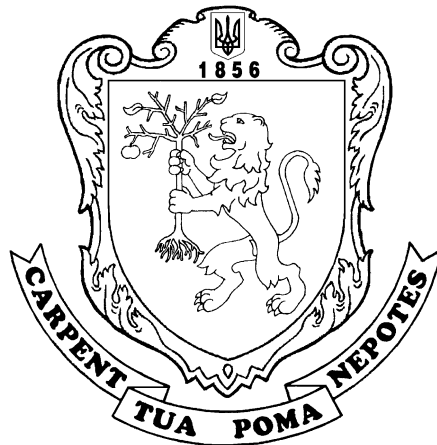


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний аграрний університет**

# **ВІСНИК**

**ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО**  
**АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

**Архітектура і сільськогосподарське будівництво**  
**№ 17**



**Львів 2016**

УДК 72.624

**Вісник Львівського національного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2016. – № 17. – 176 с.**

Розглядаються результати актуальних експериментальних і теоретичних досліджень, проектування, досвід будівництва, питання експлуатації та діагностики будівельних конструкцій, проблеми архітектурного простору на селі, геодезичного забезпечення будівельних і землепорядних робіт.

Для наукових працівників, фахівців, проєктантів, аспірантів і студентів вищих навчальних закладів.

*Рекомендовано до друку  
вченою радою Львівського національного аграрного університету  
(протокол № 7 від 10.06.2016 р.)*

**Редакційна колегія:** Мазурак А. В., к. т. н. (відповідальний редактор), Гнідець Б. Г., д. т. н., Кінаш Р. І., д. т. н., Яременко О. Ф., д. т. н., Добрянський І. М., д. т. н., Шмиг Р. А., к. т. н., Габрель М. М., д. т. н., Проскураков В. І., д. арх., Савчак Н. С., к. т. н., Степанюк А. В., к. арх., Гнесь Л. Б., к. арх., Ковальчик Ю. І., д. фіз.-мат. н., Демчина Б. Г., д. т. н., Боднар О. Я., д. мистецтвознавства, Журавський О. Д., к. т. н., Кобоек Е. – д. габ., Синєкоп М. С. – д. т. н., Бурчєня С. П., к. т. н., (відповідальний секретар).

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІТИЧНІ ТА ЧИСЛОВІ МЕТОДИ В МЕХАНІЦІ ТА ФІЗИЦІ РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

УДК 539.3

### МЕТОД РОЗРАХУНКУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТОНКИХ КРИВОЛІНІЙНИХ ПЛИТ

*М. Делявський, д.т.н.*

*Технологічно-природничий університет в Бидгощі, Польща,*

*К. Росіньські,*

*Будівельна Група Альсталь, Польща*

**Постановка проблеми.** Сьогодні загальноприйнятим і найпоширенішим методом розрахунку конструкцій є метод скінченних елементів (МСЕ), який належить до групи чисельних методів. У дослідженні запропоновано інший метод [1-3] розрахунку конструкцій, так званий метод макроелементів (ММЕ). Зазначені методи різняться між собою:

1) способами дискретизації конструкції. Згідно з МСЕ, конструкцію ділимо на багато дрібних частин (скінченних елементів), які позбавлені механічного сенсу. Натомість за використання опрацьованого методу конструкцію розділяємо на досить великі частини – макроелементи. Макроелементи – то частини реальних конструкцій або їх певні узагальнення;

2) підходами до вирішування проблеми. Метод скінченних елементів базується на глобальному підході механіки деформівного твердого тіла (з використанням варіаційних підходів). Метод макроелементів базується на підході локальному, пов'язаному з розв'язуванням диференціальних рівнянь теорії пружності;

3) способами розрахунку конструкцій. У МСЕ кінематичні краєві умови необхідно задовольнити заздалегідь, а рівняння рівноваги і статичні краєві умови задовольняються одночасно, причому наближено (варіаційним чином) у процесі розв'язку задачі. У ММЕ рівняння рівноваги задовольняються точно, а статичні й кінематичні краєві умови в окремих спеціально вибраних вузлах на контурі плити;

4) способом вибору вузлів. У МСЕ положення вузлів визначається сіткою поділу конструкції на скінченні елементи й може змінюватися у процесі дискретизації конструкції. Натомість в опрацьованому методі

вузлами є нульові точки тригонометричних функцій, що входять до моделі макроелемента. Їх положення не залежить від способу дискретизації;

5) точністю розв'язку. У методі скінченних елементів підвищення точності розрахунку конструкції досягають здебільшого за рахунок згущення сітки поділу конструкції на скінченні елементи, а також за рахунок використання точніших моделей скінченних елементів. В опрацьованому підході точність розрахунку зростає завдяки збільшенню числа апроксимацій розв'язку.

Спільним для зазначених підходів є зведення розрахунку конструкції до системи лінійних алгебраїчних рівнянь типу

$$[M]\{q\} + \{P\} = \{0\}. \quad (1)$$

Однак сенс таких рівнянь у цих підходах різний. У методі скінченних елементів – це система рівнянь рівноваги, записана в усіх вузлах розглядуваної конструкції, а в методі мікроелементів – система рівнянь нерозривності переміщень і внутрішніх сил, записана як *краєві* умови.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У попередніх публікаціях пропонований метод було застосовано тільки до розрахунку прямокутних плит під косинусоїдальним навантаженням для різних умов опирання. Зокрема розглянуті консольна плита і плита, складена з двох прямокутних плит. Проведені числові розрахунки показали високу точність розв'язків і підтвердили ефективність пропонованого методу.

**Постановка завдання.** Завдання дослідження – запропонувати метод розрахунку напружено-деформованого стану тонких криволінійних плит під довільним навантаженням для різних краєвих умов. На відміну від методу скінченних елементів, опрацьований метод є аналітико-числовим. Розв'язок отримано повністю в аналітичному вигляді. Задача зведена до системи алгебраїчних рівнянь, і вже на цьому етапі застосовується обчислювальна техніка.

**Виклад основного матеріалу.** Для визначення плитового мікроелемента розглянемо тонку ізотропну плиту довільної конфігурації, контур якої цілком уміщається у прямокутник (рис. 1).

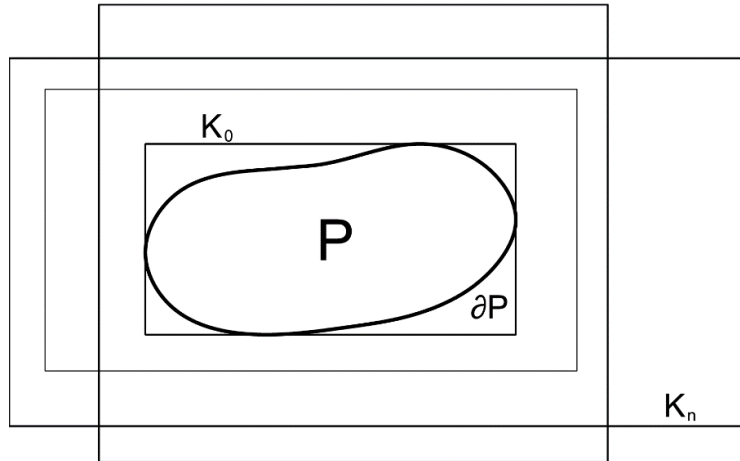


Рис. 1. Контур криволінійної плити, обмежений послідовністю прямокутників

Позначимо цей контур  $K_n$ . Очевидно, що він може мати нескінченну кількість спільних точок із контуром реальної плити (якщо вона прямокутна й тих самих розмірів, що й контур  $K_n$ ), скінченну кількість спільних точок, або взагалі їх не мати. Безумовно, що таких контурів нескінченна кількість. Кожен із них буде описаний довкола контуру реальної плити. Розглянемо послідовність  $\{K_n\}$ . Нижню границю цієї послідовності  $\inf\{K_n\}$  позначимо  $K_0$  і назовемо базовим контуром плити [4]. Прямокутну ділянку, обмежену контуром  $K_0$ , назовемо фізичною моделлю реальної плити. Фізична модель є базовою для всіх плит певного класу. У цій моделі нехтуємо конфігурацією плити і враховуємо лише механічні властивості матеріалу.

Поєднання фізичної моделі плити з її математичним аналогом називаємо плитовим макроелементом.

*Побудова математичної моделі прямокутної плити.* Розглянемо тонку прямокутну ізотропну плиту товщиною  $h$  і розмірами в плані  $2a_j$ , ( $j = 1, 2$ ). Плита належить до декартової системи координат  $Ox_1x_2x_3$  з початком у геометричному центрі плити. Вісь  $Ox_3$  є спрямована донизу, а осі  $Ox_2$  і  $Ox_1$  лежать у серединній площині плити, утворюючи праву систему координат.

Верхня сторона плити завантажена довільно розподіленим навантаженням інтенсивності  $q(x_1, x_2)$ , нижня – вільна від навантажень (рис. 2).

В основу математичної моделі такої плити закладено точний розв'язок основного диференціального рівняння згину тонких ізотропних плит:

$$\nabla^2 \nabla^2 w = \frac{q}{D}, \quad (2)$$

де  $w$  – прогин плити;  $D$  – жорсткість плити на згин.

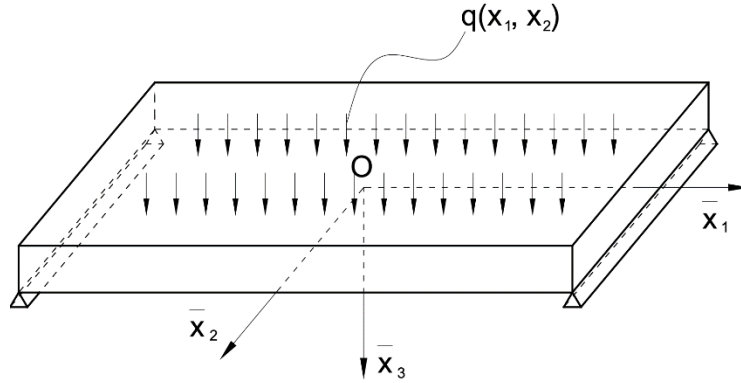


Рис. 2. Схема прямокутної плити

Загальний розв'язок рівняння (2) вибираємо у вигляді суми двох розв'язків:

$$w = w_0 + w_*, \quad (3)$$

а саме загального розв'язку  $w_0$  однорідного рівняння (4)

$$\nabla^2 \nabla^2 w = 0 \quad (4)$$

і часткового розв'язку  $w_*$  неоднорідного рівняння (2).

Загальний розв'язок  $w_0(x_1, x_2)$  однорідного рівняння (4) вибираємо у вигляді [4]:

$$w_0 = A_i \Phi_i(x_1, x_2) + f_{kp}^{[j]}(x_j) \cdot T_{kp}^{[3-j]}(x_{3-j}), \quad (5)$$

де  $\Phi_i(x_1, x_2)$  – задані функції

$$\begin{aligned} \Phi_0(x_1, x_2) &= 1; & \Phi_1(x_1, x_2) &= \frac{x_1}{a_1}; & \Phi_2(x_1, x_2) &= \frac{x_2}{a_2}; \\ \Phi_3(x_1, x_2) &= \frac{x_1 x_2}{a_1 a_2}; & \Phi_4(x_1, x_2) &= \frac{x_1^2}{a_1^2}; & \Phi_5(x_1, x_2) &= \frac{x_2^2}{a_2^2}; \\ \Phi_6(x_1, x_2) &= \frac{x_1^2 x_2}{a_1^2 a_2}; & \Phi_7(x_1, x_2) &= \frac{x_1 x_2^2}{a_1 a_2^2}; & \Phi_8(x_1, x_2) &= \frac{x_1^3}{a_1^3}; \\ \Phi_9(x_1, x_2) &= \frac{x_2^3}{a_2^3}; & \Phi_{10}(x_1, x_2) &= \frac{x_1 x_2^3}{a_1 a_2^3}; & \Phi_{11}(x_1, x_2) &= \frac{x_1^3 x_2}{a_1^3 a_2}; \\ \Phi_{12}(x_1, x_2) &= \frac{x_1^4 - x_2^4}{a_1^4}. \end{aligned} \quad (6)$$

Тут  $A_i$  ( $i = 0 \div 12$ ) – невідомі коефіцієнти; а  $f_{kp}^{[j]}(x_j)$  – невідомі функції, які визначають у процесі розв'язку задачі. Натомість  $T_{kp}^{[j]}(x_j)$  задані тригонометричні функції типу:

$$\begin{aligned} T_{k1}^{[j]}(x_j) &= \cos(\gamma_k^{[j]} x_j); & T_{k2}^{[j]}(x_j) &= \cos(\delta_k^{[j]} x_j); \\ T_{k3}^{[j]}(x_j) &= \sin(\delta_k^{[j]} x_j); & T_{k4}^{[j]}(x_j) &= \sin(\gamma_k^{[j]} x_j); \end{aligned} \quad (7)$$

$$\delta_k^{[1]} = \frac{(2k-1)\pi}{2a_1}; \quad \delta_k^{[2]} = \frac{(2k-1)\pi}{2a_2}, \quad (8)$$

$$\gamma_k^{[1]} = \frac{k\pi}{a_1}; \quad \gamma_n^{[2]} = \frac{k\pi}{a_2};$$

де  $k = 1 \div K$ ,  $K$  – кількість наближень розв'язку.

Підставляючи представлення (5) до однорідного рівняння (4), отримуємо систему двох незв'язаних звичайних однорідних диференціальних рівнянь четвертого порядку відносно невідомих функцій

$$\begin{aligned} f_{kp}^{[j]}(x_j) \\ f_{kp}^{[1]^{(IV)}}(x_1) - 2\kappa_{kp}^{[2]^2} f_{kp}^{[1]''}(x_1) + f_{kp}^{[1]}(x_1) = 0; \\ f_{kp}^{[2]^{(IV)}}(x_2) - 2\kappa_{kp}^{[1]^2} f_{kp}^{[2]''}(x_2) + \kappa_{kp}^{[1]^4} f_{kp}^{[2]}(x_2) = 0; \end{aligned} \quad (9)$$

$p, q = 1 \div 4$ ;  $m, n = 1 \div \infty$ ,

де

$$\kappa_{kp}^{[j]} = \begin{cases} \gamma_k^{[j]}, & p = 1, 3, \\ \delta_k^{[j]}, & p = 2, 4. \end{cases} \quad (10)$$

Тут і далі використано право сумування Ейнштейна: у кожному виразі проводиться сумування згідно з індексом, який повторюється двічі.

Розв'язок цієї системи рівнянь обираємо у вигляді [5]:

$$f_{kp}^{[j]}(x_j) = R_{kp}^{[j]} E_{kp}^{[j]}(x_j), \quad (11)$$

де  $R_{kp}^{[j]}$  – невідомі параметри, які визначають із краєвих умов на контурі плити:

$$E_{kp}^{[j]}(x_j) = \exp(\lambda_k^{[j]} x_j),$$

$\lambda_k^{[j]}$  – корені характеристичних рівнянь:

$$\begin{aligned} \lambda_k^{[1]^4} - 2\kappa_{kp}^{[2]^2} \lambda_k^{[1]^2} + \kappa_{kp}^{[2]^4} &= 0; \\ \lambda_k^{[2]^4} - 2\kappa_{kp}^{[1]^2} \lambda_k^{[2]^2} + \kappa_{kp}^{[1]^4} &= 0; \end{aligned} \quad (12)$$

Ці рівняння містять два подвійні протилежні за знаком корені й у результаті функції (11) набувають вигляду

$$f_{pk}^{[j]}(x_j) = R_{pk}^{[j]} B_{pkv}^{[j]}(x_j), \quad v = 1 \div 4. \quad (13)$$

Функції

$$\begin{aligned} B_{kp1}^{[j]}(x_j) &= \frac{\cosh(\kappa_{kp}^{[j]} x_j)}{\exp(\kappa_{kp}^{[j]} a_j)}, & B_{kp2}^{[j]}(x_j) &= \frac{x_j \sinh(\kappa_{kp}^{[j]} x_j)}{a_j \exp(\kappa_{kp}^{[j]} a_j)}, \\ B_{kp3}^{[j]}(x_j) &= \frac{\sinh(\kappa_{kp}^{[j]} x_j)}{\exp(\kappa_{kp}^{[j]} a_j)}, & B_{kp4}^{[j]}(x_j) &= \frac{x_j \cosh(\kappa_{kp}^{[j]} x_j)}{a_j \exp(\kappa_{kp}^{[j]} a_j)}, \end{aligned} \quad (14)$$

названо базовими функціями розв'язку,

$$\kappa_{kp}^{[j]} = \begin{cases} \gamma_k^{[j]}, & p = 1, 3, \\ \delta_k^{[j]}, & p = 2, 4. \end{cases} \quad (15)$$

Очевидно, що  $B_{k1v}^{[j]}(x_j) = B_{k4v}^{[j]}(x_j)$ , а  $B_{k2v}^{[j]}(x_j) = B_{k3v}^{[j]}(x_j)$ . Враховуючи залежності (3), (5), (13), запишемо вираз на прогин плити у формі

$$w(x_1, x_2) = A_r \varphi_r(x_1, x_2) + R_{kpv}^{[j]} W_{kpv}^{[j]}(x_1, x_2) + w_*(x_1, x_2) \quad (16)$$

Функції

$$W_{kpv}^{[j]}(x_1, x_2) = B_{kpv}^{[j]}(x_j) T_{kp}^{[3-j]}(x_{2-j}) \quad (17)$$

названо координатними функціями прогину плити. Частковий розв'язок  $w_*(x_1, x_2)$ , який залежить від навантаження, названо силовими функціями прогину [6].

Маючи вираз прогину плити на підставі відомих у теорії плит співвідношень між прогином плити і переміщеннями, моментами та поперечними силами, останні виражаємо через власні координатні та силові функції.

*Побудова часткового розв'язку неоднорідного рівняння (2).*

Оскільки частковий розв'язок неоднорідного рівняння (2) залежить від навантаження, то його слід апроксимувати певною функцією. Цю функцію пропонується обирати в такому вигляді:

$$q(x_1, x_2) = Q_0 + P_{mp} T_{mp}^{[1]}(x_1) + Q_{nq} T_{nq}^{[2]}(x_2) + Q_{mnpq} T_{mp}^{[1]}(x_1) \cdot T_{nq}^{[2]}(x_2), \quad (18)$$

де  $Q_0, P_{mp}, Q_{nq}, Q_{mnpq}$  – коефіцієнти розвинення навантаження  $q(x_1, x_2)$  в одинарні та подвійні тригонометричні ряди.

Функції  $T_{mp}^{[j]}(x_j)$  визначаються формулами (7), (8).

У подібному вигляді обираємо частковий розв'язок рівняння (1):

$$w_*(x_1, x_2) = A_0(x_1^4 + 6x_1^2x_2^2 + x_2^4) + A_{mp} T_{mp}^{[1]}(x_1) + B_{nq} T_{nq}^{[2]}(x_2) + C_{mnpq} W_{mnpq}^*(x_1, x_2), \quad (19)$$

де  $W_{mnpq}^*(x_1, x_2) = T_{mp}^{[1]}(x_1) \cdot T_{nq}^{[2]}(x_2)$ .

Невідомі коефіцієнти  $C_{mnpq}$  визначаємо з розв'язку рівняння (2). Для цього підставляємо функцію (19) до рівняння (2), і прирівнюючи коефіцієнти за однакових функцій тригонометричних, приходимо до системи алгебраїчних рівнянь, з якої виражаємо невідомі коефіцієнти розв'язку через довільні коефіцієнти навантаження.

Далі ці коефіцієнти виражаємо через навантаження, прикладене до поверхні макроелемента. Для цього на осях симетрії макроелемента наносимо точки з координатами  $\bar{x}_j$  (рис. 3), які є нулями функцій тригонометричних  $T_{mp}^{[j]}(x_j)$  для заданої апроксимації  $K$ . Назвемо їх нульовими точками. Положення цих точок визначаємо за формулами:



$$\cos \gamma_k^{[j]} x_j = \cos \frac{K\pi}{a_j} x_j = 0, \quad (20)$$

звідси  
 $\frac{K\pi}{a_j} \bar{x}_j = \frac{(2n-1)\pi}{2}, \quad \bar{x}_j = \frac{(2n-1)\pi}{2K} a_j,$

$$\cos \delta_k^{[j]} x_j = \cos \frac{(2K-1)\pi}{2a_j} x_j = 0, \quad (21)$$

звідси  
 $\frac{(2K-1)\pi}{2a_j} \bar{x}_j = \frac{(2n-1)\pi}{2}, \quad \bar{x}_j = \frac{(2n-1)\pi}{2K-1} a_j,$

$$\sin \gamma_k^{[j]} x_j = \sin \frac{K\pi}{a_j} x_j = 0, \quad (22)$$

звідси  
 $\frac{K\pi}{a_j} \bar{x}_j = n\pi, \quad \bar{x}_j = \frac{n}{K} a_j,$

$$\sin \delta_k^{[j]} x_j = \sin \frac{(2K-1)\pi}{2a_j} x_j = 0, \quad (23)$$

звідси  
 $\frac{(2K-1)\pi}{2a_j} \bar{x}_j = (n-1)\pi, \quad \bar{x}_j = \frac{2(n-1)}{2K-1} a_j.$

Тут  $n$  змінюється від 1 до  $K$ . Нульові точки парних тригонометричних функцій розміщуємо на додатніх півосях і приймаємо їх координати із знаком „+”. Натомість нульові точки непарних функцій розміщуємо на від’ємних півосях і приймаємо їх координати із знаком „-”.

Отож, для заданої апроксимації  $K$  кожна тригонометрична функція має  $K$  нульових пунктів, які, за винятком функції  $\sin \delta_k^{[j]} x_j$ , для  $n = 1$  не збігаються з початком системи координат. Для цієї функції пропонується такий вибір нульових точок

$$\bar{x}_j = \begin{cases} \frac{1}{2K} a_j, & n = 1 \\ \frac{2(n-1)}{2K-1} a_j, & n > 1 \end{cases} \quad (24)$$

Далі через нульові точки проводимо лінії, паралельних до координатних осей. Назвемо їх нульовими лініями, а точки їх перетину – вузлами. Саме до вузлів прикладаємо навантаження, розподілене на поверхні реальної плити. До поверхні плити-доповнювача прикладаємо тільки нульове навантаження. Прирівнюючи значення функції в усіх вузлах на поверхні макроелемента до значення зовнішнього навантаження в тих самих точках, доходимо до системи рівнянь, з яких визначаємо невідомі коефіцієнти навантаження.

Задоволення краєвих умов. Краєві умови задовольняємо у вузлах, які є точками перетину нульових ліній із контуром плити (рис. 3).

