010. №56. С. 251–257.
2. Добрянський І. Вплив перепаду температур на несучу здатність та експлуатаційну надійність сталобетонних балок / І. Добрянський, А. Грицевич // Вісник Львівського державного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво. 2003. № 4. С. 15–18.
3. Sala A. Radiant properties of materials / A. Sala. Warsaw : Polish Sci. Publ., 1986. 479 p.

УДК 624.01

## СИНЕРГІЯ НА ОСНОВІ СИХРОНІЗАЦІЇ МІЦНОСТІ МАТЕРІАЛІВ У ЗАЛІЗОБЕТОНІ

*Чеканович М.Г.*

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

**Вступ.** Як відомо, синергія (від грец. *συνεργία* Synergos – (syn) разом; (ergos) дія) — це сумуючий ефект, який полягає у тому, що при взаємодії двох або більше факторів яких дія суттєво переважає ефект кожного окремого компонента у вигляді простої їх суми. У випадку залізобетону маємо два матеріали – бетон і сталь [1]. Матеріали характеризуються своїми фізико-механічними властивостями, де головними є залежність між напруженнями і деформаціями. Сумарний ефект від максимального прояву міцності кожного матеріалу в залізобетоні може перевершити ефект від міцності кожного окремого компонента у вигляді простої суми.

У зв'язку з тим, що матеріали в залізобетоні зовсім різні за характеристиками, то і виявляються вони свою міцність у різний час при експлуатації конструкцій. Тому постає проблема синхронізації прояву характеристик міцності бетону і сталі задля досягнення синергії [2, с. 71-82; 3, с. 65-69; 4 с. 1009-1014].

**Основна частина.** Синхронізація міцності матеріалів у залізобетоні не може бути досягнута при зчепленні бетону і сталі. Це пояснюється необхідністю різних за величиною деформацій для прояву максимальної «міцності» бетону і сталі. А це веде до необхідності різних швидкостей деформування бетону і сталі задля можливості одночасного прояву їх міцності в залізобетонній конструкції. Математично це можна представити залежностями (1-4):

$$\begin{aligned}\Delta t_1 &= t_{sel} - t_{crc}^0; \\ \Delta t_2 &= t_{fs} - t_{fc}^0\end{aligned}\quad (1)$$

$$\begin{aligned}t_{fs} &= t_{fc}^0; \\ t_{sel} &= t_{crc}^0\end{aligned}\quad (2)$$

$$\Delta t_i = L_{ci} \int_0^{\varepsilon_{fc}} \frac{d\varepsilon_c}{v_{ci}} - L_{si} \int_0^{\varepsilon_{fs}} \frac{d\varepsilon_s}{v_{si}}\quad (3)$$

$$\Delta t_i = 0$$

$$\overline{v_{mi}} = \overline{v_{si}} - \overline{v_{ci}}\quad (4)$$

$$\varepsilon_c \neq \varepsilon_s$$

Як випливає з вищенаведеного, відносні деформації бетону і сталі не можуть бути однаковими за величиною в конструкції.

Автором запропоновані теоретичні засади вирішення проблеми, що нижче представлені графіками роботи матеріалів у залізобетонних конструкціях.

Графічне представлення вирішення проблеми синхронізації роботи бетону і сталі показано, зокрема, на рис. 1. Тут представлено варіант приведення роботи арматурної сталі до деформаційних властивостей бетону, як при стиску, так і при розтягу.

На рис. 2. показано варіант приведення роботи бетону до деформаційних властивостей арматури, як при стиску, так і при розтягу. Особливістю схеми є те, що тут ще й синхронізована робота самого бетону при стиску й при розтягу.

Удосконалена і рекомендована для впровадження схема синхронізованої роботи бетону і сталі при стиску і розтягу показана на рис. 3. Тут крім міцності синхронізується робота у пружній стадії матеріалів. Останнє має особливе значення при багатоцикловому навантаженні конструкцій в процесі експлуатації.

В результаті випробування серії нових залізобетонних згинаних елементів виявлена синергія на основі синхронізації міцності матеріалів у залізобетоні. На рис. 4 показана залежність «навантаження-прогин» для саморегульованої синхронізованої балки і звичайної балки з ідентичними параметрами. За результатами випробувань за рахунок синергії на основі синхронізації міцності матеріалів у залізобетоні вдалося підвищити міцність балки у три рази, зменшити прогини у три з половиною рази та досягти відсутності тріщин.

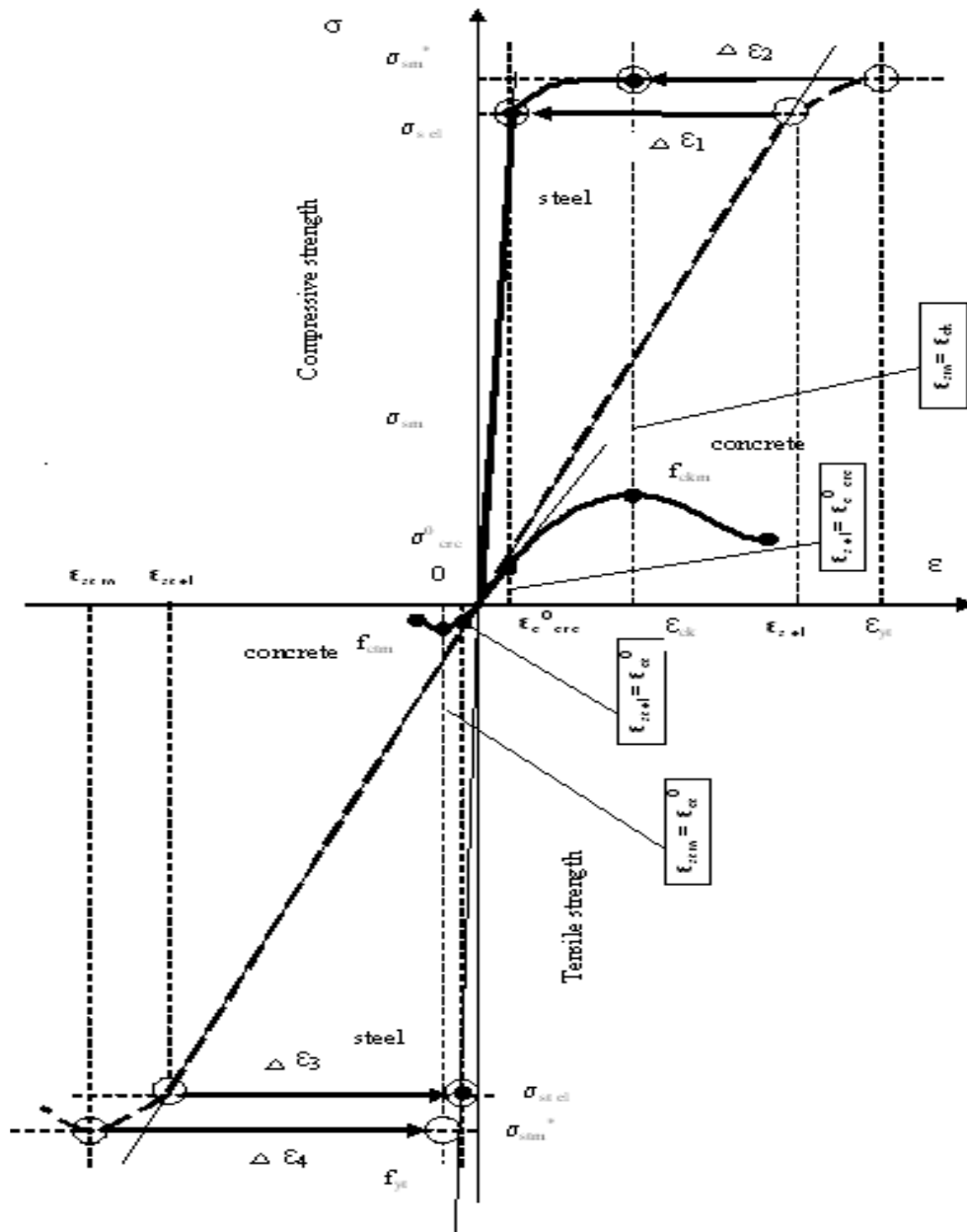


Рис. 1. Схема діаграм роботи бетону і сталі у залізобетоні традиційна і запропонована

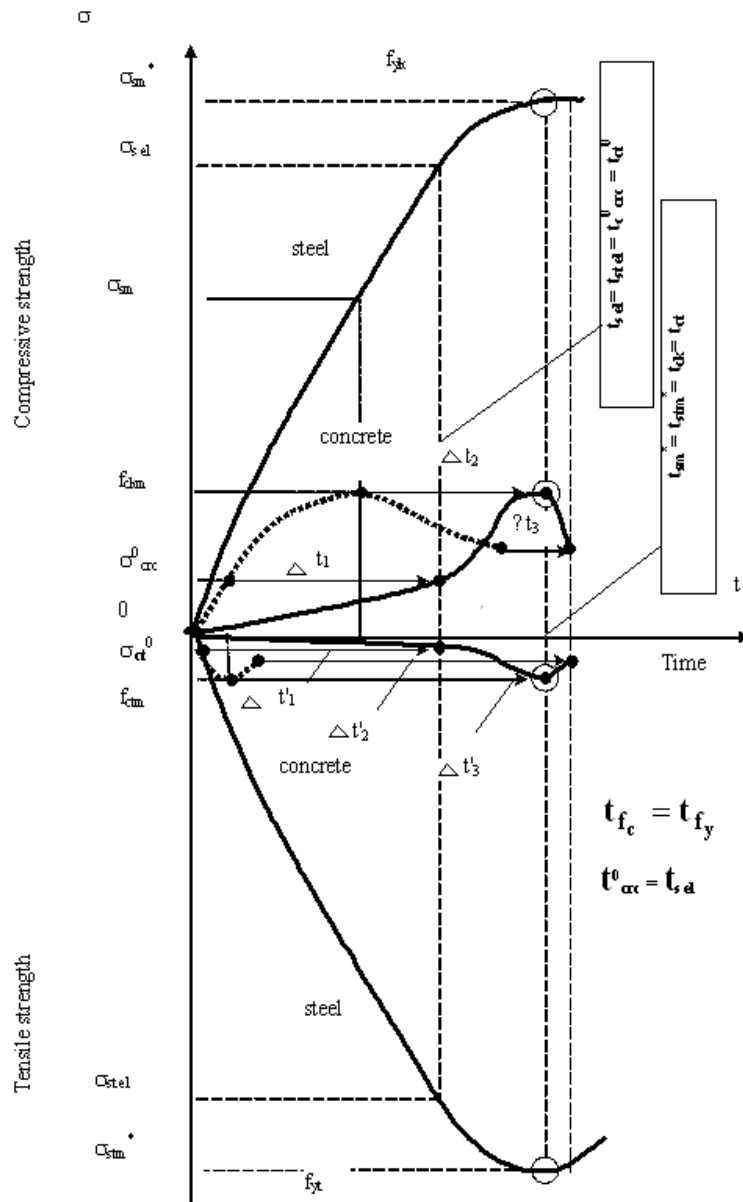


Рис. 2. Схема синхронізованої роботи бетону і сталі при стиску і розтягу

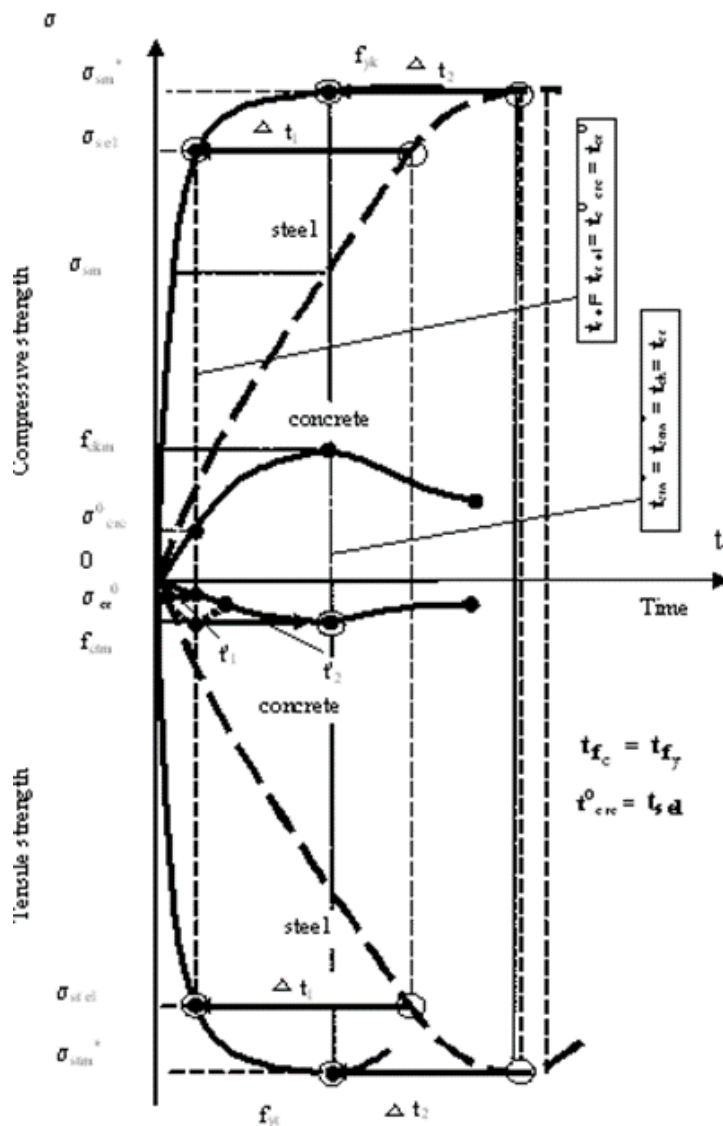
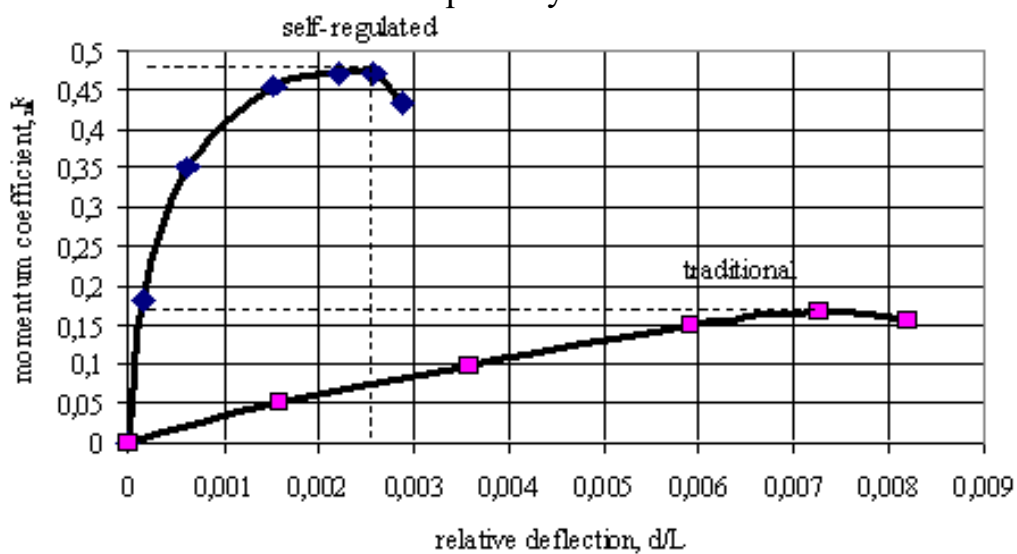


Рис. 3. Удосконалена схема синхронізованої роботи бетону і сталі при стиску і розтягу



Beams tests results

Рис. 4. Результати синергії на основі синхронізації міцності матеріалів у залізобетонні саморегульовані балки в порівнянні зі звичайною балкою

**Висновки.** Встановлено, що за рахунок синергії на основі синхронізації міцності матеріалів у залізобетоні вдалося підвищити міцність регульованої балки у три рази, зменшити прогини у три з половиною рази та досягти відсутності тріщин в конструкції.

### Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування // Мінрегіонбуд України, Київ, 2009. 97 с.
2. Чеканович МГ. Експериментальні дослідження міцності та деформативності регульованої балки Чекановича. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, 2022. С. 71–82.
3. М. Chekanovych [Stress-Strain state of reinforced concrete beams strengthened with a flexible rod-roller system](#). AIP Conference Proceedings, 2023. С. 65-69.
4. Chekanovych, M., Chekanovych, O. Smart reinforced concrete structures /Keep Concrete Attractive. Proceedings of the fib Symposium. 2005, 2, С. 1009–1014  
(<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=AuthorProfile&authorId=57192938389&zone=#:~:text=Smart%20reinforced%20concrete,%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8B%201009%E2%80%931014>).

**УДК 72.01**

### ЗАГАДКИ ХАРКІВСЬКОГО КОНКУРСУ 1930 РОКУ

*Смоленська С.О., д.арх., професор,*

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон;  
запрошений дослідник у Школі архітектури та архітектури інтер'єру*

*Детмольда, Університет прикладних наук і мистецтв  
Оствестфалія-Лінне (ТН OWL)*

Дослідження підтримано Volkswagen Stiftung.

**Вступ.** Міжнародний конкурс, проведений у Харкові в 1930 році, залишається маловивченою, сповненою загадок яскравою подією в історії міжвоєнного модернізму, яка свого часу залучила рекордну кількість учасників з усього світу [1]. Його підсумки було підбито та опубліковано навесні 1931. У червні того ж року було оголошено конкурс на кращий проект Палацу Рад у Москві, який, як відомо, став фатальним для архітектурного авангарду в СРСР та Україні. Офіційна заборона на конструктивізм, його переслідування, цькування його прихильників тривали два наступні десятиліття. Долю модерністських проектів, надісланих на харківський конкурс, було вирішено

наперед. Через те, що вони були втрачені, дослідження конкурсних подій стикається з великою кількістю проблем [2]. Сам пошук документів, фотокопій автентичних проектів або підготовчих креслень, що збереглися в особистих архівах учасників з різних країн, утруднений широтою географії, пов'язаний з мовними труднощами, йому перешкоджає відсутність інформації про номінантів тощо.

Мета статті – на прикладі дослідження матеріалів міжнародного конкурсу на проект Державного українського театру в Харкові 1930 року виявити деякі важливі проблеми, з якими доводиться стикатися під час проведення подібних досліджень, а також продемонструвати шляхи їх вирішення.

### **Основний текст.**

Питання про кількість проектів, що надійшли на конкурс, було одним із ключових, що виникло на початку дослідження. Навіть у першоджерелах виявилися розбіжності з цього приводу. Член журі В. Седляр згадує цифру 149 [3, с. 23], а визнаний знавець радянського авангарду С. Хан-Магомедов – 142 [4, с. 478]. Немає згоди з цього приводу й у сучасних дослідників: наприклад, у О. Дудки знаходимо 143 [5, с.14], у О. Воробйова – 144 [6, с. 119]. Авторитетна постать у цьому питанні – відповідальний секретар журі харківського конкурсу архітектор О. Лінецький, який опублікував найбільш повний опис ходу конкурсу одразу після його закінчення, вказує на 144 проекти [7, с. 36]. Це число можна було б вважати валідним, але в тій самій статті Лінецький дає перелік усіх проектів, що надійшли на конкурс, під їхніми девізами залежно від категорій, присвоєних їм журі. За підрахунком виявилось, що він згадав лише 136 девізів. Куди поділися ще 8 проектів? У короткій статті немає можливості перерахувати всі способи, використані в дослідженні для їх виявлення. Ось лише основні. В одному із зарубіжних архівів було знайдено список проектів (під девізами без вказівки авторів), надісланих на харківський конкурс із 11 зарубіжних країн. Його аналіз та зіставлення із переліком Лінецького дозволив відновити деякі загублені девізи. Фотокопії низки проектів під девізами було знайдено в архітектурній пресі 1930-х років, що сприяло відновленню повного переліку номінованих проектів, а також верифікації отриманої інформації. Таким чином, було науково підтверджено, що у конкурсі брали участь 144 проекти.

Цікавий факт був розкритий у процесі дослідження. Як виявилось, не всі проекти, виконані за конкурсною програмою для Державного українського театру на 4000 місць у Харкові, були представлені на конкурс. Німецький архітектор Вільгельм Крайс (Wilhelm Kreis), опублікував свій проект в архітектурному журналі «Die Baugilde» нарівні з проектами-переможцями із зазначенням, що він не брав участь у конкурсному змаганні [8, с. 1571]. Чому автор не відіслав його до Харкова? Чи не вклався у призначений програмою термін? Це поки що не відомо. Але сам прецедент вказує на те, що інтерес до конкурсу був великий, а кількість розроблених проектів навіть перевищувала кількість представлених на ньому. Як можна судити з журнальних ілюстрацій, проект Крайса був виконаний у повному обсязі на високому професійному рівні.

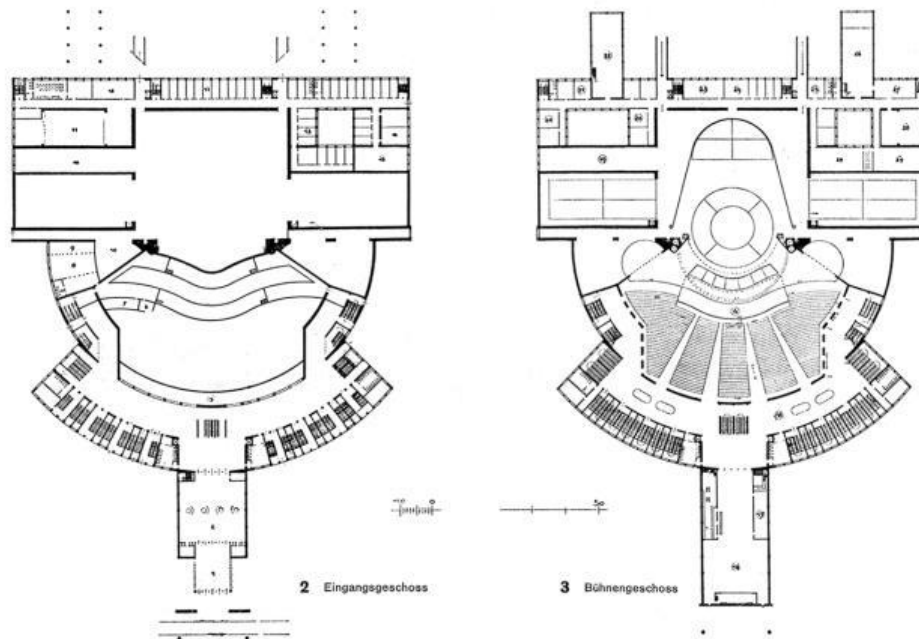


Рис. 1. Проект театру на 4000 місць у Харкові. Плани поверхів.  
Архітектор Вільгельм Крайс, Німеччина, 1930 [8]

Одним із ключових у дослідженні залишається питання авторства. Проекти на конкурс подавалися анонімно під девізами, щоб уникнути упередженості журі. Премійовані проекти були опубліковані, імена авторів було офіційно оголошено. Та навіть у цьому випадку виникають проблеми з ідентифікацією номінантів. Їхні прізвища було перекладено українською мовою та опубліковано кирилицею у вітчизняних засобах масової інформації. У зарубіжній пресі прізвища, у свою чергу, інтерпретувалися і подавалися мовою відповідної країни, що іноді навіть ускладнювало відтворення їх автентичного написання, вимагало використання багатьох дослідницьких прийомів задля виявлення реальних історичних осіб.

Так сталося, наприклад, з проектом під девізом «КТН», що був надісланий зі Швеції та отримав 10-у премію.

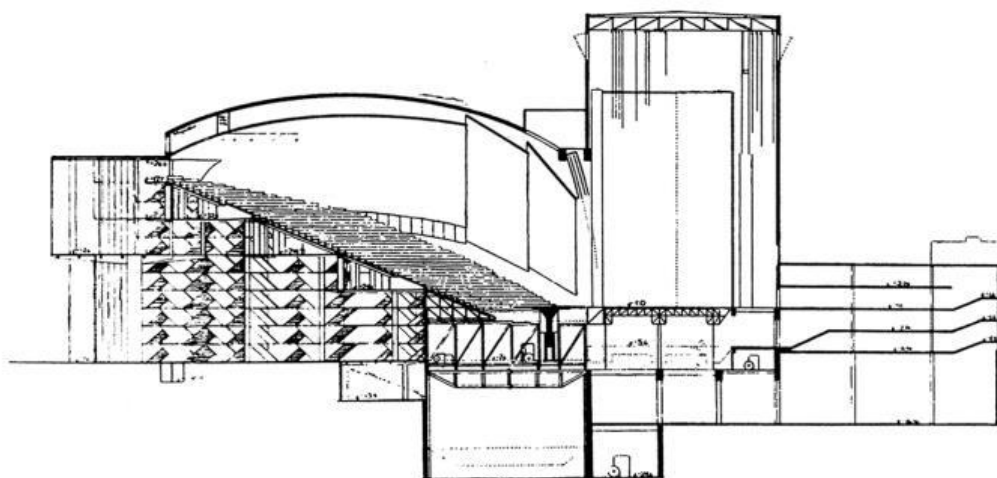


Рис. 2. Конкурсний проект під девізом «КТН», Швеція, 1930. Головний фасад. Архітектори Sune Lindström, Jöran Curman та ін. [8]



Не всі особи, які брали участь у шведському проекті КТН, встановлені. Шведські імена інтерпретувалися в українському тексті кирилицею: І. Курман, Л. Гірц, З. Ліндштром, Р. Петерсон [7, с. 49]. Німецький журнал "Die Baugilde" дав свою версію: Kurmann, Hirtz, Lindstrom und Peterson [8, с. 1571]. Французький варіант написання імен був: Kourman, L. Hirs, L. Lindstrom, G. Peterson [9, с. 48]. Оскільки проект виходив зі Стокгольма, можна було припустити, що КТН є аббревіатурою від Kungliga Tekniska Högskolan – найбільшого технічного університету Швеції, а автори проекту працювали чи навчалися на архітектурному факультеті КТН у 1930-х роках. Цей здогад виявився вірним. У процесі дослідження було виявлено, що у 1926-1931 роках студентом КТН був Суне Ліндштром (Sune Lindström), який пізніше став відомим шведським архітектором. Модерністські ідеї були йому близькі, оскільки він провів семестр у Баухаузі (Дессау) восени 1928 року. Версія знайшла своє остаточне підтвердження після того, як у процесі дослідження було виявлено архів архітектора та у ньому – проект харківського театру (на жаль, без вказівки інших авторів!). Другим можливим претендентом на авторство міг стати Дж. Зігурд Курман (J. Sigurd Curman), ім'я якого було знайдено в переліку передагогів, які працювали в КТН на початку 1930-х. Він викладав історію архітектури і, ймовірно, міг очолювати групу студентів, які розробили проект харківського театру. Однак, більш відповідним за віком був його син Йоран Курман (Jöran Curman), який навчався у КТН одночасно із С. Ліндштромом (1927-1931). Крім того, як з'ясувалося в ході дослідження, обидва вони розробили спільний архітектурний проект у 1959 році. Це могло означати, що їхня співпраця не була випадковою і вони знали один одного раніше. Пошуки двох інших авторів продовжуються.

### **Висновки.**

Дослідження конкурсу 1930 року на проект Державного українського театру у Харкові багатоаспектне. Воно захоплює весь культурний пласт початку 1930-х рр., пов'язаний з розвитком міжвоєнного модернізму, а також з новими тенденціями в архітектурі театральних будівель. Доводиться розширювати його межі, залучаючи вивчення тогочасних архітектурних шкіл, біографій архітекторів, які були вже відомими в галузі театрального будівництва або розпочинали в ті роки свою кар'єру, у пошуках згадки про їхню можливу участь в українському конкурсі. Фактично дослідження торкається проблеми вивчення архітектурного середовища періоду розквіту модернізму, взаємозв'язків між країнами, людьми та подіями, що вплинули на перебіг архітектурної історії.

### **Список використаних джерел**

1. Смоленська С. Харків 1930: українські переможці забутого конкурсу світового рівня// Current Issues in Research, Conservation and Restoration of Historic Fortifications. 2023. Volume 18. С. 84-92.  
DOI: <https://doi.org/10.23939/fortifications2023.18.084>
2. Смоленська С.О. Маловідомий міжнародний конкурс в Україні як апогей авангардного модернізму // Інтелектуальні конструкції та інноваційні

будівельні матеріали. Збірник наукових праць. 2023. Вип. 4. С. 16-19. URL: <http://www.ksau.kherson.ua/konferenc/9155-conf-20230524-1.html>

3. Седляр В. Міжнародний конкурс на проект державного театру масового музичного дійства на 4000 місць у Харкові// Радянський театр. 1931. № 3. С. 21-23.

4. Chan-Magomedow Selim O. Pionier der sowjetischen Architektur. Wien, Berlin, 1983. 618 с.

5. Дудка Е.Н. Нереализованные конкурсы 1920–1930-х гг. в контексте развития архитектурного процесса// Архитектура и градостроительство. Реконструкция и реставрация. Весник МГСУ. 2012. № 6. С. 11-16. URL: <http://dspace.bstu.ru/bitstream/123456789/152/1/6.%20Дудка.pdf>

6. Воробьев А. Ю. Архитектурные конкурсы 1930–1932 годов на театр массового действия и синтетический театр в СССР. Поиски театра нового типа. Специальность 05.23.20 – «Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия» //Диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Москва, 2012. 380 с.

7. Лінецький О. В., Рудник К. А., Шестопап М. М. Міжнародний конкурс на проект Державного українського театру масового музичного дійства на 4000 місць у Харкові// Будівництво. 1931. № 7–8. С. 32-40.

8. Richter. Wettbewerb Theater Charkow // Die Baugilde. 1931. №20. P. 1562-1588.

9. Programme du concours international pour un Théâtre d'Etat Ukrainien de scènes musicales de masses de 4.000 places, à Kharkov//L'Architecture Vivante. 1933. № 40. P. 23-50.

**УДК 614.841.34**

## **НАПРУЖЕННЯ ДВОШАРОВИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ СТРИЖНЕВИМИ ЗВ'ЯЗКАМИ**

*Добрянський І.М., д.т.н., професор, Добрянська Л.О., к.е.н., доцент,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ*

### **Вступ.**

В різних галузях техніки та будівельної індустрії використовуються як елементи конструкцій двошарові підкріплені пластини і оболонки. Це пов'язано з необхідністю покращення умов теплообміну або забезпечення стійкості конструкції. Наприклад, плоскі днища теплообмінників або інших інженерних систем енергетики, двошарові збірні оболонки покриття тощо, зазвичай складаються з двох плоских круглих пластинок, пов'язаних між собою великою кількістю сполучних каналів, розміщених досить рівномірно. Матеріали пластинок та їх робочі температури неоднакові.

**Основний текст.** Предметом дослідження є методика розрахунку і проектування конструкцій, виготовлених на основі багат шарових (двошарових) круглих пластин, пов'язаних між собою великою кількістю сполучних каналів, розміщених достатньо рівномірно стержневих систем за умови дії нерівномірного нагрівання, осьового та поперечного навантаження, що дає змогу в широких масштабах застосовувати такого роду елементи в інженерних системах, які працюють в умовах дії високоінтенсивного теплового та зовнішнього технологічного навантаження.