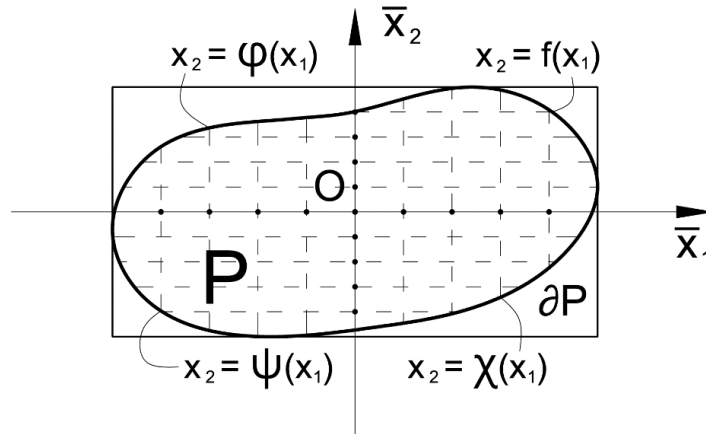


Рис. 3. Реальна плита, доповнена до мікроелемента

Для  $K$ -ї апроксимації маємо  $16K$  вузлів, які розміщуємо по обидва боки від осей симетрії макроелемента. Крім того, необхідно задати краєві умови в точках перетину цих осей із контуром плити. У кожному вузлі записуємо по дві краєві умови. Для першої апроксимації краєві умови записуємо одразу в шістнадцяти точках.

Якщо ж задача симетрична, то додатково належить накласти умови рівності нулю кутів поворотів нормалей і крутильних моментів у точках перетину контуру плити з осями симетрії макроелемента. Зайві коефіцієнти приймаємо такими, що дорівнюють нулю.

Розв'язуючи отриману систему рівнянь, визначаємо невідомі коефіцієнти, що входять до формули (16) для визначення прогину плити, а далі знаходимо переміщення, моменти і поперечні сили у плиті.

**Висновки.** Розроблено новий підхід до розрахунку криволінійних плит, названий методом макроелементів. Переміщення, моменти і поперечні сили в плиті виражають через власні координатні й силові функції.

На відміну від методу скінченних елементів, в опрацьованому підході точно задовольняються рівняння рівноваги, а краєві умови – в нульових точках тригонометричних функцій, що суттєво підвищує точність розв'язку.

#### Бібліографічний список

1. Delyavskyy M. Rozwiązanie konstrukcji inżynierskich w ujęciu makroelementowym. Wybrane zagadnienia konstrukcji i materiałów budowlanych oraz geotechniki / M. Delyavskyy, K. Rosiński. – Wyd : UTP w Bydgoszczy, 2015. – S. 37-44.

2. Delyavskyy M. Rozwiązanie cienkich płyt żelbetowych metodą elementów konstrukcyjnych / M. Delyavskyy, A. Niespodziana, D. Buchaniec. – SCIENTARIUM POLONORUM ACTA : Architektura, 2011. – S. 3-14.
3. Delyavskyy M. Analiza statyczna cienkich płyt ortotropowych w ujęciu macierzowym / M. Delyavskyy, J. Gołaś, M. Olejniczak. – Zagadnienia Mechaniki Stosowanej, 2013. – S. 9-22.
4. Delyavskyy M. Analiza statyczna złożonych konstrukcji płytowych w ujęciu makroelementowym / M. Delyavskyy, K. Rosiński. – Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury : Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture, Kwartalnik. – T. XXXIII. Zeszyt 63. – (№ 1/1/2016). Styczeń –marzec. Rzeszów 2016. – S. 397-404.
5. Визначення напружено-деформованого стану в тонких ортотропних плитах на пружній основі Вінклера / М. Делявський, Н. Здолбіцька, Л. Онишко, А. Здолбіцький // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2014. – № 6. – С. 15-22.
6. Делявський М. В. Метод конструкційних елементів у розрахунку плит складної конфігурації на пружній основі / М. В. Делявський, Н. В. Здолбіцька, А. П. Здолбіцький. – Луцьк : ЛНТУ, 2012.

**Делявський М., Росіньські К. Метод розрахунку напружено-деформованого стану тонких криволінійних плит**

Запропоновано метод розрахунку тонких непрямокутних плит, названий методом макроелементів. Розглядається тонка плита товщини  $h$  і послідовність прямокутників, кожен з яких цілком містить у собі контур реальної плити. Макроелементом є прямокутна плита мінімальних розмірів, контур якої цілком покриває реальну плиту. Нижня границя цієї послідовності названа базовим контуром і позначена через  $K_0$ . Реальна плита доповнена до прямокутної ділянки, обмеженої контуром  $L_0$ , названа базовою плитою. Поєднання базової плити та її математичного аналогу названо макроелементом плитовим. Рівняння рівноваги виконуються для макроелемента, а граничні умови всередині макроелемента на лініях, що відповідають контуру розглядуваної плити. Граничні умови записують у вузлах, які є нульовими точками тригонометричних функцій, що входять до моделі макроелемента.

**Ключові слова:** метод, макроелементи, математична модель, плита, нульові точки, координатні та силові функції.

**Delyavskyy M., Rosiński K. The method to solving of stress and strain state in curve linear thin plates**

New approach to solving of thin nonrectangular plates, called the macroelement method has been developed in this paper. There is considered thin plate having a thickness  $h$  and a series of rectangles, each of them completely

contains the real contour of the plate. The lower bound of this sequence is contour  $K_0$  of the plate macroelement. Plate macroelement is connection of the real plate  $P$  and its addition to the rectangular area bounded by contour  $K_0$ . This plate is named as basic one.

The equilibrium equations are performed for macroelement and boundary conditions are wrote on the line corresponding to contour of real plate in the nodes which are zero points of trigonometric functions, included in the model.

**Key words:** method, macroelements, mathematical model, plate, zero of a function, shape and force functions

**Делявский М., Росински К. Метод расчета напряженно-деформированного состояния тонких криволинейных плит**

Предложен метод расчета тонких непрямоугольных плит, назван методом макроэлементов. Рассматриваются тонкая плита толщины  $h$  и последовательность прямоугольников, каждый из которых вполне содержит в себе контур реальной плиты. Макроэлементом является прямоугольная плита минимальных размеров, контур которой полностью покрывает реальную плиту. Нижняя граница этой последовательности названа базовым контуром и обозначена через  $K_0$ . Реальная плита дополнена в прямоугольной области ограниченной контуром  $L_0$ , названа базовой плитой. Сочетание базовой плиты и ее математического аналога названы макроэлементом плитовым. Уравнения равновесия выполняются для макроэлемента, а граничные условия – внутри макроэлемента на линиях, соответствующие контуру рассматриваемой плиты. Граничные условия записываются в узлах, которые являются нулевыми точками тригонометрических функций, входящих в модель макроэлемента.

**Ключевые слова:** метод, макроэлементы, математическая модель, плита, нулевые точки, координатные и силовые функции.

УДК 624.07:614.8

**ВПЛИВ ХАРАКТЕРУ ЗМІНИ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
БЕТОНУ НА ТЕМПЕРАТУРНІ ПОЛЯ КОНСТРУКЦІЙ  
ПІД ЧАС ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ВОГНЕСТІЙКОСТІ**

*Ю. Боднар, к.т.н., В. Бар, магістр, Р. Мазурак  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Важливим параметром будівельної конструкції, зокрема залізобетонної, є її межа вогнестійкості. Її можна визначити за

результатами експериментальних досліджень або розрахунковими методами. Під час застосування останніх необхідно визначати температурне поле у конструкції при дії пожежі. Ця задача є нелінійною і нестационарною. На сьогодні пропонуються різні залежності теплофізичних властивостей бетону від температури.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Згідно з вимогами до розрахункових методів визначення межі вогнестійкості будівельних конструкцій [1] математичні моделі повинні бути нестационарними, із теплофізичними та механічними характеристиками матеріалів, які залежать від температури. У монографіях А.Ф. Мілованова і А.І. Яковлева [2; 3] подані узагальнені результати експериментальних досліджень зміни фізико-механічних і теплофізичних властивостей бетонів від температури. Складніші залежності теплофізичних властивостей від температури запропоновано у [4]. Визначення межі вогнестійкості будівельних конструкцій розрахунковим шляхом розглянуто у багатьох працях, зокрема [2; 3].

**Постановка завдання.** Метою дослідження є порівняння результатів розрахунків температурних полів у залізобетонних конструкціях під час пожежі для різних видів залежностей теплофізичних властивостей від температури.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо задачу про визначення температурного поля конструкції, що нагрівається під впливом пожежі. Процес нагріву конструкції є нестационарним, оскільки температура в довільній точці конструкції змінюється в часі внаслідок дії на конструкцію змінної в часі температури середовища пожежі  $t_c$ .

Задача про знаходження поля температур у конструкції – це диференціальне рівняння теплопровідності, яке для випадку змінних теплофізичних характеристик матеріалу має вигляд:

$$\rho c \frac{dt}{d\tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial z} \right), \quad (1)$$

де  $t$  – температура в точках конструкції;  $\tau$  – час;  $\rho$  – густина бетону;  $c$  – питома теплоємність;  $\lambda$  – теплопровідність бетону.

Для отримання розв'язку задачі необхідно рівняння (1) розв'язати за заданих крайових умов. Ці умови охоплюють початкові (розподіл температури всередині конструкції в початковий момент часу) і граничні умови (закон взаємодії поверхні конструкції з навколишнім середовищем).

Для задач вогнестійкості, як правило, приймають рівномірний розподіл температури у конструкції в початковий момент часу (початкові умови):

$$t(x, y, z, 0) = 20^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

Граничні умови дають змогу визначити закономірності теплообміну між середовищем пожежі й поверхнею конструкції.

Під час дослідження вогнестійкості залізобетонних конструкцій визначення температурних полів із використанням уточнених методів, які базуються на теорії теплопровідності, норми рекомендують враховувати температурну дію за пожежі (граничні умови) тепловим потоком на поверхню конструкції, який охоплює конвекційну й променеву частини [6]:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r}, \quad (3)$$

де конвекційна складова потоку  $\dot{h}_{net,c} = \alpha_c \cdot (t_c - t_m)$ ;

$\alpha_c$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт/(м<sup>2</sup>К);

$t_c$  – температура газового середовища поряд із конструкцією, що зазнає вогневого впливу, °С;

$t_m$  – температура поверхні конструкції, °С.

За стандартного температурного режиму  $t_c$  задається формулою

$$t_c = 345 \cdot \lg(8\tau + 1) + t_e, \quad (4)$$

де  $\tau$  – час, що відрховується від початку випробування, хв.;

$t_c$  – температура середовища, яка відповідає часу  $\tau$ , °С;

$t_e$  – початкова температура середовища, яка відповідає часу  $\tau = 0$ , °С.

Коефіцієнт конвекційного теплообміну норми [6] рекомендують приймати  $\alpha_c = 25$  Вт/(м<sup>2</sup>К).

Якщо прийняти таким, що дорівнює одиниці, кутовий коефіцієнт опромінення і ступінь чорноти полум'я, то променеву складову теплового потоку визначають формулою:

$$\dot{h}_{net,r} = \varepsilon_m \cdot \sigma \cdot \left[ (t_r + 273)^4 - (t_m + 273)^4 \right], \quad (5)$$

де  $t_r$  – ефективна температура випромінювання вогневого середовища, яку приймаємо такою, що дорівнює  $t_c$ ;

$t_m$  – температура поверхні конструкції;

$\varepsilon_m$  – ступінь чорноти поверхні конструкції (приймаємо  $\varepsilon_m = 0,8$ );

$\sigma$  – стала Стефана-Больцмана ( $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>));

На поверхні конструкції, яка не обігривається, можна приймати [6]:

$$\dot{h}_{net} = 9,0 \cdot (t_c - t_m) \quad (6)$$

Поставлена задача є непростюю у зв'язку з нелінійністю (температура у заданій точці конструкції залежить від характеристик матеріалу – теплопровідності й теплоємності, а ті у свою чергу, як показує експеримент, залежать від температури).

Температурна задача у зазначеній постановці надзвичайно складна. Одним із методів її вирішення є метод скінченних елементів. На сьогодні є багато програмних комплексів методу скінченних елементів, які дають змогу виконувати теплотехнічний розрахунок з урахуванням змінних теплофізичних характеристик матеріалу. Далі ми виконаємо розрахунки в рамках пакету Elcut Student.

Теплоємність бетону залежить від його виду (легкий або важкий), а також від виду заповнювача (силікатний або карбонатний). Ця величина залежна від температури, а залежність може визначатися таким поліномом [5]:

$$c(t) = C + D \cdot t \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}, \quad (7)$$

де значення коефіцієнтів  $C$ ,  $D$  приймається залежно від виду бетону [5] і для важкого бетону на силікатному заповнювачі  $C = 0,71$ ,  $D = 0,00083$ .

Відповідно до європейських норм залежність теплоємності бетону від температури складніша. Згідно з [4], питома теплоємність  $c_p(t)$  бетону в сухому стані ( $u = 0$  %) на силікатному та карбонатному заповнювачах залежить від температури:

$$\begin{aligned} c_p(t) &= 900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} && \text{для } 20 \text{ °C} \leq t \leq 100 \text{ °C} \\ c_p(t) &= 900 + (t-100) \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} && \text{для } 100 \text{ °C} < t \leq 200 \text{ °C} \\ c_p(t) &= 1000 + (t-200)/2 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} && \text{для } 200 \text{ °C} < t \leq 400 \text{ °C} \\ c_p(t) &= 1100 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} && \text{для } 400 \text{ °C} < t \leq 1200 \text{ °C} \end{aligned} \quad (8)$$

Порівнюючи подані залежності для теплоємності бетону, можна відзначити їх істотну не тільки кількісну, а й якісну відмінність.

Теплопровідність бетону залежить від виду бетону та від температури. Відповідно до [5], ця залежність може визначатися таким поліномом:

$$\lambda(t) = A - B \cdot t \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)} \quad (9)$$

де значення коефіцієнтів  $A$ ,  $B$  приймається залежно від виду бетону [5], і для важкого бетону на силікатному заповнювачі  $A = 1,2$ ,  $D = 0,00035$ .

У [4] наведені співвідношення для визначення верхньої та нижньої меж теплопровідності бетону  $\lambda$  за різних температур в інтервалі  $20 \text{ °C} \leq t \leq 1200 \text{ °C}$ :

- верхня межа

$$\lambda = 2 - 0,2451(t/100) + 0,0107(t/100)^2, \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)} \quad (10)$$

- нижня межа

$$\lambda = 1,36 - 0,136(t/100) + 0,0057(t/100)^2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)} \quad (11)$$

Розглянемо залізобетонну плиту товщиною 100 мм, виготовлену з бетону густиною  $2350 \text{ кг/м}^3$  на силікатному заповнювачі. Виконаємо розрахунок температурного поля за одностороннього нагрівання згідно зі стандартним температурним режимом (4) і використанням Elcut. На рис. 1, 2

подано графіки розподілу температури за товщиною плити, отримані в результаті розрахунків та наведені у [5].

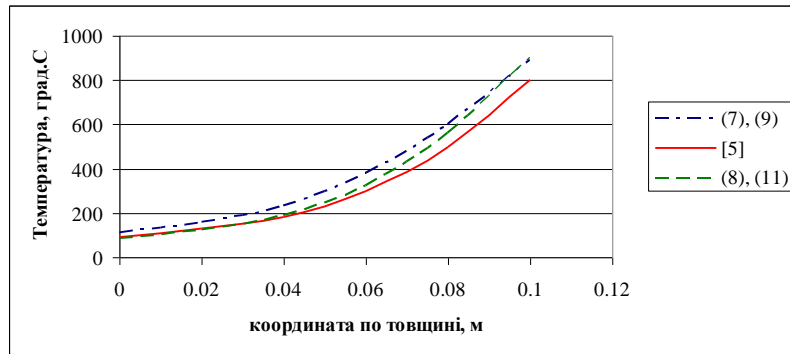


Рис. 1. Розподіли температури за товщиною плити ( $\tau = 60$  хв.)

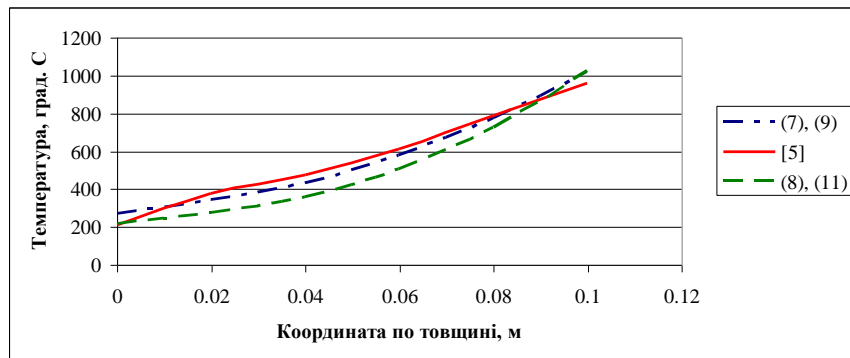


Рис. 2. Розподіли температури за товщиною плити ( $\tau = 120$  хв.)

На рис. 3, 4 наведено графіки розподілу температури за товщиною плити, отримані в результаті розрахунків із та без урахування променевої складової теплового потоку.

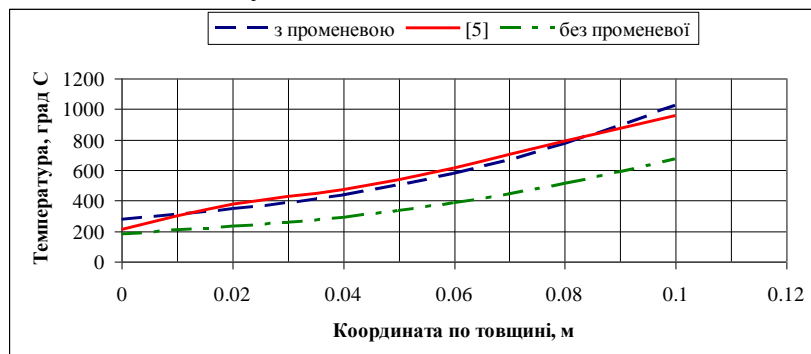


Рис. 3. Розподіли температури за товщиною плити за різних ГУ ( $\tau = 120$  хв.)



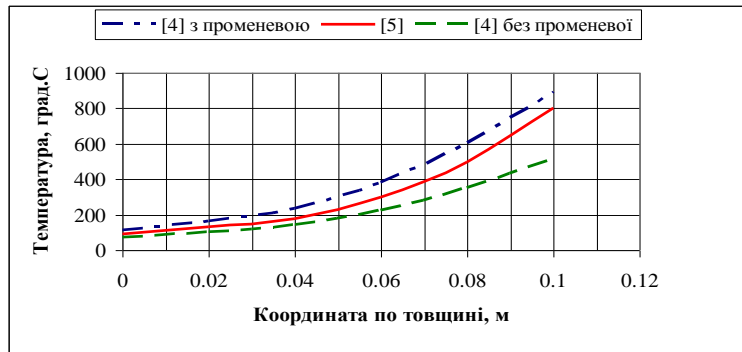


Рис. 4. Розподіли температури за товщиною плити за різних ГУ ( $\tau = 60$  хв.)

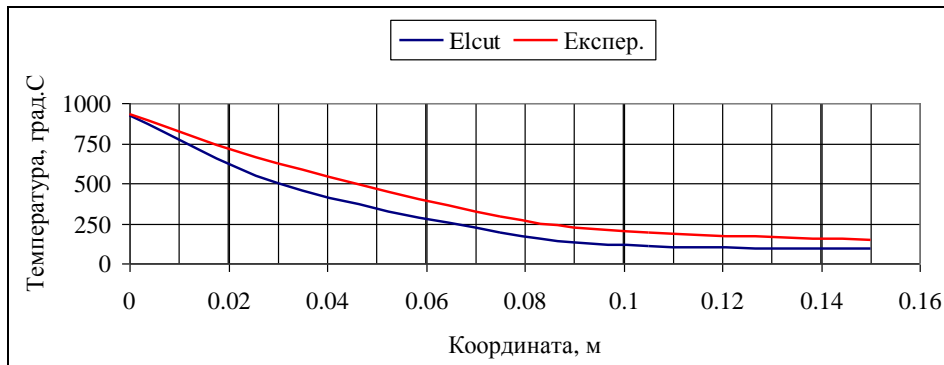


Рис. 5. Розподіли температури за віссю симетрії (половина перерізу) ( $\tau = 60$  хв.)

Розглянемо температурне поле в залізобетонній колоні квадратного перерізу розміром 300 x 300 мм із високоміцного бетону, яка нагрівається з усіх боків. Не враховуючи зміну температури вздовж колони, отримаємо плоску задачу теплопровідності. Температура нагрівання зростає відповідно до стандартної кривої пожежі. На рис. 5 подано розподіл температури вздовж осі симетрії перерізу, отриманий з використанням (7), (9), а на рис. 6 – із використанням (8), (11). Здійснюється порівняння з результатами експериментів [2].

**Висновки.** Отримані результати розрахунків температурного поля у пластині добре узгоджуються з відомими результатами [5] (рис. 1, 2). Урахування теплообміну між конструкцією і нагрітим середовищем за рахунок випромінювання суттєво впливає на результати розрахунку (див. рис. 3, 4). Різниця між результатами, отриманими з використанням (7), (9) та (8), (10), (11), не перевищує 12%. Температурне поле в колоні, отримане у результаті розрахунків із застосуванням співвідношень (8), (10), (11),

точніше, ніж отримане із застосуванням (7), (9). Різниця із результатами експериментів у найбільш нагрітій зоні не перевищує 6.

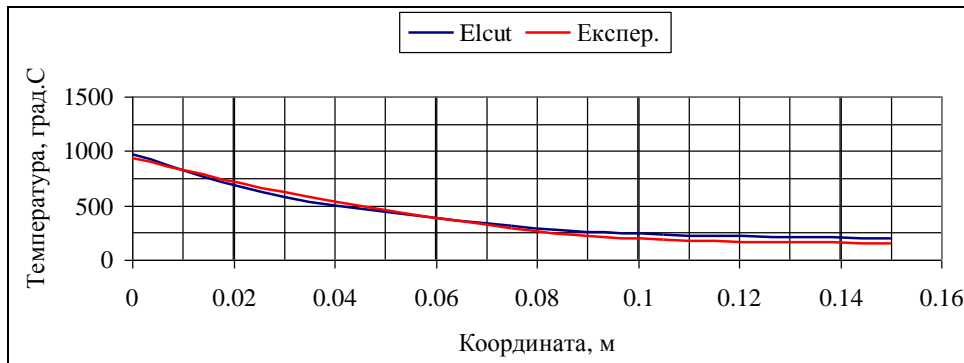


Рис. 6. Розподіли температури за віссю симетрії (половина перерізу) ( $\tau = 60$  хв.)

#### Бібліографічний список

1. ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К. : Держбуд України, 2003. – 42 с.
2. Милованов А. Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре / Милованов А. Ф. – М. : Стройиздат, 1998. – 304 с.
3. Яковлев А. И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / Яковлев А. И. – М. : Стройиздат, 1988. – 143 с.
4. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Ч. 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT+ NA:2013). – К. : Мінрегіон України, 2013. – 129 с.
5. СТО 36554501-006-2006. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. – М., 2006. – 81 с.
6. ДСТУ-Н EN 1991-1-2:2010. Єврокод 1. Дії на конструкції. Ч. 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT). – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 75 с.

#### **Боднар Ю., Бар В., Мазурак Р. Вплив характеру зміни теплофізичних параметрів бетону на температурні поля конструкцій під час визначення їх вогнестійкості**

Описано постановку задачі про температурне поле залізобетонної конструкції, яка перебуває під впливом високої температури, обумовленої пожежею. У рамках програмного комплексу Elcut Student отримано розв'язки задач для пластини, що нагрівається по одній із площин, та квадратної колони, що нагрівається з усіх боків. Враховано зміну теплофізичних параметрів бетону від температури.

**Ключові слова:** температурне поле, залізобетонні конструкції, висока температура, пожежа, Elcut.

**Bodnar Yu., Bar V., Mazurak R. Influence of changes in thermal parameters of temperature field of concrete structures in determining their fire**

The problem described temperature field of reinforced concrete structures, which is under high temperature caused by fire. As part of the software system Elcut Student obtained for solutions of plates, heated in one of the planes and the square column, heated on all sides. Included changing thermal parameters of concrete temperature.

**Key words:** temperature field, concrete structures, high temperature, fire, Elcut.

**Боднар Ю., Бар В., Мазурак Р. Влияние характера изменения теплофизических параметров бетона на температурные поля конструкций при определении их огнестойкости**

Описана постановка задачи о температурном поле железобетонной конструкции, которая находится под влиянием высокой температуры, обусловленной пожаром. В рамках программного комплекса Elcut Student получены решения задач для пластины, которая нагревается по одной из плоскостей, и квадратной колонны, которая нагревается со всех сторон. Учтено изменение теплофизических параметров бетона от температуры.

**Ключевые слова:** температурное поле, железобетонные конструкции, высокая температура, пожар, Elcut.

УДК 539.3

**КОНЦЕНТРАЦІЯ МЕРИДІАЛЬНИХ НАПРУЖЕНЬ  
У ВКЛЮЧЕННІ ПІД ЧАС РОЗТЯГУ**

*Т. Бубняк, к. ф.-м. н.*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Сучасні технології високопродуктивного обладнання, прокатних станів, будівельних конструкцій та споруд містять елементи, виготовлені з анізотропних матеріалів, які, частково змінюючи структуру середовища, можуть суттєво впливати на концентрацію напружень в околі анізотропних включень, що в одних випадках зумовлені технологією виробництва, а в інших вводяться з метою покращання

міцнісних властивостей елемента. Знання достовірної інформації про досягнення компонентами напружень екстремальних значень, зокрема на межі розділу фаз, є важливим завданням під час розрахунку міцності конструкції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Просторові задачі теорії пружності й пластичності займають важливе місце серед задач механіки деформованого твердого тіла.

У праці Ю.М. Подільчука [1] єдиним методом побудовані точні розв'язки першої та другої граничних задач теорії пружності для ізотропних тіл канонічної форми.

Актуальною є проблема визначення напруженого стану трансверсально-ізотропного тіла, яке містить таке саме включення за умови неідеального механічного й теплового контактів на межі розділу фаз за дії лінійного механічного або теплового навантаження.

Одним із ефективних методів розв'язку задач теорії пружності є метод Фур'є, який базується на представленні загальних розв'язків рівнянь рівноваги через потенціальні функції [2].

**Постановка завдання.** Наше завдання – провести аналіз напруженого стану трансверсально-ізотропного середовища, яке містить включення у формі стиснутого сфероїда. На межі розділу фаз вибрані умови неідеального теплового й механічного контактів, зовнішнє поле – лінійне. Потрібно дослідити характер напруженого стану та перерозподіл концентрації напружень на поверхні сфероїдального включення за розтягу вздовж осі  $OZ$ . Включення та середовище мають задані пружні характеристики.

**Виклад основного матеріалу.** Рівняння лінійної статичної теорії пружності й термопружності однорідного анізотропного тіла мають вигляд:

$$\lambda_{i,j} T_{,ij} = 0, \quad (1)$$

$$c_{ijkl} \cdot U_{k,lj} = \beta_{ij} \theta_{,j}, \quad (2)$$

де  $\lambda_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$  – коефіцієнти теплопровідності й лінійного розширення анізотропного тіла;  $c_{ijkl}$  – компоненти тензора пружних властивостей;  $\theta$  – приріст температури  $T$ ;  $U_k$  – вектор переміщень.

Розв'язок рівнянь(1), (2) за граничних умов на поверхні включення лінійного силового й температурного полів зводиться до розкладу шуканих потенціальних функцій у тригонометричні ряди за приєднаними функціями Лежандра першого і другого родів  $P_n^{(m)}(p)$ ,  $Q_n^{(m)}(i\bar{q})$  [4].

$$\Phi(x, y, z_j) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{n+1} \frac{n+m}{i(2n+1)} \left\{ \frac{P_{n+1}^{(m)}(p_j) Q_{n+1}^{(m)}(i\bar{q}_j)}{(n+m+1)(n+m)} - \frac{P_{n-1}^{(m)}(p_j) Q_{n-1}^{(m)}(i\bar{q}_j)}{(n-m+1)(n-m)} \right\} \{ a_{nm}^{(j)} \cos m\varphi + b_{nm}^{(j)} \sin m\varphi \}, \quad (j = 1, 2, 3), \quad (3)$$

де  $a_{nm}^{(j)}, b_{nm}^{(j)}$  – наразі невідомі коефіцієнти.

Для знаходження загального розв'язку рівнянь рівноваги, у випадку дійсних різних коренів характеристичного рівняння, складеного за коефіцієнтами системи рівнянь рівноваги, використовуються подання через потенціальні функції [3].

$$\begin{aligned} u &= \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} + \frac{\partial \Phi_2}{\partial x} + \frac{\partial \Phi_3}{\partial y}; \\ v &= \frac{\partial \Phi_1}{\partial y} + \frac{\partial \Phi_2}{\partial y} - \frac{\partial \Phi_3}{\partial x}; \\ w &= k_1 \frac{\partial \Phi_1}{\partial z} + k_2 \frac{\partial \Phi_2}{\partial z}. \end{aligned} \quad (4)$$

У (4) коефіцієнти  $k_1, k_2$  виражаються через коефіцієнти рівнянь рівноваги та корені характеристичного рівняння.

У дослідженні числовий аналіз здійснювали в умовах неідеального контакту для матеріалів із пружними характеристиками:

включення:  $(10^{10} \text{н/м}^2) \tilde{c}_{11} = 16,10; \tilde{c}_{12} = 3,42; \tilde{c}_{33} = 5,01; \tilde{c}_{14} = 6,10; \tilde{c}_{44} = 3,83;$   
середовище:  $(10^{10} \text{н/м}^2) c_{11} = 16,8; c_{12} = 7,10; c_{33} = 18,9; c_{14} = 18,9; c_{44} = 5,46.$

Усі інші  $c_{ij} = 0$ , як для включення, так і для середовища.

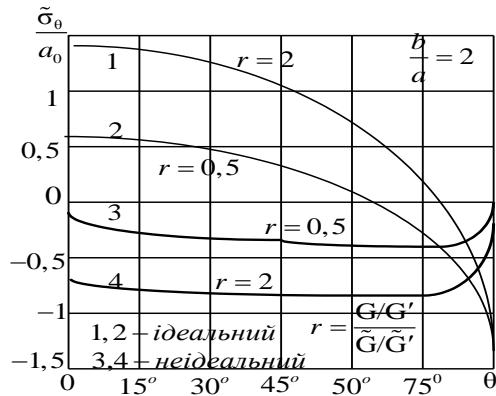


Рис. Концентрація напружень залежно від жорсткості середовища та включення

**Висновки.** На рисунку показано розподіл напружень у трансверсально-ізотропному сфероїдальному включенні залежно від різних його пружних властивостей для  $\varphi = 0^\circ$ . Варто зауважити, що неідеальний контакт на межі розділу фаз суттєво впливає на розподіл напружень у включенні. Зокрема для

розтягу вздовж осі  $OX$  напруження  $\tilde{\sigma}_0$  у включенні мають майже лінійний характер, досягаючи максимальних значень біля полюса  $\theta = \frac{\pi}{2}$ .

Спостерігається суттєвий вплив анізотропії на концентрацію напружень у разі істотної різниці між пружними сталими середовища та включення.

#### **Бібліографічний список**

1. Подильчук Ю. Н. Граничные задачи статики упругих тел / Ю. Н. Подильчук // *Пространственные задачи теории упругости и пластичности* : в 5 т. – Т. 1. – К. : Наук. думка, 1984. – 303 с.
2. Соколовский Я. И. Напряженное состояние трансверсально-изотропной среды со сфероидальным включением при неидеальном механическом контакте / Я. И. Соколовский, Т. И. Бубняк // *Теоретическая и прикладная механика*. – 1995. – Вып. 25. – С. 17-26.
3. Соколовський Я. І. Просторова задача трансверсально-ізоотропного середовища із сфероїдальним включенням при неідеальному механічному контакті / Я. І. Соколовський, Т. І. Бубняк // *Доп. НАН України*. – 1996. – № 9. – С. 45-50.
4. Бубняк Т. І. Характеристика концентрації нормальних напружень на поверхні включення / Т. І. Бубняк, В. Т. Якимець // *Вісник Львівського національного аграрного університету* : архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2014. – № 15 – С. 23-27.

#### **Бубняк Т. Концентрація меридіальних напружень у включенні під час розтягу**

Досліджено характер концентрації меридіальних напружень на поверхні сфероїдального включення в умовах ідеального та неідеального механічних контактів між середовищем і включенням за умов розтягу.

**Ключові слова:** потенціальні функції, трансверсально-ізоотропне середовище, контакт, сфероїд, поле напружень.

#### **Bubnyak T. Meridian stress concentration in turn by stretching**

The nature of meridian stress concentration at the surface spheroidal inclusion in non-ideal conditions and perfect mechanical contact between the environment and the inclusion by stretching.

**Key words:** potential functions transversely isotropic medium contact spheroid field stresses.

#### **Бубняк Т. Концентрация меридиальных напряжений у включении при растяжении**

Исследован характер концентрации меридиальных напряжений на поверхности сфероидального включения в условиях идеального и

неидеального механічних контактів между середой и включением при растяжении.

**Ключевые слова:** потенциалные функции, трансверсально-изотропная среда, контакт, сфероид, поле напряжений.

УДК 624.012.36

**ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ПОВЕРХОНЬ ДРУГОГО ПОРЯДКУ  
ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДАШКА ВХОДУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ  
БУДІВЛІ ПО ВУЛ. ЧМОЛИ У М. ЛЬВОВІ**

*О. Гнатюк, к.т.н., В. Косарчин, к.ф.-м.н., Я. Фамуляк, к. т. н.  
Б. Задорожний, старший викладач  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** У проекті адміністративної будівлі по вул. Чмоли у м. Львові для підкреслення естетичності та художньої виразності фасаду було запропоновано дашок головного входу виконати у вигляді криволінійної поверхні (рис. 1). Для конструкції такого типу виникає комплекс технологічних проблем – влаштування криволінійної опалубки для залізобетонної конструкції чи виготовлення попередньо зігнутих металевих профілів або дерев'яних балок. Запропоновано конструкцію дашка у вигляді гіперболічного параболоїда (гіпара). Гіпар є подвійною лінійчатою поверхнею, через кожну його точку можна провести дві прямі, які будуть лежати на цій криволінійній поверхні, і це дає змогу використати прямолінійні елементи будівельних конструкцій для її виготовлення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Поряд із найдавнішими стрижневими стійко-балковими системами каркасних будинків зі середини ХХ ст. впроваджені просторові перехресні стрижневі системи у формі гіперболічного параболоїда (гіпара) [1]. Найчастіше їх застосовують у вигляді несучих конструкцій покриття будівель і споруд – оболонки великих, середніх та малих прогонів різноманітних контурів, у різних поєднаннях, із різними принципами статичної роботи, виконаних із різних матеріалів.

У працях Ф. Кандели та інших інженерів-архітекторів (Сарже, Нерві, Торроха) гіпари використовують досить доцільно й ефективно не тільки в покриттях споруд, а й для влаштування опор, фундаментів, перекриттів тощо [2]. Є випадки застосування гіпара й у вигляді стінових панелей (гараж у Детройті, арх. Л. Кан). Великий інтерес, викликаний до гіпара, пояснюють особливими архітектурно-будівельними властивостями, які витікають із

специфіки їх поверхні.

Застосування залізобетону й металу для склепінь-оболонок позитивної та негативної гаусової кривизни дає змогу робити їх дуже легкими і створювати нові архітектурні форми [3; 4]. Спільна просторова робота пересічних лінійних елементів істотно підвищує жорсткість конструкції.



Рис. 1. Головний фасад офісної будівлі по вул. Чмоли у м. Львові

**Постановка завдання.** За вихідними параметрами проєктованого дашка головного входу адміністративної будівлі (розміри у плані  $6,6 \times 3,0$  м, стрілка підйому  $f = 1,0$  м) необхідно було спроектувати лінійчатую несучу конструкцію у вигляді гіперболічного параболоїда (гіпара). Для її розрахунку було застосовано теорію поверхонь другого порядку.

**Виклад основного матеріалу.** Гіпар – лінійчатая поверхня двоякої рівнозначної кривизни. Двояка рівнозначна кривизна забезпечує жорсткість конструкції, наближує її поверхню до поверхні рівного опору, найоптимальнішої з позиції статички, надає конструкції динаміки конфігурації. Окрім того, двояка кривизна покриття істотно підвищує його експлуатаційні властивості: забезпечує водостік, здуття снігу тощо.

Влаштування покриття із поєднань елементів у вигляді гіпара характерні неабиякими композиційними можливостями. Це зумовлено тим,



що елементи таких покриттів можуть у різні способи поєднуватися відповідно до статичних принципів роботи і надавати споруді своєрідності й художньої виразності.

Канонічне рівняння гіперболічного параболоїда має вигляд [5]:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = z. \quad \dots\dots\dots (1)$$

Для знаходження рівнянь твірних, які проходять через кожну точку заданої поверхні й лежать на ній, запишемо (1) у вигляді

$$\left(\frac{x}{a} - \frac{y}{b}\right)\left(\frac{x}{a} + \frac{y}{b}\right) = \lambda \frac{1}{\lambda} z, \quad (2)$$

де  $\lambda$  — довільний, відмінний від нуля параметр. Для знаходження першої твірної запишемо (2) у вигляді системи

$$\begin{cases} \left(\frac{x}{a} - \frac{y}{b}\right) = \lambda z \\ \left(\frac{x}{a} + \frac{y}{b}\right) = \frac{1}{\lambda} \end{cases} \quad \dots\dots (3)$$

Підставивши у (3) координати конкретної точки  $M_0(x_0, y_0, z_0)$ , визначаємо значення  $\lambda_0$  параметра  $\lambda$ . Тоді рівняння першої прямої запишеться як перетин двох площин

$$\begin{cases} \frac{1}{a}x - \frac{1}{b}y - \lambda z = 0 \\ \frac{1}{a}x + \frac{1}{b}y - \frac{1}{\lambda}z = 0 \end{cases} \quad \dots\dots (4)$$

Канонічне рівняння прямої матиме вигляд

$$\frac{x-x_0}{\frac{\lambda}{a}} = \frac{y-y_0}{-\frac{\lambda}{b}} = \frac{z-z_0}{\frac{2}{ab}}. \quad (5)$$

Аналогічним способом рівняння другої твірної одержуємо зі системи

$$\begin{cases} \left(\frac{x}{a} - \frac{y}{b}\right) = \frac{1}{\mu} \\ \left(\frac{x}{a} + \frac{y}{b}\right) = \mu z \end{cases} \quad (6)$$

За зазначеним алгоритмом розрахована й побудована лінійна несуча конструкція дашка, що має форму гіпара з такими вихідними параметрами: довжина  $a = 3$  м і ширина  $2b = 6,6$  м. За віссю  $Ox$  було вибрано крок  $h_x = 1$  м,

а за віссю  $Oy$   $h_y = 1,1$  м, величина  $z_0$  визначалася з (1). У результаті була одержана просторова лінійчаста конструкція, яка в горизонтальному плані має вигляд (рис. 2).

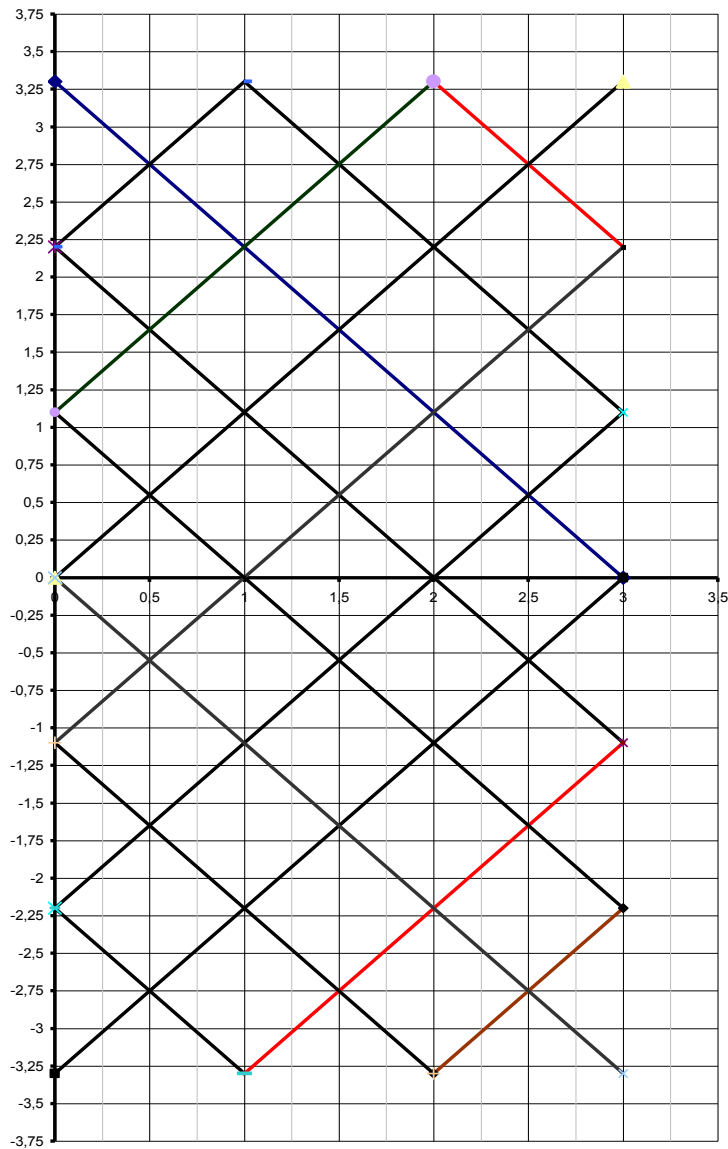


Рис. 2. План розташування несучих балок дашка

**Висновки.** Використання теорії поверхонь другого порядку дало змогу запроектувати дашок входу в адміністративний будинок у вигляді

криволінійної поверхні гіпара із застосуванням прямолінійних елементів будівельних конструкцій.

Запроектований дашок є простим у виготовленні та відповідає всім вихідним параметрам криволінійної поверхні.

Запропонована математична модель дає змогу проектувати дашки входу чи інші подібні конструкції довільних форми й розмірів.

#### **Бібліографічний список**

1. Михайленко В. Е. Формообразование оболочек в архитектуре / В. Е. Михайленко, В. С. Обухова, А. Л. Подгорный. – К. : Будівельник, 1972. – 205 с.
2. Купар А. К. Гипары в архитектуре (классификация по геометрическому признаку) / А. К. Купар // Строительство и архитектура : труды Моск. конф. молодых ученых. – М. : Наука, 1968. – С. 15-21.
3. Бармашина Л. М. Теорія архітектури / Л. М. Бармашина, В. І. Васильченко, О. М. Петрушевський : навч. посібн. – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – 172 с.
4. Боднар О. Я. Золотий переріз і неевклідова геометрія у науці і мистецтві / О. Я. Боднар. – Львів : Укр. технології, 2004. – 258 с.
5. Борисенко О. А. Аналітична геометрія : навч. посібник для університетів / О. А. Борисенко, Л. М. Ушакова. – Харків : Основа, 1993. – 192с.

**Гнатюк О., Косарчин В., Фамуляк Я., Задорожний Б. Використання теорії поверхонь другого порядку для проектування дашка входу адміністративної будівлі по вул. Чмоли у м. Львові**

Запроектовано дашок входу в адміністративний будинок у вигляді криволінійної поверхні гіпара з використанням теорії поверхонь другого порядку із застосуванням прямолінійних елементів будівельних конструкцій.

**Ключові слова:** дашок входу, криволінійна поверхня, гіперболічний параболоїд, подвійна лінійчата поверхня, система рівнянь.

**Hnatyuk O., Kosarchyn V., Famuliak Ja., Zadorozhnyy B. Using the theory of surfaces of the second order for the design entrance visor to the administrative building on the street Chmoly in Lviv**

The entrance visor of the office building in a curved surface hipar using the theory of second-order surfaces using rectilinear elements of building structures.

**Key words:** entrance visor, curved surfaces, hyperbolic paraboloid, double ruled surface, the system of equations.

**Гнатюк О., Косарчин В., Фамуляк Я., Задорожний Б. Использование теории поверхностей второго порядка для**

**проектирования козырька входа административного здания по ул. Чмолы в г. Львове**

Запроектирован козырёк входа в административное здание в виде криволинейной поверхности гипара с использованием теории поверхностей второго порядка с применением прямолинейных элементов строительных конструкций.

**Ключевые слова:** козырёк входа, криволинейная поверхность, гиперболический параболоид, двойная линейчатая поверхность, система уравнений.