На основі положень розрахунку двошарових згинальних пластинчатих та стержневих елементів зі стержневими зв'язками в умовах пружної вісесиметричної деформації при дії високої температури та технологічного термомеханічного навантаження дослідити характерні випадки навантаження і нагрівання двошарової круглої пластини з податливими зв'язками за різних крайових умов, а також двошарових стержнів з поперечними зв'язками за різних умов їх навантаження.

Аналіз літературних джерел, методи теорії лінійної пружності, температурних напружень та положень механіки руйнування, апробовані методики розрахунку пластин і стержнів, основи теорії композитів, аналіз результатів числових досліджень.

Обґрунтованість і достовірність результатів та висновків забезпечується коректною і обґрунтованою постановкою відповідних задач визначення напружено-деформованого стану елементів пластинчатого та стержневого типу на основі положень і рівнянь лінійної термопружності, повторюваністю експериментальних даних та результатів теоретичного опису перебігу досліджуваних процесів і явищ, фізичною інтерпретацією отриманих числових результатів та їх узгодженням для деяких часткових випадків з відомими в літературі, застосуванням апробованих пакетів прикладних програм в середовищі алгоритмічних мов високого рівня та числових розрахункових схем.

Народно-господарська значимість отриманих в роботі результатів визначається необхідністю розробки нових і удосконаленні існуючих технологій в теорії і практиці конструкцій покриття і перекриття, що відбувається внаслідок вдосконалення методів монтажу, застосування нетрадиційних рішень, створення нових елементів і поєднанні їх з відомими матеріалами. Застосування нових композиційних матеріалів з регульованими характеристиками стану як складових складних інженерних систем будівельної практики можливе за умов їх детального опису та теоретико-експериментального дослідження [1; 2; 3; 4]. Прикладом можуть бути багат шарові пластини, які є композиціями надміцних армуючих волокон і різного роду зв'язуючих. Вони володіють специфічними механічними особливостями, що суттєво відрізняються від властивостей традиційних матеріалів (сталей, сплавів, бетонів). Більш простий варіант теорії розрахунку двошарових стержнів слугує основою виявлення якісних особливостей поведінки композиційних оболонок, які є альтернативою конструкцій з стержневим каркасом. Такого роду конструкції знаходять широке застосування в практиці вітчизняного будівництва, завдяки тому, що дозволяють створювати

різноманітні архітектурні форми, скорочувати термін монтажу, зменшувати енергомісткість виготовлення і експлуатації.

Розглянемо двошарову круглу пластинку, яка складається з двох різних пластинок сталого товщини, сполучених великою кількістю однакових рівномірно розміщених стержневих зв'язків. Ставиться задача визначення напружень і деформацій в пружній області за осесиметричного навантаження і нагрівання.

Будемо вважати, що в кожній з складових пластинок застосовна звичайна теорія тонких жорстких пластинок, для яких справедливі гіпотези жорсткої нормалі, а також можна знехтувати впливом згину і розтягу. В напрямі нормалі до пластинок в'язі можна вважати абсолютно жорсткими. Це означає, що обидві сполучені пластинки згинаються сумісно, тобто їх прогини  $w(r)$  і кути повороту нормалей  $\varphi(r)$  однакові у всіх точках.

За умови великої кількості зв'язків їх закріплення в пластинках можна розглядати як жорстке защемлення, тобто можна знехтувати місцевою деформацією пластинок між зв'язками. Тоді для стержня сталого перерізу жорсткість на зсув в радіальному напрямі визначається формулою

$$c_0 = \frac{P}{\Delta} = \frac{1}{\frac{l^3}{12EJ} + \frac{\nu l}{GF}} = \frac{E}{\frac{l^3}{13J} + \frac{2(1+\mu)\nu l}{F}}, \quad (1)$$

де  $EJ$  і  $GF$  – жорсткості перерізи стержня при згині і зсуві;  $\nu$  – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу дотичних напружень по перерізу (для трубчатого перерізу  $\nu = 1,5$ ).

Таким чином, при зсуві зв'язків на кожену пластинку діють зосереджені реакції: радіальні сили  $P(r) = c_0 \Delta(r)$  і моменти  $M(r) = \frac{P(r)l}{2}$ , напрями яких протилежні вказаним на схемі (рис. 1).

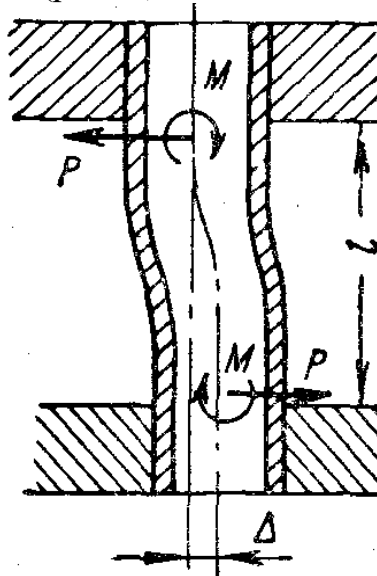


Рис. 1. Схема сил і моментів, діючих на складові пластинки при зсуві жорстких зв'язків

За великої кількості рівномірно розміщених однакових зв'язків цілком природно замінити зосереджені реакції еквівалентними реакціями, неперервно розподілені по внутрішніх поверхнях пластинок:

$$q(r) = \frac{P(r)}{F_0} = \frac{c_0 \Delta(r)}{F_0} = c \Delta(r) \quad , \quad m(r) = \frac{M(r)}{F_0} = \frac{c_0 l \Delta(r)}{2F_0} = \frac{cl}{2} \Delta(r) \quad , \quad (2)$$

де  $F_0$  – площа пластинки, яка припадає на одну в'язь.

Для кожної з складових пластинок мають місце відомі рівняння пружності

$$\left. \begin{aligned} N_{ri} &= A_i \left( \frac{du_1^0}{dr} + \mu_i \frac{u_1^0}{r} \right) - T_i; M_{ri} = D_i \left( \frac{d\varphi}{dr} + \mu_i \frac{\varphi}{r} \right) - S_i; \\ N_{\theta i} &= A_i \left( \mu_i \frac{du_1^0}{dr} + \frac{u_1^0}{r} \right) - T_i; M_{\theta i} = D_i \left( \mu_i \frac{d\varphi}{dr} + \frac{\varphi}{r} \right) - S_i; \end{aligned} \right\} (i=1,2). \quad (4)$$

Тут позначено:  $A_i = \int_{a_i}^{b_i} \frac{E_i dz_i}{1 - \mu_i^2}$ ;  $D_i = \int_{a_i}^{b_i} \frac{E_i z_i^2 dz_i}{1 - \mu_i^2}$  – циліндричні жорсткості

при розтягу і згині;  $T_i = \int_{a_i}^{b_i} \frac{E_i \alpha_i t_i dz_i}{1 - \mu_i}$ ;  $S_i = \int_{a_i}^{b_i} \frac{E_i \alpha_i t_i z_i dz_i}{1 - \mu_i}$  – температурні функції;

$\alpha_i t_i(r)$  – температурні деформації;  $u_i^0(r)$  – радіальні переміщення точок нейтральної поверхні;  $a_i, b_i$  – координати, які визначають положення точок нейтральної поверхні по товщині пластинки (рис. 2). Зазвичай нейтральна поверхня близька до серединної площини, тобто  $a_i \approx b_i \approx 0,5h_i$ .

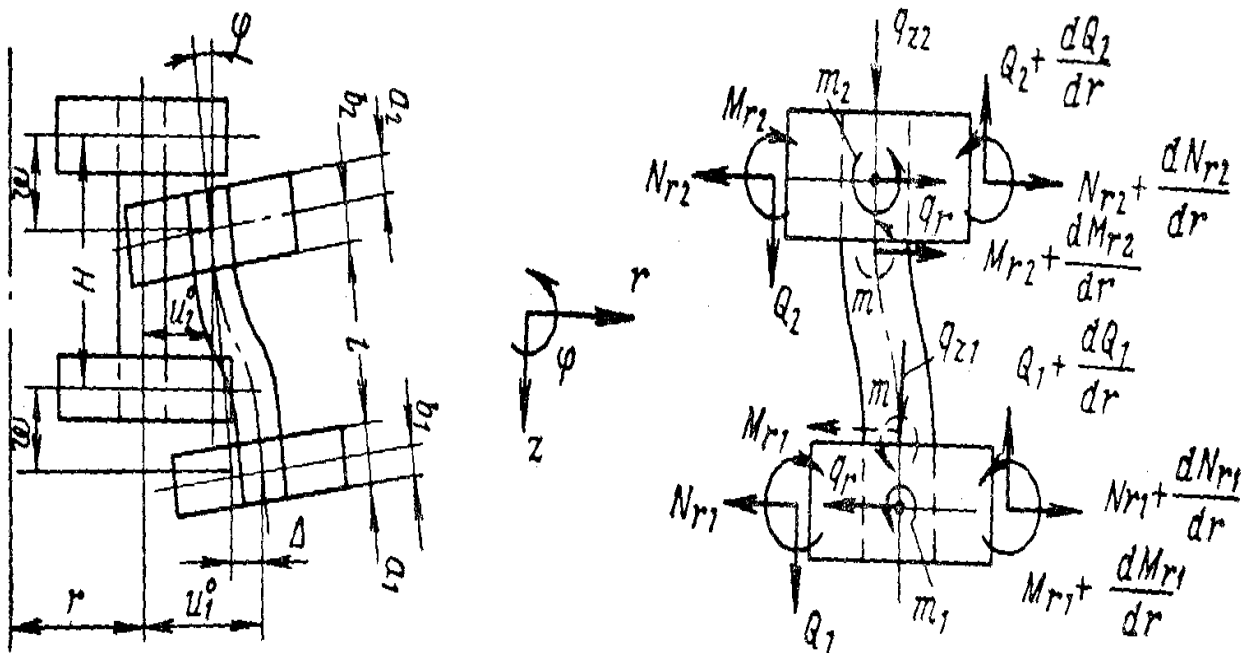


Рис. 2. Схема елементарних переміщень одного зв'язку

Диференціальні рівняння рівноваги відносно розтягу і згину для кожної з пластинок

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 u_1^0(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{du_1^0(r)}{dr} - \frac{u_1^0(r)}{r^2} &= \frac{1}{A_1} \left( q_r + \frac{\partial T_1}{\partial r} \right), \\ \frac{d^2 u_2^0(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{du_2^0(r)}{dr} - \frac{u_2^0(r)}{r^2} &= \frac{1}{A_2} \left( -q_r + \frac{\partial T_2}{\partial r} \right); \end{aligned} \right\} (9);$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \varphi(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{d\varphi(r)}{dr} - \frac{\varphi(r)}{r^2} &= \frac{1}{D_1} \left( -Q_1 - m_1 + \frac{\partial S_1}{\partial r} \right), \\ \frac{d^2 \varphi(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{d\varphi(r)}{dr} - \frac{\varphi(r)}{r^2} &= \frac{1}{D_2} \left( -Q_2 - m_2 + \frac{\partial S_2}{\partial r} \right). \end{aligned} \right\} (10)$$

Беручи до уваги залежності (1.8), два рівняння (1.10) можна замінити одним:

$$\frac{d^2 \varphi(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{d\varphi(r)}{dr} - \frac{\varphi(r)}{r^2} = \frac{1}{D} \left( -q_r H - Q + \frac{\partial S}{\partial r} \right), \quad (11)$$

в якому  $D = D_1 + D_2$  – сума згинних жорсткостей кожної з пластинок;  
 $H = l + a_1 + b_1$  – віддаль між нейтральним і площинами пластинок;  
 $Q(r) = Q_1(r) + Q_2(r)$ ,  $S(r) = S_1(r) + S_2(r)$ .

Введемо нові безрозмірні змінні

$$\rho = \frac{r}{R}; \quad \delta = \frac{u_1^0 A_1 + u_2^0 A_2}{AR}; \quad \psi = \frac{u_1^0 - u_2^0}{H} \left( \frac{D_0}{D} - 1 \right); \quad \theta = \frac{u_1^0 - u_2^0}{H} - \varphi,$$

причому  $A = A_1 + A_2$  – сумарна жорсткість пластинок при розтязі;

$D_0 = D + \frac{H^2 A_1 A_2}{A}$  – згинна жорсткість двошарової пластини за умови абсолютно жорстких зв'язків;  $R$  – зовнішній радіус.

Виконуючи нескладні математичні перетворення систему рівнянь (13) зводимо до трьох незалежних рівнянь виду:

$$\ddot{\delta} + \frac{\dot{\delta}}{\rho} - \frac{\delta}{\rho^2} = \dot{T} \quad (14), \quad \ddot{\psi} + \frac{\dot{\psi}}{\rho} - \frac{\psi}{\rho^2} = -Q^* + \dot{P} \quad (15),$$

$$\ddot{\theta} + \frac{\dot{\theta}}{\rho} - \frac{(1 + k^2 \rho^2) \theta}{\rho^2} = Q^* + \dot{F} \quad (16)$$

У рівняннях (14)–(16) позначено:

$$T = \frac{T_1 + T_2}{A}; \quad P = \frac{R}{H} \left( \frac{T_1}{A_1} - \frac{T_2}{A_2} \right) \left( \frac{D_0}{D} - 1 \right) + \frac{SR}{D};$$

$$F = \frac{R}{H} \left( \frac{T_1}{A_1} - \frac{T_2}{A_2} \right) \left( \frac{D_0}{D} - 1 \right) - \frac{SR}{D}; \quad Q^* = \frac{QR^2}{D} \quad \text{– безрозмірні відомі функції}$$

$$\text{аргументу } \rho; \quad k^2 = cR^2 \left( \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} + \frac{H^2}{D} \right) = \frac{cR^2 AD_0}{A_1 A_2 D} \quad \text{– безрозмірний параметр;}$$

точками позначено диференціювання по  $\rho$ .

Рівняння (14) і (15) відповідають розтягу і згину еквівалентної пластинки з жорсткісними параметрами  $A$  і  $D$  та інтегруються в квадратурах.

Для прогинів формули звичайної теорії стержнів дають занижені значення. При даних розмірах різниця повсюдно складає приблизно 10%. Максимальні напруження мають найзначніші розбіжності поблизу перерізів, де прикладено зосереджені сили.

### Висновки

1. За умови великої кількості зв'язків їх закріплення в пластинках можна розглядати як жорстке защемлення, тобто можна знехтувати місцевою деформацією пластинок між зв'язками.

2. На основі отриманого аналітичного розв'язку виконано аналіз придатності гіпотези абсолютно жорстких зв'язків, яка зазвичай використовується при розрахунку плоских днищ як двошарових пластин. Аналіз числових результатів вказує, що дана гіпотеза приводить до значних похибок у визначенні пружних напружень і деформацій у випадку дії основних навантажень, тиску і крайового моменту, а також нагріванні, причому деякі параметри при корекції розрахунку змінюються в декілька раз.

3. Наведені числові розрахунки показали, що максимальні напруження в стержневих зв'язках, як правило, значно вищі за напруження в самих пластинках. З цього можна зробити висновок, що для розробки методики пружно-пластичного розрахунку такого роду систем гіпотеза абсолютно жорстких зв'язків не адекватна, оскільки в розрахунках має бути врахованою суттєва в даному випадку податливість стержнів в умовах їх пружно-пластичної деформації. Тому розроблена в магістерській роботі методика передбачає заміну стержня еквівалентним суцільним шаром, але зі змінними властивостями. Подальше використання інтегральних рівнянь і методу змінних параметрів пружності дає змогу розробити придатну робочу методику пружно-пластичного розрахунку плоских днищ.

4. Отриманий розв'язок поставленої задачі термопружності дозволяє виявити вплив податливості зв'язок на напружено-деформований стан елементів двошарової пластини і перевірити особливості інших розрахункових схем, зокрема гіпотези абсолютно жорстких зв'язок. Розглянуто деякі загальні результати для найбільш характерних параметрів: 1) крайових податливостей; 2) прогину від рівномірного тиску; 3) зусиль, які діють на зв'язки.

### Список використаних джерел

1. Добрянський І. Вплив перепаду температур на несучу здатність та експлуатаційну надійність сталобетонних балок / І. Добрянський, А. Грицевич // Вісник Львівського державного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво. 2003. № 4. С. 15–18.
2. Добрянський І. Комп'ютерне моделювання дослідних залізобетонних балок, які працюють на згин / І. Добрянський, В. Барабаш, І. Шмиг, С. Бурчєня // Вісник Львівського державного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво. 2008. № 9. С. 104–114.
3. A. Hrytsevych Influence of freeze-thaw temperature on load-bearing capacity of steel-concrete beams / I. Dobryanskyy, Yu. Famuliak // Resource-saving materials, constructions, buildings and structures: Collection of scientific papers of National University of Water and Environmental Engineering – Rivne, 2014. №29. P. 137-142.
4. A. Hrytsevych Selection rationale of the design diagram of steel concrete beam construction under conditions of periodic thermal influences A. Hrytsevych // Architecture and farm building: Bulletin of Lviv National Agrarian University – Lviv, 2017 №18. P. 97-103

УДК 621.22

### БАЛАНСУВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ – ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ З ОБІГРІВОМ В СТАРИХ БУДІВЛЯХ

*Волошин М.М., к.т.н., доцент;*

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

**Вступ.** Старі системи обігріву з часом через свою тривалу експлуатацію починають функціонувати з порушеннями (погіршується розподіл теплоносія, циркуляція та інші показники), тим самим погіршуючи комфортність проживання і роботи в приміщеннях.

**Основна частина.** Причиною всіх проблем є поганий розподіл теплоносія для систем опалення по трубопроводах, відбувається це через гідравлічний дисбаланс. Витрата гарячої води по трубопроводах залежить від місцевих опорів самих ділянок. Цей показник змінюється через засмічень і корозію труб, реконструкцію або ремонти, при додаванні споживачів та опалювальних приладів. У системах, у яких порушена гідравлічна робота, перші споживачі отримують надлишкову кількість тепла, а останні залишаються не догрітими.

У старих схемах балансування систем опалення не продумана, бо не було шляхів виходу з таких ситуацій. Дисбаланс вирішувався різними способами, причому не завжди успішними:



- перший спосіб – збільшення потужності циркуляційних опалювальних насосів. Такий метод приводить до того, що останні споживачі отримують недостатню кількість тепла, а перші будуть перегріті. Отже, при першому способі у споживачів будуть надлишки тепла, які вони будуть видаляти через відчинені вікна та двері. Такий метод економічно не ефективний за великих втрат теплоти, а також через збільшеного споживання електричної енергії насосом;

- другий спосіб – збільшення температури подаваного теплоносія. Таке рішення проблеми призводить до такого ж ефекту, як і в першому випадку. Ціна на паливо зростає, так як його знадобиться значно більше.

Головне завдання, яке виконує балансування опалення – це забезпечення потреб у теплоті всіх споживачів при найгірших умовах (при мінімально можливій температурі). За інших умов робота – обігрів відбувається, як і очікується.

Важливим моментом є факт проведення робіт – після проведення балансування повинно використовуватися мінімальна кількість електричної та теплової енергії.

Для отримання такого результату застосовують:

- балансувальні клапани для опалення з точним виміром;
- різні варіанти балансування і вимірювальні прилади.

Результат проведення робіт безпосередньо залежить від усіх перерахованих вище фактів.

Детально розглянемо обладнання, яке можна застосовувати, а також розкриємо його функціональні можливості:

- клапан для балансування V-типу. Має можливість попередньої настройки, за рахунок цього відбувається обмеження витрати, який відзначений на ручці з шкалою. Володіє двома вимірювальними ніпелями для вимірювань перепаду витрати, температури і тиску. Називають цей клапан V-типу через його конуса, який до потоку теплоносія знаходиться під оптимальним кутом. Ця конструкція потрібна, щоб звести до мінімуму вплив потоку рідини на вимірювання, що в підсумку покращить точність балансування. До того ж такі клапани застосовуються як запірні арматура і для скидання води. Щоб якісно провести балансування потрібно підібрати потрібний розмір клапана, правильно встановити і розрахувати;

- спеціальні прилади, які потрібні для вимірювання перепаду тиску, витрати і перепаду температури на балансувальних клапанах. Потрібно сказати, що це комп'ютерний пристрій дуже багатофункціональний, він має: точні датчики, інтегровані функції вимірювання, усунення виникаючих помилок і балансування, додатковий гідравлічний акумулятор та інші необхідні функції, що допомагають точно і швидко налаштувати систему. Інструкція по установці та зв'язок з персональним комп'ютером за допомогою спеціальної програми для передачі даних і оновлень програми, а також відправці результатів (рис. 1).

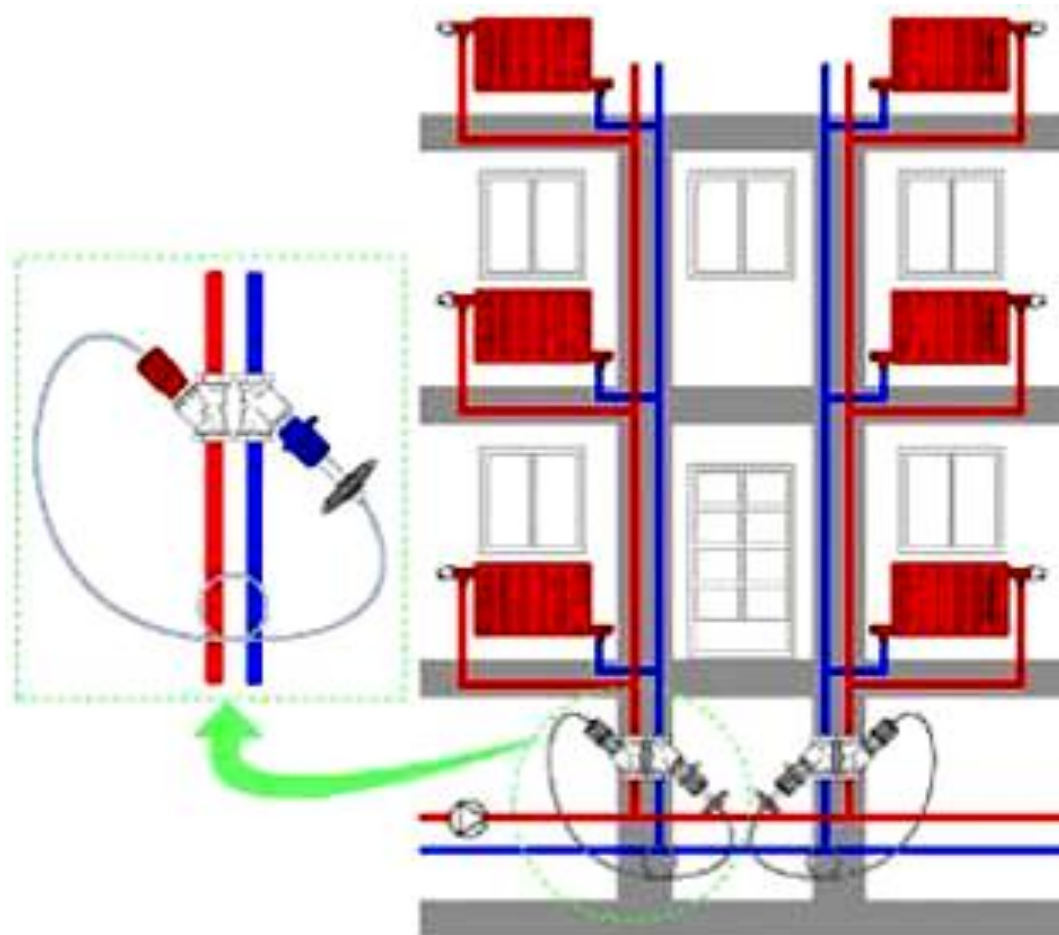


Рис. 1. Схема монтажу балансувальних клапанів та вентилів

Застосовувати лише клапани та вимірювальні прилади недостатньо, потрібно обов'язково знати, що з ними робити. Інакше процес налаштування своїми руками не увінчається успіхом, а обігрів працюватиме неправильно, не буде комфортного клімату в приміщенні і буде перевитрата споживання теплової та електричної енергії. Щоб якісно збалансувати систему необхідно знати правильну методику.

Для початку гідравлічна система поділяється на модулі, завдяки клапанам «партнерам». Потім потрібно збалансувати всі модулі, застосовуючи різні методи. Це потрібно зробити від споживачів, магістралей, стояків, колекторів, відгалужень і до теплових пунктів. При застосуванні методики всі клапани та модулі в такій системі будуть володіти проектними витратами і мінімальними втратами тиску на самих клапанах.

Коли вся система пройшла балансування і має мінімальні втрати тиску, перемикаємо насос на розрахункову швидкість руху теплоносія і проводимо налаштування загальної витрати на головному модулі у насоса. У підсумку нагнітальне обладнання споживатиме мінімальний обсяг електроенергії, а тепла енергія буде якісно витратитися на обігрів приміщень. Після проведення балансувальних робіт, отримуємо дані про необхідні і досягнуті значення в результаті налаштування балансувальних клапанів. Ці дані підтверджують якість балансування системи і дають гарантію її якісної роботи.

Ще одна дуже важлива функція розглянутих балансувальних клапанів –

це можливість самостійної діагностики системи теплопостачання. Коли все встановлено і функціонує, проблематично визначити якість функціонування опалення та його ефективність, але це в тому випадку, якщо немає можливості це виміряти. Застосовуючи клапани з вимірювальними ніпелями, вдається визначити несправності при роботі системи обігріву, а також дізнатися її стан і характеристики, а також приймати правильні рішення при виникненні несправностей. Діагностика допомагає виявити різні помилки, а також швидко їх ліквідувати.

**Висновки.** Завдяки розвитку теплотехніки у власників старих будинків з'явилася можливість якісно налаштувати систему опалення, крім цього одержувати дані про її роботу та про хід виниклих помилок і порушень. За рахунок застосування балансувального обладнання можливо забути про необхідність повної заміни всього опалення та отримати економію коштів.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. Науково-технічний збірник "Енергоефективність в будівництві та архітектурі". Випуск 6. Відповідальний редактор П. М. Куліков. К.: КНУБА, 2014 р. 364 с.
2. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. [Чинний від 01.04.2007] . К.: Мінбуд України, 2006. 64 с. (Державні будівельні норми України).
3. URL: <http://montagnik.com/bydivnuztvo/1969-balansyvana-systemy-oplaena.html>
4. URL: <http://montagnik.com/bydivnuztvo/6951-eksplutovana-pokrivla.html>
5. URL: <http://montagnik.com/bydivnuztvo/6968-uteplena-pidlogy-pidvaly.html>

**УДК 624.01**

### **ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ**

*Чеканович М.Г.*

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

**Вступ.** Споконвічно будівельники прагнуть підвищення ефективності будівельних конструкцій. Серед напрямків досягнення ефективності є підвищення міцності, поліпшення фізико-механічних властивостей складових конструкцію будівельних матеріалів, покращення їх сумісної роботи в конструкції, раціональні конструктивні, проектні вирішення. Щодо залізобетону, то це у повній мірі стосується бетону та сталі. На шляху вирішення проблеми підвищення ефективності залізобетонних конструкцій може бути використане як попереднє напруження арматури, так і пресування бетону [1].

**Основна частина.** Автором запропоновано для створення вискоефективних залізобетонних конструкцій використати ефект зміцнення бетону тривалим

пресуванням, а для підвищення тріщиностійкості та жорсткості – застосувати попереднє напруження. Особливість винайденої технології полягає в одночасному попередньому напруженні арматури й обтиску бетону. При цьому пресування бетону відбувається за рахунок сил натягу арматури при попередньому її напруженні. І все це відбувається на стадії рухомої бетонної суміші. З технологічної точки зору попереднє напруження тут передається на свіжоукладену бетонну суміш [2, с. 71–82; 3, с. 65-69; 4, с. 1009–1014].

Розглянемо ефект підвищення міцності бетону обтиском на стадії суміші. Автором запропонована формула для визначення міцності такого бетону в конструкції:

$$f_{ck}^* = \left[ K_p \frac{q}{K_c} + k_1 k_2 k_3 f_{mct} (1 + \alpha_1 \delta) - c \sigma_N \right] \left\{ \frac{1}{1 - \frac{E_m (1 + \alpha_2 \delta)}{E_{ag}}} - \frac{1 - \delta}{\frac{V_b}{V_m} - \delta} \right\} \quad (1)$$

$K_p$  – коефіцієнт пропорційності (0,2-0,36);  $q$  – стандартне навантаження при дробильності крупного заповнювача (11,3 МПа) ;  $K_c$  – коефіцієнт дробильності крупного заповнювача;  $k_1$  – коефіцієнт форми зерен крупного заповнювача (1,27-1,55);  $k_2$  – коефіцієнт рельєфу поверхні заповнювача (1,18-1,40);  $k_3$  – коефіцієнт мікрорельєфу заповнювача (1-1,41) ;  $f_{mct}$  – міцність розчину на розтяг;  $\alpha$ – коефіцієнт для важкого бетону (0,18) ;  $\delta$  – деформація стиску;  $\sigma_N$ – обтиск.

Ефект зміцнення бетону з різними режимами обтиску представлений на рис. 1. Тут суцільною лінією показано теоретичні дані, а пунктиром – експериментальні. Зміцнення бетону обтиском сягає тут двох разів.

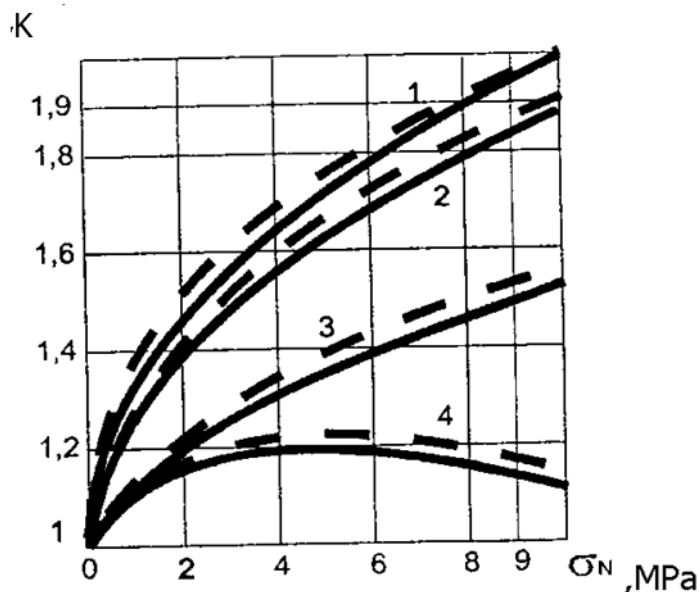


Рис. 1. Ефект зміцнення бетону обтиском

1- пресування з динамічною дією, що знімається; 2- те саме, без зняття обтиску; 3- пресування, що знімається; 4- те саме, без зняття обтиску.

За методом «на бетонну суміш» були виготовлені колони й балки.

Результати підвищення несучої здатності колон і балок з різними рівнями армування представлені на рис. 2. В колонах експериментального заводського виробництва зміцнення склало 75 відсотків. В балках з підвищеним процентом армування підвищення несучої здатності досягло 34 відсотків, а з низьким вмістом арматури – 8%.