УДК 512.552.13

**ОБЧИСЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ДІЛЬНИКІВ  
ЦІЛОЧИСЕЛЬНИХ МАТРИЦЬ**

*Б. Кузніцька, к.ф.-м.н.*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Дослідження питання про обчислення елементарних дільників матриць займає важливе місце в алгебраїчній теорії. Опишемо алгоритм обчислення елементарних дільників матриці, знаючи їх факторизацію.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нормальна форма Сміта (НФС) відіграє велику роль у теорії скінченних абелевих груп і в теорії скінченно породжених модулів над кільцем головних ідеалів. Для багатьох застосувань, таких як знаходження цілочисельних розв'язків систем лінійних рівнянь з цілими коефіцієнтами, важливе також знаходження матриць переходу, що описують використані унімодулярні операції. Є чимало алгоритмів для ефективного обчислення НФС, але більшість із них – лише для кілець  $Z$  або  $F[x]$ . Деякі з цих алгоритмів імовірнісні ([1] для  $R=Z$ , [2] для  $R=F[x]$ ). Детерміновані алгоритми для  $R=Z$  зазвичай використовують методи для модулів [3]. На жаль, ці алгоритми не можуть забезпечити нам вигляд матриць перетворень.

**Постановка завдання.** Наше завдання – описати алгоритм, який обчислює для заданої цілочисельної матриці заданого рангу та деякого простого числа  $p$  його кратності у факторизаціях елементарних дільників цієї матриці.

**Виклад основного матеріалу.** Нехай  $A$  – це цілочисельна  $m \times n$  матриця рангу  $r$ . Позначимо рядки матриці  $a_1, \dots, a_m$ .

### Твердження

а) нехай є оборотні матриці  $L \in GL_m(Z)$ ,  $R \in GL_n(Z)$ , такі, що  $\tilde{A} = LAR$  – діагональна, і діагональні елементи  $\varepsilon_i = (\tilde{A})_{i,i}$ ,  $1 \leq i \leq \min(m, n)$  задовольняють такі умови:

- 1)  $\varepsilon_i \in \mathbb{N}_0$ ;
- 2)  $|\varepsilon_i| \varepsilon_{i+1}$ ,  $i < \min(m, n)$ , ( $\varepsilon_i = 0, i > r$ );

б)  $\varepsilon_i$  – однозначно визначені з матриці  $A$ . Добуток  $\delta_i = \varepsilon_1 \cdots \varepsilon_i$  дорівнює найбільшому невід'ємному спільному дільнику за всіма  $i \times i$  визначниками для підматриць з  $A$ ;

$\varepsilon_i$  називають елементарними дільниками для  $A$ ,  $\tilde{A}$  – нормальною формою Сміта матриці  $A$ . Введемо означення, необхідне для формулювання результатів.

**Означення.** Нехай  $p$  – просте число. Зазначену матрицю  $A$  назвемо  $p$ -узгодженою, якщо існують  $d \in \mathbb{N}$  та  $r_j \in \mathbb{N}_0$ ,  $-1 \leq j \leq d+1$  з такими властивостями:

- 1)  $r_{-1} = 0 \leq r_0 \leq \dots \leq r_d = r \leq r_{d+1} = m$ ;
- 2) якщо  $r_{l-1} < i \leq r_l$ , тоді  $a_i = p^l a'_i$  для деякого  $a'_i \in Z^n$ ;
- 3) зведення від  $a'_1, \dots, a'_r$ , за модулем  $p$  лінійно незалежні над  $\Phi_p$ .

Як наслідок,  $a_{r_{l-1}+1}, \dots, a_{r_l}$  подільні на  $p^l$ , і якщо ми ділимо перші  $r$  рядків на ці степені  $p$ , отримуємо лінійно незалежні за модулем  $p$  рядки. Для  $p$ -узгоджених матриць ми можемо легко визначити кратність  $p$  у факторизації для  $\delta_i$  (а отже, і для  $\varepsilon_i$ ).

Основною складовою нашого алгоритму є наступна – лема – узагальнення того факту, що номери  $\varepsilon_i$ , які не подільні на  $p$ , є рангами зведеної матриці для  $A$  за модулем  $p$  над полем з  $p$  елементів  $\Phi_p$ .

**Лема.** Нехай  $A$  –  $p$ -узгоджена матриця, та  $r_{l-1} < i \leq r_l \leq r$ . Тоді кратність  $p$  у факторизації  $\delta_i$  – це:

$$m_i := (r_1 - r_0) + 2(r_2 - r_1) + \dots + (l-1)(r_{l-1} - r_{l-2}) + l(i - r_{l-1}).$$

**Доведення.** З означення  $p$ -матриці випливає, що кожен визначник для  $i \times i$  підматриці, а отже,  $\delta_i$ , подільний на  $p^{m_i}$  (а може, й на вищі степені  $p$ , якщо підматриці використовують рядки  $a_j$  для  $j > r_l$ ).

З іншого боку розглянемо матрицю з  $i$ -рядками  $a'_1, \dots, a'_i$ . Оскільки її ранг  $\leq i$  за модулем  $p$ , то вона має  $i$  стовпців, таких, що визначник відповідної підматриці неподільний на  $p$ . Звідси, визначник відповідної підматриці з  $A$  подільний на  $p^m$ , але не більше.

Лема показує, що для того, щоб знайти найвищий степінь  $p$ , що ділить  $\delta_i$  або  $\varepsilon_i$ , необхідно перетворити  $A$  на  $p$ -узгоджену матрицю. Цього досягають алгоритмом, що використовує лише операції над рядками та перестановки стовпців матриці  $A$ . Нам необхідно побудувати на  $k$ -ому кроці алгоритму рядки  $a'_{r_{k-1}+1}, \dots, a'_{r_k}$ ,  $k = 0, \dots, d$ , такі, що задовольняють означення. В алгоритмі ми розглядаємо матриці як списки векторів-рядків, тобто триангуляризуємо  $A$  за модулем  $p$ , застосовуючи операції над рядками та перестановки стовпців. Усі перетворення виконуються над оригінальними рядками матриці  $A$ . Якщо ми знаходимо вектор-рядок, що є нульовим за модулем  $p$ , то доділюємо всі його елементи на  $p$ , і використовуємо його знову на наступному кроці.

**Алгоритм.**

**Вхідні дані:**  $m \times n$ -матриця  $A$ , рангу  $r$  та просте число  $p$ .

**Вихідні дані:**  $d$  та  $r_0, \dots, r_d$ , як в означенні.

**Ініціалізація:** присвоїти  $A'$  порожній список (використовуємо для зберігання рядків  $a'_i$  з  $p$ -узгодженого перетворення матриці  $A$ ) матриці  $B$  присвоїти матрицю  $A$

$k := 0$  (кількість основних кроків, що використовуються як індекс для  $r_k$ )

**Основна частина:** (виконуємо, якщо  $A'$  має  $r$  рядків)

**WHILE** (кількість рядків  $A'$  менша, ніж  $r$ ) **DO**

присвоїти  $B'$  порожній список (використовуємо для збереження векторів з наступного кроку)

**FOREACH** рядок  $v = (v_1, \dots, v_n)$  у матриці  $B$  **DO**

(зменшуємо  $v$  за модулем  $p$  рядками  $A'$ )

**FOR**  $i$  від 1 до кількості рядків  $A'$  **DO**

нехай  $a'_i$  – це  $i$ -й рядок матриці  $A'$ .

Визначаємо  $c \in \mathbb{Z}$ ,  $|c| \leq p/2$  з  $p$ , що ділить  $i$ -й елемент  $v - ca'_i$

замінюємо  $v$  на  $v - ca'_i$

**END FOR**

**IF** всі елементи  $v$  є подільні на  $p$  **THEN**

додати  $\frac{1}{p}v$  новим рядком у  $B'$ .

**ELSE**

присвоїти  $i$  кількість рядків матриці  $A'$  плюс 1  
визначити найменше  $j$ , що  $p$  не ділить  $j$ -й елемент  $v$ ,  
додати  $v$  як новий рядок  $A'$

**IF**  $i \neq j$  **THEN** змінити  $i$ -й та  $j$ -й стовпці  $A'$ ,  $B$  та  $B'$   
(тому  $A'$  завжди трикутна за модулем  $p$ )

**END IF**

**END FOR**

$r_k$  присвоїти кількість рядків  $A'$

$k := k + 1$

$B$  присвоїти  $B'$

**END WHILE**

$d := k - 1$

**RETURN**  $d$  і  $r_0, \dots, r_d$

### Зауваження

1. Якщо ми не завершили на  $k$ -ому кроці, то з леми маємо, що кожен визначник  $r \times r$  підматриці з  $A$  щонайменше подільний на  $p^k$ . Це означає завершення алгоритму.

2. На практиці можна й не робити перестановки стовпців у алгоритмі, але треба запам'ятовувати список, де вказано, в якому порядку зменшувати елементи  $v$ .

Щоб знайти сталі  $c$  для зменшень, ми обчислюємо один раз для кожного діагонального елемента матриці  $A'$  обернений до нього за модулем  $p$  (через розширений алгоритм Евкліда) і зберігаємо його.

3. Замість використання рангу матриці  $A$  можна використовувати найбільший порядок  $p$ , що ділить  $\delta_r$ , як критерій зупинки алгоритму. У цьому випадку ми можемо зупинитися після знаходження  $r_k = r - 1$ .

4. Якщо ми знаємо  $d' > d$  (наприклад, відомо  $\delta_r$  або  $\varepsilon_r$ ), можемо зменшити всі елементи матриці за модулем  $p^{d'}$  під час виконання алгоритму. Його ми можемо вгадати, і якщо після цього на кроці  $d' - 1$  матриця  $A'$  має все ще менше  $r$  рядків, то нам треба обчислювати все заново, але з більшим  $d'$ .

5. У випадку, якщо ми знаємо найвищий степінь  $p$ , тобто  $p^m$ , що ділить  $\delta_r$  та  $m$ , є щонайбільше три, то використовувати алгоритм не потрібно. Для  $m=1$  очевидно, що лише  $\varepsilon_r$  є подільне на  $p$ , і для  $m=2,3$  достатньо взяти елементи матриці за модулем  $p$ , і обчислити її ранг за модулем  $p$ .

6. Неважко порахувати кількість обчислень, необхідних в алгоритмі, і як зростають коефіцієнти у процесі обчислення. Зробимо це, використовуючи числа  $m, p, r_0, \dots, r_d$ . Наявна велика кількість операцій типу  $v - cw$ , де  $v, w \in \mathbb{Z}^n$  і  $c \in \mathbb{Z}, |c| \leq p/2$ . На  $k$ -ому кроці треба зменшити  $m - r_{k-1}$  рядків у  $B'$ , використовуючи щонайбільше  $r_k$  рядків з  $A'$ . Підсумовуючи, бачимо, що в алгоритмі є щонайменше  $mr_0 + (m - r_0)r_1 + \dots + (m - r_{d-1})r_d$  таких операцій над рядками.

Нехай  $M_{-1}$  найбільший за абсолютним значенням елемент матриці  $A$ , і  $M_k, 0 \leq k \leq d$  найбільший за абсолютним значенням елемент в  $A'$  та  $B'$  після  $k$ -го кроку. На  $k$ -му кроці нам треба зменшити всі рядки у  $B'$  рядками з  $A'$ , які були знайдені на попередньому кроці. Утворені рядки мають елементи, що за модулем не перевищують  $M_{k-1}(1 + r_{k-1}p/2)$ . Ці рядки необхідно триангуляризувати за модулем  $p$ , зводячи до  $r_k - r_{k-1}$  нових рядків матриці  $A'$ . Тому маємо  $M_k \leq M_{k-1}(1 + r_{k-1}p/2)(1 + p/2)^{r_k - r_{k-1}}$ .

7. Щоб застосувати зазначені методи, необхідно знати прості дільники чисел  $\delta_r$  або  $\varepsilon_r$ . У багатьох ситуаціях на практиці це відомо з контексту, а в іншому разі виникає проблема їх знайти. Одна з ідей знаходження множників у  $\delta_r$  – обчислення НСД деяких  $r \times r$  визначників підматриць заданої матриці.

**Висновки.** Описали алгоритм, який обчислює для заданої цілочисельної матриці заданого рангу та деякого простого числа  $p$ , його кратності у факторизаціях елементарних дільників зазначеної матриці.

#### Бібліографічний список

1. Giesbrecht M. Fast Computation of the Smith Normal Form of an Integer Matrix / M. Giesbrecht // Proc. of ISSAC (1995). – P. 110-118.
2. Storjohann A. A Fast Las Vegas Algorithm for Computing the Smith Normal Form of a Polynomial Matrix / A. Storjohann, G. Labahn // Linear Algebra and its Applications 253 (1997). – P. 155-173.
3. Hafner J.L. Asymptotically Fast Triangularization of Matrices over Rings / J. Hafner, K. McCurley // SIAM J. Computing 20(6) (1991). – P. 1068-1083.



**Кузницька Б. Обчислення елементарних дільників цілочисельних матриць**

Описано алгоритм обчислення елементарних дільників матриці, знаючи їх факторизацію.

**Ключові слова:** елементарні дільники матриці, нормальна форма Сміта, факторизація, алгоритм.

**Kuznitska B. Calculation of elementary divisors integer of matrices**

The algorithm calculating the elementary divisors of matrix factorization knowing them.

**Key words:** elementary divisors of matrices, normal form Smith factorization algorithm.

**Кузницка Б. Вычисление элементарных делителей целочисленных матриц**

Описан алгоритм вычисления элементарных делителей матрицы, зная их факторизацию.

**Ключевые слова:** элементарные делители матрицы, нормальная форма Смиа, факторизация, алгоритм.

УДК 528.48

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КРАЙГІНГА  
ДЛЯ АПРОКСИМАЦІЇ РЕЛЬЄФУ**

*А. Островський, аспірант*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

**Постановка проблеми.** Цифрові моделі рельєфу (ЦМР) використовують як основу під час створення сукупної інформаційної моделі про місцевість, а також вони мають самостійне значення для вирішення низки прикладних задач інженерного типу. Отже, питання точності побудови цифрових моделей рельєфу залишається актуальним.

Від методів апроксимації Волошенкоповерхні залежить точність побудови цифрових моделей рельєфу. Тому, виходячи із способів завдання вихідної інформації про рельєф, у результаті математичного моделювання поверхні рельєфу необхідно забезпечити мінімальні відхилення математичної моделі й реальної земної поверхні не лише в точках, що задають рельєф (вузьковихідної інформації), а й між ними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Метод Крайгінга забезпечує високу точність апроксимації, тому заслуговує на окреме дослідження [3; 7]. Цей метод використовували переважно для опрацювання геолого-геофізичних даних [1; 2; 4; 5]. У [7] проведене дослідження – виконане порівняння точності різних математичних моделей, передусім Крайгінга та інших методів, для побудови цифрової моделі рельєфу на основі інформації, отриманої з картографічних моделей.

**Постановка завдання.** Завдання нашого дослідження – порівняння методу Крайгінга з іншими статистичними методами. Метод Крайгінга належить до методів локальної інтерполяції і є одним із найсучасніших статистичних методів. Він оптимізує процедуру інтерполяції на основі статистичної природи поверхні й відрізняється тим, що розраховує значення концентрації у проміжних точках із найменшою можливою помилкою. Крайгінг визначає вагу довколишніх експериментальних точок, щоб обчислити шукане значення у невизначеній ділянці. Для цього проводять оптимізацію ваг заданої кількості найближчих точок. Точки, розміщені ближче до ділянки, яку оцінюють, мають більший вплив. Метод Крайгінга найкраще працює за відсутності чітко окреслених просторових трендів концентрації і за визначеної густини сітки випробування, що визначається на попередньому етапі дослідження.

**Виклад основного матеріалу.** Крайгінг – це метод інтерполяції, заснований на використанні методів математичної статистики. Уперше метод Крайгінга був застосований у геостатиці – науці й технології для аналізу, опрацювання і представлення просторово-розподіленої (або просторово-часової) інформації за допомогою статичних методів.

У реалізації методу застосовують ідею регіональної змінної, тобто змінної, що змінюється від місця до місця з певною неперервністю, тому не може моделюватися єдиним математичним рівнянням. Поверхню розглядають у вигляді трьох незалежних величин. Перша – це тренд, що характеризує зміну поверхні у визначеному напрямі. Далі припустимо, що маємо незначні відхилення, маленькі піки й западини, які є випадковим, втім, пов'язані один з одним просторово. Кожною з трьох змінних належить оперувати окремо. Тренд оцінюють використанням математичного рівняння, найближчого до загальної зміни поверхні.

У звичайному Крайгінгу вага залежить від моделі варіограми, відстані до точки, яку оцінюють, і просторового розподілу точок замірів навколо цієї точки. Є два основні види Крайгінга. Універсальний використовують, коли поверхню оцінюють за нерівномірно розподіленими відліками за наявності тренда; ординарний Крайгінг, основою якого є припущення, що постійне середнє значення невідоме, – використовують ширше. В ординарному

Крайгінгу враховують не тільки відстань від точки, яку інтерполюють, а й відстань між самими точками, так, що вага найближчих одна до одної точок зменшується. Перевагою Крайгінга є те, що він забезпечує не тільки інтерпольовані значення, а й оцінку можливої помилки цих значень [9].

Крайгінг близький до методу середньої квадратичної коллокації, але з низкою особливостей. У цьому методі:

-будується не коваріаційна функція, а варіограма;

-коваріаційна матриця між відомими точками має додаткові стовпчик і рядок;

-зручність для використання в методі “блукуючої поверхні” (матриця при невідомих коефіцієнтах майже завжди додатньо визначена).

У методі Крайгінга оцінку точності позначки визначають із залежності

$$Z_k = W_1 Z_1 + W_2 Z_2 + \dots + W_n Z_n. \quad (1)$$

Ваги знайдемо зі статичних характеристик поверхні, побудувавши для цього варіограму значень [8; 10].

Припустимо, що нам дано точки  $x_1, x_2, \dots, x_n$  в евклідовому просторі  $R^m$  будь-якої розмірності, і в цих точках відомі значення деякої функції:  $f_1 \equiv f(x_1), f_2 \equiv f(x_2), \dots, f_n \equiv f(x_n)$ , причому сама функція  $f(\cdot)$  нам невідома. Потрібно побудувати інтерполяційну функцію  $f^*(\cdot)$ , щоб оцінити невідому функцію  $f(\cdot)$ :  $f^*(\cdot) \approx f(x) \forall x \in R^m$  [3; 8; 10].

Як і інші методи інтерполяції, Крайгінг базується на обчисленні для кожної потрібної нам точки  $x$  ваг  $\lambda_1(x), \lambda_2(x), \dots, \lambda_n(x)$ , і взятті лінійної комбінації значень у відомих точках із такими вагами:

$$f^*(x) \equiv \sum_{i=1}^n \lambda_i(x) \cdot f_i. \quad (2)$$

Крайгінг – лінійний метод, тобто для обчислення коефіцієнтів  $\lambda_1(x), \dots, \lambda_n(x)$  значення  $f_1, \dots, f_n$  не використовуються; використовують положення точок  $x: x_1, \dots, x_n$  та модель випадкового процесу – варіограму. Однак, якщо для побудови варіограми застосовуватимемо величини  $f_1, \dots, f_n$ , то результат інтерполяції буде нелінійно залежати від цих величин.

Припущенням у методі Крайгінга є те, що функція  $f(\cdot)$  – це деякий лінійний процес. Відповідно,  $f_i = f(x_i)$  – випадкові величини. Тоді їх лінійна комбінація  $f^*(x)$  також є випадковою величиною. Коефіцієнти  $\lambda_i(x)$  обчислюють так, щоб математичне очікування результату величини  $f^*(x)$  дорівнювало математичному очікуванню випадкового процесу в цій точці, а дисперсія різниці  $f^*(x) - f(x)$  була мінімальною:

$$M(f^*(x)) = M(f(x)); D(f^*(x) - f(x)) \rightarrow \min. \quad (3)$$

Такий підхід названий оптимальним лінійним передбаченням.

Для виконання передбачень метод Крайгінга повинен мати деякі знання про випадковий процес  $f(\cdot)$  – тобто, мати модель випадкового процесу. Моделлю слугує функція  $d(a, b)$ , яка характеризується залежністю

відмінності, що очікується, між значеннями процесу в деяких точках  $a$  і  $b$  від розміщення цих точок. Мірою очікуваної різниці є умовна дисперсія різниці значень:

$$d(a, b) \equiv D(f(a) - f(b)) |_{a,b} \quad (4)$$

Функцію  $d(a, b)$  називають варіограмою випадкового процесу. Припустимо, що варіограма  $d(a, b)$  відома. Тоді значення ваг  $\lambda_i(\mathbf{x})$  визначають за формулою:

$$\begin{pmatrix} \lambda_1(\mathbf{x}) \\ \vdots \\ \lambda_n(\mathbf{x}) \\ \mu(\mathbf{x}) \end{pmatrix} = A^{-1} \begin{pmatrix} d(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}) \\ \vdots \\ d(\mathbf{x}_n, \mathbf{x}) \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де

$$A = \begin{pmatrix} d(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_1) & \cdots & d(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_n) & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ d(\mathbf{x}_n, \mathbf{x}_1) & \cdots & d(\mathbf{x}_n, \mathbf{x}_n) & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

У розширенні формули (5) приймається теоретична варіограма, яка за визначенням дорівнює нулю за збіжних точок-аргументів, тобто в матриці  $A$  на діагоналі всі елементи мають дорівнювати нулю. Отримані ваги можна підставити у формулу (2) й отримати значення  $f^*(\mathbf{x})$ . Величина є допоміжною (множник Лагранжа); її можна застосовувати для визначень оцінки похибок методу.

Побудуємо варіограму для найчастіше використовуваної моделі, в якій припускається, що випадковий процес  $f^*(\mathbf{x})$  є стаціонарним (його математична очікуваність не залежить від точки простору, а кореляція значень у двох довільних точках  $a$  і  $b$  залежить лише від взаємного розміщення цих точок), та ізотропним (кореляція залежить лише від відстані між точками).

$$d(a, b) = v(\rho) \equiv D(f(a) - f(b)) |_{a,b} \quad (6)$$

Отже, варіограма стаціонарного й ізотропного випадкового процесу – функція однієї змінної – відстані між точками. Оцінку варіограми  $v(\rho)$  можна виконати на основі аналізу вихідних даних. Для стаціонарного процесу

різниця  $f(a) - f(b)$  має нульове математичне очікування. Дисперсія випадкової величини з нульовим математичним очікуванням – це математичне очікування квадрата цієї випадкової величини:

$$v(\rho) = M((f(a) - f(b))^2) |_{a,b=\rho} \quad (7)$$

Математичне очікування можна оцінити середнім арифметичним реалізації випадкової величини. Але для нашого випадку дисперсія залежить від відстані між точками. Отже, оцінкою математичного очікування є певна залежність середнього арифметичного від відстані. Точками  $a$  і  $b$  можуть слугувати всі можливі пари точок із відомими значеннями. Потрібно обчислити для них відстань  $\rho = |x_i - x_j|$  та квадрат різниці значень у цих точках:  $v = (f_i - f_j)^2$ . Відкладемо на графіку точку з координатами  $(\rho, v)$  й перейдемо до наступної пари точок. Отримаємо графік (рис. 1).