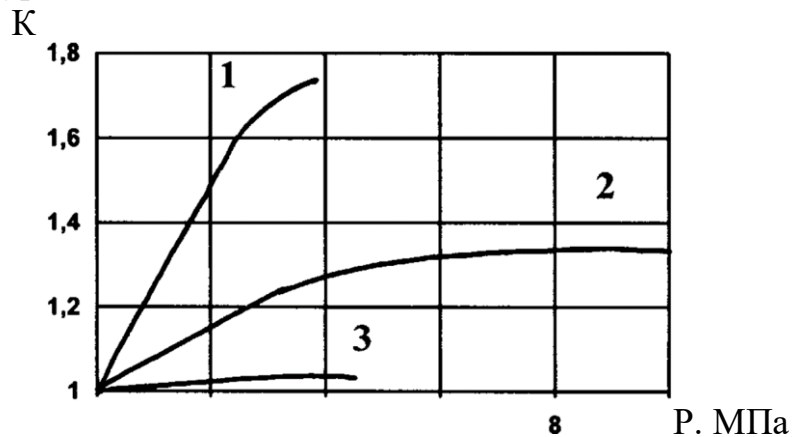


Рис. 2. Діаграми зміцнення конструкцій обтиском «на суміш»  
1- для колон; 2- для балок з  $\mu = 2,2\%$ ; 3- для балок з  $\mu = 0,6\%$

Розроблені нові залізобетонні конструкції та технологія їх виготовлення були впроваджені у виробництво (рис. 3). Були виготовлені за способом «на суміш» колони опор мосту через р. Дніпро в м. Кам'янськ. В даний час колони успішно експлуатуються (рис. 4, 5).

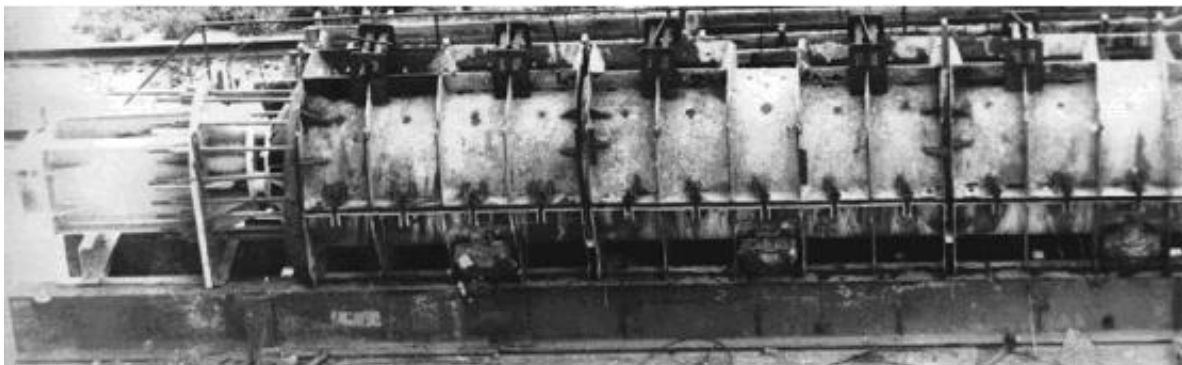


Рис. 3. Винайдена автором силова форма для виготовлення натурних колон за винайденим методом «на суміш»



Рис. 4. Загальний вигляд мостового переходу через р. Дніпро в м. Кам'янськ



Рис. 5. Експлуатація обтиснених за методом «на суміш» стояків опор мостового переходу через р. Дніпро в м. Кам'янськ

Таким чином, вдалося створити конструкції та розробити технологію, що забезпечують підвищення ефективності залізобетонних конструкцій. На сьогодні такі конструкції з натягом арматури «а бетонну суміш» експлуатуються.

**Висновки.** Отже, розроблені високоефективні залізобетонні конструкції та технологія їх виготовленні за новим способом «на бетонну суміш». Колони були зміцнені в експериментальному виробництві на 75 % , балки з високим вмістом арматури до 34 % , а з низьким вмістом арматури до 8 %. При цьому зміцнення обтисненого бетону досягало двох разів. В колонах опор мостового переходу через р. Дніпро в м. Кам'янськ гарантоване зміцнення склало 50%.



## Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування // Мінрегіонбуд України, Київ, 2009. 97 с.
2. Чеканович М.Г. Експериментальні дослідження міцності та деформативності регульованої балки Чекановича. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, 2022. С.71–82.
3. М Chekanovych [Stress-Strain state of reinforced concrete beams strengthened with a flexible rod-roller system](#)- AIP Conference Proceedings, 2023. С. 65-69.
4. Chekanovych, M., Chekanovych, O. Smartrein forced concrete structures /Keep Concrete Attractive - Proceedings of the fib Symposium 2005, 2005, 2, С. 1009–1014  
(<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=AuthorProfile&authorId=57192938389&zone=#:~:text=Smart%20reinforced%20concrete,%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8B%201009%E2%80%931014>).

**УДК 691:699.86.002.3**

## ПІНОСКЛО ЯК ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ У БУДІВНИЦТВІ

*Барулін Д. С., асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну,  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон  
Жабченко С.М., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
першого року навчання, Херсонський державний аграрно-економічний  
університет, м. Херсон*

**Вступ.** На сьогоднішній день надзвичайно актуальною залишається проблема енерго- та ресурсозбереження в умовах постійного підвищення цін на енергоносії.

Щоб житло в холодну та в жарку погоду залишалось комфортним для життя починають використовувати один із методів енергозбереження будівлі як теплоізоляція.

Ринок теплоізоляційних матеріалів України, в основному, обмежений трьома типами теплоізоляційних виробів: пінопластами, газобетоном, пінобетоном і м'якими утеплювачами із скло-і мінеральної вати вітчизняних і зарубіжних виробників. Порівняно новим теплоізолюючим матеріалом на ринку України є піноскло.

**Основний текст.** Історія піноскла починається в 30-ті роки минулого століття в СРСР (МХТІ ім. Д. І. Менделєєва, Москва) саме там професор Ісаак Ілліч Китайгородський винайшов та в 1932 році оприлюднив свій винахід як

новий матеріал в будівництві. А вже в 1946 році розуміючи, що цей матеріал має високі тепло та звукоізоляційні властивості, легко піддається механічній обробці і склеюванню вперше було використано бетонні плити з теплоізоляційним прошарком з піноскла для будівництва будинку в Канаді[1].

Виробництво блокового піноскла (рис. 1, а) відбувається у формі з жаротривкої сталі з каоліновою обмазкою в які додають змелений у дрібний порошок газоутворювач (матеріал який при високих температурах виділяє вуглець) та скляні гранули. Форми відправляються у тунельну піч де під дією високої температури (800°C) відбувається газоутворення та спікання всіх матеріалів. Після цього етапу використовується повільне охолодження для рівномірного остигання та попереднього запобігання напруженості в середині матеріалу. Готове піноскло розпилюється та відправляється на упакування [2].

Виготовлення гранульованого піноскла (рис. 1, б) відрізняється від блокового скла. Технологія схожа, різниця полягає в основі газоутворення, адже там основою служить карбонат. Після поступового охолодження газу змушують, скло пінитись і рівномірно розміщується по формі [3].

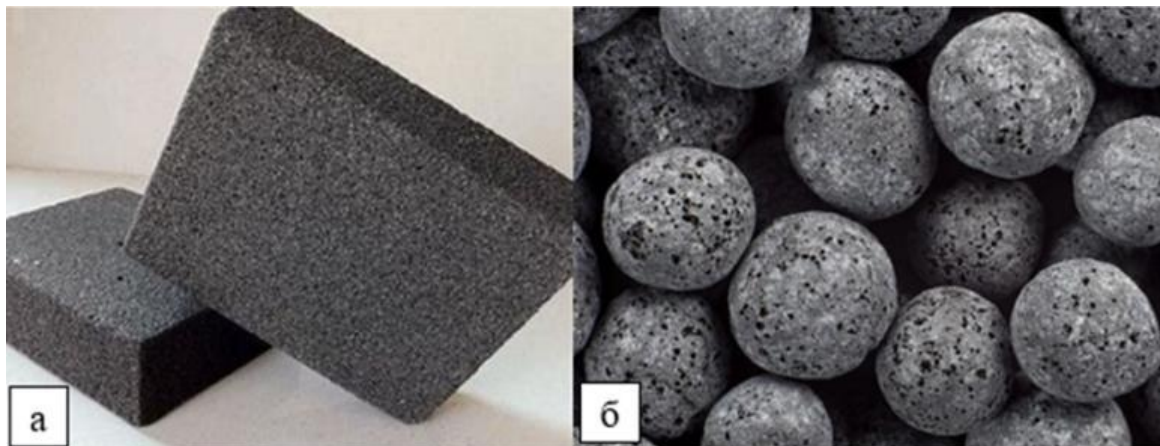


Рисунок 1 – Піноскло, а – блокове піноскло, б – гранульоване піноскло

Значення фізичних характеристик матеріалу вражає. По-перше, активний кисень не впливає на старіння піноскла тому, що він складається з вищих оксидів: кремнію, кальцію, натрію, магнію, алюмінію. По-друге, за міцністю піноскло вважається самим ефективним порівняно з іншими теплоізоляційними матеріалами. По-третє, він не вбирає вологу тому і не боїться іржі і мікроорганізмів, в ньому не утворюються шкідники та не утворюється грибок і цвіль. Також він не горить на відміну від мінімальної вати та пінопласту. А високий показник звукопоглинання можна порівняти з мінеральною ватою 46-5656 дБ. Термін служби становить 100 років, також він є екологічно чистим матеріалом. А вже з відомою особливістю - водонепроникність значно переважає над газобетоном який потрібно захищати від вологи. При стисненні його межа 0.7-1 МПа. Також наступні технічні характеристики такі як: щільність 120-160 кг/м<sup>3</sup>, водопоглинання не більше 1,25%, теплопровідність 0,05-0,07 Вт/(мк), а також початкова температура деформації 670°C, свідчать про великі переваги піноскла над іншими теплоізоляційними матеріалами[1].



Піноскло має також і недоліки, які потрібно враховувати. Перший з них це висока ціна, він є на сьогодні найдорожчим теплоізоляційним матеріалом. Пояснюється висока ціна великими енерговитратами при його виробництві, а також не якісний матеріал з додаванням органічних сполук призводить до псування всієї партії, також, якщо матеріал перепечеться то в ньому будуть утворюватися деформації у виді тріщин, ця партія також буде вважатись не придатною для використання. Низька паропроникність хоч ця властивість є плюсом, але і має свій недолік. На піносклі не може утворитись грибок та цвіль, але на стіні де змонтовано піноскло є ризик їх утворення. Попри свою міцність цей матеріал є дуже крихким, якщо не дотримуватись рекомендації по монтажу, то матеріал має здатність до розтріскування. Також ударна міцність не є його плюсом, адже він не переносить механічних ударів, з цим теплоізоляційним матеріалом потрібно бути дуже обережним при перевезенні, розвантаженні та встановленні, а вже в конструкції йому не страшні удари [4].

Основною областю застосування піноскла в будівництві є звуко- та теплоізоляція. Він поширений в утепленні стін будинків, даху, підлоги та фундаменту. Особливо ефективним цей матеріал буде в будівництві споруд, які пов'язані з водним середовищем тобто басейни, аквапарки та інше, а також для реставрації старих будівель цей матеріал гарно покаже себе у використанні.

Його властивості як висока міцність та вогнестійкість гарно підходять для будівництва висотних будівель. Піноскло здатне без будь-якого додаткового кріплення витримувати тиск, обумовлений власною вагою, у межах двох поверхів, відмінно клеїться, кріпиться і зв'язується будь-яким штукатурним складом, клеєм, мастикою.

Піноскло абсолютно стійке до всіх хімічних реагентів як неорганічної, так і органічної природи. Повністю виключена можливість для розвитку будь-яких активних життєвих форм. Висока екологічна та санітарна безпека піноскла привела до того, що даний матеріал без будь-яких обмежень застосовують для теплоізоляції промислових харчових чанів і ємностей, що застосовуються при виготовленні пива, вин і молочних продуктів [5].

**Висновки.** Використання піноскла в будівництві та цивільній інженерії є досить поширеним через його здатність забезпечувати не лише стійкість конструкцій, але й знижувати тепловтрати в приміщеннях. Завдяки своїй легкості та оптимальним характеристикам, цей матеріал відіграє важливу роль у підвищенні енергоефективності будівель, що робить його одним з ключових матеріалів у сучасному будівництві. Проте, як показали дослідження, основним недоліком даного матеріалу є те, що виготовлення піноскла вимагає значних енерговитрат, що спричиняє його високу вартість.

#### **Список використаних джерел:**

1. Піноскло - докладно про матеріал. Будівництво та ремонт - stroyukrs.ru. URL: <https://stroyukrs.ru/rizne/13643-pinosklo-dokladno-pro-material.html> (дата звернення: 13.11.2023).

2. Процес виробництва піноскла. PINOSKLO - надійне утеплення | Виробник піноскла НВП "Технологія", Шостка, Україна. URL: <https://pinosklo.com/ua/protsess-proizvodstva-penostekla.html> (дата звернення:

13.11.2023).

3. Гранульоване піноскло. SANPOL. URL: <https://sanpol.ua/ua/news-and-actions/news/granulirovannoe-penosteklo/> (дата звернення: 13.11.2023).

4. Shcherbak A. S. OPERATIONAL AND ENVIRONMENTAL ADVANTAGES OF THERMAL INSULATION BY USING A MODIFIED FOAMGLASS. Science and Transport Progress. 2010. No. 32. P. 141–142. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2010/13348> (дата звернення: 13.11.2023).

5. Ревенко Г. О., Трунова І. О. Піноскло як екологічно безпечний утеплювач. Сучасні технології у промисловому виробництві : Матеріали науково - технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій, м. Суми, 18–21 квітня 2017 р. С. 161.

УДК 624.01

## НАПРЯМКИ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ІНВЕСТИЦІЙ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЄКТІВ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ ТА ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

*Добрянський Іван Михайлович,*

*доктор техн. наук, професор,*

*Добрянська Любов Олександрівна,*

*канд. еком. наук, доцент,*

*Проць Владислав Євгенович,*

*студент групи Б-21-1,*

*Кліщ Тетяна Миколаївна,*

*студентка групи Б-21-1*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ*

**Вступ.** Використання світового досвіду при відбудові зруйнованих будівель і споруд є дуже важливим процесом, оскільки це дозволяє ефективніше та безпечніше відновити пошкоджені об'єкти та мінімізувати ризики для життя та здоров'я людей.

**Основна частина.** Ось деякі ключові аспекти, які слід враховувати при використанні світового досвіду у цьому процесі:

- **попередні оцінки та планування:** Перш ніж розпочати відбудову, необхідно провести детальну оцінку пошкоджень і ризиків. Важливо враховувати найновіші методи та технології, які використовуються у світі для цієї мети;

- **інженерні та будівельні стандарти:** Важливо дотримуватися міжнародних стандартів та нормативів у галузі будівництва і відновлення. Це забезпечує якість та безпеку відновлюваних об'єктів;

- **сучасні будівельні матеріали та технології:** Використання новітніх технологій та матеріалів може покращити якість та тривалість будівель. Наприклад, стійкі до землетрусів конструкції або енергоефективні рішення;

- **інновації у безпеці:** Світовий досвід також може включати інновації у сфері безпеки будівництва, такі як системи відслідковування та моніторингу, які можуть попереджати небезпечні ситуації;

- **управління ризиками:** На основі досвіду інших країн слід враховувати потенційні ризики та приймати заходи для їх зменшення;

- **співпраця з міжнародними організаціями:** Багато міжнародних організацій, таких як ООН, Всесвітній банк, можуть надавати фінансову підтримку та консультації для проектів відновлення;

- **соціальний аспект:** Важливо враховувати потреби та думки місцевого населення при плануванні та відбудові, оскільки це сприяє сталому розвитку та зменшенню соціальних напруг;

- **екологічна стійкість:** Модерні підходи до будівництва також включають в себе заходи для збереження навколишнього середовища та зменшення негативного впливу на природу.

Використання світового досвіду у відбудові допомагає покращити ефективність та безпеку проектів, а також сприяє збереженню життя та майна. Однак важливо також адаптувати цей досвід до конкретних умов і потреб регіону, де відбувається відновлення.

Ефективне використання європейської допомоги при розробці проектів відбудови України вимагає комплексного підходу та дотримання ряду принципів та кроків. Ось деякі з них:

- **розробка стратегії:** Україна повинна визначити свої пріоритети у розвитку і відбудові. Це пов'язано з розробкою національної стратегії, яка відповідає б потребам та цілям країни;

- **залучення стейкхолдерів:** Важливо включити всіх зацікавлених сторін, включаючи громадські організації, бізнес, та інші важливі групи, у процес прийняття рішень і реалізації проектів;

- **транспарентність та прозорість:** Забезпечення прозорості у використанні фінансів є ключовим аспектом. Це включає в себе публікацію інформації про витрати та результати проектів;

- **управління проектами:** Систематичний підхід до управління проектами допоможе уникнути зайвих витрат та забезпечити досягнення поставлених цілей. Важливо впроваджувати кращі практики у сфері управління проектами;

- **співпраця з міжнародними партнерами:** Україна може співпрацювати з міжнародними організаціями, такими як Європейський союз, Європейський банк реконструкції та розвитку, для отримання додаткової технічної та фінансової підтримки;

- **моніторинг та оцінка:** Важливо постійно відстежувати та оцінювати результати проектів для того, щоб коригувати стратегію та методи в

разі необхідності;

- **розвиток інфраструктури та людських ресурсів:** Залучення фінансів на розвиток інфраструктури та підвищення кваліфікації працівників у сфері управління проектами також є важливим кроком для успішної реалізації проектів;

- **звернення до досвіду інших країн:** Вивчення досвіду інших країн у використанні європейської допомоги може бути корисним для України;

- **боротьба з корупцією:** Поширена корупція може стати перешкодою для ефективного використання допомоги. Важливо впроваджувати антикорупційні заходи та забезпечувати відповідальність;

- **контрольний механізм:** Створення незалежних органів або комітетів для контролю за використанням європейської допомоги може допомогти запобігти можливим зловживанням та неефективному використанню коштів.

Ці принципи та кроки можуть допомогти Україні ефективно використовувати європейську допомогу для розробки та реалізації проектів відбудови. Однак успіх також залежить від політичної волі та дотримання принципів демократії та правової держави.

Відбудова житла після війни є складним і дорогим процесом, і для її фінансування можуть використовуватися різноманітні джерела. Залежно від конкретних обставин і можливостей країни чи регіону, такі джерела можуть включати в себе:

- **державний бюджет:** Уряд може виділяти кошти з державного бюджету на відновлення житла та інфраструктури після війни. Це може включати в себе асигнування на відновлення міст, сіл, доріг, шкіл та житлових будівель;

- **міжнародна допомога:** У разі масштабних військових конфліктів країна може отримувати допомогу від міжнародних організацій, таких як ООН, Міжнародний Комітет Червоного Хреста, гуманітарні організації та інші донори. Ці кошти можуть використовуватися для відновлення житла та надання гуманітарної допомоги населенню;

- **кредити та позики:** Уряд може брати позики або отримувати кредити від міжнародних фінансових інститутів, таких як Міжнародний валютний фонд (МВФ) або Світовий банк, для фінансування відбудови. Ці кошти можуть бути використані для створення інфраструктури та підтримки житлового будівництва;

- **приватні інвестиції:** Приватні інвестори, будівельні компанії та розвиток ринку нерухомості можуть брати участь у відновленні житла після війни, і це може забезпечити необхідний капітал для будівництва нових житлових об'єктів;

- **громадські організації та благодійні фонди:** Громадські організації і благодійні фонди можуть збирати кошти на відновлення житла та надання допомоги жертвам війни. Це може включати в себе грошові пожертвування та матеріальну підтримку;

- **страхові компанії:** У випадку, якщо житлова власність була застрахована перед війною, страхові компанії можуть виплачувати компенсації для відновлення зруйнованого майна.

#### **Висновки.**

Важливо враховувати, що відновлення житла після війни - це складний і тривалий процес, і його успішність залежить від спільних зусиль уряду, міжнародної спільноти, приватного сектору та громадянського суспільства.

#### **Список використаних джерел:**

1. Center for Economic Strategy. 2022. «Україна після перемоги: Бачення України 2030» Available at <https://ces.org.ua/ukraine-after-victory/> .
2. World Bank. 2022 c. «World Bank Group Response to Global Impacts of the War in Ukraine: A Proposed Road map» Available at <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/bf544fb23105352f4aef132bd6f40cb8-0290032022/original/WBG-Responseto-Global-Impacts-of-the-War-in-Ukraine-A-Proposed-Roadmap.pdf>.
3. «Life or Debt in Ukraine». Project Syndicate, Apr 29, 2022, available at <https://www.project-syndicate.org/onpoint/ukraine-debt-deferment-restructuring-by-annagelpern-et-al-2022-04>

## **УДК 624.01**

### **УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ЦИЛІНДРИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

*Горбатенко А.О., Чеканович М.Г.*

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

**Вступ.** Виготовлення бетонного виробу передбачає наступні етапи: приготування бетонної суміші, укладку її в форму, ущільнення, підтримання умов гідратації бетону. При оптимізації кожного з цих етапів отримаємо покращений виріб [1-3].

Ущільнення є одним з найважливіших етапів для отримання бетону високої міцності і щільності. При цьому ущільнення покращує формотворення, заповнюючи порожнечу.

**Основна частина.** Ущільнення бетонних сумішей можна поділити на категорії за способом ущільнення: ущільнення вібраційними методами, за допомогою тиску, відцентровими силами [1, с. 455].

В будівництві поширені циліндричні конструкції - труби напірних і безнапірних систем, стояки, колони. Для таких виробів класичні методи укладання і ущільнення суміші вібрацією можуть вимагати певних зусиль і поступатись за ефективністю технологічно складнішим методам.

Вібраційні методи підходять для формування колон, особливо зручно

навісними вібраторами, забезпечуючи достатнє укладання й ущільнення суміші. При формуванні труб цим методом виникає складність укласти суміш на всю довжину труб при невеликих товщинах стінки. Це можна зробити у вертикальній опалубці, але необхідно застосовувати доволі текучі суміші. Вібраційні методи при правильному застосуванні дозволяють формувати гладку поверхню, що є актуальним для труб.

Методи формування виробів за допомогою тиску ефективні, але мають значний недолік – нерівномірне ущільнення суміші по висоті, що часто вимагає пошарового ущільнення. При формуванні труб таким методом необхідно або поперечне пошарове ущільнення (як при формуванні бетонних кілець), або преси значних розмірів для повздовжнього ущільнення. Тут постає питання складнішої конструкції таких пресів, що стискають бетонну суміш. В методах формування тиском можна виділити створення тиску або вакууму. Такі методи доволі прості. При формуванні суцільного круглого і кільцевого з пустотою перерізів виникають проблеми технологічного характеру.

При ущільненні за допомогою відцентрових сил значну роль відіграють параметри центрифуги. Залежно від виду механізму можна сформувати труби з більш ущільненим зовнішнім шаром, або з більш ущільненим внутрішнім шаром. Перевагою такого методу є ідеальний розподіл суміші за допомогою відцентрових сил, що полегшує один з етапів формування виробу. Установки для створення відцентрових сил вимагають дуже точно відкаліброваного обладнання. Частота обертання на стадії розподілу визначається залежністю:

$$n_{кр}^1 = (30/\pi) \cdot \sqrt{g/r} \quad (1)$$

Частота обертання на стадії ущільнення [2]:

$$n_{кр}^{1.1} = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot p \cdot R}{\rho \cdot (R^3 - r^3)}} \quad (2)$$

При використанні горизонтальних центрифуг, які працюють за схемою передачі обертань на форму (рис. 1), суміш обертається, формуються вироби з центральним отвором. В таких центрифугах важливу роль грає відвід зайвої води, оскільки при значних ущільненнях молекули води видавлюються в вільний простір – середину зразка, система відводу води ускладнює конструкцію. Також при необхідності створення суцільного круглого перерізу необхідне додавання суміші в процесі центрифугування, що є складною задачею (яку більш легко вирішити у вертикальних формах).

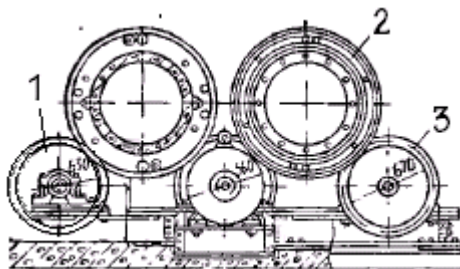


Рис. 1. Схема роликової центрифуги для формування круглих перерізів  
1 – ролик приводу 2 – форма круглого перерізу (наприклад труби) 3 – ролик

Недолік способу – отримання значно ущільненої зовнішньої частини виробу, в той час як внутрішня, по якій мають рухатись рідини в трубах, менше ущільнена. Цей ефект має місце через різницю швидкостей шарів суміші, коли внутрішня частина шару знаходиться на стадії розподілу, а зовнішня частина вже проходить стадію ущільнення. Для уникнення такого ефекту можливе використання комбінованих методів ущільнення, тобто ущільнення як зовнішньої стінки виробу, так і внутрішньої.

Також є установки формування труб методом відцентрового прокату (рис. 2) [2, с. 497].

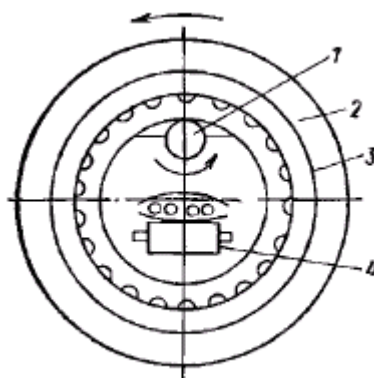


Рис. 2. Схема формування труби методом відцентрового прокату  
1 - ролик, з можливістю обертання 2 – стискаюче кільце 3 – форма труби 4 – стрічковий конвеєр

В таких установках формування внутрішньої стінки відбувається за рахунок сил тиску [3, с. 191–196] шляхом укочування. При цьому масив бетону труби потребує додаткового ущільнення іншими засобами (навісними вібраторами).

Зручний метод нанесення суміші при великих діаметрах конструкції – використання установки торкрет-бетону. Суттєвим недоліком тут є утворення шорсткої поверхні, що потребує додаткової обробки, наприклад пресуванням шляхом нагнітання гарячої води в резиновий кожух. Перевага тут – можливе рівномірне ущільнення по всій товщині суміші у виробі.

Нами запропоновано застосувати для формування технологічну вставку, представлену на рис. 3. Її можна використати для додаткового ущільнення внутрішньої поверхні труби, або сформуванню суцільну циліндричну конструкцію укочуючи лише зовнішні стінки.

При використанні вставок подібної форми з великою швидкістю обертання можна досягти ефекту торкрет-машини. За рахунок великої швидкості обертання вставки частинки суміші відлітають від неї і з силою притискаються до стінок форми. За рахунок в'язкості суміші відбувається переміщення суміші від центру форми. При наявності додаткової подачі суміші в центральну частину форми можна підвищити щільність виробу. Суміш буде з зусиллям «налипати» на зовнішні стінки форми, а при достатній кількості суміші почнеться процес притирання її вставкою до стінок труби. Такий метод може забезпечити формування труб з майже рівномірним ущільненням по всій



товщині виробу і з гладкою внутрішньою поверхнею. На відміну від установок торкрет-бетону можна формувати труби малих діаметрів.



Рис. 3. Запропоноване обладнання для формування виробу та зразок після формування

**Висновки.** Технологічне комбінування методів допомагає отримати кращий результат ущільнення і зміцнення, покращити якість поверхні виробу, пришвидшити процес, або зробити процес більш технологічно зручним. При цьому запропонований додатковий елемент обладнання, який при застосуванні його у технологічному процесі ущільнення може дозволити поліпшити якість виробу.

#### Список використаних джерел

1. Ю.М. Баженов, А.Г. Комар Технология бетонных и железобетонных изделий. Москва, Стройиздат, 1984. С. 455–497.
2. С.С. Кольвах, Р.В. Захарченко Визначення оптимальної швидкості обертання центрифуги для забезпечення якісного ущільнення бетону Системи управління, навігації та зв'язку, 2020, випуск 4 (62). С. 31–33.
3. Chekanovich, M.G. New building technology. Proceedings – 2nd International PhD Symposium in Civil Engineering, 1998, p. 191–196.



## СПОСОБИ ЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД ЗАЙМАННЯ І ГОРІННЯ

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

*Гуськова А.Г., здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет м. Херсон*

**Вступ.** З давніх часів деревину вважали зручним будівельним матеріалом і використовували як основний в будівництві. Деревина, як і будь-який інший органічний матеріал, являє собою складну і неоднорідну структуру, а також має свої недоліки та переваги. З позитивних властивостей деревини можна виокремити: високий коефіцієнт конструктивної якості, малий коефіцієнт теплопровідності, незначний коефіцієнт температурного розширення, пластичність, багату сировинну базу, легкість добування, обробки і транспортування, відсутність сезонних обмежень у проведенні робіт. До недоліків деревини можна віднести: залежність механічних властивостей від температури та вологості навколишнього середовища; наявність сучків, тріщин, що знижують міцність і підвищують деформативність; можливість загнивання, ушкодження біошкідниками та загорання. І якщо контролювати природні умови ми не можемо, то маємо можливість захистити вже готову продукцію від подальшого псування, тим самим продовживши термін служби матеріалу. Так як деревина дуже легко займається та добре горить, то при встановленні дерев'яних конструкцій необхідно забезпечити вогнестійкість матеріалу.

**Основна частина.** Вогнезахисні будівельні матеріали використовуються з метою попередження займання будівельних конструкцій і підвищення рівня їх вогнестійкості. Завдяки застосуванню вогнезахисних матеріалів можна попередити або локалізувати займання. Також можливо уповільнити появлення вогню для запобігання руйнування будівель.

Відомо декілька способів захисту деревини від займання. Основні з них: віддалення дерев'яних елементів від джерел нагрівання; зведення вогнетривких стін/перегородок на певній відстані; покриття дерев'яних елементів штукатуркою, вогнетривкими матеріалами з низькою теплопровідністю або рідкими вогнезахисними розчинами (лаками/фарбами), що створюють захисну плівку на поверхні, а також просочення дерев'яних конструкцій антипіренами. Розглянемо спеціальні вогнезахисні покриття та рідини для просочування, які ускладнюють горіння дерев'яних конструкцій, а в деяких випадках навіть унеможливають виникнення та розповсюдження пожежі.