Тепер можна побудувати за цими точками плавну криву (рис. 2).

Побудовану криву можна використати як функцію

$$d(a, b) = v(a - b) \text{ у формулах (5).}$$

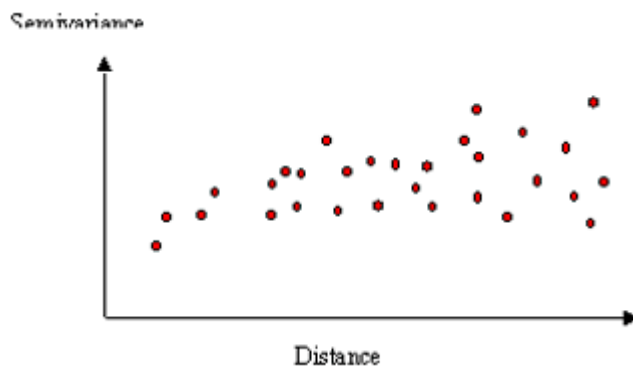


Рис. 1. Точки для побудови варіограми

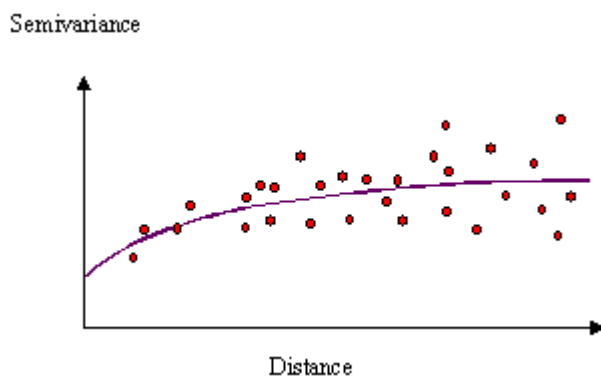


Рис. 2. Експериментальна варіограма

Дисперсію отримують за відхиленнями позначок від середнього значення  $M_Z$  :

$$K_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - M_Z)^2}{n}. \quad (8)$$

Очевидно, що вплив точок, віддалених від визначуваної точки, менший, ніж вплив точок, розташованих ближче. Ступінь впливу може залежати й від напрямку. Щоб виразити цю залежність, вводять вектор відстані  $h$  (рис. 3), який має визначену орієнтацію. Ступінь залежності між точками, які лежать на заданій відстані  $h = \Delta j$  ( $j$  – ціле позитивне число) та в заданому напрямі виражається коваріацією

$$K_0 = K(\Delta j) = \frac{\sum_{j=1}^n (Z_j - M_Z) \cdot (Z_{j+1} - M_Z)}{n}. \quad (9)$$

Наведемо варіограму з її характерними параметрами (рис. 3).

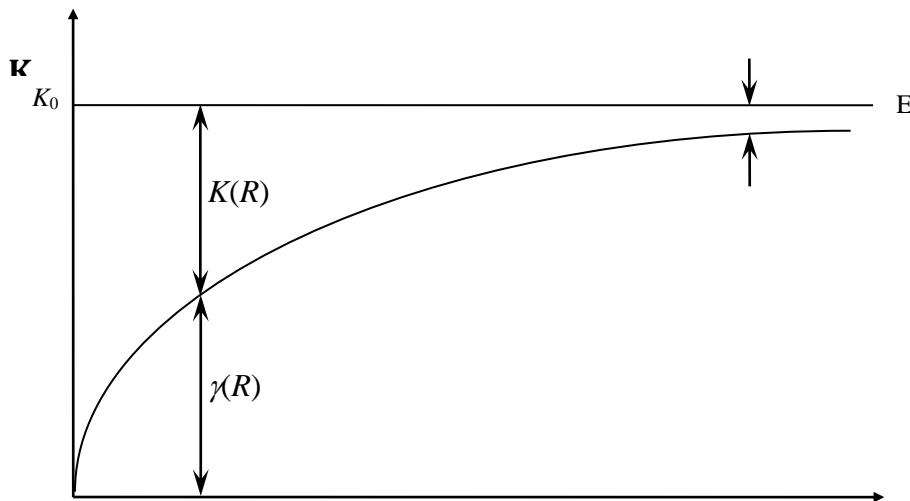


Рис. 3. Варіограма та її основні параметри

Тут  $K_0$  – глобальна або локальна дисперсія поля;  $\gamma(R)$  – значення напівдисперсії поля на відстані;  $E$  – границя, за межами якої  $\gamma(R) = K_0$ .

Подамо співвідношення для визначення зазначених параметрів варіограми:

$$K_0 = \frac{\sum_{i=1}^n h_i^2}{n} \quad (10)$$

$$\gamma(R_{j,i}) = \frac{1}{(n-1)n} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n (h_j - h_i)^2 \quad (11)$$

Тут  $h$  – виміряні позначки точок, що беруть участь у прогнозі (слід зазначити, що відмітки повинні бути центрованими);  $n$  – кількість точок, що беруть участь у прогнозі.

У виразі для  $\gamma$  подвійна сума праворуч означає, що для визначення напівдисперсій беруть усі можливі комбінації вхідних точок. Вираз (11) не забезпечує нам повного уявлення про варіограму, а тільки набір певних точкових даних, які потрібно подати певним аналітичним виразом. Тому отримані дані апроксимуються (згладжуються) певною аналітичною залежністю. Подамо певні функції, які використовують для апроксимації варіограм:

$$\begin{aligned} \gamma(R) &= k \cdot R^m \\ \gamma(R) &= k \cdot \log(R) \end{aligned} \quad (12)$$

де параметр  $m$  – задається апріорно, а параметр  $k$  – знаходять способом найменших квадратів за апроксимації варіограми.

Згідно зі загальною теорією інтерполяції, за допомогою статистичних методів подамо в матричному вигляді рівняння для визначення відмітки невідомої точки:

$$h_x = HC_{ss}^{-1}C_{xs} \quad , \quad (13)$$

де  $C_{ss}$  – матриця коваріацій між відомими точками;  $C_{xs}$  – матриця коваріацій між невідомою й відомими точками;  $H$  – вектор відміток відомих точок.

Перепишемо рівняння (13) у розгорнутому вигляді:

$$h_x = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ \vdots \\ h_n \\ 1 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \cdots & \gamma_{2n} & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \cdots & \gamma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \gamma_{1x} \\ \gamma_{2x} \\ \vdots \\ \gamma_{nx} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Якщо дані  $h$  були центровані, то, щоб знайти остаточний результат, потрібно до співвідношення додати знятий попередньо тренд. У відповідних джерелах зазначено, що підбір функцій для апроксимування варіограм належить до спеціального дослідження [6; 8–10].

Інтерполяційні розрахунки – досить працемісткі. Тому для їх проведення розроблені відповідні комплекси програм. Один із таких комплексів, SURFER, дає змогу за досліджуваними точками розрахувати концентрації у вузлах регулярної мережі потрібної густини [11]. Далі за цією розрахунковою мережею будують ізолінії концентрацій із заданим кроком. Результати виводять на монітор або й на папір звичайною друкаркою.

Програма SURFER може бути задіяна для трьох методів отримання інтерпольованої мережі: Крайгінг із регулюванням числа сусідніх точок, що враховуються, метод обернених відстаней з регулюванням показника ступеня і метод мінімізації максимального абсолютного відхилення від дослідних даних із регулюванням останнього. Для кожного конкретного дослідження обирають найкращий метод інтерполяції, виходячи з наявної інформації.

Нині є й сучасніші програми побудов [12], інформацію про які можна знайти в інтернеті.

**Висновки.** Метод Крайгінга порівняно з іншими статистичними методами забезпечує найточніші результати побудови ЦМР без додаткової інформації й є одним із найсучасніших методів, які застосовують для апроксимації поверхонь. З'являються нові види методу Крайгінга, зокрема емпіричний байесовський Крайгінг, який є методом Крайгінга, що використовує імітації для врахування помилок, отриманих за оцінки варіограми, які повторюються. Метод не потребує інтерактивного моделювання варіограми й виконується відповідним програмним інструментом. Програмне забезпечення для реалізації методу Крайгінга постійно оновлюється.

#### **Бібліографічний список**

1. Аронов В. И. Методы построения карт геолого-геофизических залежей нефти и газа на ЭВМ / В. И. Аронов. – М. : Недра, 1990. – 298 с.
2. Журкин И. Г. Методы вычисления в геодезии / И. Г. Журкин, Ю. С. Нейман. – М. : Недра, 1988. – 303 с.
3. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики / Ж. Матерон. – М. : Мир, 1968. – 408 с.
4. Давид М. Геостатические методы при оценке запасов руд / М. Давид. – Л. : Недра, 1980. – 359 с.
5. Геостатистика: теория и практика / Савельева Е.А., Демьянов В.В. ; под ред. Р. В. Арутюняна ; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М. : Наука, 2010. – 327 с.
6. Бурштинська Х. В. Теоретичні основи та експериментальні дослідження математичних функцій для побудови цифрових моделей рельєфу / Х. В. Бурштинська, О. С. Заяць // Вісник геодезії і картографії. – 2002. – № 4. – С. 32-37.
7. Бурштинська Х. В. Дослідження точності побудови цифрових моделей рельєфу на основі картографічних даних / Х. В. Бурштинська, О. С. Заяць // Вісник геодезії і картографії. – 2002. – № 2. – С. 26-31.
8. Девис Дж. Статистика и анализ геологических данных / Дж. Девис. – М. : Мир, 1977. – 571 с.
9. ДеМерс М. Н. Географические информационные системы. Основы / М. Н. ДеМерс ; пер. с англ., 1999. – 288 с.



10. Щеглов В. И. Практические методы Крайгинга / В. И. Щеглов. – М., 1989. – 51 с.
11. Программное обеспечение «Surfer 12.0», разработанное компанией «Golden Software Inc.», предназначено для построения растровых моделей на основе наблюдений в отдельных точках пространства и последующего анализа полученных моделей.
12. Geostatistical Analyst из ArcGis [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/geostatistical>.

**Островський А. Особливості використання методу Крайгінга для апроксимації рельєфу**

Розглянуто суть методу Крайгінга та його особливості порівняно з іншими статистичними методами апроксимації рельєфу.

**Ключові слова:** цифрова модель рельєфу, апроксимація поверхні, інтерполяція, метод Крайгінга, варіограма, коваріація, дисперсія.

**Островский А. Особенности использования метода Крайгинга для аппроксимации рельефа**

Рассмотрено сущность метода Крайгинга и его особенности в сравнении с другими статистическими методами аппроксимации рельефа.

**Ключевые слова:** цифровая модель рельефа, аппроксимация поверхности, интерполяция, метод Крайгинга, вариограмма, ковариация, дисперсия.

**Ostrovsky A. Features of using kriging method for approximating relief**

In the article the essence of the method kriging and its features in comparison with other methods of static approximation relief.

**Key words:** digital model Rel measures, a surface approximation, interpolation method kriging, variogram, covariance, dispersiya.

## РОЗДІЛ 2

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ДІАГНОСТИКА РОБОТИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

УДК 692.5

### ЗБІРНІ КАРКАСИ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ З НЕРЕГУЛЯРНОЮ СІТКОЮ КОЛОН І ЗМІННОЮ ВИСОТОЮ ПОВЕРХІВ

*Б. Гнідець, д.т.н.*

*Національний університет «Львівська політехніка»*

**Постановка проблеми.** У сучасному будівництві багатоповерхових житлових, громадських і промислових будинків та будівель різного іншого призначення широко застосовують різні каркасні системи зі залізобетону, а також з металу і дерева.

При цьому з використанням залізобетону для житлового багатоповерхового будівництва застосовують переважно монолітні конструкції, а збірні й збірно-монолітні відносно в меншій кількості. Як відомо з досвіду будівництва минулого століття, в Україні для промислових і громадських будинках широко застосовували переважно типові конструкції каркасів серій ИИ-20 і ИИ-04, а в житлових будинках – типові збірні каркаси використовували рідко.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Конструкції збірних типових і нетипових монолітних каркасів багатоповерхових будинків різного призначення широко описані в технічній літературі: підручниках [1], наукових статтях, періодичних виданнях в Україні й за кордоном [2; 3], монографіях [4], посібниках [5]. Більшість систем і конструкцій відомих каркасів з використанням різних матеріалів мають низку недоліків, таких як: різнотипність збірних елементів, складність у монтажі та з'єднанні у вузлах, сезонність виконання будівельних робіт, різнотипність технології виготовлення елементів і обмеженість щодо застосування їх для багатоповерхового житлового будівництва. Крім того, варто окремо відзначити, що жодна із систем збірних каркасів багатоповерхових будинків не відповідає вимогам збірно-розбірності, які можуть виникати після певного періоду експлуатації будинків і необхідності їх демонтажу з різних причин.

**Постановка завдання.** Наше завдання – вирішення проблеми застосування збірних залізобетонних каркасів у багатоповерховому житловому та іншому будівництві, істотного зменшення його вартості, трудомісткості, часу будівництва і введення в експлуатацію порівняно з монолітними конструкціями каркасів. Запропонований збірний каркас нової конструкції порівняно з відомими має низку переваг і може бути ефективно застосований для багатоповерхового житлового та іншого будівництва з використанням сучасних нових ефективних матеріалів і технологій.

**Виклад основного матеріалу.** Для застосування збірних каркасів у багатоповерховому житловому та іншому будівництві замість монолітних і збірних залізобетонних та відомих металевих конструкцій пропонується нова система каркасів із нерегулярною сіткою колон і використанням великорозмірних збірних елементів. У новій системі каркасів з метою забезпечення можливості зміни сітки колон і застосування великорозмірних збірних елементів прийнята нова, відмінна від типових та інших відомих, схема поділу рам каркасів на збірні елементи.

Збірний каркас запропонованої системи з нерегулярною сіткою колон і змінною висотою поверхів для багатоповерхового житлового, громадського, промислового та інших видів будівництва виконується з однотипних великорозмірних збірних елементів колон і ригелів із застосуванням різних матеріалів: залізобетону, металу й дерева.

Збірні елементи каркаса, виготовлені з одного з цих матеріалів, або ж у різних можливих комбінаціях, з'єднуються між собою в однотипних вузлах рам, а за довжиною – в зонах нульових моментів у прогонах.

На рис. 1 показана схема каркаса багатоповерхового будинку в поперечному розрізі для нерегулярної сітки колон і змінної висоти поверхів. На схемі (рис. 1а) показано, наприклад, чотири можливі комбінації величин прогонів у межах осей від 1 до 11 за ширини будинку 24 м, а саме:

- 1)-7,5+9,0+7,5 м
- 2)-6,0+6,0+6,0+6,0 м
- 3)-6,0+12,0+6,0 м
- 4)-4,5+4,5+7,5+3,0+4,5 м

Такі каркаси багатоповерхівок виконують з однотипних великорозмірних елементів: двовіткових колон, складених із збірних елементів 1 і 2, об'єднаних розпірками 3 і 4, і двобалкових ригелів, складених з великорозмірних збірних елементів 5 і 6. Двобалкові ригелі рам у вузлах об'єднуються з двовітковими колонами на рівні розпірок 3 або 4, чим досягається зміна висоти поверхів; наприклад, ригіль середнього прогону 6-1 для сітки колон 7,5+9,0+7,5 м може бути піднесений до висоти 6,0 м.

Конструктивне вирішення вузлів рам каркаса, в яких з'єднуються між собою двовіткові колони і двобалкові ригелі, показано на рис. 1.

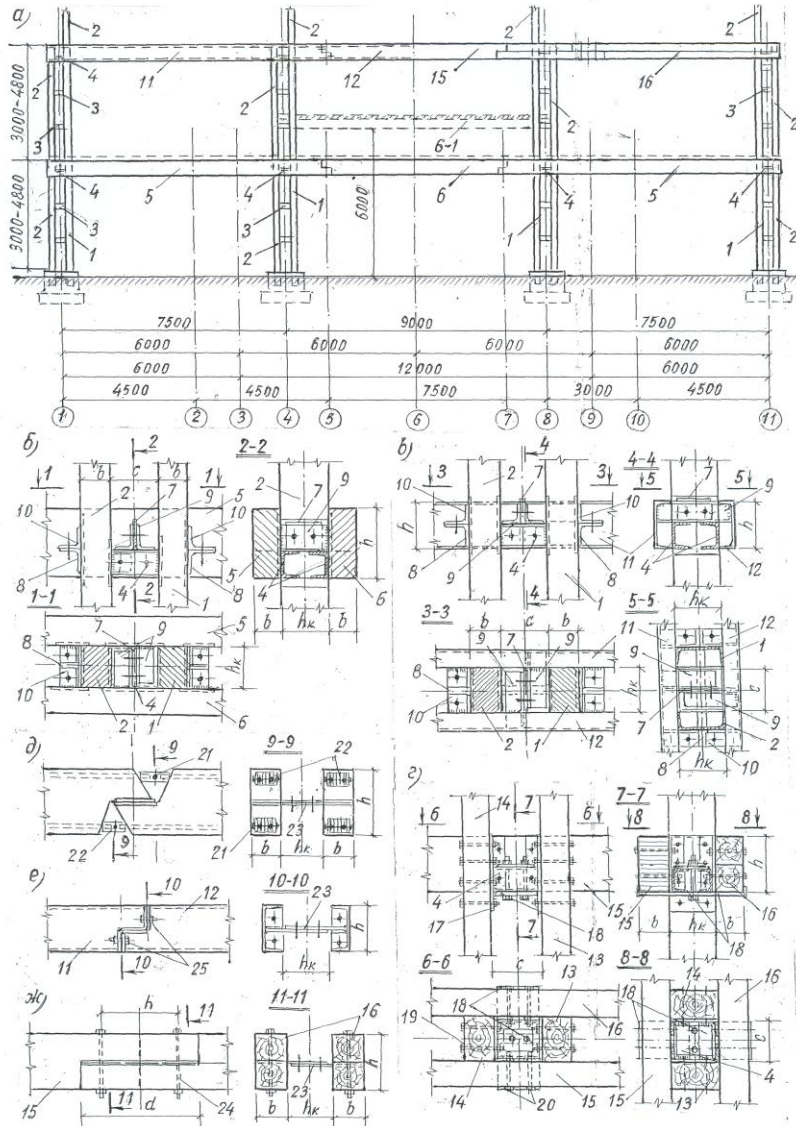


Рис. 1. Збірний каркас багатопверхових будинків із нерегулярною сіткою, колон: а – поперечний розріз; б, в, г, д, е, ж – вузли і стики; 1 і 2 – збірні елементи двовіткових колон; 5 і 6 – збірні елементи ригелів каркаса; б) для залізобетонного каркаса, виконаного з однотипних великорозмірних збірних елементів прямокутного перерізу (1÷6); в) для металевго каркаса, виконаного з однотипних великорозмірних прокатних профілів (швелерів) 1, 2, 11, 12); г) для дерев'яних каркасів, виконаних з однотипних великорозмірних елементів колон 13 і 14 та ригелів, із клеєних елементів прямокутного перерізу 15 або складених із двох суцільних елементів прямокутного перерізу 16

Приклад поєднання збірних елементів каркаса, виконаних з різних матеріалів, показаний на розрізі 3-3 рис. 1 в, в якому збірні елементи двовіткових колон 1 і 2 – залізобетонні, а ригелі 11 і 12 – металеві з прокатних профілів.

Конструктивне вирішення об'єднання елементів у вузлах рам каркасів, виконаних з різних матеріалів, прийняте однаковим, додаткові елементи яких розміщені приховано між двовітковими колонами і двобалковими ригелями.

При цьому до вузлових розпірок 4 зверху (рис. 1, б, в) приварене ребро 7, а на бокових гранях колон кутники 8, на яких опираються консольні кутники 9 і 10, приварені до закладних деталей ригелів, і з'єднані монтажними болтами з елементами 7 і 8.

Конструктивне вирішення вузлів рам дерев'яних каркасів (рис. 1, г) виконується із заміною елементів 7, 8, 9 і 10 на закладну деталь коробчастої конструкції, що охоплює вузлову розпірку 4 і бокові вертикальні 17 та горизонтальні листи 18 для прикріплення їх на болтах 19 і 20 до елементів двовіткових колон 13 і 14 і двобалкових ригелів 15 і 16.

Принципові схеми вузлів для об'єднання великорозмірних збірних елементів ригелів за довжиною, розміщених у прогонах у зонах нульових моментів, показані на рис. 1, д – для залізобетонних конструкцій; рис. 1, е – металевих конструкцій; рис. 1, ж – дерев'яних конструкцій.

Монтаж нових запропонованих конструкцій каркасів для багатопверхових будинків з нерегулярною сіткою колон і змінною висотою поверхів передбачено виконувати в такій послідовності:

1. Встановлення і закріплення у фундаментах збірних одноповерхових елементів колон 1 і двоповерхових елементів колон 2 з об'єднанням їх за допомогою проміжних 3 і вузлових розпірок 4 у двовітковій конструкції.

2. Встановлення збірних великорозмірних елементів 5 і 6 двобалкових ригелів із з'єднанням їх із вузловими (рис. 1 б, в) розпірками 4 колон до деталей 7 і 8 за допомогою кутників 9 і 10 на монтажних болтах і з проварюванням, а також у стиках за довжиною в зонах нульових моментів (рис. 1 д, е, ж).

3. Спорудження збірних, монолітних або збірно-монолітних перекриттів (рис. 2) з об'єднанням їх між собою і з ригелями для спільної роботи.

4. Монтаж методом нарощування збірних елементів колон 2 з об'єднанням їх із розпірками 3 і 4 і стиками до раніше встановлених елементів у двовітковій конструкції.

5. Монтаж збірних великорозмірних елементів двобалкових ригелів (наприклад: залізобетонних – 5 і 6, металевих – 11 і 12, або дерев'яних – 15 і 16) і перекриттів.