Всі вогнезахисні матеріали впливають або на займання, або на розклад деревини. Розрізняють три основні механізми дії вогнезахисних матеріалів:

1. Дія інертних газів, що виділяються захисними матеріалами. Кількість цих газів разом з кількістю газів, які виділяються деревиною, може виявитися достатньою, щоб перешкодити досягненню порога займистості, затримати

момент займання, обмежуючи розміри і тривалість фази активного горіння за наявності полум'я;

2. Підвищення температури утворення горючих газів. Наявність відповідних фосфатів, сульфатів, сполук хлору тощо, змінює під дією тепла розклад органічних матеріалів: активне горіння з утворенням полум'я може відбуватися тільки за вищої температури, що може бути досягнута протягом тривалого періоду;

3. Зниження температури обвуглювання. У випадку дії тепла на деревину вогнезахисні матеріали виділяють кислоти, які сприяють швидкому утворенню обвугленого шару на поверхні з одночасним виділенням вуглекислого газу і водяної пари. Звісно існують деякі вогнезахисні покриття, які хоч і доволі ефективні проти впливу вогню, але від яких доводиться відмовлятися через виділення ними токсичних газів під час нагрівання.

Зазвичай, вогнезахисні засоби базуються на сполуках фосфору, азоту, бору, діоксиду кремнію та їхніх комбінаціях, у яких вони поводяться як синергетики.

Вогнезахист може бути як глибоким, так і поверхневим. Просочування деревини розчинами антипіренів або полімерами залежно від кількості та глибини проникання забезпечує її властивості негорючості за місцевого або тривалого впливу високотемпературного джерела вогню. Відмінність такого матеріалу від захищеного методом обмазки або фарбування полягає в тому, що він має підвищений опір впливу вогню не тільки на стадії розвитку пожежі, але і на стадії повного її розвитку. Щоб отримати захищені від вогню дерев'яні матеріали, використовують такі способи просочування: просочування під тиском; автоклавно-дифузійне просочування; просочування у ваннах; поверхнєве просочування; просочування за допомогою обмазок.

Метод просочування в автоклаві розчинами антипіренів під тиском, незважаючи на його ефективність, має значний недолік – при глибокому просочуванні міцність і надійність деревини дуже знижуються і підвищується її гігроскопічність, при цьому глибина просочування є неоднорідною і залежить від орієнтації волокон і віку деревини на різних ділянках. Дане явище викликає нерівномірне ослаблення матеріалу в перерізі елемента.

Метод вогнезахисного просочування способом «підігрів – холодна ванна» використовується для вогнезахисту конструкцій з дерева, що використовуються в будівлях і спорудах закритого типу з рівнем відносної вологості повітря не більше 70%. За допомогою даного методу можна отримати різну ступінь просочування деревини в залежності від режиму просочування, породи деревини і її підготовки. У процесі реалізації даного методу зразки деревини занурюють в наповнену ванну розчином, температура якого складає  $75 \pm 5^\circ\text{C}$ . Зразки закріплюють так, щоб рівень розчину під час обробки був на 80-100 мм вище верхньої поверхні просочуваних деталей. Тривалість просочування в гарячому розчині складає 24 год. Потім конструкцію поміщують в ванну з холодним розчином, що має температуру 18 -  $20^\circ\text{C}$ , і також витримують 24 год.

Підвищення вогнезахисних якостей будівельних конструкцій може здійснюватися за допомогою штукатурки або обмазкою вогнезахисною пастою,

у тому числі шляхом торкретування чи напилення. Товщина шару вогнезахисних паст зазвичай не перевищує 5-10 мм, штукатурок – 20-40 мм.

Метод вогнезахисної обробки фарбами, лаками та емалями дає можливість отримати поверхню з відмінними декоративними якостями при більш високій вогнезахисній ефективності, яка залежить від товщини шару, що наноситься на поверхню, і використання водорозчинних і розчинних в органічних розчинниках складниках. Особливі вимоги висуваються до підготовки поверхні при нанесенні емалей, фарб і лаків: поверхня деревини повинна бути ретельно відшліфована або фрезерована. Дана методика передбачає нанесення шарів ґрунтовки та опорядження, які дозволяють покриттю утримуватися на поверхні дерев'яних конструкцій і підвищити строк експлуатації вогнезахисного покриття.

Вогнезахисні сполуки діють декількома способами. Деякі з них передбачають:сприяння утворенню обвугленого шару;перетворення летких газів у негорючі, такі, як водяна пара та діоксид вуглецю;формування глазурованого бар'єра на поверхні;формування бар'єра зі спученої піни на поверхні;завершення газової фази вільними радикалами. Але всі ці способи є дієвими у захисті дерев'яних конструкцій у разі займання та горіння.

**Висновки.** Отже, можна зробити висновок,що своєчасна обробка деревини спеціальними вогнезахисними засобами дозволяє забезпечити безпеку та життя людей. Вона спрямована на зниження пожежної безпеки конструкцій, а також на забезпечення потрібної межі вогнестійкості.

#### **Список використаних джерел:**

1. Вовк С.Я., Пазен О.Ю., Придатко В.В., Ференц Н.О. Дослідження вогнезахисних покриттів для дерев'яних конструкцій на основі силікату натрію. *Пожежна безпека*. №40. 2022. С. 16 – 24.
2. Ніжник В.В., Жартовський В.М., Жартовський С.В., Гутник О.П. Вогнебіозахист деревини та дерев'яних конструкцій куполів культових споруд. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. №2 (24). 2011.
3. Бережанський Т.Г., Веселівський Р.Б., Вовк С.Я., Пазен О.Ю., Придатко В.В., Ференц Н.О. Температуро-вогнестійкі захисні покриття для дерев'яних конструкційних елементів на основі оксидів металів. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2022» («Fire Safety Issues 2022»)*. Харків. 2022. С. 62 – 64.
4. Пушкаренко А.С., Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. Вогнезахисне оброблення будівельних матеріалів і конструкцій: навч. посіб. Харків: НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2011. 176 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА МІЦНІСТЬ БЕТОНУ ПЛАСТИФІКАТОРІВ, ЩО СПОВІЛЬНЮЮТЬ ЙОГО ТУЖАВІННЯ

*Ткачук А.І., к. т. н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Балін П.П., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** На сьогоднішній день в Україні швидкими темпами розвивається монолітне будівництво. Будівлі зведені за таким принципом бажано бетонувати безупинно. Це реально досягти при заливці невеликих обсягів або простих конструкцій, але в інших випадках виникає необхідність у влаштуванні «робочих швів». Робочий шов являє собою межу стикування «старого» та «нового» бетону і є місцем послаблення, тому важливо робити зупинки в бетонування там, де це не впливає на міцність конструкції. Влаштування робочих швів це затратний, в плані робочого часу, та трудомісткий процес. Цього усього можна уникнути використовуючи добавки, які сповільнюють тужавіння бетону. Вони дозволяють проводити бетонування безупинно або з такими перервами, протягом яких процес тужавіння раніше укладеної суміші не починається.

**Основний текст.** Пластифікуючі добавки створюють додаткові перепони, у вигляді тонких плівок на поверхні цементних частинок, для потрапляння води до цементних частинок [1; 6]. Виходить, що процес уповільнення гідратації має місце лише на початкових етапах, так як самі плівки руйнуються при збільшенні цементних зерен під час гідратації.

Загалом, добавки-пластифікатори поділяються на такі, що прискорюють взаємодію цементу з рідкою фазою в момент їх контакту, але потім уповільнюють наступну гідратацію, та такі, що прискорюють гідратацію цементу [2; 3].

Коли вода вперше змішується з цементом, відбувається початкова швидка реакція гідратації, після якої утворення додаткових гідратів є незначним протягом 2-3 годин зазвичай. Час коливається в залежності від типу цементу і температури оточуючого середовища [3]. Цемент з водою утворюють тісто навколо заповнювача (див. рис. 1, а), далі внаслідок хімічної реакції між цементом та водою з цементного тіста утворюються кристали (див. рис. 1, б). Зерна, які кристалізуються, нарощуються один на одного, генеруючи таким чином цементний камінь, міцність бетону при тому та його довговічність забезпечена (рис. 1, в). Саме в уповільненні процесу зближення зерен, тобто гідратації, полягає мета не дати зблизитись зернам і перетворитись пластичній масі у цементний камінь і полягає принцип роботи добавок. Також спостерігається уповільнення з'єднання або згущення частинок колоїдної системи при їх зіткненні у розчині та виділення вільного вапна. В результаті це дає сповільнення інтенсивності захоплення клінкерних матеріалів, що вже зв'язані водою.

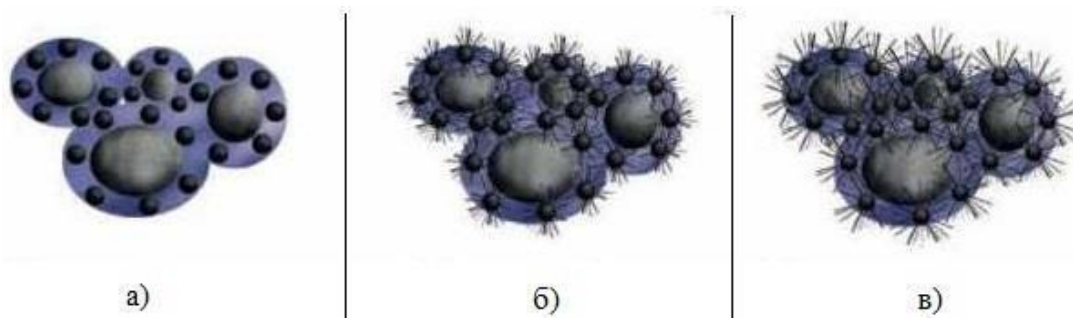


Рис. 1. Етапи гідратація бетону

В той же час, ефективність застосування гібридних пластифікаторів, що містять триполіфосфат натрію, забезпечується підвищенням реологічних властивостей бетонних мас та відчутним зростанням механічної міцності бетону [4; 5]. Це зумовлене утворенням у складі бетонів з обмеженою вологістю при гідратації кальцій-алюмінатних цементів, які при висушуванні ущільнюються та утворюють міцний скелет.

Мета експериментальних досліджень, що були проведені в даній роботі, полягає у дослідженні впливу на механічну міцність бетону пластифікаторів, що сповільнюють тужавіння.

Перше завдання полягало у виборі декількох серед найбільш поширених добавок у будівельній практиці, для перевірки у лабораторних умовах їхнього впливу на міцність бетону та порівняння отриманих даних з характеристиками бетону без добавляння будь-яких модифікаторів. Фіксувати та порівнювати параметри бетону будуть у віці 7, 14, 28 та 60 діб.

Принцип дії пластифікаторів, які сповільнюють тужавіння та твердіння бетону будується на уповільненому виділенні вільного вапна у розчин, тобто у гальмуванні процесів гідролізу та гідратації клінкерних мінералів. Сповільнюються процеси коагуляції, зближення зерен цементу та його гідратних новоутворень.

Дивлячись на їх вміст у розчині, на процес тужавіння також впливають окремі електроліти, це проявляється у перешкоджанні коагуляції колоїдного розчину та гідратних новоутворень. Також процес тужавіння може бути уповільнений внаслідок дії добавок, які не втручаються у процес гідратації та гідролізу, а швидко зв'язують вільне вапно, яке утворюється з  $C_3S$ .

Існує два типи сповільнювачів за походженням дії:

1. Фізичні. Дані сповільнювачі утворюють важко проникну плівку на поверхні зерен цементу, що призводить до підвищення адгезії та вологозахисту, проте це ж тягне за собою зниження міцності.
2. Хімічні. Вони ґрунтуються на сповільненні росту кристалічної решітки в бетонному розчині, що дозволяє їй більш рівномірно розподілитись та робить складнішою. Це провокує ріст кінцевого значення міцності бетону та продовжує час рухливості до 5 годин. Дуже важливим є дотримання точного дозування при використанні даного типу добавок, так як його надлишок у бетоні призведе до суттєвого зниження кінцевої міцності бетонного виробу.

Проте механізм схоплювання цементу до кінця не вивчений, і це впливає на наше розуміння того, як діють уповільнюючі добавки. Ймовірно, тут задіяні два основних процеси:

- 1) блокуючий механізм, при якому добавка сильно концентрується на поверхні цементу, сповільнюючи утворення силікатних гідратів;
- 2) хелатування іонів кальцію в розчині, що запобігає осадженню гідроксиду кальцію (портландіта).

В залежності від обраного типу добавки можуть бути задіяні один або обидва ці процеси. Останній, ймовірно, більш важливий для більшості типів сповільнювачів схоплювання і запобігає схопленню, але не втраті рухливості. Це важливо розуміти, якщо необхідні характеристики повинні бути досягнуті за рахунок уповільнюючої добавки.

Зараз найбільшим попитом користуються наступні добавки, які сповільнюють тужавіння бетону:

Нітрилотриметиленфосфонова кислота (НТФ). Являє собою білий кристалічний порошок, який добре розчинний у воді, проте зовсім не розчиняється у органічних розчинниках. Зазначається, що не призводить до корозії арматури та володіє пластифікуючою дією. Якщо перевищити нормоване дозування, може впливати на міцність бетону та розчину. Дана добавка підходить для всіх видів цементу, включаючи високоалюмінатні.

РСБ-500. Даний пластифікатор, що сповільнює тужавіння для монолітного будівництва, є відходом від виробництва нітрилотриметиленфосфонові кислоти. Тут містяться речовини, які провокують корозію арматурних виробів. Пропоноване дозування становить 0,02-0,15 % від маси цементу.

Кормова цукрова патока (КП). Представлена у вигляді рідини в'язкої консинстенції, темно-коричневого кольору, добре розчиняється у воді. Помічено сповільнений набір міцності у бетонній суміші, віком до 7 діб. Має пластифікуючу дію, проте не рекомендується застосовувати для збірного залізобетону. Дозування становить 0,05-0,3%.

Глюконат натрію. Має вигляд дрібного кристалічного порошку або гранулянту, колір – від білого до коричневого. Шляхом ферментації отримана з глюкози. Володіє пластифікуючою і водоутримуючою дією. Добре розчиняється у воді, повністю біорозчинна. Рекомендоване дозування – 0,05-0,25% від маси цементу.

Лігносульфонат натрія (ЛСТ). При додаванні даного компоненту до загальної маси суміші збільшує її плинність та реологічні властивості. Позитивно впливає на зносостійкість, довговічність та механічну міцність за рахунок того, що сповільнює час затвердіння цементу або гіпсу.

Упарена післядріжджова барда (УПБ). Це побічний продукт, який отримується упарюванням післядріжджової барди, яка утворюється при виробництві кормових дріжджів на спиртових заводах. На вигляд є густою сиропоподібною рідиною темно-коричневого кольору з концентрацією речовин 40-50 %. Замерзає при температурі -30° С.

**Висновки.** Отже, беручи до уваги попередньо проведені дослідження та

висновки інших авторів відносно модифікаторів сповільнення тужавіння бетону, можна сказати що їх використання підвищує механічні характеристики бетонів, зменшує водопотребу суміші та витрати цементу. Низка досліджень показують можливість керованого регулювання процесів формування міцної структури у низькоцементних бетонів за рахунок введення в їхній вміст модифікаторів.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. Волянський О.А. Технологія бетону : навчальний посібник. – Київ : "Вища школа", 1994. 271 с.
2. Гоц В.І., Павлюк В.В., Шилук П.С. Бетони і будівельні розчини : Підручник. 2-ге вид., допов. і перероб. Київ : "Основа", 2016. 567 с.
3. Дворкін Л.Й. Гідротехнічні бетони: навчальний посібник. Київ: "Каравелла", 2023. 285 с.
4. Дворкін Л.Й., Лаповська С.Д. Будівельне матеріалознавство. Підручник. Рівне : НУВГП, 2016. 448 с.
5. Огляд можливих застосувань нанотехнологій у вогнетривкому бетоні / В. Антонович, І. Пундієне, Р. Стоніс, Й. Цесніс, Й. Керіне // Журнал цивільного будівництва та управління. 2010. № 16 (4). С. 595-602.
6. Савченко С.В., Коваль С.В. Аналіз впливу поетапного введення добавок на збереження рухливості бетонної суміші для монолітного домобудування. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. № 78, 2020, ст. 118-125.

**УДК 624.01**

## **АНАЛІЗ ДАНИХ ТА СТАТИСТИЧНИЙ ОБЛІК ПОШКОДЖЕНЬ ТА РУЙНУВАНЬ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ, ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ**

*Зайцев Є. М., Чеканович М.Г*

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

**Вступ.** Як відомо, 24 лютого 2023 року було розпочато широкомасштабну агресивну війну проти України. Ворог захватив частину територій України. Після тривалих боїв Україні вдалось частково звільнити території, що були під окупацією і постало питання з відновлення деокупованих територій. Головним питанням на першому етапі розробки планів з відновлення є постановка задач та формування планів фінансування. Статистична оцінка ступеня і кількості пошкоджень та руйнувань об'єктів нерухомості в окремих територіальних громадах дозволить планам, що розробляються бути конкретними та прив'язаними до реальної ситуації на місцях [1, с. 411-412].

Аналіз діючих на сьогодні інструментів статистичного обліку пошкоджень та руйнувань в Україні їх наповнення в розрізі деокупованих громад Херсонської області є актуальним.

**Основний текст.** Одразу після початку широкомасштабної війни російської федерації проти України постало питання обліку та фіксації пошкодження та руйнування цивільної, промислової, енергетичної, соціальної та іншої інфраструктури України [2]. За короткий проміжок було розроблено декілька інструментів. На сьогодні діючими є три основних інструмента збору відомостей.

1. Державна електронна система обліку руйнувань е-Кабінет – має дуже зручний інтерфейс, дуже проста інтуїтивно зрозуміла в роботі програма, має можливість в онлайн-режимі відслідковувати на мапі розташування об'єктів, класифікує різні статуси та призначення об'єктів, в ній дуже простий доступ для реєстраторів. Саме простота доступу та обмежений функціонал програми не дозволяють використовувати її як джерело інформації для формування планів фінансування відновлення, але накопичення баз даних в цієї програмі дозволяє роботи статистичну оцінку пошкоджених або зруйнованих об'єктів та здійснювати перехресну перевірку даних з інших джерел.

На сьогодні в державну електронну систему обліку руйнувань е-Кабінет по деокупованих територіальних громадах Херсонської області, що розташовані на правому березі річки Дніпро, внесені відомості про 15216 пошкоджених або знищених об'єкти нерухомого майна у тому числі 14174 житлових будинки включаючи багатоквартирні та приватні будинки, 156 закладів охорони здоров'я, 245 навчальних закладів, 68 об'єктів промисловості та енергетики та інше. Потрібно враховувати, що більшість відомостей вносяться з певною затримкою та не завжди мають підтвердження у вигляді фото матеріалів та обмірів та неналежно верифіковані. Тому використання інформації е-Кабінету дуже обмежено і можливо тільки для узагальненого аналізу та моментального отримання інформації.

2. Збір даних та систематизація їх на основі розпоряджень Начальників обласних військових адміністрацій. На сьогодні це самий оперативний спосіб отримання інформації по пошкодженню та руйнації об'єктів. Пошкодження об'єктів фіксуються, місцевими територіальними громадами, майже зразу після обстрілів по «гарячим слідам», формуються відповідні переліки, об'єкти класифікуються по призначенню та ступеню руйнації.

Але виникає дуже багато питань по верифікації об'єктів та достовірності відомостей, що вносяться. Та треба зауважити на сьогодні це саме оперативне джерело інформації по пошкодженими та зруйнованими об'єктам на деокупованій території Херсонської області. Так станом на 29 жовтня маємо таку інформацію - загальна кількість пошкоджених та зруйнованих нерухомих об'єктів 21 235 будівля в тому числі приватних будинків 18995, багатоквартирних будинків 985, закладів освіти 283, закладів охорони здоров'я 147, адміністративних будівель 105, мостів 18, об'єктів культури та релігійних споруд 118 об'єктів життєзабезпечення 121 та інше.

Також на підставі даних зібраних військовим адміністраціями ми бачимо,



що ріст кількості пошкоджених та зруйнованих будівель за жовтень 2023 року складає 7,91 % при тому, що раніше він складав 7,58%, що вказує на збільшення інтенсивності обстрілів громадської інфраструктури у жовтні.

3. Державний реєстр пошкодженого та знищеного майна (далі-РПЗМ) . На сьогодні найбільш досконалий та розвинутий продукт по обліку відомостей про знищене та пошкоджене майно має високу ступінь захисту даних, до реєстру вносяться тільки і виключно перевірені верифіковані дані, також до реєстру вносяться відомості про нарахування та виплати компенсацій, розташування об'єктів, ступінь пошкодження будівель, відомості про власників, об'єкти можливо побачити на інтерактивній карти та інші відомості. Але такий великий та універсальний функціонал тягне за собою ряд проблем.

РПЗМ не може служити джерелом оперативної інформації, доступ до нього дозволений тільки верифікованим користувачам, наповнення РПЗМ потребує виконання великої кількості операцій навченим персоналом, також при обробці відомостей по об'єкту встановлюється особа власника, проводиться обстеження будівлі, розраховується сума компенсацій.

Станом на кінець жовтня 2023 року до РПЗМ по Херсонській області внесені загалом 11907 об'єктів нерухомого майна всі ці дані перевірені та верифіковані (рис. 1).

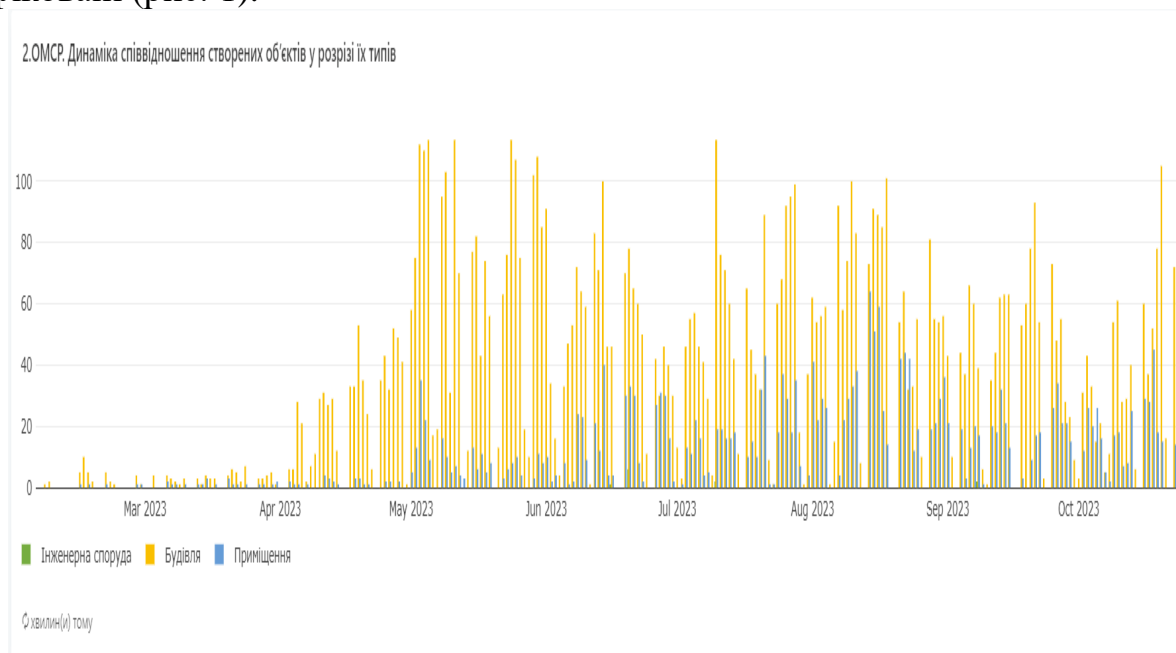


Рис. 1. Помісячні статистичні дані

Треба зауважити що до серпня 2023 року вносились об'єкти пошкоджені з 24 лютого 2023 року, пізніше інформація становиться ближче до оперативної.

З травня по жовтень 2023 року подано заяв громадянами на отримання компенсацій за пошкоджене майно 3628, нараховані компенсації 1098 заявникам на загальну суму 163 104 тис. грн.

Виходячи з даних РПЗМ ми можемо розрахувати приблизну вартість відновлення нерухомого майна житлового призначення, а саме приватних будинків:

- нараховано компенсацій на відновлення пошкоджених приватних

будинків категорія А (поточний ремонт) 821 заявнику на суму 96932 тис. грн. середня сума виплат 118,065 тис. грн;

- нараховано компенсацій на відновлення пошкоджених приватних будинків категорія Б (капітальний ремонт) 174 заявнику на суму 56519 тис. грн. середня сума виплат 324,821 тис. грн;

- нараховано компенсацій за знищені приватні будинки 5 заявникам на суму 5 728 тис. грн. середня сума виплат 1143,6 тис. грн.

За оперативними даними військових адміністрацій маємо відомості про пошкодження 18995 приватних будинки, щодо ступені руйнації подаються наступні дані: 1 категорія руйнації відновлення по категорії А (поточний ремонт) – 12572 будинки ; 2 категорія руйнації відновлення по категорії Б (капітальний ремонт) – 4692 будинки; 3 категорія руйнації повністю зруйновані (виплата компенсації на придбання іншого житла або будівництво нового) – 1683 будинки.

На базі отриманих даних розрахуємо приблизну потребу у фінансуванні на відновлення приватних будинків на деокупованій частині Херсонської області:

- поточний ремонт 12572 будинки при середній сумі виплат 118,065 тис. грн. становить 1 484 313 тис. грн.;

- капітальний ремонт 4692 будинки при середній сумі виплат 324,821 тис. грн. становить 1 524 060 тис. грн.;

- придбання або будівництво нового житла 1683 будинки при середній сумі виплат 1143,6 тис. грн становить 1 923 669 тис. грн.

Таким чином сума витрат на відновлення приватних будинків тільки на деокупованій частині Херсонської області складе щонайменше 4 932 042 тис. грн.

**Висновки.** Планування витрат на відновлення дуже вагомий крок на зустріч післявоєнної відбудові. Ми розуміємо що облік пошкоджень та руйнації об'єктів нерухомого майна це не тільки про побудову нового майбутнього, а й про покарання агресора про стягнення репарацій та контрибуції. Тому вдосконалення інструментів обліку та обробки статистичних даних про пошкоджене та знищене майно може вважатися важливим стратегічним напрямом.

### **Список використаної літератури**

1. Математико-статистичні методи в соціології та психології : Навч. посіб. / А. Б. Телейко, Р. К. Чорней. К. : МАУП, 2007. 424 с.

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 381 «Про затвердження Порядку надання компенсації для відновлення окремих категорій об'єктів нерухомого майна, пошкоджених внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених збройною агресією Російської Федерації, з використанням електронної публічної послуги "е-Відновлення". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/381-2023-%D0%BF#Text>

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ У БУДІВНИЦТВІ

*Волошин М.М., к.т.н., доцент*

*Калиняк А.Р., студентка четвертого курсу*

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

**Вступ.** Сучасні будівельні технології включають в себе інноваційні методи та матеріали, спрямовані на зменшення споживання енергії, покращення ефективності та збереження ресурсів. Ці технології є ключовими в контексті загального підвищення уваги до проблем енергоефективності та стали основою для розвитку сталого будівництва. У даному рефераті розглянемо основні аспекти енергозберігаючих технологій у будівництві, їх переваги та виклики.

### **Основний текст.**

#### **1. Основні принципи енергозберігаючих технологій.**

Енергозберігаючі технології у будівництві базуються на декількох принципах. Одним із них є застосування ефективної теплоізоляції, що дозволяє зменшити втрати тепла через стіни, дахи та підлоги будівлі. Використання спеціальних матеріалів, таких як енергоефективні вікна та ізоляційні матеріали, дозволяє значно скоротити споживання енергії на опалення та кондиціонування приміщень.

Додатково, впровадження енергоефективних систем вентиляції та освітлення, таких як LED-світильники та системи "розумних будинків", сприяє зменшенню енергоспоживання та оптимізації його контролю. Технології використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні панелі та вітрові установки, стають все більш поширеними у будівництві, допомагаючи зменшити вплив будівель на навколишнє середовище та раціоналізувати енергетичні ресурси.

#### **2. Переваги енергозберігаючих технологій.**

Впровадження енергозберігаючих технологій має безліч переваг. По-перше, це сприяє зменшенню витрат на комунальні послуги для мешканців та власників будівель, оскільки ефективніше утримувати комфортні умови в приміщеннях. Крім того, це сприяє зниженню викидів в атмосферу та загальному зменшенню впливу будівництва на довкілля.

Енергоефективні будівлі стають привабливішими для покупців, оскільки вони не лише зменшують витрати на утримання, а й сприяють збереженню навколишнього середовища. Крім того, вони відповідають сучасним стандартам сталого розвитку та можуть мати позитивний вплив на здоров'я мешканців завдяки кращій якості повітря та комфортним умовам.

#### **3. Виклики та обмеження.**

Незважаючи на численні переваги, існують деякі виклики у впровадженні енергозберігаючих технологій у будівництві. Одним з основних обмежень є високі початкові витрати на встановлення енергоефективних систем та матеріалів. Це може стати перешкодою для багатьох забудовників та

споживачів.

Крім того, іноді необхідно внести зміни у вже існуючі будівлі для впровадження енергоефективних технологій, що також може бути дорогим та складним процесом. Додатково, не завжди можливо отримати доступ до відновлювальних джерел енергії через їх обмежену доступність або технічні складнощі.

#### **4. Інноваційні матеріали.**

Одним із ключових аспектів енергозберігаючих технологій є розвиток інноваційних будівельних матеріалів. Нові матеріали, такі як геотермальні теплообмінники, фотокаталітичні покриття, а також матеріали на основі вторинних відходів, дозволяють зменшити енерговитрати та покращити енергоефективність будівель. Геотермальні теплообмінники, наприклад, використовують внутрішню температуру землі для регулювання температури в будівлі, що дозволяє економити енергію на опалення та кондиціонування повітря.

Крім того, використання матеріалів на основі вторинних відходів, таких як цегла з переробленого скла або композитні матеріали зі вторинних полімерів, допомагає зменшити викиди та споживання природних ресурсів у будівництві. Ці інноваційні матеріали розширюють можливості для створення енергоефективних будівель, що підвищує їхню стійкість до змін клімату та забезпечує довгострокові переваги в галузі енергозбереження.

#### **5. Роль урядової політики та стимулювання впровадження.**

Урядова політика та стимулювання впровадження енергозберігаючих технологій грають ключову роль у їх широкому поширенні у будівництві. Фіскальні стимули, такі як податкові кредити чи субсидії на встановлення сонячних панелей або інших енергоефективних систем, можуть значно зменшити фінансові бар'єри для розвитку енергозберігаючих технологій у будівництві. Також, нормативне закріплення стандартів енергоефективності для нових будівель і ремонтів старих може стимулювати ринок до використання енергозберігаючих технологій.

Крім того, розвиток програм енергоефективності та освітлення громадськості стосовно переваг використання таких технологій може сприяти більш швидкому прийняттю нововведень у будівництві. Заохочення споживачів та будівельників до використання енергоефективних рішень може значно прискорити процес адаптації цих технологій у будівництві.

#### **6. Моніторинг та управління системами.**

Ключовим аспектом ефективності використання енергозберігаючих технологій у будівництві є їхнє постійне моніторинг та управління. Системи моніторингу енергоспоживання, такі як "розумний будинок", дозволяють постійно відслідковувати витрати енергії та ідентифікувати області, де можливі збереження.

Крім того, автоматизовані системи керування енергетичними процесами в будівлі дозволяють оптимізувати споживання енергії в реальному часі. Наприклад, вони можуть регулювати температуру, освітлення та вентиляцію відповідно до реальних потреб користувачів та зовнішніх умов.

Ці системи також надають користувачам зручний доступ до інформації про енергоспоживання та можливість дистанційно керувати різними системами будівлі через мобільні додатки чи веб-інтерфейси. Такий постійний контроль та можливість оптимізувати системи в реальному часі допомагають зберігати енергію та знижувати витрати на утримання будівлі протягом тривалого періоду її експлуатації.

#### **Висновок.**

Усупереч викликам, впровадження енергозберігаючих технологій у будівництві є надзвичайно важливим кроком у забезпеченні сталого розвитку. Вони дозволяють ефективно використовувати ресурси, зменшують вплив на довкілля та сприяють економічним вигодам для користувачів будівель. Розвиток нових технологій та постійне вдосконалення стандартів енергоефективності допоможе подолати існуючі виклики та сприятиме подальшій адаптації цих технологій у будівництві.

#### **Список використаних джерел**

1. Регіональна інвестиційна політика енергозбереження : [монографія] / М. А. Вознюк; НАН України, Ін-т регіон. дослідж. ім. М.І. Долішнього. Львів, 2015. 413, [1] с. (Проблеми регіон. розвитку). Бібліогр.: с. 386-401.
2. <http://surl.li/nbxme>
3. 2. <http://surl.li/nbxmw>
4. 3. <http://surl.li/diqri>
5. 4. <http://surl.li/nbxns>

**УДК 691(075)**

### **ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОСЕНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ**

*Клюс О.С., викладач*

*Лозівська філія Харківського автомобільно-дорожнього фахового  
коледжу, м. Лозова*

Автомобільні дороги є найважливішою ланкою транспортної системи країни, без якої не може функціонувати жодна галузь народного господарства. Рівень розвитку та технічний стан дорожньої мережі істотно та різноманітно впливають на економічний та соціальний розвиток країни.

В даний час якість дорожнього асфальтобетонного покриття не відповідає заявленим вимогам, а саме його рівність, коефіцієнт зчеплення, а також міцність. Однією з головних проблем залишається довговічність покриття.

Застосування текстильних матеріалів у дорожньому будівництві може допомогти вирішити ці проблеми та підвищити якість доріг.

Таким чином, на сьогоднішній день одним із пріоритетних напрямків текстильної промисловості є розробка дорожнього покриття на основі геосинтетичних текстильних матеріалів.

Ринок геосинтетичних дорожніх матеріалів активно розвивається. Ще кілька років тому в нашій країні мало хто знав про існування таких матеріалів як геотекстиль, геосітки, георешітки, геомембрани.

Найпоширенішим видом геосинтетичних матеріалів є нетканий геотекстиль. Він являє собою рулонний нетканий матеріал із синтетичних полімерних волокон, призначений для поділу різних ґрунтів (пісок – щебінь, щебінь – глина, пісок – глина і так далі), зміцнення (армування) слабого ґрунту, влаштування ефективних дренажних систем з тривалим терміном експлуатації. Застосування нетканого геотекстилю зменшує потребу у великій кількості насипного ґрунту.

Виконуючи функцію поділу шарів, матеріал дозволяє:

- ✓ – перерозподілити напругу;
- ✓ – збільшити несучу здатність в основі дорожнього полотна;
- ✓ – покращити умови ущільнення земляного полотна;
- ✓ – знизити руйнування доріг, що виникає під впливом морозу;
- ✓ – підвищити стійкість укосів.

Геотекстиль є екологічно безпечним матеріалом. Він характеризується високою хімічною стійкістю. Цей матеріал не вбирає воду, має високу опірність проколюванню і розриву, не схильний до гниття, впливу негативних зовнішніх факторів, не утворює жодних побічних продуктів.

Геотекстиль – один із видів геосинтетиків; геотканину (ткане полотно), а так само неткане полотно, що виготовляється голкопробивним, термоскріпленням (каландрування), гідроскріпленням способами з поліпропіленових або поліефірних ниток – з однієї нескінченної нитки (мононити).

МікрОВОЛОКОННА структура надає гарну пружність матеріалу при товщині до 5 мм, це дозволяє створити умови для помірної водопроникності та уповільнити фільтрацію, що унеможливорює розмивання насипного шару.

Застосування цього матеріалу значно зменшує ступінь та швидкість змішування матеріалів різних фракцій, що добре впливає на якість дорожнього покриття. Висока міцність та деформаційна стійкість дає можливість знизити товщину дорожньої основи.

Дорожнє полотно, армоване нетканим матеріалом, має високі експлуатаційні властивості, такі як: зниження колії; підвищення стійкості дорожнього полотна до температурної деформації (замерзання та розморожування).

Застосування даного нетканого матеріалу для будівництва дренажних елементів автомобільної дороги значно збільшує їх пропускну спроможність і продовжує термін служби на 50-60%. Це пояснюється високою фіксаційною здатністю нетканого полотна - дрібні частинки ґрунту не вимиваються і не змішуються з великими, що призводить до підвищеної дренажної здатності останніх.

Для виготовлення геотекстильного полотна використовується така сировина:

- волокно поліефірне (ПЕФ) звивисте номінальною довжиною (60 - 90) мм;
- волокно поліпропіленове (ПП) номінальною довжиною (60 - 90) мм;
- суміш поліефірних та поліпропіленових волокон у будь-якому співвідношенні, що забезпечує норми показників якості.

ПЕФ волокна мають відмінні властивості, такі як висока термостійкість, здатність витримувати тривалу експлуатацію при підвищених температурах, стійкість до стирання та опір багаторазовим вигинам ПЕФ волокон нижче, порівняно з поліамідними волокнами, а ударна міцність їх вища. ПЕФ волокна мають велику пружність і низьку гігроскопічність, стійкість до дії ацетону та інших розчинників. Механічні властивості ПЕФ волокон мало змінюються.

Недоліками ПЕФ волокна є підвищена жорсткість, схильність до пілінгу, підвищена електризованість, низька гігроскопічність і складність фарбування звичайними методами. Недоліки найчастіше можна усунути хімічною модифікацією вихідного полімеру.

Поліпропілен має високу стійкість до кислот, лугів, розчинів солей та інших неорганічних агресивних середовищ. При підвищених температурах набухає і розчиняється в деяких розчинниках, наприклад, бензолі, чотирихлористому вуглеці, ефірі.

Хімічна структура поліпропілену стійка до дії різних хімічних агентів, що пояснює сферу застосування даного полотна при зміцненні ґрунтів на автомобільних дорогах.

Процес отримання полотен із заданими фізико-механічними властивостями здійснюється на голкопробивних машинах. У технології отримання нетканих матеріалів цей процес може бути допоміжним або основним. У першому випадку, полотно, що пройшло голкопробивну машину, піддається подальшій хіміко-фізичній обробці. У другому випадку процес голкопробивання застосовується як спосіб зміцнення, при цьому одержують готовий нетканий матеріал з необхідними фізико-механічними та структурними властивостями.

Процес голкопробивання полотна заснований на використанні тиску зазубрин (насічок) голок, які, проходячи через полотно, протягують (сплутують) волокна у поперечному напрямку.

Залежно від замовлення споживача полотно може бути завширшки до 4 метрів, а завдовжки до 500 метрів. Саме щільність визначає сферу застосування нетканого геотекстильного матеріалу.

Використання геосинтетичних матеріалів у структурі укосів доріг дозволяє покращити їх дренажну функцію і уповільнює процес розмиття узбіч.

Всі вище перелічені факти дозволяють стверджувати, що геотекстиль забезпечує додаткову міцність дорожнього покриття і підвищує стійкість до несприятливих впливів будь-якого характеру.

Безпека для навколишнього середовища, рентабельність та позитивний досвід практичного використання дозволяє зробити висновки щодо

перспективності застосування геосинтетичних матеріалів у дорожньому будівництві.

### Список використаних джерел

1. Солодкий С.Й. Інноваційні матеріали і технології для будівництва та ремонту дорожніх одягів автомобільних доріг: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2013. 140 с.

2. Солодкий С.Й. Дорожні одяги: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2015. 164 с.

УДК 624.074.5

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ТРИМКУ ЗДАТНІСТЬ ТА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН ПРОСТОРОВОЇ ФЕРМИ ЇЇ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

*Ткачук А.І., к. т. н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Панич Є.В., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Науково-технічний прогрес в області металевих конструкцій розвивається за трьома основними напрямками:

1) підвищення ефективності конструктивних форм будівельних конструкцій і споруд на їх основі з одночасним підвищенням надійності, довговічності та встановленням областей їх раціонального застосування в будівлях і спорудах різного призначення;

2) створення високопродуктивної поточно-механізованої і автоматизованої технології виготовлення з метою підвищення продуктивності праці, збільшення ступеня заводської готовності та якості конструкцій;

3) підвищення рівня механізації збирання, зведення та розробки нових досконаліх методів поточно-блокового монтажу.

Галузь застосування ферм досить широка, але найбільше розповсюдження вони знайшли в покриттях виробничих та громадських будівель, а також у великогабаритних спорудах (великопролітні конструкції, башти, опори ліній електропередач, транспортерні галереї, прольотні будови мостів, в'язеві системи каркасів будівель тощо) (рис. 1). Фермою є наскрізна конструкція, що працює на згин або згин зі стиском та складається з окремих стержнів, які, з'єднуючись у вузлах, утворюють геометрично незмінну систему. При прикладанні зовнішніх навантажень у вузлах, елементи ферм сприймають тільки поздовжні зусилля стиску або розтягу. Якщо зовнішні навантаження утворюють моменти (при поза вузловому прикладанні зосереджених сил, при наявності вузлових ексцентриситетів або вузлових моментів), стержні



працюють як позацентрово-стиснуті або позацентрово-розтягнуті.



Рис. 1. Области застосування просторових ферм

**Основний текст.** Серед основних конструктивних параметрів, що найбільше впливають на несучу здатність ферм різного типу, виділяють [1-3]: 1) статичну схему ферми; 2) тип решітки; 3) висоту ферми; 4) довжину ферми.

За статичною схемою ферми розподіляються на:

1) розрізні балкові (рис. 2, *а*), що найбільш використовувані через простоту у виготовленні та монтажі;

2) нерозрізні (рис. 2, *б*), володіють великою власною масою та сприймають значні навантаження, за рахунок великої жорсткості, володіють незначною висотою;

3) аркові (рис. 2, *в*) та рамні (рис. 2, *г*), вони застосовуються для великих прольотів, їх перевагою є раціональний розподіл внутрішніх зусиль у самій системі;

4) консольні (рис. 2, *е*), використовуються разом із розрізними, інколи з нерозрізними системами конструкцій для того щоб розвантажити основні прольоти від зусиль. Башти, щогли (рис. 2, *д*) є вертикальними консольними фермами, котрі для забезпечення потрібної жорсткості в усіх напрямках виконуються просторовими;

5) комбіновані (рис. 2, *ж*), представляють собою балку, посилену по верхньому або нижньому поясі стержньовою системою, що знижує виникаючі в конструкції згинальні моменти. Такі конструкції використовуються при великих навантаженнях, а також включаючи рухомі [1].

6) Подальша робота буде орієнтована на дослідження розрізних варіантів балкових та аркових ферми. Основними елементами балкових покриттів є плоскі або з'єднані в блоки ферми, які застосовують при прольотах 50-70 м і більше. Плоскі ферми з'єднують між собою горизонтальними і вертикальними зв'язками, які забезпечують просторову жорсткість покриття та стійкість окремих ферм [4; 5]. Економічно доцільно застосовувати в балкових системах тригранні ферми (рис. 3). Аркові покриття застосовують для великих прольотів (60-80 м). Основна його перевага це мала маса конструкції. Це пояснюється тим, що арка є розпірною системою і переріз працює переважно на стиск і незначний за величиною згинальний момент. Найчастіше застосовують

двошарнірні арки, в яких згинальні моменти розподіляються по прольоту більш-менш рівномірно, а їх обриси доцільно приймати з паралельними поясами.

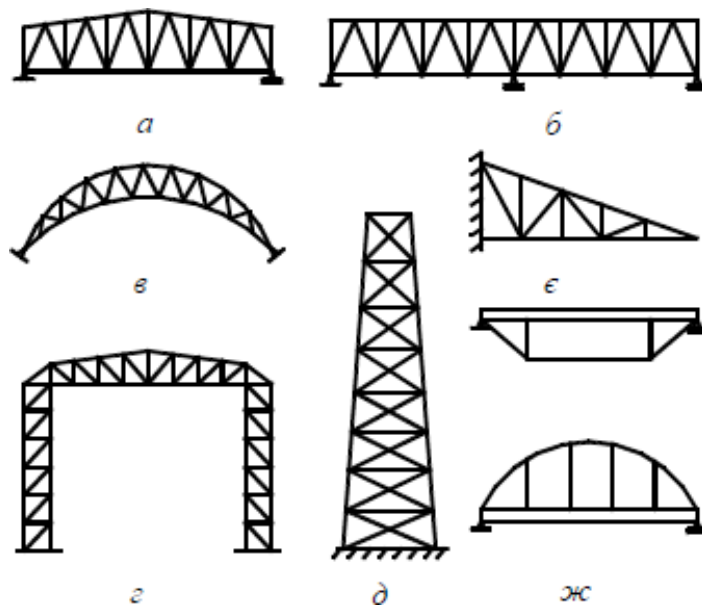


Рис. 2. Схеми ферм: *a* – розрізні балкові; *б* – нерозрізні; *в, г* – аркові і рамні; *є, д* – консольні; *ж* – комбіновані

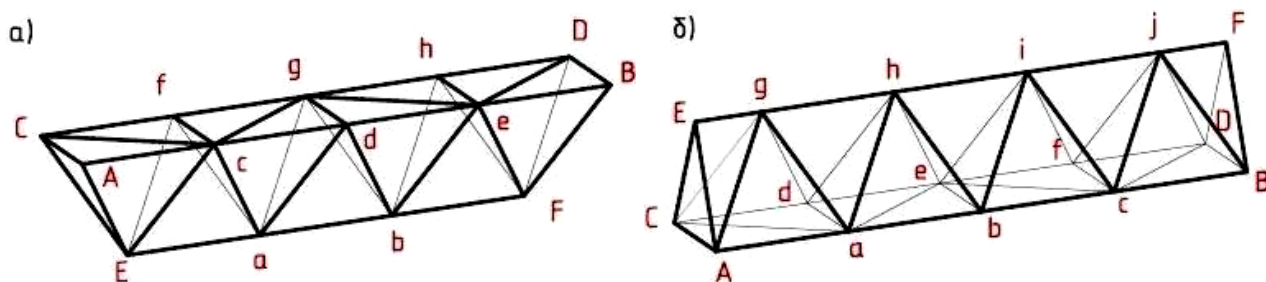


Рис. 3. Різновиди просторових тригранних ферм

Схема решітки значною мірою впливає на масу конструкції на розподіл зусиль. Трикутна решітка має найменшу сумарну довжину та найменшу кількість вузлів, але довжини панелей поясів при цьому являються найбільшми, що не раціонально, особливо для стиснутих стержнів.

Розкісна решітка дозволяє зменшити довжини панелей, але при цьому зростає кількість вузлів та сумарна довжина розкосів і стояків. Тому в практиці одержала розповсюдження схема, що об'єднує переваги обох типів решітки – трикутна решітка з додатковими стояками, яка зменшує довжини стиснутих панелей та створює додатковий вузол пояса для можливого обпирання на нього несучого елемента покрівлі. Додаткові стояки хоча й збільшують масу ферми (проте їхні перерізи невеликі, бо вони сприймають тільки місцеві навантаження) в порівнянні з трикутною решіткою, але внаслідок скорочення розрахункових довжин елементів поясів зменшуються поперечні перерізи останніх і, відповідно, загальні витрати сталі. Хрестова решітка застосовується в фермах, елементи яких сприймають знакозмінні зусилля від навантажень, що діють з різних боків, наприклад, у в'язевих системах покриттів, мостах,

висотних будівлях, у просторових фермах башт та щогл.

Довжина ферми визначається її прольотом, який встановлюють залежно від компоновальних і технологічних вимог. При обпиранні ферм зверху на опори конструктивна довжина включає розміри опорних частин конструкції, а розрахунковий проліт може бути наближено взятий рівним відстані між внутрішніми чвертями ширини опор (для розрізних ферм):

$$l = l_0 + \frac{a}{4} \cdot 2 = l_0 + \frac{a}{2} \quad (1)$$

де  $l_0$  – відстань між внутрішніми гранями опор;  $a$  – ширина опор [6].

Для середніх прольотів нерозрізних систем розрахункові довжини беруться по осях між опорами.

Якщо ферма обпирається збоку колони, то її довжина та розрахунковий проліт беруть таким, як внутрішня відстань між гранями колон.

Оптимальна висота ферм  $h_{opt}$ , що відповідає найменшій масі або вартості конструкції залежить від прольоту  $l$ , обрису поясів, типу решітки та кількості панелей  $n$ . Очевидно, що зі збільшенням висоти ферми знижується маса (вартість) поясів, так як діючі в них зусилля обернено пропорційні висоті ( $N_n = M/h$ , де  $M$  – балковий згинальний момент у відповідному перерізі;  $h$  – висота ферми), та підвищуються витрати матеріалу на елементи решітки (збільшуються довжини розкосів та стояків). Для ферм з паралельними поясами та трапецоїдних висота для умови мінімуму маси визначається так:

при трикутній решітці:

$$h_{opt} = \frac{l}{n} \sqrt{0.7n + 1}; \quad (2)$$

при розкісній решітці:

$$h_{opt} = \frac{l}{n} \sqrt{\frac{1}{3}(0.7n + 1)}; \quad (3)$$

при трикутній решітці з додатковими стояками:

$$h_{opt} = \frac{l}{n} \sqrt{\frac{1}{3}(0.7n + 1)}. \quad (4)$$

Проаналізувавши значення  $h_{opt}$ , знайдені за вище наведеними формулами, впливає, що найбільша висота відповідає трикутній решітці, а найменша (приблизно на 40 % менша, ніж при трикутній) – розкісній [1]. При цьому

$$h_{opt} \approx \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{5}\right)l$$

Слід зауважити, що при оптимізації зведених витрат на ферму оптимальна висота значно знижується порівняно з  $h_{opt}$ , яка відповідає мінімуму маси конструкції, та досягає приблизно  $1/8 - 1/10$  прольоту.

Статичний розрахунок ферм у більшості випадків проводять припускаючи наявність шарнірів у вузлах. При цьому ферму розглядають як статично визначувану систему, в елементах якої виникають тільки поздовжні зусилля [6]. Таке припущення справедливе для ферм з кутиків і таврів, а також з труб, двотаврів та замкнених профілів при співвідношенні висоти (діаметра)

пояса до довжини панелі менше 1/10 для конструкцій, що експлуатуються в кліматичних районах з температурою зовнішнього повітря вище ніж -40°C, та 1/15 – при температурі нижче вказаної межі.

**Висновки.** На основі проведеного аналізу виявлено що, основною причиною руйнування ферм є втрата стійкості стиснутими елементами. Досвід показує, що втрата стійкості суттєво залежить від геометричних і фізичних недосконалостей стержнів: неточне центрування елементів, недоліками при монтажі та експлуатації конструкції. Тому проводимуться подальші дослідження з метою отримання найоптимальніших конструктивних параметрів за допомогою ПК ЛІРА-САПР.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Металеві конструкції: Підручник / Пермяков В.О., Нілов О.О., Шимановський О.В., Белов І.Д., Лавріненко Л.І., Володимирський В.О. // Під загальною редакцією В.О. Пермякова та О.В. Шимановського. К.: Видавництво "Сталь", 2008. 812 с.

2. Металеві конструкції: Підручник. Частина 1 / В. Свердлов, І. Сердюк, В. Сердюк, Л. Жарко. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. 263 с.

3. Романюк В.В. Металеві конструкції. Розрахунок елементів і з'єднань: Навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2014. 449 с.

4. Клименко Ф.Є., Барабаш В.М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції : Підручник / За ред. Ф.Є. Клименка. 2-ге вид., випр. і доп. Львів: Світ, 2002. 312 с.

5. Металеві конструкції . Підручник для студентів вищих навчальних закладів / Лівінський О. М., Хоменко О.Г., Терещук М. О., Любченко І.Г., Ратушняк Г. С., Єсипенко А. Д. Київ : "МП Леся", 2018. 306 с.

6. ДБН В.2.6-163:2010: Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 202 с.

**УДК 624.01**

### ЛОКАЛЬНЕ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК

*Чеканович М.Г., Гребенюк В.В.*

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

**Вступ.** Залізобетонні конструкції широко застосовуються в будівництві, оскільки вони мають високу міцність, довговічність, вогнестійкість та економічність. Одним з видів залізобетонних конструкцій є балки, які сприймають згинальні зусилля від різних видів навантаження. Для підвищення несучої здатності та жорсткості залізобетонних балок можна використовувати попередньо напружену арматуру або місцево напружену арматуру, яка створює

в середній частині балки початкові напруження в бетоні та арматурі, що зменшують деформації та тріщини в балці під час експлуатації [1, с. 11; 2, с. 15].

Аналіз несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності залізобетонних балок з локально напруженою арматурою є актуальним питанням, оскільки воно дозволяє оптимізувати параметри армування та розрахункові схеми, а також розробити рекомендації щодо проектування, будівництва та експлуатації таких конструкцій зменшеної вартості [2, с. 65-69].

**Основна частина.** Проведені дослідження та конструктивні розробки стосовно попередньо напружених залізобетонних конструкцій у своїй більшості присвячені конструкціям, в яких арматура попередньо розтягнута по всій довжині балки, що дозволяє у значній мірі покращити тріщиностійкість та жорсткість залізобетонних елементів.

При цьому, традиційне попереднє напруження конструкцій з залізобетону може призводити до перенавантаження попереднім напруженням кінцевих ділянок балок. Технологія виготовлення таких попередньо напружених балок передбачає переважно заводське їх виробництво, що для невеликих конструкцій може бути не раціональним.

Крім того, не усі ділянки балки однаково навантажені при експлуатації, тому більш раціональним буде локальне їх зміцнення [3, с. 565-569; 4, с. 1009-1014].

Схема локального попереднього напруження балки показана на рис. 1. Просторове представлення локально зміцнених балок показано на рис. 2 і рис. 3.

Залізобетонний елемент з арматурою оголеною в ніші по центру (рис. 4) підготовлений для можливості попереднього її напруження локально. Таке попереднє напруження може здійснюватися шляхом відхилення арматури до низу, або стягування муфтою.

Для підсилення стиснутої зони залізобетонної балки доцільно використати надміцну залізобетонну вставку. Для її зміцнення при виготовленні можна використати обтиск, пресування бетонної суміші. Надміцна вставка показана на рис. 5, а форми для її виготовлення на рис. 6. Опалубка для виготовлення пресованого залізобетонного елемента була зроблена з двох швелерів №10 та листової сталі товщиною 5 мм. Нами були виготовлені локально підсилені балки і випробувані за схемою показаною на рис. 7. Результати випробувань представлені у таблиці 1.

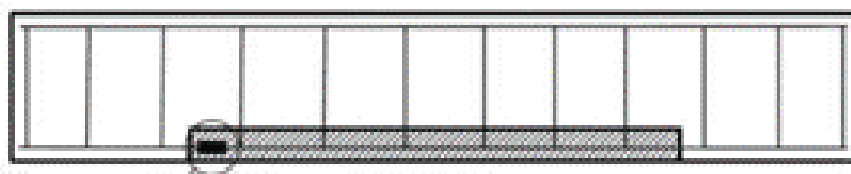


Рис. 1. Схема локального підсилення балки

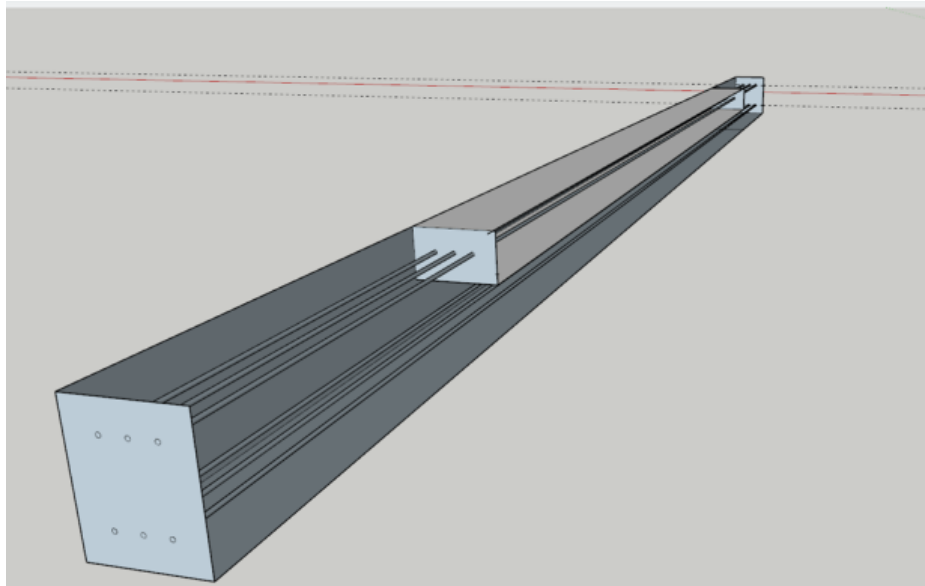


Рис. 2. Схема розташування зміцненого елемента

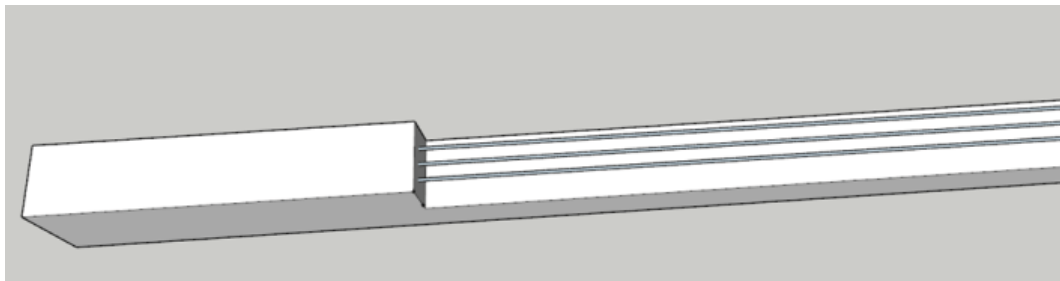


Рис. 3. Схема ділянки балки з локальним недобетонуванням



Рис. 4. Залізобетонний елемент з арматурою оголеною по центру

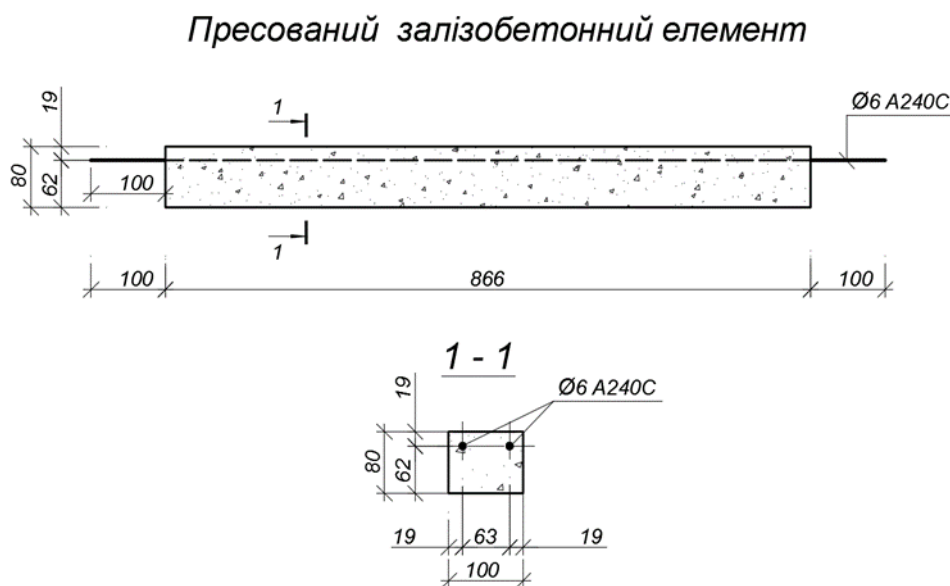


Рис. 5. Пресований залізобетонний елемент (вкладиш)





Рис. 6. Опалубка для виготовлення пресованого залізобетонного елемента

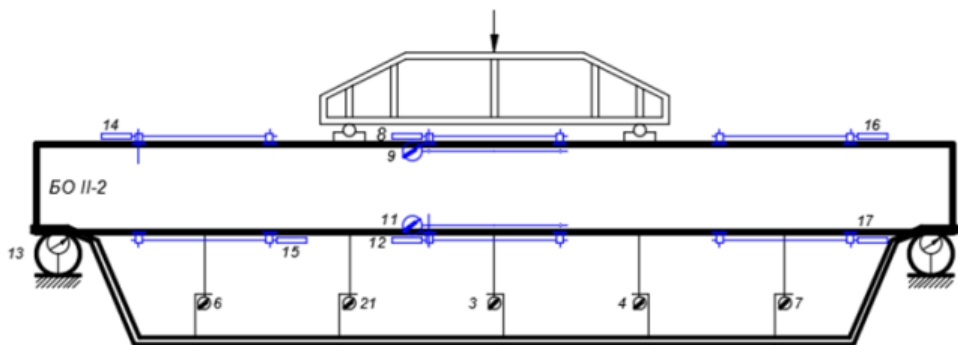


Рис. 7. Схема випробування балки

Таблиця 1

Результати випробування балок

Найменування	$M_{\max}$ , кН·м	$W_{\text{фік}}$ , ммпри ( $M=32$ кН·м)	$W_{\max}$ , мм	$P_{\max}$ , кН
Балка БО-II-2	32,05	1,3	1,3	48,07
Балка БПС-III-3	46,42	1,24	2,02	69,6
Балка БПС-IV-1	52,04	0,847	1,93	78,07

За результатами випробувань міцність локально підсилених балок БПС-III-3 і БПС-IV-1 була вищою порівняно зі звичайною балкою БО-II-2. відповідно в 1,4 і в 1,63 рази. При цьому прогини зменшилися майже у двічі.

**Висновки.** Локальне підсилення залізобетонних балок ефективно і дозволило шляхом раціонального розподілу міцності матеріалу в тілі балки досягнути підвищення несучої здатності від 40 до 63%. При цьому прогини балки при навантаженні зменшилися майже удвічі.

## Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування // Мінрегіонбуд України, Київ, 2009. 97с.
2. М Chekanovych [Stress-Strain state of reinforced concrete beams strengthened with a flexible rod-roller system](#)- AIP Conference Proceedings, 2023. С.65-69.
3. Шагин А.Л., Избаш М.Ю., Асанов В.В. Особенности предварительного напряжения сталежелезобетонных конструкций // Будівельні конструкції. Вип. 59. К.: НДІБК, 2003. С.565-569.
4. Chekanovych, M., Chekanovych, O. Smart reinforced concrete structures /Keep Concrete Attractive - Proceedings of the fib Symposium 2005, 2005, 2, С. 1009–1014.