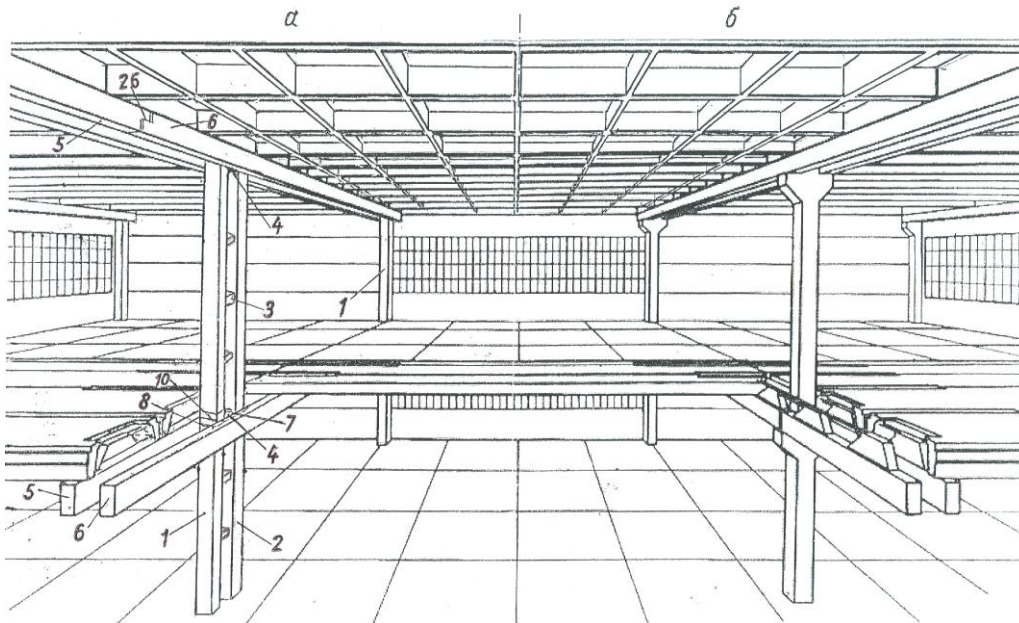


Рис. 2. Каркаси багатопверхових будинків для сітки колон від 9 x12 до 18 x24; а) з великорозмірними збірними елементами двовіткових колон 1 і 2 і ригелів 5 і 6; б) з типовими колонами і збірно-монолітними ригелями

Перекриття в запропонованих нових системах каркасів багатопверхівок можуть виконуватися в багатьох конструктивних, технологічних і архітектурних вирішеннях зі застосуванням монолітного, збірного або збірно-монолітного залізобетону, а також металевих і метало-дерев'яних конструкцій, а саме:

- із збірних плоских суцільних, багат шарових або пустотних плит, а також монолітних конструкцій у житлових будинках із нерегулярною сіткою колон і перекриттями в різних рівнях;
- збірних і збірно-монолітних кесонних або складчастих конструкцій у громадських будинках за збільшеної сітки колон (рис. 2, а);
- із збірних ребристих або пустотних плит перекриттів у промислових будинках (рис. 2, б).

Однією з основних переваг запропонованих нових конструктивно-технологічних вирішень каркасів багатопверхових будинків є те, що вони відповідають вимогам збірно-розбірності, які можуть виникати за проектування, і необхідності їх демонтажу з різних причин. Такі каркаси можуть бути запроєктовані як збірно-розбірні, в яких вузли виконують не зварними, а на болтах, не змінюючи в принципі конструктивних вирішень.

Ще одна особливість запропонованих нових вирішень каркасів багатопверхових будинків полягає в тому, що всі великорозмірні однотипні елементи колон і ригелів передбачено виготовляти не тільки на заводах і виробничих базах на одній технологічній лінії, й на місці будівництва самими забудовниками в одній збірно-розбірній формі стендовим способом.

Те саме стосується також каркасів із застосуванням металу, дерева, або їх можливих комбінацій.

При цьому всі типи конструкцій рам і перекриття для різних сіток колон придатні для зведення їх із застосуванням усіх відомих методів монтажу, у тому числі методом підйому перекрить.

**Висновки.** Запропонована і розроблена система каркасів багатопверхових будинків із нерегулярною сіткою колон і змінною висотою поверхів дає змогу уникнути основних недоліків типових і відомих нетипових систем каркасів і за її впровадження в будівництво можна досягти високих техніко-економічних показників за рахунок:

1. Можливості застосування каркасів для нерегулярної сітки колон і змінної висоти поверхів;
2. Можливості застосування великорозмірних однотипних збірних елементів, які можуть виготовлятися не тільки на заводах, а й на місці будівництва;
3. Однотипності збірних елементів і стиків ригелів і колон каркасів, виконаних із залізобетону (прямокутного перерізу), різних прокатних профілів з металу і дерев'яних прямокутних суцільних або клеєних елементів;
4. Легкості в монтажі та з'єднанні збірних великорозмірних елементів ригелів і колон в однотипних вузлах рам, в яких не стикаються збірні елементи за довжиною;
5. Можливості застосування таких систем каркасів для багатопверхового житлового, громадського, промислового та інших видів будівництва;
6. Придатності конструктивного вирішення каркасів для можливої заміни окремих елементів і поєднанням їх із залізобетонними, металевими, а також дерев'яними елементами;
7. Можливості виконання каркасів у збірно-розбірному варіанті для повторного використання, а також у збірно-монолітному варіанті за великих навантажень і нерегулярних сіток колон;
8. Заміни форми поперечного перерізу ригелів типових конструкцій на двобалкові, що створює умови для вільного пропуску за висотою поверхів і за довжиною між збірними елементами ригелів різних комунікацій, а також для перетворення ригелів у збірно-монолітну

конструкцію П-подібного профілю для кращого сприйняття крутних моментів за великих прогонів.

#### **Бібліографічний список**

1. Вахненко П. Ф. Залізобетонні конструкції / П. Ф. Вахненко, А. М. Павліков, О. В. Горик. – К. : Вища школа, 1999. – 508 с.
2. Гнідець Б. Г. Нові конструктивно-технологічні системи в проектуванні, виготовленні і монтажі залізобетонних конструкцій // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону: матеріали Першої укр. наук. конф. / Б. Г. Гнідець. – К., 1996. – С.78-80 і 280-282.
3. Hnidets B. Structural and Technological Systems for Automatization and Robotization of Production and Mounting RC Elements of Buldings and Structures / B. Hnidets // Challenges to civil and mechanical engineering in 2000 and beyond June 2-5, 1997. – Wroclaw, 1977. – P. 495-503.
4. Гнідець Б. Г. Залізобетонні конструкції з напружуваними стиками і регулюванням зусиль : монографія / Б. Г. Гнідець. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2008. – 548 с.
5. Гнідець Б. Г. Збірно-монолітні залізобетонні конструкції : навч. посібник / Б. Г. Гнідець. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2014. – 260 с.

#### **Гнідець Б. Збірні каркаси багатоповерхових будинків із нерегулярною сіткою колон і змінною висотою поверхів**

Наведено результати розробки і дослідження нових конструкцій систем каркасів багатоповерхових будинків різного призначення.

#### **Hnidets B. Precast carcassing rise buildings with irregular grid of columns and variables floor height**

The article is devoted to elaborated and research a new construction of prefabricated disassembling concrete of the framework for the miulty – stories housing to the veries assignment.

**Key words:** frame, multi-system, buildings, prefabricated elements, columns, girders, components, compounds, floors.

#### **Гнидец Б. Сборные каркасы многоэтажных домов с нерегулярной сеткой колонн и переменной высотой этажа**

Приведены результаты разработки и исследования новых конструкций систем каркасов многоэтажных зданий различного назначения.

**Ключевые слова:** каркас, многоэтажные системы, дома, сборные элементы, колонны, ригели, узлы, соединения, перекрытия.



УДК 624.01

## **ЗВАРНА СІТКА ЯК ЕЛЕМЕНТ АРМУВАННЯ ЗГИНАНИХ КОМПЛЕКСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ**

*Б. Демчина, д.т.н.*

*Національний університет «Львівська політехніка»,*

*Ю. Фамуляк, к.т.н., С. Бурченя, к.т.н.*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Доцільність використання виробів із ніздрюватих бетонів підтверджено низкою досліджень та виробничим досвідом у будівельній практиці України, Польщі, Німеччини та інших зарубіжних країн [1-3]. У багатьох країнах ніздрюваті бетони широко застосовують як у житловому, так і в промисловому будівництві.

Найпопулярнішими серед ніздрюватих бетонів у будівництві є піно- та газобетони, що дають змогу знизити вартість житлового й промислового будівництва в декілька разів. Щоб утворити ніздрювату структуру в таких бетонах, застосовують переважно два способи: додавання до водної суспензії змішаних матеріалів газоутворювальних добавок, або змішування суспензії з піною. Матеріал, виготовлений за першим способом, має назву «газобетон», а за другим – «пінобетон». Роль в'язучого для приготування цих коміркових бетонів зазвичай виконує цемент.

Вироби з піно- чи газобетону призначені для мурування перегородок зовнішніх та внутрішніх стін, теплоізоляції покрівель, горищ, підлоги, заповнення пустот, звукоізоляції залізобетонного перекриття [4; 5]. Вони легкі, недорогі, з достатніми тепло- та звукоізоляційними властивостями, екологічно безпечні; окрім того, такі вироби можна пиляти, свердлити, фрезерувати.

Піно- й газобетон, як і будь-які інші матеріали на основі цементу, з часом накопичують міцність [6; 7]. Їх вважають негорючими будівельними матеріалами. Наявність пор у таких бетонах забезпечує декілька важливих особливостей: низьку теплопровідність, малу вагу і простоту обробки.

За своїми несучими властивостями ніздрюваті бетони належать до крихких бетонів, тому без додаткових засобів, які би сприймали розтягувальні зусилля, їх важко використовувати як пролітні згинані конструкції, а без встановлення засобів, які би сприймали стискальні зусилля, – такі конструкції важко використовувати як центрально й позацентрово стиснуті конструктивні елементи, що має важливе значення в будівельній індустрії.

Найвні дослідження та розробки стосуються здебільшого конструктивних елементів, виконаних з однорідного ніздрюватого бетону з традиційним армуванням металевою стрижневою арматурою гладкого чи періодичного профілів або без армування. Застосування комплексних елементів із ніздрюватих бетонів, які б давали змогу в одному перерізі поєднувати легкість, тепло- та звукоізоляційні властивості легких бетонів і міцнісні характеристики конструкційних легких бетонів, які додатково армуються не традиційною стрижневою металевою арматурою, а використовують інший тип армування (наприклад, гнучке чи жорстке армування біологічного чи органічного походження, різноманітні типи сіток, металевих і неметалевих, тощо) [7], вивчені й застосовують недостатньо, і тому їх не так широко використовують у будівельній практиці.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У наш час виробу з піно- та газобетону набувають дедалі ширшого застосування в будівництві не лише у вигляді дрібноштучних елементів, а й як пролітні конструкції. Водночас у таких конструкціях здебільшого використовують традиційну стрижневу сталеву арматуру. Відповідаючи на запити сьогодення, науковці активно вивчають цю проблему у своїх дослідженнях. Щодо сучасних наукових шкіл, які вивчають легкі ніздрюваті бетони в Україні, варто відзначити школи, сформовані в містах Одесі (під керівництвом В.А. Вознесенського, О.С. Шинкевича, В.І. Мартинова, В.М. Вирового, А.І. Костюка та ін.), Дніпропетровську (під керівництвом А.П. Приходька), Києві (П.В. Кривенко) та Львові (М.А. Саницький, Б.Г. Демчина). Якщо ж говорити про армовані конструкції з піно- та газобетону, то тут варто виокремити дослідження науковців, які працювали над цією проблемою зі середини ХХ століття, а саме: П.А. Теслер, Є.Н. Добринін, В.А. Пінскер, К.М. Рома-новська, Н.І. Левін, В.В. Макаричев, М.Я. Кривицький, Б.П. Філіпов, О.П. Вінокуров, Є.М. Бабич, В.С. Пісарев, А.Г. Почтенко та ін. Хоча дослідженню пролітних конструкцій все-таки приділяли недостатньо уваги.

**Постановка завдання.** Завдання нашого дослідження – довести можливість використання та позитивний вплив на загальну роботу згинаної комплексної газобетонної балочки зі шлакобетонним захисним шаром зварної металевої сітки.

**Виклад основного матеріалу.** З метою вивчення роботи комплексних легкобетонних згинаних елементів із нетрадиційним армуванням у вигляді металевої зварної сітки та її впливу на міцність і несучу здатність були проведені експериментальні дослідження балкових зразків з різною схемою армування.

Для бетонування дослідних зразків використовували газобетон, що слугував серцевиною поперечного перерізу, та шлакобетон, з якого виконували зовнішню оболонку балкового зразка. Шлакобетон належить до легких конструкційних бетонів, заповнювачем в якому слугують металургійні або паливні шлаки, попередньо подрібнені, пересіяні й очищені від шкідливих домішок. Вибір шлакобетону як зовнішньої оболонки комплексного легкобетонного елемента зумовлений тим, що такий матеріал недорогий, із простою технологією приготування.

Газобетонну серцевину дослідних зразків виконували з готового газобетонного блоку фірми «Стоун Лайт» (м. Бровари Київської області). Готовий газобетонний блок розрізали на балочки розмірами 40×80×600 мм.

Зовнішній захисний шар був виконаний зі шлакобетону завтовшки 2 см. Шлакобетон замішували в такій пропорції: сім частин шлаку, дві частини піску, півтора частини цементу марки М400 та дві частини води.

Армування дослідних балок було виконано металевою зварною сіткою з розміром вічок 10×10 мм та діаметром дротин 2 мм. Розрахунковий опір на розтяг зварної металевої сітки становив –  $R_{\text{сітки}} = 230$  МПа. Металеву сітку втоплювали у шлакобетонну оболонку дослідного зразка.

Фізико-механічні властивості газо- та шлакобетонів на стиск визначали за результатами випробування контрольних кубів з ребром 100 × 100 мм на лабораторному пресі П-10.

З метою вивчення роботи згинаних комплексних газшлакобетонних балкових елементів із захисним армованим та неармованим шлакобетонними шарами було запроєктовано і виготовлено сім дослідних балок. Загальна довжина балок становила 640 мм. Поперечний переріз першої дослідної балки становив 40 × 80(h) мм (газобетонна балка без захисного шару), решта дослідних балок – перерізом 80 × 120(h) мм (газшлакобетонні балки із захисним шаром зі шлакобетону завтовшки 20 мм). Крім того, дослідні газшлакобетонні балки із захисним шаром були виконані з різною схемою армування зварною металевою сіткою, а одна балка була виконана без армування.

Балкові конструкції виготовляли у збірно-розбірній металевій формі. Спочатку у форму вкладали шар шлакобетону, далі – підготовлений плоский чи U-подібний каркас зі зварної сітки, який заглиблювали на 5 мм у шар шлакобетону.

Після встановлення каркаса, занурення його в шар шлакобетону, поверх плоского чи всередину U-подібного армокаркаса вкладали балку з газобетону розмірами 40 × 80 × 600 мм. Бічні проміжки між балкою та формою щільно заповнювали шлакобетоном так, щоб не порушити проектного положення армокаркаса й газобетонної балки (рис. 1).



Рис. 1. Вкладання газобетонної балки у форму

Верхній захисний шар зі шлакобетону вкладали поверх газобетонної балки після ущільнення шлакобетону в бічних проміжках. Заповнення бічного проміжку між газобетонною балкою та формою і верхній захисний шар вкладали якомога швидше, без технологічних перерв, щоб досягти однорідності захисного шару.

Усі виготовлені балкові зразки зберігали за належного температурно-вологісного режиму протягом 28 діб, для того щоб матеріал набув маркової міцності.

Армування дослідних балок були такими:

- ✓ балка № 1 – газобетонна балка без захисного шару;
- ✓ балка № 2 – газошлакобетонна балка із захисним шаром зі шлакобетону без армування;
- ✓ балка № 3 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням плоскою зварною сіткою в нижній зоні;
- ✓ балка № 4 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням *U*-подібною зварною сіткою на  $\frac{1}{3}$  висоти балки;
- ✓ балка № 5 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням *U*-подібною зварною сіткою на  $\frac{1}{2}$  висоти балки;
- ✓ балка № 6 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням *U*-подібною зварною сіткою на всю висоту балки;
- ✓ балка № 7 – газошлакобетонна балка із захисним шлакобетонним шаром з армуванням периметральною зварною сіткою.

Дослідження комплексних газошлакобетонних балкових зразків на згин виконували на дослідному стенді в лабораторії будівельних конструкцій Львівського національного аграрного університету. Завантаження зразків проводили двома зосередженими силами, прикладеними на відстані 225 мм від опори дослідного зразка на верхній його грані (рис. 2). Балки опиралися на дві опори: рухому й нерухому. Навантаження створювали за допомогою гідравлічного домкрата. Балки перед випробуванням детально виставляли у вертикальному положенні, що дало змогу уникнути будь-якого відхилення балкового зразка у процесі завантаження й руйнування. Така дія – досить важлива для отримання достовірних експериментальних даних.



Рис. 2. Дослідний стенд для випробування комплексних газошлакобетонних балкових зразків

Прогини балок вимірювали за допомогою індикатора годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Індикатор був встановлений посередині прольоту дослідного зразка і закріплений на незалежному штативі, що давало змогу унеможливити зовнішні впливи на покази індикатора у процесі завантаження (див. рис. 2).

Після кожного ступеня завантаження, що становило 0,50 кН, дослідні балки витримували під навантаженням протягом 15-20 хв. та знімали покази індикатора.

Під час проведення експериментальних досліджень були отримані такі результати:

- під час дослідження комплексних газошлакобетонних балкових зразків із захисним шаром зі шлакобетону вже зі самого початку проявилися особливості роботи таких елементів. Зокрема друга стадія роботи в таких елементах або відсутня, або тривалість її незначна. Оскільки газо- і шлакобетон – досить крихкі матеріали, то й їх розрахунковий опір на

розтяг неістотний. Тому процес тріщиноутворення в комплексних газошлакобетонних балкових зразках із захисним шаром зі шлакобетону (особливо неармованих) тривав не довго або відбувався майже миттєво, тобто балкові зразки пружно працювали до певного рівня навантаження, після чого виникли невеликі за довжиною  $((1/10-1/20)h)$  нормальні тріщини практично за всією довжиною балки;

- за подальшого збільшення навантаження виникла домінуюча тріщина, яка перетинала від 80 до 100 % висоти балкового зразка, що спричинило розвиток істотних деформацій і елементи переходили у третю завершальну стадію – стадію руйнування.

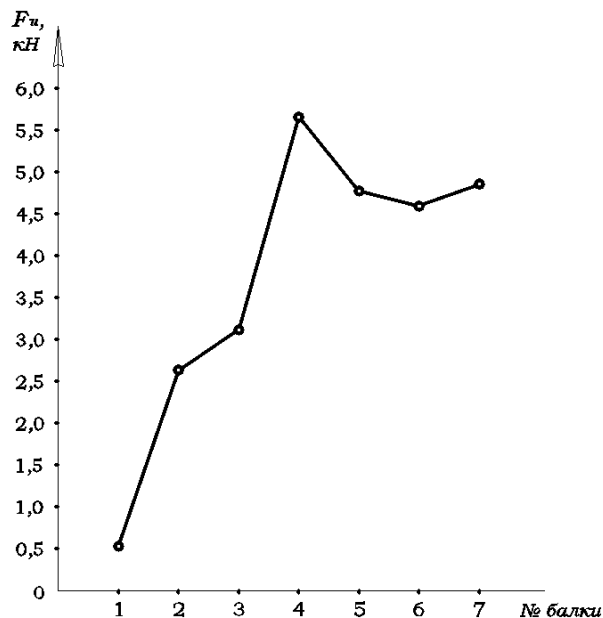


Рис. 3. Залежність міцності балкових зразків від наявності та схеми армування

Як видно з графіків (див. рис. 3, 4), найкращий результат за міцністю отримано під час випробовування балки під номером 4. Армування в ній розміщено в нижній частині і виконано у вигляді U-подібного просторового каркаса з металевої зварної сітки, а відгини сітки заведені на  $1/3$  висоти газобетонного осереддя балки. Збільшення висоти відгинів сітки (на  $1/2$  чи всю висоту газобетонної балки) або використання периметрального армування газобетонного осереддя, очікуваного приросту несучої здатності балки не спричинило. Руйнування ж таких дослідних балок відбулося практично за однакових значень руйнівного зусилля. Щодо прогинів, то найкращий результат отримано за випробування балки № 6 (армування

виконано у вигляді *U*-подібного просторового каркаса з металевої зварної сітки на всю висоту газобетонного осереддя).

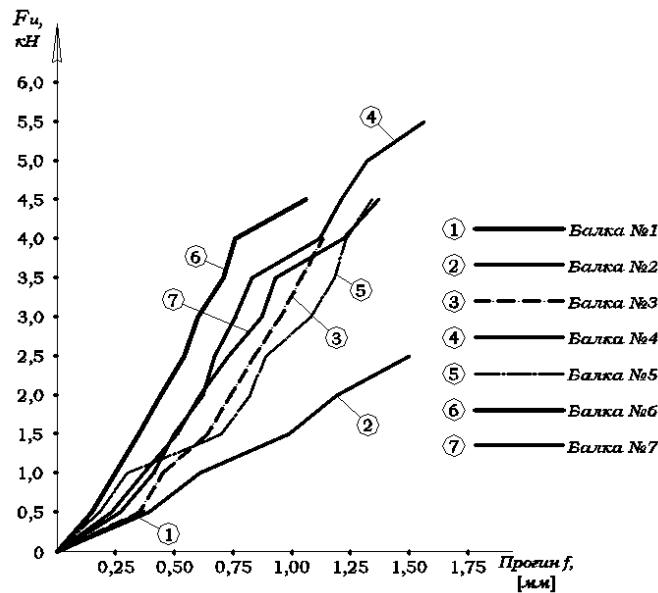


Рис. 4. Залежність прогину дослідних балкових зразків від навантаження

**Висновки.** На основі проведених експериментальних досліджень балок із ніздрюватих бетонів з нетрадиційним армуванням та їх аналізу можна дійти таких висновків:

1. У результаті проведення експериментальних досліджень було встановлено позитивний вплив армування зварною сіткою на роботу згинаних комплексних газошлакобетонних балок.

2. Досліджено несучу здатність і деформативність комплексних газобетонних балок зі шлакобетонним захисним шаром, армованим та неармованим зварною металевою сіткою.