## УДК 624.01

### УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК

*Чеканович М.Г., Зубко Є.В.*

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

**Вступ.** Сьогодні під час воєнних дій та надалі у повоєнні роки особливо важливими стають питання щодо посилення існуючих будівель і споруд. Серед найбільш пошкоджуваних частин конструкцій будівель і споруд є згинальні елементи, такі як ригелі, балки, прогони, плити для перекриття та покриття, а також звичайні перемички. У більшості випадків ці елементи бувають виготовлені із залізобетону [3, с. 15].

Враховуючи це, наукова спільнота та дослідники активно роблять акцент на важливості розробки методів посилення згинальних елементів залізобетонних конструкцій. Ця проблема стає актуальною через необхідність підвищення стійкості, надійності та безпеки споруд в умовах надзвичайних ситуацій. Науково-технічний процес, спрямований на вирішення цієї проблеми, вже тривалий час включає в себе дослідження і внесок вчених і дослідників з цієї галузі, як Голишев А.Б., Бамбура А.М., Кривошеев П.И., Козелецький П.М., Клименко Є.В., Онуфрієв, Стельмах Р.Р., Чеканович М.Г., Чеканович О.М. [2, с. 105-124; 3, с. 4; 6, с. 20; 4, с. 149-164; 5, с. 91].

Переважна частина досліджень акцентується на аналізі основних методів посилення згинальних залізобетонних елементів конструкцій та вдосконаленні їх. Традиційними методами підсилення залишаються такі прийоми, як збільшення перерізу, додаткове армування та шпренгельне підсилення залізобетонних конструкцій. [2, с. 105-124; 6, с. 20; 4, с. 149-164; 5, с. 91]



**Основна частина.** Розглянемо основні методи підвищення міцності згинальних конструкцій будівель і споруд. У будівництві традиційним способом є підсилення залізобетонних елементів шляхом нарощування їх поперечного перерізу та додаткового армування [2, с. 105-124; 5, с. 4].

Одним із відомих методів є збільшення перерізу балки шляхом збільшення площі поперечного перерізу знизу з додатковим армуванням [2, с. 105-124; 5, с. 4].

Також у практиці будівництва застосовується метод збільшення перерізу балки шляхом нарощування, розширення його верхньої частини [4, с. 105-124;]. До способів зовнішнього підсилення нарощуванням можна також віднести застосування композитних матеріалів для посилення конструкції [3, с. 20].

Розповсюдженим методом є використання попередньо напружених зтяжок для підвищення міцності балки. Метод підвищення міцності балки шляхом використання шпенгельної зтяжки показано на рис. 1 [2, с. 108; 4, с. 149-164].

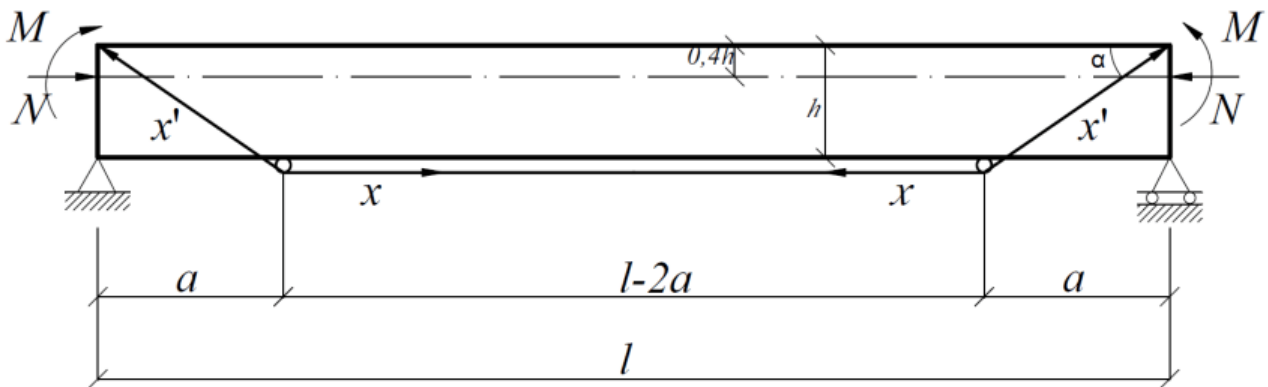


Рис. 1. Схема шпенгельного підсилення балки

Розглянемо зусилля у шпенгельній системі з врахуванням сил тертя (рис. 2) [4, с. 153].

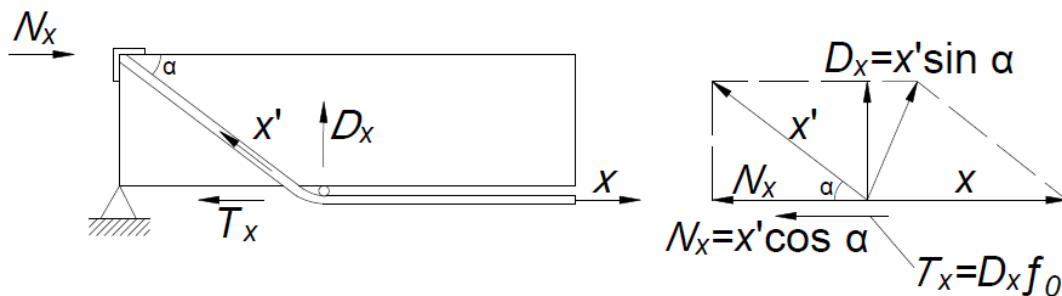


Рис. 2. Схема розподілу зусиль в місці перегину тязів

Сила тертя:

$$T_x = f_0 D_x = f_0 X' \sin \alpha; \quad (1)$$

Поздовжня сила довантаження стисненої зони балки від дії шпенгеля:

$$N_x = X' \cos\alpha; (2)$$

Сила натягу шпренгеля між котками:

$$X = T_x + N_x = X' (f_0 \sin\alpha + \cos\alpha); (3)$$

Натяг в похилій частині шпренгеля:

$$X' = \frac{X}{f_0 \sin\alpha + \cos\alpha}. (4)$$

В результаті отримаємо вираз для визначення сили стиску верхньої фібри балки, що довантажує її при експлуатації:

$$N_x = X \cdot \frac{\cos\alpha}{f_0 \sin\alpha + \cos\alpha}. (5)$$

За допомогою формули (5) при різних значень кута  $\alpha$  (кут нахилу тяжів), ми можемо провести розрахунок сили  $N_x$ , враховуючи вплив тертя. Для зтяжок шпренгелів кут  $\alpha$  може коливатися від  $15^\circ$  до  $60^\circ$ . Результати розрахунків представлені як табличні дані в табл. 1. Тут наведено значення  $N_x$ . [4, с. 152, 153].

Таблиця 1

$\alpha$	$\cos\alpha$	$\sin\alpha$	$0,45\sin\alpha$	$\cos\alpha + 0,45\sin\alpha$	$\frac{1}{\cos\alpha + 0,45\sin\alpha}$	$N_x = \frac{X\cos\alpha}{\cos\alpha + 0,45\sin\alpha}$
$15^\circ$	0,966	0,259	0,116	1,082	0,924	0,891X
$20^\circ$	0,940	0,342	0,154	1,094	0,915	0,860X
$25^\circ$	0,906	0,423	0,190	1,096	0,912	0,825X
$30^\circ$	0,866	0,500	0,225	1,091	0,917	0,795X
$35^\circ$	0,819	0,574	0,258	1,077	0,929	0,761X
Серед	0,899	0,420	0,189	1,088	0,919	0,826X
$45^\circ$	0,707	0,707	0,318	1,025	0,975	0,690X
$50^\circ$	0,643	0,766	0,345	0,988	1,012	0,651X
$55^\circ$	0,574	0,819	0,369	0,943	1,061	0,609X
$60^\circ$	0,5	0,866	0,390	0,890	1,124	0,562X

В якості середнього положення нейтральної осі наближено можемо прийняти відстань від верхньої фібри балки  $0,4h$ . Тоді момент довантаження балки складе:

$$M = -0,4N_x h (6)$$

Аналізуючи вищезазначені методи підсилення балок, важливо відзначити, що збільшення перерізу знизу і зверху вимагає значних витрат праці і включає в себе складнощі об'єднання нового залізобетону посилення з існуючим тілом балки. Це призводить до збільшення габаритів і власної ваги конструкції. Застосування карбонової стрічки також може бути занадто витратним. Зовнішня горизонтальна зтяжка потребує доступу до торців балки, що часто буває не забезпечує необхідне зміцнення.

Підсилення шпренгельною системою балки має свої недоліки, включаючи створення додаткового опорного моменту, який довантажує конструкцію і може призвести до руйнування стисненої верхньої зони балки,

особливо в балках з підвищеним відсотком армування (див. рис. 2). Для вирішення цих проблем у свій час була запропоновано систему підсилення, яка долає значною мірою недоліки, згадані вище (рис. 3) [5, с. 91].

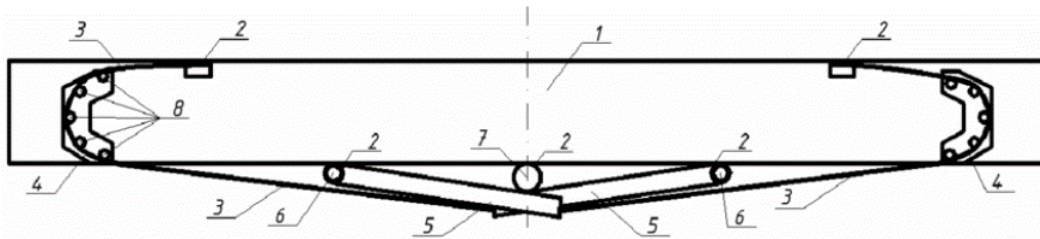


Рис. 3. Підсилення зовнішніми стержнями з важелями

1- залізобетонна балка, 2 – сталеві пластини, 3- зовнішні стержні, 4 - закладні деталі, 5 – важелі, 6 – шарнір, 7 - ролик, 8 - напрямні ролики закладної деталі

Ця система матеріаломістка і складна. На підставі аналізу недоліків була розроблена принципова схема для підсилення залізобетонної балки (див. рис. 4), де показано розміщення сил підсилення на балці, щоб створити умови для поліпшення її роботи. У запропонованому випадку підсилення під час навантаження буде зміцнена не лише розтягнута зона, але й стиснута зона балки, що дозволить досягти поставлених дослідницьких цілей.

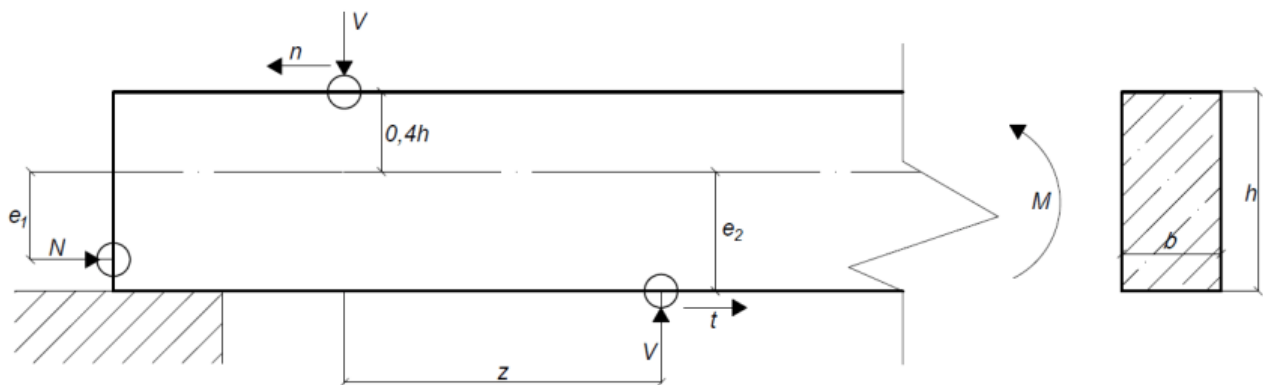


Рис. 4. Вдосконалена схема у вигляді дії сил підсилення на балку

Момент підсилення за новою схемою в середній частині балки складає:

$$M = Ne_1 + 0,4nh + te_2 + Vz \quad (7)$$

Таким чином, вдалося створити систему підсилення з усіма складовими моменту, що розвантажують балку. На сьогодні така система створена.

**Висновки.** Отже, для поліпшення системи підсилення важливим є уникнення створення напружень у конструкціях, які можуть додатково навантажувати їх під час експлуатації. У системах підсилення з використанням шпренгелів створюються додаткові стискаючі зусилля у зоні стиснення балки

під впливом експлуатаційних навантажень, які довантажують балку. Запропонована удосконалена схема підсилення залізобетонних балок, яка забезпечує підсилення балок без додаткового навантаження її стисненої зони.

### Список використаних джерел

1. Барашиков А.Я., Малышев А.Н. Оценка технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений. К.: НМЦ Держнаглядохоронпраці, 1998. 232 с.

2. Голышев А.Б. Расчет и технические решения усиления железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований/ А.Б. Голышев, П.И. Кривошеев, П.М. Козелецкий // К.: Логос. 2008. 304 с.

3. Стельмах Р.Р. Дослідження деформативності залізобетонних балок підсилені композитними матеріалами. Тернопіль, 2023. 60 с.

4. Онуфриев Н.М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений. Ленинград, 1965. 342 с.

5. Chekanovych, M., Chekanovych, O. Smartrein forced concrete structures /Keep Concrete Attractive - Proceedings of the fib Symposium 2005, 2005, 2, С. 1009–1014

(<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=AuthorProfile&authorId=57192938389&zone=#:~:text=Smart%20reinforced%20concrete,%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8B%201009%E2%80%931014>).

УДК 691.175

### АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ НА ОСНОВІ ЦЕМЕНТУ

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

*Карпович К.О., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня Херсонський державний аграрно-економічний університет м. Херсон*

**Вступ.** На сьогодні важливе значення мають способи захисту конструкцій і споруд від негативного впливу вологи, яка може бути у вигляді атмосферних опадів, ґрунтових вод, конденсату на поверхні споруд через перепад температур тощо. Така волога може накопичуватися у матеріалах огорожувальних конструкцій і фундаментів та порушувати мікроклімат приміщень, знижувати теплоізоляційні властивості матеріалів, погіршувати їх характеристики міцності, що призводить у результаті до руйнування.

**Основний текст.** Серед методів захисту бетону від впливу агресивного

середовища вологи важливе місце займає гідроізоляція, яку можна розділити на наступні типи:

- фарбувальна гідроізоляція, що представлена бітумними гарячими і холодними мастиками, мастиками на базі синтетичних смол;
- штукатурна гідроізоляція, що може бути цементно-піщаною й асфальтовою;
- обклеювальна гідроізоляція, представлена рулонними гідроізоляційними матеріалами, склоруберойдом, фольгоізолем, плівками з поліетілену, поліаміду тощо;
- засипна гідроізоляція, в якій може використовуватися глина, гідрофобні порошки, пісок;
- гідроізоляція проникаючої дії.

Перераховані види гідроізоляції мають свої переваги та недоліки, але одним з перспективних напрямків є використання тонкошарових гідроізоляційних покриттів. Загалом зараз на ринку є декілька типів гідроізоляційних сумішей на основі цементу, які використовуються за різних умов. Серед основних можна виділити: жорсткі, еластичні, пломбові та проникаючі.

Жорсткі гідроізолюючі цементні суміші після твердіння не пропускають воду, використовуються переважно на фасадах та покрівлях споруд. Це зумовлено тим, що вони не придатні до використання на поверхнях, які активно деформуються, піддаються постійному механічному впливу або вібраціям. Також вони погано переносять роботу на утримання водив напрямку від поверхні нанесення до внутрішнього простору. Вони є найдешевшими серед інших типів, але їх не рекомендується використовувати в підвальних приміщеннях та інших заглиблених просторах. Тому, окрім рулонних та листових матеріалів, треба пам'ятати про існування гідроізоляцій на основі цементу.

Еластичні гідроізолюючі цементні суміші є достатньо універсальними, використовуються на будь-яких поверхнях, за будь якого напрямку дії тиску



Рис. 1. Нанесення жорсткої цементної гідроізоляції на залізобетонний фундамент

води. Така гідроізоляція здебільшого витримує утворення тріщин у стінах або інших конструкціях до 0,5 інколи до 0,75 мм. Але треба зазначити, що ця ізоляція є комбінованою та виконується шляхом додавання в суху цементну суміш полімерного компонента-латексу.



Рис. 2. Зразок шару еластичної гідроізоляції на цементно-полімерній основі

Пломбові гідроізоляційні суміші призначені, в першу чергу, для закриття отворів та тріщин в попередньо гідроізолюваних поверхнях. Такі суміші при змішуванні з водою починають розширюватись та одночасно застигати впродовж періоду, що триває від 10 секунд до 1 хвилини. Дані властивості дозволяють ефективно пломбувати навіть великі отвори, з яких до цього постійно витікала вода.



Рис. 3. Закладення отвору пломбовою гідроізоляцією на основі цементу

Проникаючі гідроізоляційні суміші використовують принцип змочування та кристалізації. Нанесені на заздалегідь зволожену поверхню, суміші цього типу починають глибоко проникати в найменші отвори та тріщини на поверхні. Цей тип добре виконує свої функції, працює у будь-якому напрямку дії тиску води. Але, як і жорстка гідроізоляція, зовсім не витримує деформації поверхні. Існують деякі види, які після твердіння залишаються хімічно активними та можуть продовжити закоркування нових порожнин, але їх вартість значно



вища, а ефективність обмежена в залежності від розміру новоутворюваних тріщин/порожнин.



Рис. 4. Нанесення проникаючої цементної гідроізоляції на мурування з керамічної цегли

**Висновки.** Отже, останні розробки включають використання нанотехнологій для підвищення водостійкості та довговічності гідроізоляційних матеріалів на основі цементу. Крім того, дослідники зосереджуються на включенні екологічно чистих добавок і вдосконаленні техніки застосування для забезпечення довгострокової ефективності. Ці досягнення спрямовані на розв'язання проблем гідроізоляції конструкцій у різноманітних умовах навколишнього середовища. Також гідроізоляційні матеріали на цементній основі забезпечують високу довговічність і стійкість до екстремальних погодних умов. Однак, вони можуть бути схильні до розтріскування з часом і стають не такими гнучкими, як інші типи гідроізоляційних покриттів. Але в сьогоdnішніх умовах вони мають місце бути використаними в процесі відновлення нашої країни.

#### Список використаних джерел:

1. Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Марцих А.С. Покращення експлуатаційних властивостей бетонних споруд за рахунок використання гідроізоляційних матеріалів. *Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка*. Випуск 44. 2012. С. 10–14.

2. Суханевич М.В. Особливості композиційної побудови цементної матриці для отримання гідроізоляційних покриттів. *Scientific Journal «ScienceRise» №5/2(4)2014*. С. 99–107.

3. <https://monolit-build.com.ua/ua/news/gidroizolyatsiya-i-remont-betona/tsementnaya-gidroizolyatsiya/>

4. <https://ceresit.ua/catalog/gidroizolyatsiya/ceresit-cr-65.html>

5. <https://ceresit.ua/catalog/gidroizolyatsiya/ceresit-cr-90-crystaliser.html>

**ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ НЕЕКСПЛУАТОВАНОЇ  
БУДІВЛІ ЗІ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ЇЇ ЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ У  
ВІДПОВІДНОСТІ З СУЧАСНИМИ ВИМОГАМИ**

*Фурсов Ю.В.*

*Заступник директора Департаменту містобудування та архітектури,  
начальник архітектурно-будівельного управління Харківської обласної  
державної адміністрації.*

*Кандидат технічних наук, доцент кафедри «Архітектури будівель і споруд»  
Харківського національного університету міського господарства  
ім. О. Бекетова*

На даний час в Україні є безліч занедбаних об'єктів нерухомості (ОН), які з різних причин стали незатребуваними. Такі об'єкти щорічно приносять матеріальні збитки, економічну та екологічну шкоди, як з точки зору власника, так і суспільства в цілому. Земельні ділянки, як важливий і дорогий ресурс, фактично виключаються з обороту. Будівлі, як правило, не охороняються і не законсервовані, стають джерелами екологічного забруднення, та часто причиною травмування та загибелі людей.

Власники таких об'єктів зобов'язані платити податки і мита, і страждають від невиправданих збитків, або не платять і тоді матеріальні втрати перекладаються на суспільство (державна або комунальна власність). Виникає реальна необхідність знайти для таких об'єктів варіанти подальшого раціонального використання, або їх ліквідувати та ефективно використати земельну ділянку.

Останнім часом кількість неексплуатованих об'єктів в Україні значно зросла. До таких неексплуатованих об'єктів можна віднести пошкоджені будівлі та споруди, які зазнали руйнувань внаслідок обстрілів. Треба з розумною заощадливістю віднестися до таких об'єктів. Після обстеження та позитивного висновку відносно залишкового ресурсу їх конструкцій такі будівлі можливо та потрібно реконструювати.

Розв'язання проблеми подальшого використання занедбаних об'єктів нерухомості пов'язано з застосуванням проектних рішень, які повинні відповідати вимогам чинних будівельних норм щодо забезпечення механічного опору та стійкості; дотримання вимог пожежної безпеки; безпеки життя і здоров'я людини та захисту навколишнього природного середовища; безпеки експлуатації; забезпечення захисту від шуму; економії енергії. В будівлях, що підлягають реконструкції, потрібно запровадити усі сучасні вимоги, які висувають під час проектування нових, а саме – заходів з енергозбереження (зовнішнє утеплення стін та перекриттів, встановлення сучасних вікон), наявність захисних споруд, врахування вимог щодо додержання нормативів з питань створення безперешкодного життєвого середовища для осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення.



З початком воєнних дій Україна стикнулася з проблемою катастрофічної недостатності об'єктів цивільного захисту. До таких об'єктів відносяться окремо розташовані і вбудовано-прибудовані укриття. На сьогодні в Україні повноцінних сховищ в житлових та громадських будівлях, в т.ч. дошкільних закладах, немає. Адже поняття сховища передбачає спеціальне проектування та будівництво об'єкту, здатного витримати ракетно-бомбові удари. Діючими нормативними документами для проектування передбачені рішення щодо забезпечення укриття мешканців будинку.

У складі будівель і споруд закладів дошкільної освіти передбачаються захисні споруди цивільного захисту або споруди подвійного призначення. На практиці, при проектуванні, останні 30-40 років ці рішення носили суто формальний характер та майже не виконувалися.

Новим Законом від 29.07.2022 р. № 2486-IX визначено, що проектна документація на будівництво обов'язково має містити розділ інженерно-технічних заходів цивільного захисту, у складі якого може передбачатися будівництво захисних споруд цивільного захисту або споруд подвійного призначення, а також проектні рішення щодо врахування вимог пожежної та техногенної безпеки, для: об'єктів будівництва, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів з середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, на яких постійно перебуватимуть понад 50 фізичних осіб або періодично перебуватимуть понад 100 фізичних осіб.

Існує термінологія щодо споруд цивільного захисту:

- протирадіаційне укриття [ПРУ] - споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості та дії звичайних засобів ураження;

- споруда подвійного призначення [СПП] - наземна або підземна споруда (її окрема частина), що може бути використана за основним функціональним призначенням та для укриття населення і забезпечує відповідні захисні властивості захисної споруди цивільного захисту (сховища, протирадіаційного укриття);

- сховище - герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних чинників надзвичайної ситуації та дії засобів масового ураження.

Розглянемо приклад реконструкції занедбаного об'єкту у Харківській обл. – дитячого садка (двоповерхової будівлі з підвалом), 1962 р. побудови, Н-подібної конфігурації в плані, яка не експлуатується з 1988 р. (фото 1, 2).

Будівля, що розглядається, до 1982 р. мала громадське призначення – дошкільна установа. При виборі варіантів подальшого використання об'єкта нерухомості слід керуватися принципом найбільш ефективного використання, який полягає в урахуванні залежності ринкової вартості об'єкта оцінки від його найбільш ефективного використання. Під найбільш ефективним використанням розуміється використання майна, в результаті якого вартість об'єкта оцінки є максимальною. При цьому розглядаються тільки ті варіанти використання майна, які є технічно можливими, дозволеними та економічно доцільними.



*Фото 1. Фрагмент головного фасаду (в момент реконструкції 2020-2021 рр.)*



*Фото 2. Фрагмент головного фасаду (праве крило) (в момент реконструкції 2020-2021 рр.)*

До факторів найбільш ефективного використання занедбаної будівлі в якості дитячого садка відносяться:

- існуюче об'ємно-планувальне рішення будівлі;
- розташування її у центральній частині міста;
- наявність розвинутої інженерної інфраструктури (підведені мережі централізованих водо-; тепло-; електро- та газо-постачання);
- наявність під'їзних шляхів та твердого дорожнього покриття;
- наявність великої прибудинкової території, що дозволяє будівництво додаткових будівель, споруд та малих архітектурних форм;

Будь-яке інше використання, а саме: під виробництво, житло, склади, офіс чи під ліквідацію з економічної, технічної та гуманітарної точок зору є неефективним, тому із запропонованих варіантів подальшого використання обраний варіант реконструкції будівлі зі збереженням первинного цільового призначення у вигляді дитячого садку з урахуванням сучасних норм.

Основними задачами, які необхідно вирішити у процесі відтворення неексплуатованих (покинутих) об'єктів, є:

- оцінка технічного стану будівлі на основі вивчення наявної технічної документації та результатів технічного обстеження;
- аналіз ефективних проектних рішень та методів технології та організації робіт з відтворення подібних об'єктів;
- вибір та обґрунтування критерію оптимізації та обмежень виходячи з вимог БІМ (будівельно-інформаційні моделі) - технології;
- пошук оптимальної організаційно-технологічної моделі (ОТМ) з коректурою та узгодженнями за вимогами БІМ-технології».

Відповідно до проекту реконструйований об'єкт відноситься до класу наслідків СС2, що накладає підвищені вимоги щодо безпеки відвідувачів.

Проектні рішення надані у відповідності з сучасними вимогами до громадських будівель, а саме, вибірково:

- генеральний план: запроектовано розташування дитячих майданчиків, паркування, огороження території та ін. рішення;

Архітектурно-планувальні та технічні рішення передбачають:

- перепланування будівлі з розрахунку експлуатації приміщень для 6 груп дітей різного віку.
- збільшення будівельного об'єму з 5521,0 до 7649,95 м<sup>3</sup>;
- збільшення площ: загальної та забудови, відповідно з 1191,3 та 676,3 до 2126,23 та 911,92 м<sup>2</sup> за рахунок прибудов, пов'язаних з покращенням умов життєвого середовища та вимог пожежної безпеки(табл. 1);
- влаштування 2-го евакуаційного виходу з будівлі через зовнішні металеві сходи з ухилом 45° замість 60°;
- підсилення несучих стін в місцях влаштування нових дверних та віконних отворів та їх збільшення (фото 3);
- обладнання сходів, що використовуються дітьми, огорожами заввишки 1,3 м з вертикальними елементами з просвітом 0,1 м без горизонтального членування (рис. 4);
- розташування поручнів для дорослих на висоті 0,85-0,9 м, а для дітей - біля стінабо на огорожі сходів - на висоті 0,5 м (фото 4);
- влаштування огорожі ганків, що розміщені на рівні 0,45 м і більше від землі, на висоту 1,0 м;
- влаштування захисних ґрат на застлених дверях з двох боків на висоту 1,2 м;
- влаштування дверних прорізів без порогів та перепадів висот на шляхах евакуації з заповненням прорізів сучасними металопластиковими блоками з подвійним та потрійним склінням;
- виконання замість колишньої плоскої рулонної покрівлі нової вальмової покрівлі з металочерепиці по дерев'яних кроквах з влаштуванням технічних приміщень в об'ємі горищного простору;
- врахування вимог щодо додержання нормативів з питань створення безперешкодного життєвого середовища для осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення;
- виконання сучасних енергоефективних заходів у вигляді: використання сучасних теплоізоляційних та оздоблювальних матеріалів; утеплення горищного перекриття базальтовим плитним утеплювачем з гідробар'єром та пароізоляцією. Огороджувальні конструкції будинків і споруд, таким чином, запроектовані так, що розрахункові значення величин приведенного опору теплопередачі, визначені з урахуванням теплопровідних включень згідно з ДСТУ Б В.2.6-189, та є не меншими, ніж нормативні значення, що встановлені ДБН В.2.6-31:2016; утеплення підвальної та цокольної частини будинку пінополістирольними плитами;
- влаштування станції біологічної очистки Standart park СБО-15 зі скиданням очищених стоків в резервуар-накопичувач 50 м<sup>3</sup> замість існуючої системи скидання неочищених стоків в вигрібну яму та дворової вбиральні без опалення та водопостачання.
- пропозиції окремих рішень щодо забезпечення укриття відвідувачів будинку та персоналу в захисній споруді – укритті на випадки надзвичайних ситуацій, військових дій та терористичних актів у приміщеннях підвального поверху (додатковий вихід з підвального приміщення) (фото б);

- перепланування підвального поверху для забезпечення необхідного складу приміщень для комфортного перебування осіб протягом 48 годин;
- розміщення нової теплової рамки;
- влаштування теплих підлог в ігрових кімнатах;
- збільшення висоти приміщення третього поверху до 3-х м за рахунок монолітного з/б поясу (фото 5);
- виконання робіт по підсиленню, ремонту та відновленню майже всіх конструктивних елементів будівлі (підсилення перемичок та простінків) та заміни систем інженерного устаткування (фото 3).

В проекті реконструкції дитячого садка наведений лише опис укриття в загальній пояснювальній записці; є вказівка на необхідність його влаштування, однак відповідні конструктивні та планувальні рішення не розроблені.

Враховуючи зазначені недоліки проекту та перебування України в стані війни пропонується при проектуванні закладів дошкільної освіти виконувати

*Таблиця 1*

*Основні техніко-економічні показники будівлі дитячого садку до реконструкції і після*

№ п/п	Найменування показника	Од. виміру	Показники	
			до реконструкції	після реконструкції
1	Будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	5521,0	7649,95
2	Загальна площа	м <sup>2</sup>	1191,3	2126,23
3	Площа забудови	м <sup>2</sup>	676,3	911,92
4	Поверховість	кількість	2	2
5	Висота приміщень	м	2,5	3
6	Кількість дітей з персоналом	особа	110+29	110+29
7	Призначення	-	Громадське (дошкільний заклад)	Громадське (дошкільний заклад)



*а*

*б*

*Фото 3. Влаштування нових дверних прорізів та розширення існуючих з підсиленням*





Фото 4. Обладнання сходів поручнями для дітей та дорослих



Фото 5. Збільшення висоти приміщень за рахунок монолітного з/б поясу та цегляної кладки (в момент реконструкції 2020-2021 рр).