3. Комплексна газошлакобетонна балка з армуванням у вигляді *U*-подібного просторового каркаса з металевої зварної сітки з відгинами на  $\frac{1}{3}$  висоти газобетонного осереддя показала найкращі результати (на 16-45% збільшилися момент тріщиноутворення та руйнівне навантаження порівняно з комплексними балками з іншими схемами армування та на 53% порівняно з комплексною балкою без армування). За прогинами найкращий результат було отримано під час дослідження балки з армуванням у вигляді *U*-подібного просторового каркаса з металевої зварної сітки з відгинами на всю висоту газобетонного осереддя.

4. Наявність армування у вигляді *U*-подібного просторового каркаса зі зварної сітки позитивно впливає на несучу здатність комплексних згинаних легкобетонних конструкцій лише до певної межі. Збільшення висоти відгинів сітки чи використання периметрального армування газобетонного осереддя очікуваного приросту несучої здатності балки не спричинює, а зменшує лише прогини.

5. На основі отриманих експериментальних даних можна запропонувати такі рекомендації щодо застосування зварної сітки під час армування комплексних газобетонних балок із захисним шаром зі шлакобетону:

а) зварна сітка цілком добре може виконувати роль несучої робочої арматури;

б) найсприятливішим з поміж запропонованих варіантів армування є використання зварної сітки у вигляді *U*-подібного каркаса, який заходить на  $1/3-1/2$  висоти перерізу комплексної газошлакобетонної балки, оскільки такий варіант армування забезпечує найкращі міцнісні характеристики елемента, у тому числі роботу на згин.

#### Бібліографічний список

1. Бабич Е. М. Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях / Е. М. Бабич. – К. : Выща шк., 1988. – 207 с.
2. Исследование ячеистых бетонов и конструкций : сб. науч. тр. / гл. ред. Серых Р. Л. ; ред. Муромский К. П. – М. : НИИЖБ, 1989. – 111 с.
3. Кривицкий М. Я. Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции) / М. Я. Кривицкий, Н. И. Левин, В. В. Макаричев. – М. : Стройиздат, 1972. – 137 с.
4. Опекун В. В. Пористі композиційні матеріали та їх використання у будівництві / В. В. Опекун. – К. : Академія будівництва України, 2006. – 85 с.
5. Паплавскис Я. Теплотехнические свойства стен из ячеистого бетона / Я. Паплавскис, Ю. Новикс // Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве : сб. науч. трудов. – Днепропетровск : ПГАСА, 2005. – Вып. 2. – С. 193-196.
6. Саницький М. А. Пінобетон на модифікованих портландцементях / М. А. Саницький, О. Р. Позняк, В. В. Ілів // Актуальні проблеми будівництва та інженерії довкілля : VIII Міжнар. наук. конф., Львів, Кишице, Жешув, 6-11 жовтня 2003 р. : зб. матеріалів конф. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львів. політехніка», 2003. – С. 23-36.
7. Патент України на корисну модель, u2014 11750 МПК E04C 5/02 (2006.01). Пролітний газобетонний елемент з двостороннім вертикальним армуванням зварною сіткою / Фамуляк Ю.С.; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграр. ун-т – №99447, заявл. 30.10.2014; опубл. 10.06.2015. Бюл. № 11.



**Демчина Б., Фамуляк Ю., Бурченя С. Зварна сітка як елемент армування згинаних комплексних елементів з ніздрюватих бетонів**

Згинані конструктивні елементи з піно- та газобетону звичайно виконують однорідними, а для армування використовують сталеву арматуру гладкого чи періодичного профілю. Експериментально-теоретичні дослідження комплексних пролітних елементів із ніздрюватих бетонів та інших типів армування, застосування їх у будівельній практиці, методики розрахунку таких конструкцій із нетрадиційним армуванням вивчені й застосовують недостатньо. Один зі шляхів вирішення проблеми – заміна традиційного армування на нетрадиційне (наприклад, на матеріали біологічного чи органічного походження, різні види сіток тощо).

Подано результати експериментально-теоретичних досліджень шлакогазобетонних згинаних елементів та вказано на особливості їх роботи під навантаженням.

**Ключові слова:** комплексний легкобетонний елемент, газобетон, шлакобетон, нетрадиційне армування, міцність, несуча здатність, деформативність.

**Demchyna B., Famulyak Y., Burchenya S. Welded wire mesh as part reinforcement complex elements from cellular concrete**

Span constructive elements of foam-concrete and aerated concrete are performed similar as usual, reinforcement is performed by steel armature smooth or periodic profile. Experimental and theoretical research of comprehensive light concrete span elements and other types of reinforcement, their use in the methods of calculation such the constructions with untraditional reinforcement are not explored and used enough. One way to solve the problem – replacing traditional reinforcement to untraditional one (for example, organic or biological materials, different kinds of grids).

The results of experimental and theoretical research of slag aerated concrete bent elements, the features of their work under the load are presented in this article.

**Key words:** comprehensive light concrete element, aerated concrete, slag concrete, untraditional reinforcing, strength, load bearing capacity, deformation.

**Демчына Б., Фамуляк Ю., Бурченя С. Сварная сетка как элемент армированиягибаемых комплексных элементов из ячеистого бетона**

Сгибаемые конструктивные элементы с пено- и газобетона обычно выполняют однородными, а для армирования используют стальную арматуру гладкого или периодического профиля. Экспериментально-теоретические исследования комплексных пролетных элементов с ячеистых

бетонов и других типов армирования, применение их в строительной практике, методики расчета таких конструкций с нетрадиционным армированием изучены и применяются недостаточно. Один из путей решения проблемы – замена традиционного армирования на нетрадиционное (например, на материалы биологического или органического происхождения, различные виды сеток и т.п.).

Представлены результаты экспериментально-теоретических исследований шлакогазобетонных изгибаемых элементов и указано на особенности их работы под нагрузкой.

**Ключевые слова:** комплексный легкобетонный элемент, газобетон, шлакобетон, нетрадиционное армирование, прочность, несущая способность, деформативность.

УДК 624.12

### ВПЛИВ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ ЗА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІЧНОГО РОЗТРИСКУВАННЯ БЕТОНУ

*І. Добрянський, д. т. н., професор, Л. Добрянська, к. е. н.,  
А. Грицевич, старший викладач, О. Грицина, аспірант  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Вплив примусового охолодження на термонапружений стан у деформівних твердих тілах, що перебувають в умовах дії концентрованих теплових потоків, досліджено у працях [1–3], де встановлено умови, за яких суттєво відчутний вплив охолодження. Експериментальні дослідження температурних режимів показали, що за відсутності систем примусового охолодження тепловіддача у процесі короткочасного (для чисел Фур'є менше ніж десять) нагрівання становить менше 5% від загальної кількості тепла. Це припущення тим точніше, чим менше число Рейнольдса для повітряного потоку, яке обтікає тіло [4]. Треба відзначити, що адіабатичність вільної поверхні контактуючих тіл вносить найістотніші спрощення у процес розв'язку теплової задачі. Для оцінки максимальної величини критерію Біо  $Bi = h_a / K$  за обтікання сфери радіуса  $R$  повітрям можна скористатися даними праці [4]. Коефіцієнт тепловіддачі  $h$  можна знайти за критерієм Нуссельта –  $h = (K_b / R)Nu$ , де  $K_b = 0,025 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  – теплопровідність сухого повітря за температури  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Отже,  $Bi = (K_b a / KR)Nu$ . За вимушеної конвенції повітря критерій

Нуссельта є функцією числа Рейнольдса  $Re$  й виражається емпіричною залежністю [4]:  $Nu = 2 + 0,027 Re^{0,54} + 0,312 Re^{0,58}$ . Максимальне значення числа Рейнольдса, за дослідження фізичних процесів та технічних явищ у машинобудуванні, не перевищує  $10^8$ . За  $Re = 10^8$  з формули для числа Нуссельта знаходимо  $Nu = 1,41 \cdot 10^4$ . Припускаючи, що сфера виготовлена з низьколегованої сталі зі середнім значенням коефіцієнта теплопровідності  $K = 20$  Вт/(м·°C) і беручи до уваги, що за локального контакту в рамках теорії Герца  $a/R < 0,1$ , з виразу для числа Біо отримуємо, що  $Bi < 1,8$ . Зауважимо, що ця оцінка отримана із значним запасом у бік збільшення, оскільки, по-перше, теплопровідність більшості сталей вища за прийняту, по-друге, як правило,  $Re < 10^6$ .

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Огляд праць, у яких започатковано підходи до знаходження нестационарної температури і квазістатичних температурних напружень у півпросторі з неоднорідним тепловим потоком тепла, зазначено у [5]. У цих дослідженнях припускалося, що поверхня поза ділянкою контакту теплоізована. Однак врахування конвективного теплообміну точніше відображає проблему.

**Постановка завдання.** Наше завдання – розглянути процедуру побудови розв’язку задачі відповідної квазістатичної незв’язаної термопружності для півбезмежного тіла, що нагрівається рівномірно розподіленим тепловим потоком за змішаних граничних умов. Далі на цій основі подати підхід до розрахунку параметрів лазерного терморозтріскування, який використовує деякі критеріальні рівняння механіки крихкого руйнування. Для цієї мети на основі визначеного нестационарного розподілу температури необхідно мати квазістатичний термонапружений стан для півбезмежного тіла, що нагрівається у круговій ділянці граничної поверхні тепловим потоком з нормальним (гаусовим) розподілом потужності.

**Виклад основного матеріалу.** Для визначення нестационарного температурного поля  $T(r, z, t)$  в системі у довільній точці  $0 \leq r \leq \infty$ ,  $0 \leq z \leq \infty$  та моменту часу  $t > 0$  у припущенні, що теплофізичні властивості не залежать від температури, маємо рівняння нестационарної теплопровідності, нульову початкову умову, умови зникнення на безмежності та змішану граничну умову на поверхні

$$K \frac{\partial T}{\partial z} = \begin{cases} -q, & r \leq a, z = 0, \\ hT, & r > a, z = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Точний розв’язок відповідної задачі теплопровідності за заданої умови (1) не знайдено, і вирішення цієї проблеми в математичному аспекті досить

складне. Розглянемо побудову цієї задачі, використовуючи деякі припущення. Замінюємо умову (1) на таку:

$$K \frac{\partial T}{\partial z} = -qH(a-r) + hT \text{ за } r \geq 0, z = 0. \quad (2)$$

Замінімо температуру у правій частині умови (2) в ділянці нагріву  $0 \leq r \leq a$  середньою температурою в цій ділянці відповідно до формули

$$\theta = \frac{2}{a^2} \int_0^a T(r, 0, t) r dr \quad (3)$$

Тоді з використанням (3) матимемо таку умову:

$$K \frac{\partial T}{\partial z} = -q + h\theta \text{ за } 0 \leq r \leq a, z = 0. \quad (4)$$

Умова (4) збігається з умовою (1) у ділянці нагріву з точністю до деякого сталого множника  $\lambda$ , який слід обрати із залежності

$$-q = \lambda(-q + h\theta) \quad (5)$$

Тоді на основі (5) матимемо

$$\lambda = \frac{1}{1 - h\theta/q} > 1 \quad (6)$$

Отже, наближений розв'язок вихідної змішаної задачі теплопровідності можна подати як

$$T(r, z, t) = \lambda T_0(r, z, t), \quad (7)$$

де  $T_0(r, z, t)$  – розв'язок рівняння нестационарної теплопровідності за сформульованої граничної умови (2). Ввівши безрозмірні змінні  $\rho = r/a$ ,  $Z = z/a$ ,  $F_0 = kt/a^2$ ,  $\Lambda = q_0 a/K$ , запишемо крайову задачу для знаходження розподілу  $T_0(r, z, t)$

$$\frac{\partial^2 T_0}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial T_0}{\partial \rho^2} + \frac{\partial^2 T_0}{\partial Z^2} = \frac{\partial T_0}{\partial F_0}, \quad \rho \geq 0, Z \geq 0, F_0 > 0, \quad (8)$$

$$T_0(r, z, 0) = 0, T_0(\infty, z, t) = T_0(r, \infty, t) = 0 \quad (9)$$

$$K \frac{\partial T_0}{\partial Z} = -\Lambda H(1 - \rho) + \text{Bi} T_0 \text{ за } \rho \geq 0, Z = 0, \quad (10)$$

Із (6) отримуємо  $\lambda = \frac{1}{1 - \text{Bi}\theta/\Lambda} > 1$ , причому згідно зі залежністю (3)

матимемо

$$\theta = 2 \int_0^1 T(r, 0, t) \rho d\rho. \quad (11)$$

Розв'язок сформульованої крайової задачі (8) – (10) може бути побудованим із використанням інтегральних перетворень: застосування інтегрального перетворення Ганкеля за радіальною координатою  $\rho$  та інтегрального перетворення Фур'є з узагальненим тригонометричним ядром за змінною  $Z$  виду  $N(Z, \zeta) = \zeta \cos(\zeta Z) + Bi \sin(\zeta Z)$  [6; 7] забезпечує такий вираз для розв'язку вихідної крайової задачі (8) – (10)

$$T_0(r, z, t) = \Lambda \int_0^{\infty} \xi \varphi(\xi) \Phi_0(\xi, Z, Fo) J_0(\xi \rho) d\xi, \quad (12)$$

$$\text{де } \Phi_0(\xi, Z, Fo) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} \frac{N(Z, \zeta)}{\zeta^2 + Bi^2} \tilde{\Phi}_0(\xi, \zeta, Fo) d\zeta.$$

Отже, розв'язок (12) змішаної задачі теплопровідності, записаний у вигляді інтеграла Ганкеля, містить деяку невідому поки що функцію, яка у свою чергу записується як інтеграл Фур'є. Використовуючи довідкові дані для обчислення інтегралів [8] та формулюючи відповідну задачу згідно з методикою, поданою у працях [3; 6], отримуємо такий вираз:

$$\begin{aligned} \Phi_0(\xi, Z, Fo) = & \frac{1}{2} \left[ \frac{e^{-\xi Z}}{Bi + \xi} \operatorname{erfc} \left( \frac{Z}{2\sqrt{Fo}} - \xi\sqrt{Fo} \right) + \right. \\ & \left. + \frac{e^{\xi Z}}{Bi - \xi} \operatorname{erfc} \left( \frac{Z}{2\sqrt{Fo}} + \xi\sqrt{Fo} \right) \right] - \\ & - \frac{Bi e^{BiZ}}{Bi^2 - x^2} e^{(Bi^2 - x^2)Fo} \operatorname{erfc} \left( \frac{Z}{2\sqrt{Fo}} + Bi\sqrt{Fo} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

Стационарна температура в центрі круга нагрівання ( $\rho = 0, Z = 0$ ) на основі співвідношень (11) – (13) визначається так:

$$T_0(0, 0, \infty) = \Lambda \int_0^{\infty} \frac{J_1(\xi)}{Bi + \xi} d\xi = \Lambda \left\{ 1 + \frac{1}{Bi} + \frac{\pi}{2} [Y_1(Bi) - H_1(Bi)] \right\}.$$

Сталий множник, який залежить від параметра  $Bi$  та значення усередненої температури в ділянці нагріву, знаходився на основі отриманих співвідношень чисельним шляхом.

Перемноженням знайденої температури (12), що відповідає випадку теплообміну на всій граничній поверхні, на множник  $\lambda$  отримуємо шуканий температурний розподіл, який відповідатиме розв'язку вихідної змішаної задачі без урахування теплообміну в ділянці нагріву.

Під час знаходження відповідного термонапруженого стану, зумовленого нестационарним температурним розподілом (12), застосовуємо

залежності осесиметричної квазістатичної задачі термопружності [9], де напруження виражаються через термопружний потенціал переміщень  $\Psi$  та функцію Лява  $L$ . Повне поле квазістатичних температурних напружень  $\sigma_{ij}^t$  отримуємо суперпозицією напружень, що відповідають потенціалу переміщень  $\Psi$  та функції Лява. Після проведення необхідних перетворень подамо їх вирази у вигляді

$$\sigma_{ij}^* = \int_0^{\infty} \phi(\xi) S_{ij}(\xi, \rho, Z, F_0) d\xi - T^* \varepsilon_{ij}, \quad (14)$$

причому величини  $S_{ij}(\xi, \rho, Z, F_0)$  визначаються через дві функції –  $\Phi_1(\xi, Z, F_0)$  і  $\Phi_2(\xi, Z, F_0)$ , які визначені у праці [3].

Метод керованого лазерного терморозколювання отримав теоретичне обґрунтування у працях [10; 11]. Розрахункова схема методу має такий вигляд: визначається температурне поле, що виникає в результаті опромінення поверхні термопружного тіла тепловим потоком, який діє на ділянці радіусом  $a$  граничної поверхні; з умови перевищення градієнтом температур значення термостійкості матеріалу визначаються оптимальні параметри процесу лазерного терморозтріскування, такі, наприклад, як відстань від границі лазерної плями до фронту охолодження тощо.

Подана математична модель осесиметричної квазістатичної задачі термопружності з урахуванням конвективного теплообміну з навколишнім середовищем використана для числового моделювання терморозтріскування конструктивних матеріалів.

У побудові чисельного алгоритму вивчення зародження зон передруйнування і терморозтріскування звичайного бетону (вид **I**,  $\sigma_c = 30$  МПа) та бетону підвищеної міцності (вид **II**,  $\sigma_c = 65$  МПа) використовували числові дані термопружних параметрів, запозичених з праці [12]. В обчисленнях приймали, що густина теплового потоку, емітованого лазером, змінювалася за нормальним законом, а коефіцієнт теплового поглинання становив  $A = 0,6$  [13].

Як показують числові дослідження головних напружень, обчислених із використанням залежностей (14), напруження  $\sigma_1$  додатне, тобто розтягувальне, і сягає свого найбільшого значення в точці  $z \approx 0,1$  мм; тоді як головне напруження  $\sigma_3$  стискальне в зоні  $0 \leq z \leq 0,06$  мм, і для значень глибини  $z > 0,06$  мм воно повністю зникає.

Підставляючи величини  $\sigma_1$  і  $\sigma_3$  у критеріальні рівняння [14; 15] і здійснюючи відповідні розрахунки, встановлено, що виникає три зони

напруженого стану, зумовлені лазерним опроміненням. У ділянці  $0 \leq z \leq 0,02$  мм, безпосередньо під нагрітою поверхнею, напружений стан визначається умовою McClintock-Walsh, тобто руйнуванням стиску. У зоні  $0,02 \leq z \leq 0,05$  мм визначальними є зсувні напруження відповідно до модифікованого критерію Griffith. Ділянка розтягальних напружень розміщується нижче за  $z > 0,05$  мм; у цій ділянці використовують класичний критерій Griffith.

Для набору параметрів, який використовується за числового аналізу, дія розтягальних напружень виявляється в зоні  $z > 0,05$  мм, і при цьому визначальними в оцінці стану передруйнування є головні напруження.

У межах зони розтягу ( $z > 0,05$  мм) поверхня, якою відбувається розколювання, відповідає тій координаті за глибиною, де головне напруження сягає межі міцності конкретного матеріалу. Оскільки попереднє зростання тріщини відбувається за нормаллю до напрямку дії основного головного напруження, то поверхні однакового рівня напружень, які саме є перпендикулярними до напрямку дії головного напруження в кожній точці бетонного масиву, становлять поверхні, якими відбувається відколювання. Величина приведенного головного напруження спадає з глибиною, тому криві еквівалентних напружень в умовах одноосного деформування за розтягу бетону визначають максимально можливе поширення тріщини.

**Висновки.** Розвинута модель терморозтріскування підтверджує, що процеси термовідколювання можливі лише на початкових стадіях нагрівання в ділянці зони центру плями нагріву. Відколювання складових бетону в напрямі від кратера може посилюватися за подальшого опромінення лазером. Числовий аналіз показав, що температура в ділянці зони дії лазера може сягати значень кількох тисяч градусів за Цельсієм, що істотно перевищують відповідні величини температур фазового переходу складових бетону. Отож, відколювання матеріалу можливе на площі діаметром від 1 до 2 мм.

Отримані результати можуть бути основою подальшого вивчення ефектів дії лазерних джерел у процесах термообробки будівельних матеріалів та конструкцій.

#### **Бібліографічний список**

1. Галазюк В. А. Нестационарный фрикционный разогрев выступов микронеровностей скользящего контакта / В. А. Галазюк, А. А. Евтушенко, И. Н. Турчин // Инж.-физ. журн. – 1996. – Т. 69, № 5. – С. 768–772.
2. Gecim B. Steady temperature in a rotating cylinder subject to the surface heating and convective cooling / B. Gecim, W. O. Winer // J. Tribology. Trans. ASME. – 1984. – V. 106, № 1. – P. 120–127.

3. Евтушенко А. А. Влияние конвективного охлаждения на температуру и напряженное состояние при торможении / А. А. Евтушенко, Е. Г. Иваник, Н. В. Горбачева // Трение и износ. – 1997. – Т. 18, № 5. – С. 578–587.
4. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена / С. С. Кутателадзе. – М. : Атомиздат, 1979. – 228 с.
5. Євтушенко О. О. Аналітичні методи теплового розрахунку гальм (огляд робіт) / О. О. Євтушенко, Є. Г. Іваник, Н. В. Горбачова // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2000. – № 6. – С. 52–56.
6. Галицын А. С. Интегральные преобразования и специальные функции в задачах теплопроводности / А. С. Галицын, А. Н. Жуковский. – К. : Наук. думка, 1976. – 282 с.
7. Снеддон И. Преобразования Фурье / И. Снеддон. – М. : Изд-во иностр. лит., 1955. – 668 с.
8. Градштейн И. С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И. С. Градштейн, И. М. Рыжик. – М. : Наука, 1986. – 1108 с.
9. Новацкий В. Вопросы термоупругости / В. Новацкий. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 364 с.
10. Миркин Л. И. Физические основы обработки материалов лучами лазера / Л. И. Миркин. – М. : Изд-во МГУ, 1975. – 383 с.
11. Структура и прочность материалов при лазерных воздействиях / [М. С. Бахарев, Л. И. Миркин, С. А. Шестериков и др.]. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 224 с.
12. Sala A. Radiant properties of materials / A. Sala. – Warsaw : Polish Sci. Publ., 1986. – 479 p.
13. Roźniakowski K. Some experimental results of laser beam interaction with surface layer of brick / K. Roźniakowski, P. Klemm, A. J. Klemm // Building and Environment. – 2000. – Vol. 36, № 4. – P. 485–491.
14. Griffith A. A. The theory of rupture / A. A. Griffith // Proc. 1<sup>st</sup> Int. Congr. Appl. Mech., Delft. – 1924. – P. 55–63.
15. McClintock F. A. Friction of Griffith cracks in rock under pressure / F. A. McClintock, J. B. Walsh // Proc. 4<sup>th</sup> U.S.Nat. Congr. Appl. Mech. Berkeley.