Фото 6. Влаштування додаткового виходу назовні з підвалу



Фото 7. Розширення існуючих віконних прорізів з підсиленням зі встановленням металопластикових віконних блоків з потрійним склінням

наступні основні вимоги до цивільних захисних споруд всередині об'єктів цивільної інфраструктури:

1) в об'ємі підвалу запроектувати сховище, що буде складатися з основних та допоміжних приміщень. Норму площі підлоги основного приміщення на одного перехованого слід приймати рівною  $0,5 \text{ м}^2$  при двох'ярусному розташуванні нар. Внутрішній об'єм приміщення повинен бути не менше  $1,5 \text{ м}^3$  на одного перехованого. Основні приміщення: кімната для перебування персоналу та медпункт мінімальною загальною площею  $70 \text{ м}^2$  та об'ємом  $174 \text{ м}^3$  (враховуючі розрахункову кількість дітей та персоналу  $(110 + 29) \cdot 0,5$  та  $(110 + 29) \cdot 0,5 \cdot (1,5 + 1,0)$ ). В якості мінімального набору допоміжних приміщень сховища передбачити фільтровентиляційні приміщення (ФВП) з відповідним устаткуванням та санітарний вузол. Місця для сидіння у приміщеннях передбачити розміром  $0,45 \times 0,45 \text{ м}$  на одну людину;

2) передбачити наявність достатньої кількості розеток, освітлювальних приладів та системи автономного освітлення, в т.ч. аварійного;

3) входи в кількості 2-х у сховище обладнати тамбурами. Вхідні отвори у тамбурі передбачити захисно-герметичними з відчиненням за ходом евакуації людей;

4) на входах до споруд подвійного призначення з відповідними захисними властивостями встановити посилені двері з негорючих матеріалів. У зонах можливих руйнувань двері повинні забезпечувати захист від повітряної ударної хвилі з розрахунковим надмірним тиском до  $P = 20$  кПа ( $0,2$  кгс/см<sup>2</sup>). У місцях примикання полотна до дверних коробок двері ущільнюють та облаштовують засобами для затримування дверного полотна у відчиненому положенні. Для людей з інвалідністю ПРУ обладнують механічними пристроями для спуску та підйому, що можуть розміщуватися зовні або у внутрішньому просторі укриття;

5) враховуючи громадське призначення будинку у вигляді дитячого садку входи у приміщення, які пристосовуються під сховища, допускається влаштовувати через загальні сходові клітки з улаштуванням також 2-го додаткового евакуаційного виходу назовні;

6) передбачити для внутрішнього оздоблення приміщень захисної споруди застосування негорючих матеріалів або матеріалів з показниками пожежної небезпеки не вище ніж Г2, Д2, Т2 (з коефіцієнтом димоутворення більше  $750$  м<sup>3</sup>/кг);

7) проектування захисної споруди цивільного захисту, здійснити з урахуванням можливості її використання у мирний час для господарських та побутових потреб у якості допоміжних приміщень будівлі (комори, склади негорючих матеріалів, тощо).

**Висновки:** У зв'язку з масовими руйнуваннями в Україні будівельних об'єктів в ході бойових дій проблема відновлення занедбаних та неексплуатованих будівель та споруд має стати більш актуальною. Пропонується під час реконструкції громадських будівель передбачити наявність захисних споруд всередині будівельних об'єктів у відповідності з нормативними вимогами. У разі неможливості використати підвальний поверх у якості укриття потрібно передбачити окремо розташовані або вбудовано-прибудовані укриття.

#### **Список використаних джерел:**

1. ДБН В.1.2-14-2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд затверджено Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 25.04.2018 р. № 107.

2. Зміни № 4 до ДБН В 2.2.5-97 Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони затверджено Наказом Держкоммістобудування України від 26.03.2019 р № 83.

3. Закон України від 29.07.2022 № 2486-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови території».

4. ДБН В.2.2-17:2006. Доступність будинків і споруд для маломобільних

груп населення затверджено Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 02.11.2006 р р. № 362.

5. ДБН В 2.2.5-97 Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони затверджено Наказом Держкоммістобудування України від 08.07.1997 р № 106.

6. ДБН В 2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення. затверджено Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 28.09.2018 р. № 260.

7. ДБН В 2.2-4:2018 Заклади дошкільної освіти. затверджено Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 25.04.2018 р. № 107.

## УДК 624.01

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА МІЦНІСТЬ БЕТОНУ РІЗНИХ ТИПІВ СУЧАСНИХ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК, ЩО ПРИСКОРЮЮТЬ ЙОГО ТВЕРДІННЯ

*Ткачук А.І., к. т. н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Южалкін І.С., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** В останні десятиліття розвиток будівельної індустрії приймає напрямок на економію енергетичних ресурсів, раціональне застосування сировини, покращення експлуатаційних властивостей, таких як: довговічність, марочна міцність бетону, стійкість до впливу різних чинників навколишнього середовища. Однією із найбільш актуальних тем є вплив на швидкість твердіння бетонної суміші в різних умовах її твердіння, при цьому не змінюючи експлуатаційних та механічних властивостей бетону. Також шляхом перспективного розвитку хімічних добавок, які пришвидшують час тужавіння бетону, являється синтез багатофункціональних хімічних добавок із застосування відходів від інших промисловостей. Таким чином, застосування хімічних добавок з використанням комунальних чи промислових відходів може стати основним напрямком розвитку в будівельній галузі.

**Основний текст.** Відомі такі основні методи прискорення твердіння бетону [1]:

- 1) введення у склад бетонної суміші хімічних добавок, що прискорюють час твердіння бетонної суміші;
- 2) застосування теплової обробки, зокрема тепловологісної;
- 3) застосування портландцементів із дрібною фракцією помолу клінкерного каменю;
- 4) застосування напівсухих сумішей з низьким водо-цементним співвідношен-

ням та ретельним їх ущільненням;

Одним із найбільш ефективних і широко розповсюдженим методом є введення в склад бетону різних хімічних добавок, органічного і неорганічного походження, що прискорюють час схоплення бетонної суміші [2].

На сьогоднішній день у світі існує величезна кількість добавок різного типу і характеру дії, що впливають на швидкість утворення цементного каменю на молекулярному рівні. Існує декілька основних класифікацій прискорювачів, що базуються на самому процесі гідратації цементу [3]. Якщо ж їх розділити по хімічному складу, то дана класифікація буде виглядати так:

1) вуглекислі солі, які в свою чергу поділяються на: вуглекислий Калій, що в побуті зустрічається як поташ, ( $K_2CO$ ) та Натрій вуглекислий або ж сода ( $Na_2CO_3$ );

2) сірчаноокислі солі, які поділяються на: сірчаноокислий натрій ( $Na_2SO$ ), суміш натрій тіосульфат з натрій родоніт, де хімічна формула набуває вигляду ( $Na_2S_2O_3+NaCNS$ ) і гіпс ( $CaSO_4$ );

3) нітрати, використовуються переважно такі: азотнокислий кальцій ( $Ca(NO_3)_2$ ) та натрій азотнокислий ( $NaNO_3$ );

4) амонійні солі, що використовуються тільки у вигляді карбаміду (мочовина)  $CO(NH_2)_2$ ;

5) солі фосфорної кислоти, що також використовується тільки у вигляді тринатрійфосфатів, які у сполуці з водою утворюють кристалогідрат ( $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ );

6) хлориди, які використовуються для прискорення твердіння бетону бувають такі: хлористий алюміній ( $AlCl_3$ ), хлористе залізо ( $FeCl_3$ ), барій хлористий ( $BaCl_3$ ), магній хлористий ( $MgCl_3$ ), кальцій хлористий ( $CaCl_3$ ), натрій хлористий ( $NaCl$ ), соляна кислота ( $HCl$ ), хлорокись кальцію;

7) комбіновані суміші різних прискорювачів таких, як нітрит-нітрат кальцію (ННК), нітрит-нітрат-хлорид кальцію (ННХК), нітрит-нітрат-хлорид кальцію з сечовиною (ННХКМ), суміш соди, поташу та пластифікатор.

З усього вище переліченого найбільш вживані і найбільш оптимальними для використання залишаються хлориди та усі суміші, що утворюються в результаті комбінування їх властивостей, тому що висока ефективність при малій вартості компонент є запорука масового використання їх у всьому світі [4]. Але не так все просто з хімічними добавками. На рівні їх переваг (швидкий набір ранньої та марочної міцностей, низька температура замерзання води і т.д.) проявляються і їх недоліки, які необхідно також враховувати при проектуванні залізобетонних конструкцій [5]. Наприклад, хлорид кальцію активно сприяє утворенню корозії залізних включень, таких як арматура чи будь-які закладні деталі, які напряду контактують з бетоном, і тому кількість цієї добавки обмежується в залізобетонні не більше 2% (рис. 1, а), не допускають використання в попередньо напружених конструкціях та в конструкціях з тонкою арматурою, в конструкція, які експлуатуються в агресивних середовищах та з високим ступенем надійності. Сульфат натрію може викликати появу характерних соляних утворень на поверхні бетону та в його мікропорах (рис. 1, б), що автоматично потребує передбачати заходи, які



будуть запобігати їх появі. У нітрит-нітрат-хлориді кальцію властивості хлориду, який пришвидшує твердіння бетону, у поєднанні з інгібуючими властивостями кальцію, ризик появи корозії арматури набагато нижчий, ніж у звичайного хлориду кальцію.

Хімічні добавки на основі ефірів полікарбосилату набули за останній період часу найбільшої популярності серед вискоефективних пластифікуючих добавок, а саме завдяки більш високому водоредуруючому ефекту, який суттєво збільшує щільність і покращує механічні властивості бетону, в порівнянні з іншими пластифікуючими добавками. Саме цим питанням зайнялися Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Скрипник М.М. [6]. Вплив на структуру та властивості швидкотвердіючих високофункціональних бетонів за допомогою хімічних добавок та мінеральних добавок, таких як: пісок, зола-винесення вивчали М. Саницький, О. Позняк, Б. Русин, І. Гев'юк [3].

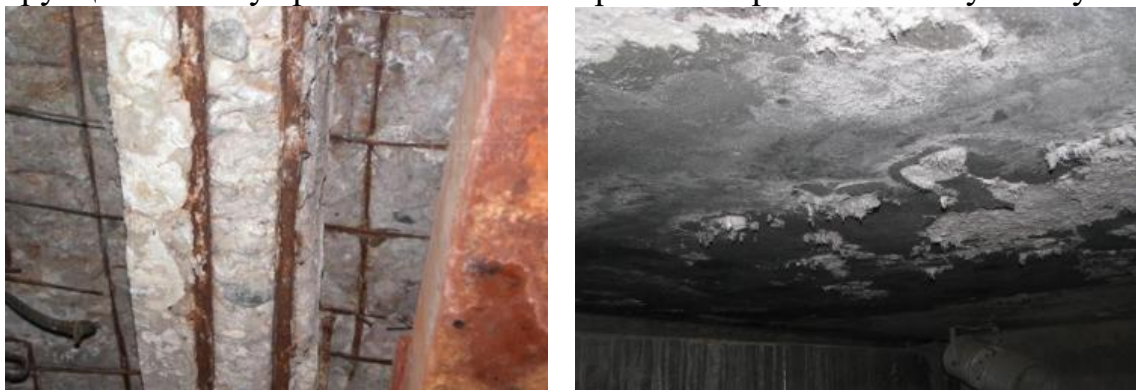
Метою даних експериментальних дослідження є визначення впливу хімічних добавок, які прискорюють процес тужавіння на міцність бетону в процесі гідратації.

Основне завдання цієї роботи є проаналізувати вже існуючі хімічні добавки, які набули широкого використання в будівельній промисловості та вибрати декілька добавок для того, щоб самостійно у лабораторії перевірити як буде змінюватися міцність бетону у віці 7, 14, 21, 60 діб та порівняти їх з результатами досліджень бетону без хімічних добавок.

Багато добавок-прискорювачів твердіння в результаті обмінних реакцій з гідроксидом кальцію або з мінералами цементу активно впливають на гідроліз трикальцієвого силкату, підвищують вміст в рідкій фазі іонів кальцію і гідроксилу, що призводить до перенасичення системи цими іонами і прискорює коагуляційне, а потім і кристалізаційне структуроутворення гідратних новоутворень.

В наш час найбільшого застосування набули такі прискорювачі тужавіння та тверднення бетонних сумішей:

Хлорид кальцію (ХК). Кристалічний, гігроскопічний порошок білого кольору у вигляді  $\text{CaCl}_2$  або дигідрату  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , а також водних розчинів. Застосування цієї хімічної добавки в залізобетонних конструкціях обмежено через те, що відбувається інтенсифікація корозії арматури в бетонній конструкції. Збільшує розчинність клінкерних мінералів по вапну і тому



а)

б)

Рис. 1. Наслідки неправильного використання добавок

спостерігається підвищення міцності в усі терміни твердіння бетону [5], є хорошим прискорювачем твердіння цементного каменю.

Сульфат натрію (СН). Кристали білого кольору з жовтим відтінком у вигляді декагідрату  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  або безводної солі. Важко та обмежено розчинні у воді. Використовується переважно при тепловологісній обробці бетону. Він дозволяє скоротити термін обробки на 20-30 % і витрату цементу до 10 % [5]. Вважаються найефективнішою добавкою для збільшення міцності бетону після пропарювання, але при збільшенні алюмінатності цементу і підвищених витратах добавки – її ефективність погіршується.

Нітрат натрію (НН1). Безбарвні кристали  $\text{NaNO}_3$ . Негігроскопічний, добре розчинний у воді, при нагріванні розкладається з виділенням кисню. Також використовується при пропарюванні бетону. При використанні добавки в сукупності з комплексними добавками або СДБ (спеціальна добавка до бетону) дозволило скоротити на 25 % час пропарювання і на 14 % зменшити витрату цементу.

Поташ П (карбонат калію  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Продукт у вигляді кристалічного порошку білого кольору - сіль із сильно вираженими лужними властивостями. Спостерігається швидке тужавіння бетонної суміші, одержання бетону з крупнопористою структурою. При використанні заповнювачів, що містять реакційноздатний кремнезем, можлива лужна корозія бетону. Дозування добавки – до 5 % від маси цементу.

**Висновки.** Отже, проаналізувавши хімічні добавки, які впливають на кінетику твердіння бездобавочного портландцементу і важкого бетону при різних температурах, встановлено закономірності такого впливу, продукти гідратації забезпечують швидкий набір міцності. Проаналізувавши різні види прискорювачів твердіння бетонів, встановлено найбільш вживаніші, які і будуть використані при подальших експериментальних дослідженнях в даній роботі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 166 с.

2. Дворкін Л.Й. Міцність бетону: Навчальний посібник. Київ: Видавничий дім "Кондор", 2021. 310 с.

3. Вплив мінеральних добавок на властивості цементуючих систем для високофункціональних бетонів / М. Саницький, О. Позняк, Б. Русин, І. Гев'юк // *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. № 737 : *Теорія і практика будівництва*. 2012. С. 184-191.

4. Дворкін Л.Й. Гідротехнічні бетони: навчальний посібник. Київ: "Каравелла", 2023. 285 с.

5. Чистяков В.В., Дорошенко Ю.М., Гранковський І.Г. Інтенсифікація твердіння бетону. Київ : "Будівельник", 1998. 118 с.

6. Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Скрипник М.М. Комплексні пластифікуючі добавки для бетону на основі ефірів полікарбонату. *Будівельні матеріали та виробы*. 2016. № 1. С. 38-41.

## ХУДОЖНИК ПРИРОДНИХ ФОРМ – АРХІТЕКТОР САНТЯГО КАЛАТРАВА

*Харламова Л.В., асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький*

**Вступ.** Сучасний іспанський архітектор, інженер та скульптор Сантьяго Калатрава – автор багатьох футуристичних споруд у різних куточках планети. Власний неповторний почерк архітектора легко впізнається завдяки виразності, лаконічності та особливої пластичності форм його творів.

С. Калатрава – визнаний метр напряму, який часто називається «романтичним хай-теком». У цьому архітектурному русі виразність новаторських конструктивних рішень будівель досягається завдяки використанню форм живої природи. Ймовірно, саме тому творця скульптурних хмарочосів та вишуканих мостів часто називають «художником природних форм», його стиль базується на стику архітектури, скульптури, інженерії та біоніки.

У зв'язку з тим, що С. Калатрава скульптор з інженерним досвідом, у ролі архітектора йому вдається поєднати архітектурну витонченість проектів із їхньою функціональністю.

**Основна частина.** У своїй творчості Сантьяго Калатрава зазнав впливу піонера модернізму Ле Корбюзьє, великого італійського інженера П'єра Луїджі Нерві та каталонського генія архітектурної фантазмагорії Антоніо Гауді.

Початок кар'єри Сантьяго Калатрави збігся зі світанком постмодернізму, при цьому розглядати його творчість з погляду якогось одного напряму не доводиться.

З середини 80-х він збудував чимало залізничних мостів та станцій, більшість з яких миттєво стали сенсаціями у архітекторському світі. Його роботи демонстрували легкість у поводженні з різними матеріалами, вміння грамотно та функціонально організувати об'єкт, дотримуючись цілісності образу та художньої витонченості.

Під час підготовки до Олімпіади в Іспанії, за його проектом було споруджено телекомунікаційну вежу Montjuïc (Монжуїк), що стала одним із символів Барселони в 1992 році. Ця подія дозволила Сантьяго проявити себе як інженера, як скульптора і як архітектора великого знакового об'єкта.

Одночасно сильна та легка, динамічна за формою вежа своїм силуетом



а)



б)



в)

Рис. 1. Роботи Сантьяго Калатрави: а) міст; б) вежа Montjuïc (Монжуїк); в) місто «мистецтв та науки»



а)



б)



в)

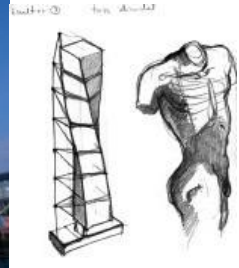
Рис. 2. Роботи Сантьяго Калатрави: а) міст Аламільйо; б) та в) – скульптури



а)



б)



в)

Рис. 3. Роботи Сантьяго Калатрави: а) спіральний хмарочос Turning Torso у місті Мальме, Швеція (2001-2005 рр.); б) житлова будівля «Закручений торс»; в) скульптура

нагадує спортсмена з олімпійським смолоскипом. Її висота разом із основою та шпилем становить близько 136 м. Яскравим прикладом синтезу заліза, бетону, органічних форм і людського генія служить житлова будівля в Мальме (Швеція) під назвою «Закручений торс». Висота спірального хмарочоса – 190 метрів, складається з 54 поверхів. Будівля є другою за висотою житловою будівлею в Європі, ділиться на 9 блоків, повернутих між собою під певним кутом, що дозволило в результаті повернути верхній блок щодо нижнього на 90°. Кожен блок складається з 5 поверхів, на яких розміщені не лише квартири, а й спортивні зали та навіть басейни. У двох нижніх блоках розташовані офісні приміщення. Два верхні поверхи відведені під конференц-зали.

У 2005 році на архітектурній виставці в Каннах цей витвір Калатрави Turning Torso був удостоєний почесного звання «Кращої житлової будівлі у світі». Тема людського тіла є у багатьох роботах архітектора.

Проект залізничного вокзалу в Люцерні супроводжується ескізом жіночого тіла, що лежать зігнутим, а ескізом вежі для олімпійського вогню в Барселоні було зображення людини, яка стоїть на колінах і тримає в зігнутих руках чашу.



Про прямий вплив природи на творчість С. Калатрави свідчить його цитата: «Я хотів би наголосити на тому факті, що архітектура існує для людей, і тому логічно, що людські тіла впливають на архітектуру в плані пропорцій, ритму та розмірів».

Але про те, що людське тіло може надихнути на архітектурне звернення, вказує будівля під назвою «Закручений торс», ідеєю для створення якої послужила скульптура самого Калатрави – футуристична варіація на тему античного дискоболу.

Реконструкція Музею мистецтв у місті Мілуокі стала одним із перших проектів С. Калатрава реалізованих у США.

Існуючі будівлі музею архітектор поєднав у єдиний комплекс складною мережею пішохідних мостів, а спроектована динамічна крилата конструкція павільйону «Квадраччі» розташована біля озера Мічиган і нагадує птаха, який завис у повітрі перед приземленням. Вестибюль павільйону є скляною параболічною конструкцією висотою 27,4 метра, на опорному контурі якої встановлена сонцезахисна структура у формі крил. Вона складається з 27 сталевих регульованих по висоті ребер. Головною особливістю павільйону є «крила» вагою близько 100 т і з розмахом у 66 м, які є рухомою високотехнологічною структурою – вони складаються у несприятливу погоду та розкриваються у сонячний день. Таким чином регулюється інсоляційний та температурний режим у будівлі. Це вже не тільки біоніка, а й кінетична архітектура. «Крила» із системою «БРИЗ-СОЛІЙ» отримали назву – «Сонячний бриз» і стали одним із символів міста. Ефектно трактована система «бриз-солей» несе як естетичну функцію, так й утилітарну – цього домагався архітектор. Кажуть що, працюючи над проектом, архітектор зробив сотні ескізів голубів, що злітають. Якщо порівняти дві найвідоміші будівлі Калатрави в США — Павільйон «Квадраччі» і будівлю станції Всесвітнього Торгового Центру, то перша нагадує птаха зі складеними крилами, а друга - птаха, що розправила крила і злітає в повітря.



а)

б)

Рис. 4. Роботи Сантьяго Калатрави: а) павільйон «Квадраччі»; б) вестибюль павільйону



Рис. 5. Варіанти фасадів Павільйону «Квадраччі»

Транспортний вузол Всесвітнього торгового центру Нью-Йорка (The Oculus) є одним із найзнакових проєктів Калатрави. Драматичні білі крила пронизують небо, зображуючи голуба, що злітає, а футуристичний дизайн Oculus робить його легко впізнаваним орієнтиром для пасажирів Станції. Як транзитний вузол він функціональний, але також є символічним жестом. Дах відкривається щороку 11 вересня з 8:46 до 10:28, у період між падінням першого літака та обвалом другої з веж-близнюків.

Орієнтація будівлі відрізняється від жорсткої вуличної сітки Манхеттена, так що в цей день, коли світить сонце, світло падає точно по центральній осі на підлогу великого холу, просто під небом Нью-Йорка, створюючи «Шляхи світла». Це нагадування про жахливі події, почуття вразливості, але насамперед символ надії. Станція – це місце, де можна згадати трагедію, але це також місце, яке дає відчуття ідентичності для повсякденного життя. Щодня станцією користуються кілька сотень тисяч людей. Не менш вражає інтер'єр Oculus. Він визначається масивним атріумом із тонким стельовим вітражем, який проходить по всій довжині приміщення. Атріум знаходиться в ідеальному центрі двох розкритих крил.



Рис. 6. Будівлі «Птахи» С. Калатрави

**Висновки.** Якщо узагальнювати, то у іспанського майстра є кілька улюблених тем і сюжетів, які з різним натхненням обіграються в окремих роботах. Це і згадувані людські торси і так звані «пташині крила», складчасті навіси, і оболонки, що нашаровуються. Але головне, що для архітектора особливу красу представляють скульптурні форми придуманих ним конструкцій або оболонок. Переважна більшість його творів – скоріше об'ємно-просторові скульптури, ніж традиційні міські будинки.

Побудовам Сантьяго Калатрави притаманні неймовірна графічність форм і бездоганна відточена стилістика. Всі його споруди незмінно є подіями в житті тих країн, де вони будуються, і викликають невіддільний інтерес у сучасному архітектурному середовищі.

За 30 років роботи Сантьяго Калатрава реалізував понад 40 великих проєктів музеїв, мостів, вокзалів. Його роботи - симбіоз мистецтва архітектури та інженерної науки, в результаті виходять твори гранично функціональні і водночас неймовірно привабливі з естетичної точки зору.

Талант архітектора відзначений не лише народним коханням, а й дванадцятьма університетами Європи та Америки, які присвоїли йому почесний ступінь доктора наук Honoris causa (онорес кауса – почесний), при цьому С. Калатрава досить спокійно ставиться до популярності довкола свого імені. У його нью-йоркському офісі на дверях кабінету висить табличка mustermann (проєктувальник).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. <https://ichebnik.ru/ispantsy-i-ispanki/1145-santiago-kalatrava>
2. [http://arteducation.sfu-kras.ru/art\\_world/jan2014](http://arteducation.sfu-kras.ru/art_world/jan2014)
3. <https://afisha.tochka.net/ua/66318-top-5-vydayushchikhsya-arkhitektorov/>  
<http://designdeluxegroup.com/magazine/2010/06/24/романтикахай-теккалатрава/>
4. [http://thearchitect.tilda.ws/vyshe\\_tolko\\_zvezdy](http://thearchitect.tilda.ws/vyshe_tolko_zvezdy)
5. <https://birdinflight.com/ru/architectura/20210324-u-vas-otpalo-provaly-arhitektorov.html>
6. <https://thearchitect.pro/ru/news/4361->  
TOP\_10\_\_Znakovye\_proekty\_Santjago\_Kalatravy
7. <https://www.archidizain.ru/2019/08/blog-post.html>
8. <https://arttube.ru/sant-yago-kalatrava-arhitektor-voplotivshij-v-real-nost-chudesaprirody/>
9. [https://forbes.kz/process/property/samyie\\_izvestnyie\\_proektyi\\_santyagokalatrava](https://forbes.kz/process/property/samyie_izvestnyie_proektyi_santyagokalatrava)
10. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Художній\\_музей\\_Мілвокі](https://uk.wikipedia.org/wiki/Художній_музей_Мілвокі)
11. <https://thearchitect.pro/ru/news/4361->  
TOP\_10\_\_Znakovye\_proekty\_Santjago\_Kalatravy
12. <https://uliba.co/desyatka-samyh-znachimyh-proektov-santiago-kalatravy/>  
<https://www.sibdom.ru/journal/725/>
13. [https://stroyone.com/architecture/santiago-calatrava.](https://stroyone.com/architecture/santiago-calatrava)  
<https://uliba.co/desyatka-samyh-znachimyh-proektov-santiago-kalatravy/>  
<https://katyswon.wordpress.com/2015/02/14/>

## ОРГАНІЗАЦІЯ ВОДОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ФУНДАМЕНТІВ НЕГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ

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

*Пивоваров В.М., здобувач вищої освіти **першого (бакалаврського) рівня**  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Захист підземних частин будівель і споруд від дії підземних вод пов'язаний із забезпеченням довговічності будівельних конструкцій. Існують наступні захисні заходи: дренаж, гідроізоляція, влаштування вимощення, шпунтового огороження або протифільтраційних завіс, закріплення ґрунтів, а також створення стаціонарної мережі дослідних свердловин.

**Основна частина.** Дощова і тала вода створюють на поверхні тимчасові скупчення – поверхневі води. При їх просочуванні у ґрунт виникають тимчасові потоки безнапірних фільтраційних вод. Якщо на шляху цих вод зустрічаються обмежений по площі шар водотривкого ґрунту чи покрівля підземної споруди, то над ними може сформуватися тимчасовий водоносний горизонт – верховодка. У тимчасових і постійних водоносних горизонтах пори ґрунту повністю заповнені гравітаційною водою, а нижче поверхні підземних вод існує напір. Вище цієї поверхні знаходиться зона капілярного зволоження, при цьому рівень капілярного підняття визначається гранулометричним складом ґрунту і змінюється від десятків сантиметрів у піску до кількох метрів у пилюватих і глинистих ґрунтах. Напір капілярної води від'ємний, оскільки вона піддається впливу розтягувальних напружень від сил поверхневого натягу на контакт з повітрям і змочуваних поверхонь твердих часток. При контакті безнапірних фільтраційних чи капілярних вод ґрунту з огороженнями підземних конструкцій виникає зволоження конструкцій за рахунок капілярного підсосу. Капілярна вода проникає з ґрунту в стіни і піднімається по ним на висоту до 2 м. На внутрішній стороні стін з'являються сирість і пліснява. Вода, що випаровується, підвищує вологість повітря в приміщенні, а солі, що при цьому виділяються, створюють висоли, які призводять до руйнування штукатурки і матеріалу стін. Якщо конструкції знаходяться нижче поверхні підземних вод чи верховодки, то пьезометричний тиск води викликає її напірну фільтрацію, що може призвести навіть до затоплення будівлі.

Захистом фундаменту від поверхневих вод слугує вимощення – водонепроникне покриття, що проходить по периметру будівлі з ухилом від неї. Поперечний ухил від стін будинку для щебеневого і цегляного вимощення складає 5 – 10%, а для асфальтового і бетонного – 3-5%. Між цоколем і вимощенням влаштовують деформаційний шов з бітуму (герметика). Вимощення виконують одразу після влаштування фундаменту по ущільненому ґрунту зворотної засипки. Особливо добре потрібно утрамбовувати ґрунт у пазухах біля стін.



Дренаж у будівництві – метод збору і відводу ґрунтових вод від ділянки і будівель за допомогою дренажних труб, свердловин, каналів, підземних галерей тощо. Дренажна система складається з відсіпки, в яку закладається перфорована дренажна труба, і шару ґрунту, що фільтрує підземні води. Дренажні системи, виступаючи в ролі ефективного засобу водозниження, у той же час займають значні площі, ускладнюють влаштування транспортних комунікацій і вимагають великих витрат для підтримання їх у робочому стані.

Гідроізоляція захищає підземні конструкції від проникнення капілярної, ґрунтової чи поверхневої води через огорожувальні конструкції, а також захищає елементи фундаментів і огорожувальних конструкцій від корозії. Якщо на різних ділянках підземних споруд є різні умови вологості, то передбачається влаштування різних типів гідроізоляції. Виділяють наступні види: зовнішня протинапірна, внутрішня протинапірна, гідроізоляція водозбірників, гідроізоляція від безнапірних поверхневих чи фільтраційних вод, гідроізоляція для захисту від капілярної вологи.

Зовнішня протинапірна гідроізоляція тиском води притискається до стіни і є більш економічним видом захисту від ґрунтових вод, ніж внутрішня. Її звичайно влаштовують при будівництві нових будівель. Внутрішня протинапірна гідроізоляція повинна протистояти напору вод, який повністю передається на неї. Шар гідроізоляції опирається на міцну внутрішню конструкцію – кесон, зафіксований від спливання.

Гідроізоляція водозбірників відрізняється від внутрішньої напірної напрямом силової дії води, тому внутрішнє огородження шару гідроізоляції водозбірника може бути легким. Гідроізоляція від безнапірних поверхневих вод не несе силових навантажень, однак повинна бути водонепроникною.

За способом влаштування застосовують наступні види гідроізоляції: обмазувальна; наплавлювальна; штукатурні покриття; проникаюча.

Обмазувальну гідроізоляцію застосовують при слабо- та середньоагресивних водах у якості захисту бетонних конструкцій від капілярної вологи. Традиційним матеріалом у даному випадку виступають матеріали на бітумній основі. Основними перевагами цих матеріалів є легкість використання, еластичність структури, низька вартість. Серед недоліків можна виокремити горючість, токсичність, низьку міцність, невеликий термін експлуатації, невисоку адгезію.

Наплавлювальна гідроізоляція застосовується для фундаментів, підлог і покрівлі. Поверхня конструкції при цьому має бути ретельно приготована, що заключається у її вирівнюванні, зрізі бетонних виступів, закругленні кутів, висушуванні і ґрунтуванні поверхні. До даної гідроізоляції відносять наступні переваги – високу міцність, відсутність необхідності у додатковому захисті від пошкоджень, широкий діапазон робочих температур, монтаж в один шар, довговічність і придатність до ремонту. Серед основних недоліків – відносно невисока вартість у порівнянні з обмазувальною гідроізоляцією, незначна стійкість до хімічно агресивних речовин і трудомісткість у підготовці перед нанесенням.

Штукатурні покриття гідроізоляції наносяться у кілька шарів, по виду

матеріалу розрізняють цементну та асфальтову штукатурку. В основі першого виду знаходиться цементно-піщаний розчин, по якому передбачається фарбувальна (обмазувальна) ізоляція. Асфальтову штукатурку використовують при сильній агресивності підземних вод. Такий вид гідроізоляції рідко знаходить своє призначення у будівництві через значні трудовитрати у виконанні. Переваги даного виду гідроізоляції подібні з наплавлювальною гідроізоляцією з усуненням недостатньої стійкості до хімічно агресивних речовин. Серед мінусів – залучення додаткового обладнання для виконання даного покриття.

Проникаюча гідроізоляція виконується у вигляді пропитки елементів фундаменту. Вона виготовляється з мікроцементів і активних хімічних домішок. Має принципово інші властивості у порівнянні з іншими видами гідроізоляції – збільшення строку експлуатації обробленої конструкції приблизно в 2 рази, до того ж захисне покриття проникає в бетон на 30 – 40 см і надає стійкості до механічних і хімічних впливів, сприяє заживленню мікротріщин в бетоні. Її можна наносити з внутрішньої і зовнішньої сторони будівлі не залежно від температури. Даний матеріал простий в нанесенні і не вимагає специфічного обладнання. Основний недолік полягає в тому, що є найдорожчим способом гідроізоляції.

**Висновки.** У будівництві використовується широкий спектр конструкцій і споруд у різноманітних умовах експлуатації, які визначаються кліматом, особливостями технічних рішень, умовами навантаження тощо. Особливо в складних умовах перебувають конструкції, що знаходяться під землею. Контакт їх з агресивними середовищами призводить до руйнування. Тому застосування водозахисних заходів допоможе уникнути негативного впливу вологості на підземні конструкції будівель і знизити ризик їх руйнування.

#### **Список використаних джерел:**

1. Гармаш О.І. Основні ризики при проектуванні і виконанні гідроізоляції підземних частин будинків і споруд. Будівельне виробництво. №65. 2019. С. 19 – 22.
2. Гармаш О.І. Світовий досвід та проблеми влаштування гідроізоляції в Україні. Будівельне виробництво. №65. 2019. С. 3 – 6.
3. Кожушко В.П., Пронічкіна А.А. Сучасні гідроізоляційні технології. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Будівництво». Випуск 5 (16). 2012. С. 30 – 32.
4. Никитинський А.В. Гідроізоляція підземних споруд ін'єктуванням цементних розчинів з добавками-модифікаторами. Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті : тези доповідей 7-ої міжнародної науково-технічної конференції (14-16 листопада 2018 р.). Харків : УкрДУЗТ, 2018. С. 207-208.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Ткачук А.І., к. т. н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Кручиненко В.А., здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Розвиток промисловості в Україні припав на першу половину ХХ ст. і проходив в умовах технічного перевороту, який розпочався в 30-40-х роках і завершився в 60-70-х роках. Наслідком перевороту стало утвердження фабрично-заводського виробництва. На середину ХХ ст. воно утверджується в металообробній, текстильній, тютюновій, складувній, паперовій та інших галузях. Це призвело до побудови численних типових промислових залізобетонних споруд, з розвитком навколо них інфраструктур з дорогами, мостами та житловими комплексами.

Дані споруди вже вичерпали термін своєї експлуатації. Згідно з даними реєстру аварійно небезпечних промислових будівель в Україні близько 2370 об'єктів. Тож в наш час дуже гостро стоїть питання по підсиленню існуючих будівель, споруд та конструкцій, які вже довгий час перебувають в експлуатації.

У зв'язку із сьогоdnішнім скрутним економічним становищем в нашій державі та в світі загалом відбувається, в значній мірі, помітний спад в розвитку будівництва. То ж на даному етапі розвитку будівельної галузі доцільним постає розв'язання питань пов'язаних не так з будівництвом нових будівельних об'єктів, як з реконструкцією, модернізацією та підсиленням існуючих споруд. В зв'язку з постійним подорожчанням земельних ділянок, будівельних матеріалів та собівартості робіт – стає доцільним використання методів реконструкції посилаючись на їх економічну вигідність. Також важливими факторами є зменшення тривалості будівництва, розхід матеріалів, людського та машинного ресурсу.

**Основний текст.** Фактори що викликають необхідність у підсиленні елементів споруд можна класифікувати на такі групи:

- 1) зростання навантаження;
- 2) пошкодження несучих елементів конструкцій;
- 3) покращання умов експлуатації конструкцій;
- 4) зміна статичної схеми;
- 5) помилки в проектуванні або у виконанні.

Для підсилення залізобетонних несучих конструкцій, застосовують різні методи підсилення, частіше за все, нарощування розтягнутої зони, так як бетон – це матеріал, що практично в 20 раз гірше працює на розтяг ніж на стиск, а також це зумовлено кращим доступом до розтягнутої зони.

Серед методів підсилення розтягнутих зон перерізів елементів, що згинаються, виконуються такими методами:

- 1) шляхом встановлення додаткових елементів з арматурної сталі чи

полімерних джутів і склотканини;

2) шляхом встановлення додаткових елементів із прокатного металу (листа, кутника, швелера, двотавра), які приварюються до існуючої поздовжньої арматури переривистими зварними;

3) шляхом встановлення шпренгельних затяжок із прокатного металу (листа, кутника, швелера, двотавра) та арматурної сталі;

4) шляхом улаштування монолітних залізобетонних обойм чи додаткового шару, який нарощується знизу елементів.

Повну заміну конструкцій проводять дуже рідко – у випадках втрати несучої здатності на 50-60% і більше.

Серед способів підсилення залізобетонних конструкцій можна виділити підсилення високоміцними композитними матеріалами. Незважаючи на відносно значну вартість, їх використання набуває все більшого розповсюдження. Цьому сприяє ряд позитивних сторін композитів: висока міцність на розтяг у тому числі при змінних навантаженнях; незначна власна вага, легкість транспортування; нескладна технологія підсилення; відсутність обмежень по довжині; висока корозійна стійкість, у тому числі в умовах агресивного середовища.

Одним з таких способів є підсилення сіткою з волокон Р.В.О. (поліпарафенілен бензооксазолу) у стабілізованій неорганічній матриці (система Ruredil X Mesh Gold). При виборі даного способу підсилення збільшується міцність бетону на згин та зріз. В таких випадках міцність є одним з головних факторів при оцінці технічного стану та експлуатаційної придатності залізобетонних балкових конструкцій. В зв'язку з цим особливо важливе значення для будівельної науки і практики мають дослідження деформацій і міцності залізобетонних елементів підсиленних системою Ruredil X Mesh Gold, на основі яких можуть бути розроблені надійні методи розрахунку жорсткості підсиленних залізобетонних елементів.

Не менш важливим в таких дослідженнях є те, що вони розкривають істинну роботу цього підсилення, дозволяють зрозуміти суть явищ, які виникають в підсиленних сіткою залізобетонних конструкціях при їх завантаженні. Шлях до пізнання роботи підсиленних залізобетонних конструкцій і розробки обґрунтованих методів їх розрахунку лежить через поглиблене дослідження деформацій і встановлення законів деформування підсиленних залізобетонних балкових елементів.

Таким чином, дослідження міцності та деформативності залізобетонних конструкцій, підсиленних системою Ruredil X Mesh Gold є актуальним і важливим при оцінці технічного стану, несучої здатності та експлуатаційної придатності балкових конструкцій.

Ruredil X Mesh GOLD застосовується для армованого бетону і попередньо ущільнених армованих бетонних конструкцій з метою: зміцнення на згин; міцності на зсув; зміцнення при крутних моментах; зміцнення стиснуто-зігнутих балок з малим та великим ексцентриситетом.

Ruredil X Mesh GOLD застосовується при роботі у сейсмічних зонах для: збільшення стійкості до простого змучення при згині або комбінованих

стискаючих та згинаючих діях балок та колон; збільшення стійкості до стиску на зсув балок та колон; збільшення жорсткості контактних ділянок балок і колон за допомогою згинання; збільшення стійкості до навантаження на розтяг панелей вузлів колон і балок при відповідності волокон до ізостати напруження на розтяг.

Нова система Ruredil X Mesh GOLD складається з сітки сплетеної з волокон поліпарафенілен бензооксазолу (Р.В.О.) сітки (рис. 1). Це що має показано на рисунку.

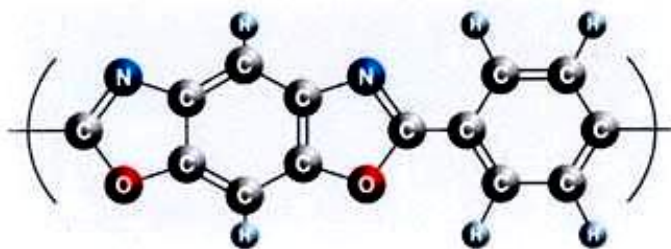


Рис. 1. Молекулярна структура синтетичного полімеру Р.В.О.

Є безліч активних вузлів цієї структури (атоми азоту, вуглецю, кисню), здатних до встановлення хімічного зв'язку з гідратованими сполуками у спеціальними неорганічними сполуками що зв'язуються з допомогою гідротехнічної реакції (Ruredil X Mesh M750 або цементні розчини). Даний ефект носить назву адгезії.

Новий механізм адгезії неорганічної матриці з волокна Р.В.О. і високі механічні властивості волокон є двома факторами, що пояснюють відмінні механічні характеристики нового FRCM з'єднання, яке, як ми побачимо пізніше, є вагомою перевагою з звичайними високоміцними полімерами.

Ефективність зміцнення на згин з допомогою Ruredil X Mesh GOLD для зміцнених бетонних балок була експериментально оцінена за допомогою тестувань на згин у трьох та чотирьох точках балки з привідною секцією 40 см × 25 см на прохідному отворі 1,6 м і 2,2 м. Були розглянуті різні типи зміцнення. Перевага зміцнення волокнами спостерігалася у всіх випадках. У порівнянні з випадком без зміцнення критичне навантаження зразка збільшується. Система Ruredil X Mesh GOLD має такі особливості: стійкість до вогню ідентична стійкості бетонної основи; можливість накладання на вологу основу; легке накладання навіть на нерівній та нестійкій основі; сумісність з основою; продукт не токсичний; легке виконання (матеріал змішують з водою, кількість якої зазначена в технічній характеристиці; отриману суміш наносять як звичайну цементну суміш, а після цього прикладається сітка); добра обробка: немає великої різниці у застосуванні системи в діапазоні температури від +5 °С до +40 °С.

Зміцнення на згин зміцнених з Ruredil X Mesh Gold бетонних балок можна досягнути за допомогою застосування цієї системи на ділянках під тиском і скріплення скобами, що спричинить збільшення розподіленого руйнівного навантаження на приблизно 10-30 % або більше від поточного значення.

Типова структура зміцнення складається зі смужок змінної довжини у

внутрішній частині, можливо перегорнутих на бокову поверхню і там, де можливо, з щонайменше одною U-подібною смужкою, зчепленою на кінці поздовжнього верхнього шару.

Найпоширеніші три способи зміцнення, в яких кількість потрібних шарів сітки повинна бути визначена на підставі розрахунку прогину балки. У першому методі мають місце лише поздовжні смуги сітки, а в другому – поздовжні смуги і смуги у формі букви U на кінцях зміцнюваної зони. У третьому методі мають місце поздовжні смуги сітки та смуги на бокових поверхнях. Якщо це можливо, рекомендується застосування третього методу, в якому загинання “U” на бокових поверхнях мають принаймні половину ширини поздовжніх смуг. Аналіз останніх досліджень по підсиленню системами сіток з волокон Р.В.О.

Також для підсилення використовують сітку з вуглецевого волокна, яка з'єднується з бетонною основою за допомогою мінерального розчину (система Ruredil X Mesh C10/M50). Ruredil X Mesh C10/M50 представляє світову інновацію в сфері систем конструкційних укріплень. Вона використовує високостійкі вуглецеві волокна. На сьогоднішній день вуглецеві волокна, Kevlar, скляні волокна і т. п., у випадку укріплення конструкційних елементів з'єднуються з основою, що укріплюється, за допомогою смол (епоксидна чи поліуретанова смола). Ці системи визначаються аббревіатурою FRP. В системі Ruredil X Mesh C10/M50, на відміну від FRP, застосовується неорганічний розчин, що складається із гідравлічного в'язучого матеріалу та спеціальних добавок, які хімічно, фізично і механічно сумісні з мінеральною основою, а саме цегляним муrom. Аббревіатура цієї системи – FRCM.

Ruredil X Mesh GOLD пропонує наступні переваги над системою FRP, в якій використовуються епоксидні або поліефірні смоли:

1. Стійкість до високих температур. Системи FRP втрачають свої механічні властивості у вогні через брак стійкості до вогню у смол, що використовуються для прикріплення волокон до конструкції. Поліефірні та епоксидні смоли втрачають свої механічні властивості при температурах 80-120 °С.

2. Можливість застосування неорганічного матеріалу на вологих основах. Системи FRP можна застосовувати лише для сухих основ, оскільки поліефірні і епоксидні смоли не будуть каталізувати у присутності води.

3. Простота у використанні. Неорганічна матриця змішується з водою і застосовується як звичайний цементний розчин зі структурною сіткою РВО, втопленою в ньому.

4. Застосування і обробка. Немає суттєвої різниці у часі для обробки при 5 °С і 40 °С. Термін придатності смол залежить від температури, що обмежує можливість застосування FRP за несприятливого теплового режиму і режиму вологості.

Ruredil X Mesh GOLD застосовується при звичайних умовах праці, потрібних для цементних розчинів. Пристрої можна відмивати водою. Окрім того через наявність хімічного зв'язку, РВО волокна, мають кращий механічний зв'язок з бетонним елементом, ніж у вуглецевих волокон на клеях (рис. 2).

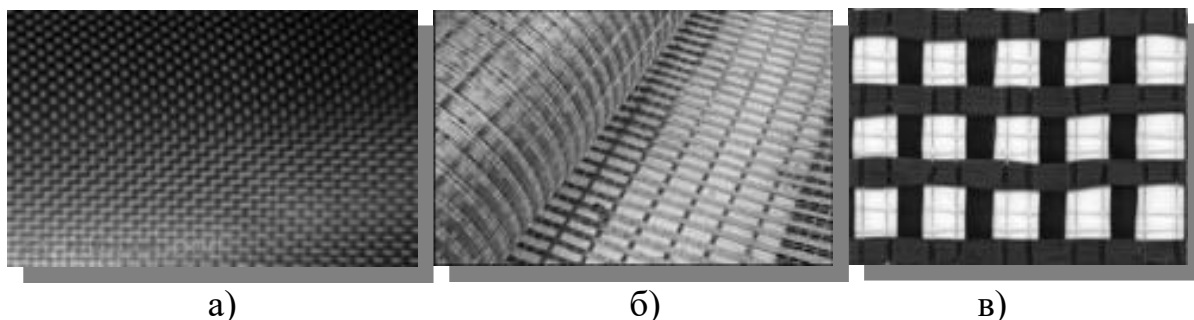


Рис. 2. Високоміцні полімери: а) карбонова сітка; б) Р.В.О. сітка; в) карбонова плівка

**Висновки.** Таким чином, було розглянуто та апробовано методику дослідження залізобетонних згинальних елементів, посилені сіткою з волокон Р.В.О. під навантаженням. Отримано експериментальні дані зміни в часі деформацій бетону, арматури та прогинів згинальних елементів, посилені бетонною обіймою під навантаженням  $0,0M_u^{exp}$ ,  $0,5M_u^{exp}$  та  $0,7M_u^{exp}$ . Експериментально встановлено, що при рівні навантаження  $0,0M_u^{exp}$  ефект від підсилення складає близько 8 %; при рівні навантаження  $0,5M_u^{exp}$  – близько 6 %; при рівні навантаження  $0,7M_u^{exp}$  – близько 12 %. Експериментально-теоретичним дослідженням міцності доведено, що методика при розрахунку посилені згинальних залізобетонних елементів дозволяє з приблизною точністю визначати їх несучу здатність.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 166 с.
2. Дворкін Л.Й. Міцність бетону: Навчальний посібник. Київ: Видавничий дім "Кондор", 2021. 310 с.
3. Вплив мінеральних добавок на властивості цементуючих систем для високофункціональних бетонів / М. Саницький, О. Позняк, Б. Русин, І. Гев'юк // *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. № 737 : *Теорія і практика будівництва*. 2012. С. 184-191.
4. Дворкін Л.Й. Гідротехнічні бетони: навчальний посібник. Київ: "Каравелла", 2023. 285 с.
5. Чистяков В.В., Дорошенко Ю.М., Гранковський І.Г. Інтенсифікація твердіння бетону. Київ : "Будівельник", 1998. 118 с.
6. Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Скрипник М.М. Комплексні пластифікуючі добавки для бетону на основі ефірів полікарбонату. *Будівельні матеріали та виробу*. 2016. № 1. С. 38-41.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА БУДІВЕЛЬНО-ТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ ГІДРОФОБНИХ ДОБАВОК

*Ткачук А.І., к. т. н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну  
Лігінович О.О., здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

**Вступ.** Відомо, що гідроізоляційні матеріали проникаючої дії використовуються для захисту бетонних та залізобетонних конструкцій від впливу води, водяної пари, морозу, агресивних середовищ. Хімічно активні частини вступають в реакцію з елементами цементного каменю, утворюючи нерозчинні ниткоподібні кристали, які викликають ущільнення основи бетону та створюють водонепроникну перепону.

**Основний текст.** Конструкції, які в ході експлуатації оброблені проникаючими гідроізоляційними компонентами, підвищують свою морозостійкість, водонепроникність і до агресивного середовища. Вологість і ультрафіолетове випромінювання не змінюють експлуатаційних характеристик бетону, який пройшов обробку гідроізоляційними матеріалами проникаючої дії.

У той же час вміст великої кількості таких хімічних добавок призводить до утворення висолів, тріщин, відшаровування покриттів, недовговічності бетонних та залізобетонних споруд, що спричиняє невдоволення споживачів.

Основою для отримання відомих у наш час гідроізоляційних складів виступають звичайні бездодаткові портландцементи, які мають ряд негативних сторін, оскільки продукти гідратації таких в'язучих систем недостатньо довговічні і корозійно нестійкі.

Підвищити водонепроникність цементного каменю можливо найпростішим методом з допомогою добавки солей-електролітів, які зумовлюють утворення додаткових кристалогідратів. Солі-електроліти, розчиняючись у воді, глибоко проникають у структуру бетону і вступають у реакцію із складовими продуктами твердіння цементного каменю.

В результаті формуються водонерозчинні новоутворення, які заповнюють пори, капіляри, тріщини бетону до 0,5 мм, а також запобігають фільтрації води навіть за наявності високого гідростатичного тиску. При цьому утворені кристалогідрати врастають в структуру бетону, ущільнюючи її і запобігаючи відшаровуванню гідроізоляційного покриття від бетонної підкладки.

**Висновки.** В ході досліджень було проведено зміну складу додаткових компонентів гідроізоляційних матеріалів з вибором їх оптимального співвідношення, що дозволило покращити водонепроникність бетонової поверхні при дії різного гідростатичного тиску на його поверхню.



## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ ГРУНТОЦЕМЕНТНИМИ ПАЛЯМИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ

*Слонь В.В., Колядич А.М.*

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

**Вступ.** У виробництві будівельних матеріалів широко застосовуються хімічні добавки, які включаються до сумішей з метою підвищення марочної міцності, прискорення процесів твердіння, поліпшення технологічних властивостей (наприклад, легкоукладальність, однорідність), а також для підвищення захисних властивостей конструкцій щодо сталеві арматури, використовуючи, наприклад, інгібітори корозії сталі. Дослідження, описані у вказаних джерелах, націлені на розвиток знань про властивості матеріалів та добавок з метою поліпшення якості будівельних матеріалів та оптимізації їх використання в будівельній промисловості [1; 2].

Розвиток економічного потенціалу країни вимагає впровадження найбільш ефективних технологічних рішень у всіх галузях. Зниження витрат матеріальних, трудових і фінансових ресурсів має важливе значення для галузі будівельних матеріалів і виробів. Дослідження вказують, що матеріали і вироби з цементного бетону мають обмежену стійкість в мінеральних ґрунтових водах, та показують їхню вагу та крихкість.

У випадку нестачі цементу, ґрунто-цементні суміші можуть бути ефективною альтернативою. Таким чином, дослідження спрямовані на теоретичне обґрунтування виготовлення та використання бетонів з низьким вмістом цементу на основі ґрунто-цементних сумішей. Це обґрунтування ґрунтується на вивченні фізико-хімічних властивостей лесового ґрунту, а також фізико-хімічних основ формування їхньої структури та фізико-технічних характеристик матеріалів, що ґрунтуються на цьому ґрунті.

**Основний текст.** Для визначення типу ґрунтових умов на основі просідання виконують інженерно-геологічні вишукування, які включають лабораторні дослідження. Для нових будівельних об'єктів можуть також здійснюватися польові дослідження, включаючи вивчення вологості ґрунтів у дослідних котлованах.

Просідання лесових ґрунтів є складним фізико-хімічним процесом, який супроводжується ущільненням ґрунту при замочуванні. При водонасиченні значно знижуються міцнісні і деформативні характеристики лесових ґрунтів. Дослідження показують, що зміна міцності ґрунту відбувається переважно через зниження зчеплення в 3-9 разів, а кут внутрішнього тертя зменшується на 4-22°, іноді навіть на 35-45° [3].

Механічні властивості лесових ґрунтів погіршуються під впливом води через вплив на міцність плівок солей, які відіграють роль цементу для часток ґрунту. З проведених досліджень видно, що молекули води у тонких плівках

можуть мати розклинюючий ефект, який виникає одночасно з проникненням води в глибину ґрунту. Це спричинює розм'якшення природного цементу, що утримує частинки ґрунту, і, відповідно, знижує його міцність.

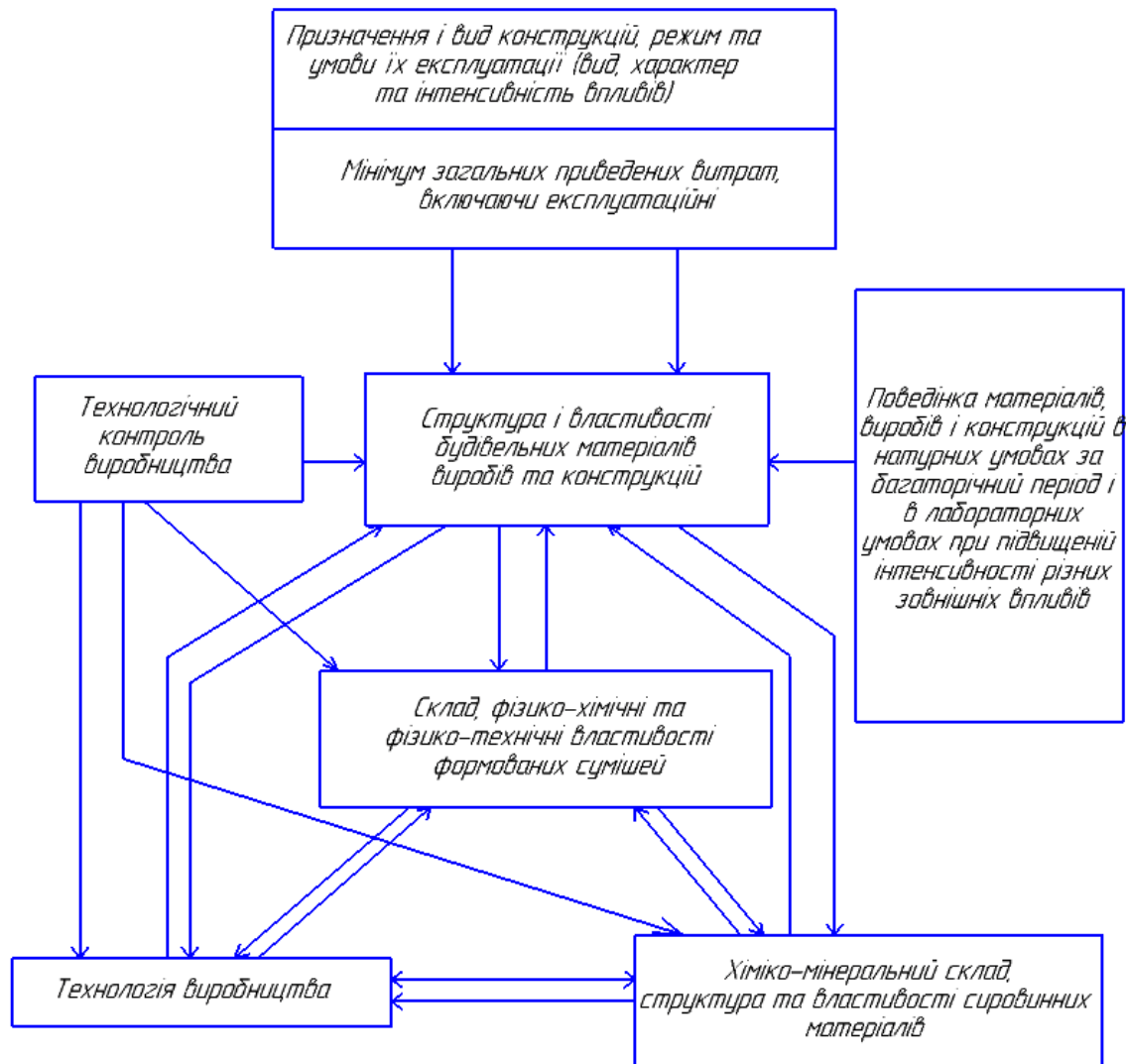


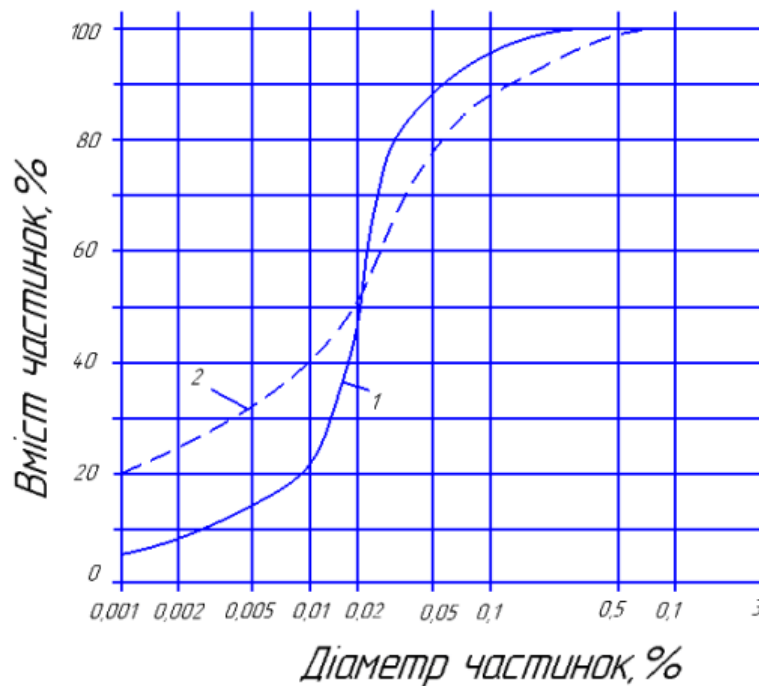
Рисунок 1 - Структура та властивості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій формуються відповідно до оптимальної схеми.

Гранулометричний склад лесових ґрунтів різноманітний і охоплює значний діапазон від глини до легких пілуватих супесей і дрібнозернистих пілуватих пісків. Проте, в більшості випадків, лесові ґрунти переважно мають структуру пілуватих суглинків. В мікроагрегатному складі цих суглинків можна виявити від 40 до 90% пілуватих частинок (розмір від 0,06 до 0,003 мм), від 4 до 40% глинистих частинок (менше 0,003 мм) і до 17% дрібнопіщаних частинок (розмір від 0,06 до 0,26 мм). Кількість частинок, розмір яких перевищує 0,23 мм, зазвичай не перевищує 3%.

Цей різноманітний гранулометричний склад лесових ґрунтів має визначальний вплив на їхні унікальні фізичні і хімічні характеристики. Різноманіття частинок в складі ґрунту визначає його водопроникність, вологоутримувальність та родючість.

Гранулометричний склад лесового ґрунту виявляється сталим незалежно

від його розповсюдження. Найтривалішою є крупнопиловата (0,04-0,02 мм) фракція частинок, яку часом називають "лесовою фракцією". Крупнопіщані частки (> 0,35 мм) відсутні або присутні в обмежених кількостях, а кількість глинистих частинок зазвичай не перевищує 30%. Карбонатні суглинкові ґрунти є характерними для типових лесових ґрунтів і складаються переважно з пиловатих частинок, з елементарними крупнопиловатими частками на перевагу. Вивчення гранулометричних аналізів лесових ґрунтів в різних регіонах України за допомогою методів математичної статистики підтверджує, що вміст крупнопиловатої фракції найчастіше становить від 34% до 52%.



1 – лес; 2 – лесовидні суглинки

Рисунок 2 - Графіки кумулятивного розподілу гранулометричного складу ґрунтів

Велику зацікавленість викликає взаємозв'язок між частками крупнопиловатого (0,05-0,01 мм) та мілкопиловатого (0,01-0,002 мм) розмірів. У лісах це співвідношення перевищує 1,5, у лесовидних суглинках і глинах коливається від 1,5 до 1,0, іноді ще менше [3].

**Висновки.** Встановлено, що форма структури лесових порід залежить від їхнього мінералогічного складу. У випадку зернисто-пленчатої структури глинистих частинок, спостерігається наявність каолінит-гідрослюдиного складу, тоді як для агрегативної структури характерний переважно монтмориллонітовий склад.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Веденісов А.В. Захисні роз'єднувальні екрани з ґрунтоцементу в умовах стисненої міської забудови. / Веденісов А.В. // Ресурсоекономні

матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. Випуск 24. Рівне, 2012.

2. Дослідження водонепроникності ґрунтоцементу / [М.Л. Зоценко, О.І. Наливайко, І.І. Ларцева, О.М. Панько] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту. залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Д.: ДНУЗТ, 2010. Вип. 32. С. 43–48.

3. Ларцева І.І. До визначення фізико-механічних характеристик ґрунтоцементу / І.І. Ларцева, М.В. Петруняк // Зб. наук. пр. (галузеве машинобуд., буд-во). Полтава: ПолтНТУ, 2010. Вип. 2 (27). С. 127–134.

4. Тимофєєва К.А. Лабораторні дослідження впливу агресивних складових бурового шламу на фізико-механічні характеристики ґрунтоцементу / К.А. Тимофєєва // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Вип. 1(40). Полтава: ПолтНТУ, 2014. С. 259–267.