**Добрянський І., Добрянська Л., Грицевич А., Грицина О. Вплив конвективного теплообміну лазерного опромінення за дослідження термічного розтріскування бетону**

Запропоновано методику побудови розв'язку задачі квазістатичної термопружності для тіла за змішаних граничних умов, що піддається нагріванню в обмеженій ділянці граничної поверхні тепловим потоком. На основі побудованого розв'язку розвинуто підхід до розрахунку параметрів терморозтріскування, який використовує критеріальні рівняння (Грифітса та МакКлінтока-Велша) механіки крихкого руйнування. Схема апробована на бетонних зразках двох типів з різною міцністю на стиск.



**Ключові слова:** температура, температурні напруження, концентровані теплові потоки, критеріальні рівняння механіки крихкого руйнування, бетон.

**Dobrzajnskyj I., Dobrzajnska L., Grytsevych A., Grytsyna O. The effect of convective heat transfer of laser irradiation study on thermal cracking of concrete**

The method of solving the quasi-static thermoelasticity problem for body under variable boundary conditions is suggested. This body is subjected to heating by heat flow in the restricted domain of boundary surface. Because of such solving an approach to calculating of the parameters of thermocracking which uses the criterial equations of brittle fracture (Griffiths and McClintock-Welsh) is developed. The scheme was approved on concrete samples of two types having different compressive strength.

**Key words:** temperature, thermal stress, concentrated heat flows, criterial equations of brittle fracture mechanics, concrete.

**Добрянський І., Добрянська Л., Грыцевыч А., Грицина О. Влияние конвективного теплообмена лазерного облучения исследование термического растрескивания бетона**

Предложена методика построения решения задачи квазистатической термоупругости для тела при смешанных граничных условиях, подвергшегося нагреву в ограниченном участке граничной поверхности тепловым потоком. На основе построенного решения развит подход к расчету параметров терморастрескивания, который использует критериальные уравнения (Грифитса и МакКлинтока-Уэлша) механики хрупкого разрушения. Схема апробирована на бетонных образцах двух типов с разной прочностью на сжатие.

**Ключевые слова:** температура, температурные напряжения, концентрированные тепловые потоки, уравнения механики хрупкого разрушения, бетон.

УДК 624.012

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФІБРОВОГО АРМУВАННЯ З ВИКОРИСТАНОГО ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ

*В. Білозір, к.т.н., В. Білозір  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Відомо, що поліетилентерeftалат (ПЕТ) є сировиною для виготовлення пляшок для газованих напоїв, мінеральної води, пива, соків, майонезу, олії, побутової хімії, косметики, плівок тощо. До України щомісяця ввозять понад 10 тисяч т ПЕТ-грануляту, який здебільшого використовують для виготовлення пляшок, що згодом, після їх використання, потребує утилізації. Шість українських підприємств з переробки ПЕТ-відходів на гранулят і пакувальну стрічку наразі спроможні переробити лише 1 тисячу т щомісяця [1].

Будівництво може стати перспективною галуззю, в якій доцільно використовувати сировину з ПЕТ-пляшок. В Україні дослідження фібрової арматури з використаних ПЕТ-пляшок, несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості фібробетонних елементів на фібрі з використаних ПЕТ-пляшок до нас не проводили.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання технології виготовлення фібробетонної суміші з ПЕТ-фіброю завдовжки 20 мм вивчали японські дослідники [2]. Відзначено, що така фібра за вмісту 3% від об'єму суміші легко перемішується. Цю фібру використовували для виготовлення тротуарних плиток і шахтних конструкцій.

Як свідчать результати досліджень, фібробетон на ПЕТ-фібрі має тривалу міцність на стиск і розтяг за багаторазового заморожування-відтавання, за дії різноманітних хімічних середовищ не нижчу, ніж звичайний бетон [3].

Цікаво, що міцність на стиск і модуль пружності фібробетону на ПЕТ-фібрі зменшувалися зі збільшенням відсотка армування фібробетону за об'ємом [4]. У дослідженні відзначено позитивний вплив фібри на тріщиностійкість згинальних елементів, зменшення ширини розкриття усадкових тріщин, в'язкий характер руйнування. Про незначне зниження міцності на стиск фібробетону на ПЕТ-фібрі розмірами 50 x 1,2 x 0,3 мм за об'ємного відсотка армування 1,5% зазначено у працях [5; 6]. Подібний ефект спостерігався за армування дрібнозернистого бетону ПЕТ-пластівцями [7].

Механічні властивості фібробетону на фібрі з ПЕТ-пляшок системно вивчала Дора Фоті [8; 9]. Призми 400 x 100 x 100 мм, армовані ПЕТ-фіброю розмірами 32 x 2 x 0,1 мм і кільцями діаметром 30-50 мм та шириною

приблизно 5 мм, випробовували за схемою триточкового згину за прогону 350 мм. Відсоток армування за масою становив 0,5 і 0,75 (за об'ємом – 0,78 та 1,16 відповідно). Виявилося, що міцність на згин таких призм не завжди перевищувала міцність бетонних призм [8].

Отже, дослідники досі не вивчали питання, пов'язані з призначенням оптимальних розмірів ПЕТ-фібри, мінімального відсотка фібрового армування за об'ємом.

**Постановка завдання.** Завдання нашого дослідження – на основі сучасних уявлень про роботу фібр у фронті нормальних тріщин, даних про міцність і деформативність ПЕТ-фібри розробити пропозиції щодо призначення її геометричних розмірів, оцінити теоретично згинальну міцність фібробетону.

**Виклад основного матеріалу.** У праці [9] отримані експериментальні дані щодо деформативності й міцності кілець, вирізаних із використаних ПЕТ- пляшок (див. рис.).

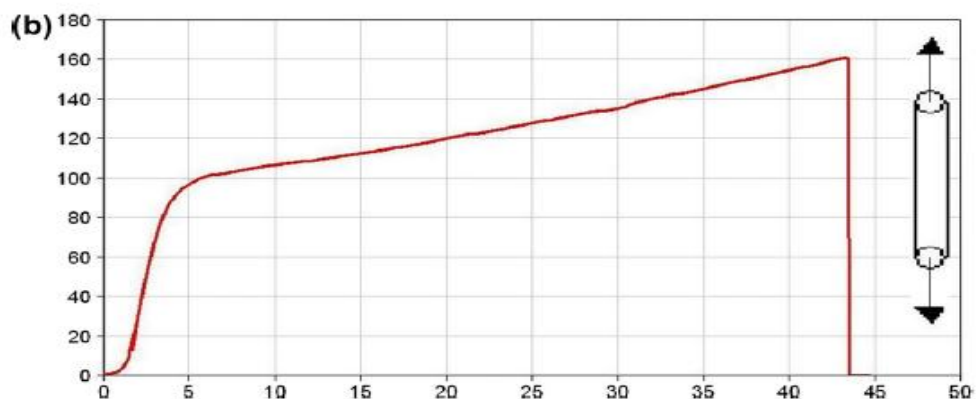


Рис. Випробування кільця з використаної ПЕТ пляшки на розтягування (а) і діаграма “напруження (МПа) – деформація (мм)” (б) [9].

Середнє значення модуля пружності –  $E_{PET} = 3100$  МПа, тимчасовий опір  $f_{PET,u} = 160$  МПа. Із рисунка бачимо, що до рівня напружень 80 МПа ПЕТ працює практично пружно. Такому рівню напружень, згідно зі законом Гука, відповідатимуть відносні деформації 0,0258. Потрібно зауважити, що ці деформації приблизно такі самі, як і граничні для арматурної сталі, встановлені європейськими нормами [10]. Максимальні деформації, які відповідають тимчасовому опору ПЕТ (див. рис.), є дуже значними, тому у згинальних елементах досягнуті не будуть. Отже, як розрахункову для ПЕТ-фібри можна прийняти дволінійну діаграму деформування (діаграму Прандтля) з горизонтальною лінією, яка починається з точки, для якої напруженням  $f_{PET,k} = 80$  МПа відповідають відносні деформації  $\varepsilon_{PET} = 0,0026$ .

Для залізобетонних стрижнів, які висмикували з бетону, відома залежність [11]:

$$\frac{l_{an}}{d} = \frac{\eta f_{yk}}{f_{ck}}, \quad (1)$$

де  $l_{an}$  – необхідна довжина зароблення стрижня в бетон;  $d$  – діаметр стрижня;  $\eta$  – коефіцієнт, який враховує зчеплення стрижня з бетоном і дорівнює 1,2 для гладкої арматури;  $f_{yk}$  – характеристичне значення міцності арматури;  $f_{ck}$  – те саме, бетону.

Еквівалентний діаметр фібри прямокутного перерізу визначимо з рівності периметрів круглого стрижня і прямокутної ПЕТ-фібри:

$$\pi d = 2(b_f + \delta_f), \quad (2)$$

де  $b_f$  – ширина фібри;  $\delta_f$  – товщина фібри, що дорівнює в середньому 0,2 мм.

Використавши рівняння (1) і (2), знаходили таку довжину фібри, яка би заанкерювалася на чверті її довжини для різних класів бетону за міцності фібри  $f_{PET,c} = 80$  МПа (див. табл.). У формулу (1) замість  $f_{yk}$  підставляли  $f_{PET,c}$ . Чверть довжини фібри є середнім значенням довжини зароблення фібри, яка потрапляє у фронт критичної тріщини.

Відомо, що необхідна довжина заанкерювання є дещо більшою за теоретичну. Наприклад, проф. В.І. Мурашов свого часу пропонував цю довжину для стрижневої сталеві арматури збільшувати на  $5d$ , оскільки стрижень включається в роботу не одразу. Тому можна запропонувати, наприклад, за класу бетону С20/25 і ширини фібри 2 мм довжину 35 мм.

Мінімальний відсоток фібрового армування пропонується призначати з умови рівномірності бетонного і фібробетонного згинальних елементів.

За трикутної розрахункової епюри напружень у стиснутій зоні та прямокутної – в розтягнутій несуча здатність згинального елемента може бути розрахована за відомою формулою:

$$M_u = 1,75 f_{ct} \frac{bh^2}{6}, \quad (3)$$

де  $f_{ct}$  – міцність бетону на розтяг;  $b, h$  – ширина й висота поперечного перерізу елемента.

Таблиця

Результати розрахунку теоретичної оптимальної довжини фібри

$f_{ck}$ , МПа	$b_f$ , мм	$\delta_f$ , мм	$f_{PET,k}$ , МПа	$l_{an}$ , мм	$l_f$ , мм
20	1	0,2	80	3,821656	15,28662
	2			6,878981	27,51592
	3			9,936306	39,74522
25	1			3,057325	12,2293
	2			5,503185	22,01274
	3			7,949045	31,79618
30	1			2,547771	10,19108
	2			4,585987	18,34395
	3			6,624204	26,49682

Несучу здатність згинальних фібробетонних елементів за прямокутних епюр у розтягнутій і стиснутій зонах можна розрахувати за формулою [12]:

$$M_u = \frac{f_c \cdot f_{fct}}{f_c + f_{fct}} \cdot \frac{b \cdot h^2}{2}, \quad (4)$$

де  $f_c$  – призмова міцність бетону на стиск;  $f_{fct}$  – міцність фібробетону на розтягування.

Міцність фібробетону на розтягування можна визначити за аналогічною формулою норм проектування сталеві фібробетонних конструкцій [12]:

$$f_{fct} = k_{or}^2 \left( 1 - \frac{l_{an}}{l_f} \right) \mu_{fv} f_{PET,k}, \quad (5)$$

де  $k_{or}$  – коефіцієнт, що враховує орієнтацію фібр в об’ємі елемента залежно від співвідношення розмірів перерізу елемента і довжини фібри [12];  $\mu_{fv}$  – коефіцієнт фібрового армування за об’ємом.

Прирівнявши праві частини формул (3) і (4) та використавши рівняння (1), (2) і (5), можна знайти мінімальний коефіцієнт армування за об’ємом. Розрахунки засвідчили, наприклад, що за класу бетону C20/25, армованого ПЕТ фіброю розмірами 35 x 2 x 0,2 мм, бетонний і фібробетонний зразки матимуть однакову міцність, коли  $\mu_{fv} = 0,022$  (2,2%).

#### **Висновки**

1. Теоретично обґрунтоване питання призначення геометричних розмірів ПЕТ-фібри. Уточнення в запропонований аналітичний апарат можна внести після експериментальних досліджень зчеплення ПЕТ-фібри з бетоном і уточнення коефіцієнта  $\eta$ .

2. Потрібно додатково експериментально дослідити вплив відсотка фібрового армування на згинальну міцність ПЕТ-фібробетону, що дасть змогу обґрунтувати призначення мінімального відсотка армування за об’ємом і ввести необхідні уточнення у формули (4) і (5).

#### **Бібліографічний список**

1. Способи утилізації ПЕТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.galpet.com.ua>.
2. Ochi T. Development of recycled PET fiber and its application as concrete-reinforcing fiber / T. Ochi, S. Okubo, K. Fukui // Cement and Concrete Composites. – 2007. – № 29. – P. 448-455.
3. Long-term performance of recycled PET fibre-reinforced cement composites / J. P. Won, C. I. Jang, S. W. Lee [et all] // Construction and Building Materials. – 2009. – № 24. – P. 660 – 665.
4. Material and structural performance evaluation of recclcd PET fiber reinforced concrete / S. B. Kim, N. H. Yi, H. Y. Kim [et all] // Cement and Concrete Composites. – 2010. – № 32. – P. 232 – 240.
5. Effects of the geometry of recycled PET fibre reinforcement on shrinkage cracking of cement-based composites / J. Kim, C. Park, S. Lee [et all] // Composites. – 2008. – № 39. – P. 442–450.
6. Pacheco-Torgal F. Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): An overview / F. Pacheco-Torgal, Yining Ding, Said Jalali // Construction and Building Materials. – 2012. – № 30. – P. 714 – 724.
7. Physical and mechanical properties of mortar using waste Polyethylene Terephthalate bottles / Zhi Ge, Renjuan Sun, Kun Zhang [et all] // Construction and Building Materials. – 2013. – № 44. – P. 81–86.
8. Foti D. Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottles PET fibers / D. Foti // Construction and Building Materials. – 2011. – № 25. – P. 1906 – 1915.

9. Foti D. Use of recycled waste pet bottles fibers for the reinforcement of concrete / D. Foti // Construction and Building Materials. – 2013. – № 96. – P. 396 – 404.
10. Eurocode 2: Design of concrete structures EN 1992- 1-1: General rules and rules for buildings. – Brussels : CEN, 2004. –226 p.
11. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / под ред. А. А. Гвоздева. – М. : Стройиздат, 1978. – 207 с.
12. Конструкції будинків і споруд. Настанова з проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій : ДСТУ-Н Б В.2.6-78: 2009. – Введ. в дію 01.01.2010. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 43 с.

**Білозір В., Білозір В. Обґрунтування параметрів фібрового армування з використаного поліетилентерефталату**

Теоретично обґрунтовані оптимальні геометричні розміри фібри з використаних ПЕТ-пляшок. Розроблені пропозиції щодо призначення мінімального відсотка фібрового армування за об'ємом.

**Ключові слова:** поліетилентерефталат, ПЕТ-пляшки, рециклінг, ПЕТ-фібра, фібробетон.

**Bilozir V., Bilozir V. Reasoning of parameters of reinforcement fiber from used polyethylene terephthalate**

Theoretically reasoned optimal geometric dimensions of fiber from used PET bottles. Have been developed propositions for setting of a minimum percentage of fiber reinforcement in volume.

**Key words:** polyethylene terephthalate, PET-bottles recycling, PET-fiber, fiber-reinforced concrete.

**Билозир В., Билозир В. Обоснование параметров фибрового армирования с использованного полиэтиленерефталата**

Теоретически обоснованы оптимальные геометрические размеры фибры с использованных ПЭТ-бутылок. Разработаны предложения относительно назначения минимального процента фибрового армирования по объёму.

**Ключевые слова:** полиэтиленерефталат, ПЭТ-бутылки, рециклінг, ПЭТ-фібра, фибробетон.

УДК 624.011.17

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МЕТАЛОДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТИСК**

*Т. Боднарчук, к.т.н., О. Коваль, асистент  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Під час проектування конструкцій із стисненими елементами доводиться часто збільшувати розміри поперечного перерізу для забезпечення їх стійкості. Особливо це відчутно в металевих стрижнях, де міцність можна забезпечити відносно невеликою площею, а для збільшення жорсткості доводиться збільшувати їх переріз, що приводить до перевитрат дорогого матеріалу. Якщо поєднати такі матеріали, як метал та дерево, то можна отримати конструкцію з оптимальними показниками ціна-якість.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання стійкості вивчене досить глибоко, та, зважаючи на зміну модуля пружності матеріалу за роботи на стиск, в інженерних розрахунках використовують спрощені методи, які не такі трудомісткі, але забезпечують задовільні результати. Проведеними експериментально-теоретичними дослідженнями Ф. Шенлі [1] та Ф. Енгессера [2] було виявлено, що в середині перерізу стрижня від прикладеного навантаження метал самозміцнюється. Це явище характерне для всіх металів із чітко вираженою ділянкою текучості. А отже, конструктивне рішення зі збільшенням жорсткості за допомогою поєднання металу та дерева фактично може дозволити роботу сталюого профілю у пластичній стадії без втрати стійкості.

**Постановка завдання.** Наше завдання – розробити конструкцію та провести експериментально-теоретичні дослідження стиснутих металодерев'яних елементів та запропонувати новий підхід для оцінки їх несучої здатності. Поєднання металу та деревини у стиснутих елементах дасть змогу максимально ефективно використати міцнісні характеристики металу, а деревина слугуватиме лише для забезпечення стійкості. Складність розрахунку таких конструкцій полягає в поєднанні матеріалів з різними механічними властивостями, необхідності врахування перерозподілу зусиль між металом і деревиною, додаткових зусиль зсуву, які виникають.



**Виклад основного матеріалу.** Для дослідження були законструйовані та виготовлені металодерев'яні взірці, в центрі перерізу яких була розташована тонка металева пластина  $4 \times 50$  мм (ВСтЗкп2-1) з дерев'яними накладками (сосна 1 сорт). Розміри брусків накладок –  $50 \times 44$  мм. Кріплення накладок до металевого листа здійснювали за допомогою шпильок, шайб та гайок (рис. 1).

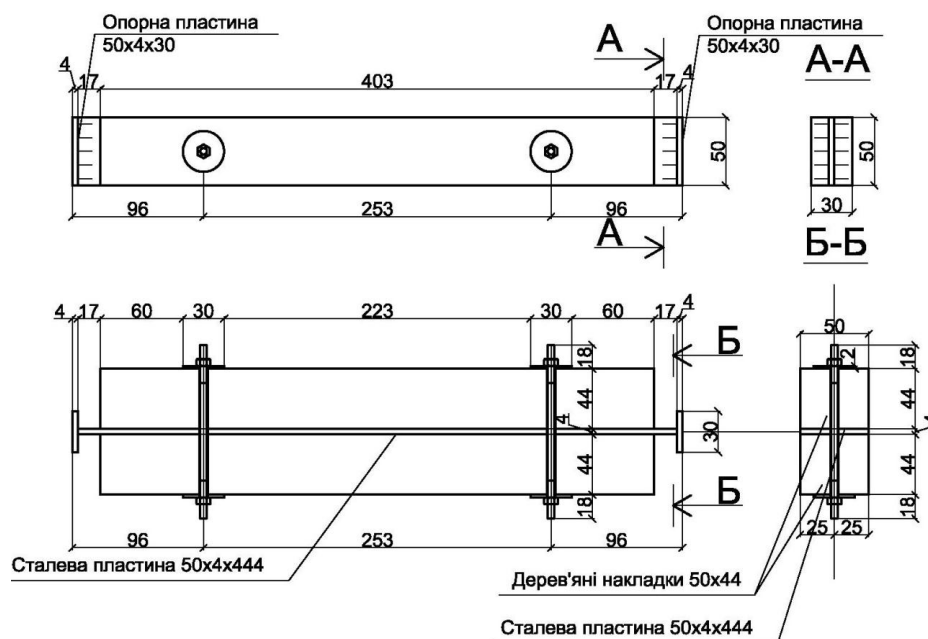


Рис. 1. Дослідний взірець

Також, для порівняння, випробовували окремо металеву пластину без накладок та дерев'яні накладки без металевої пластини. Схему станда та розміщення вимірювальних приладів для випробовувань показано на рис. 2. Навантаження прикладали за допомогою гідравлічного десятитонного домкрату. Величину прикладеної сили контролювали динамометром. Деформації стрижня визначали за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки  $0,01$  мм, які кріпилися до штативів (рис. 2).

Металева полоса, як і очікували, дуже швидко втратила стійкість. Фактично вже за навантаження  $0,3$  кН вона почала її втрачати, а за  $0,7$  – «зруйнувалася».

Дерев'яні бруски без металевої полоси зруйнувалися за навантаження  $50$  кН від зминання волокон деревини. Слід відзначити, що їх гнучкість була меншою за  $70$  і втрати стійкості не відбулося.

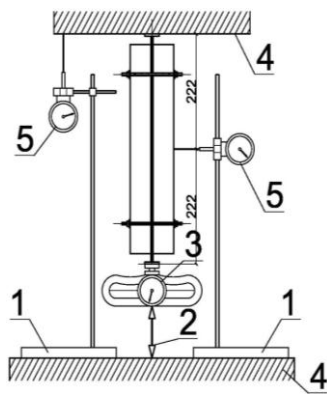


Рис. 2. Схема стенда та розміщення вимірювальних приладів для випробування металодерев'яного стрижня: 1 – прогиномір; 2 – тритонний гідравлічний домкрат; 3 – динамометр Айстова; 4 – нерухомі опори-пластини

Випробування взірців, виконаних із металевої полоси та дерев'яних накладок (рис. 1), показало, що за передачі навантаження лише через металеву полосу вона на ділянці 17 мм починала втрачати стійкість. Отже, гнучкі елементи необхідно посилювати накладками по всій довжині, для запобігання виникненню синусоїдоподібних хвиль навіть на незначних ділянках [3]. Практично всі зразки, з випуском металевої полоси на 17 мм, зруйнувалися за навантаження 2,5-3,5 кН саме від втрати стійкості цих випусків. Тому конструкцію дослідного взірця було змінено – металеву пластину та дерев'яні накладки виготовили однакової довжини. У цих зразках навантаження прикладалося одночасно до металевої пластини та дерев'яних накладок. У результаті випробувань такі металодерев'яні елементи витримали навантаження 60-62,5 кН. Руйнування відбувалося від пластичних деформацій металу в місцях опирання. Оскільки навантаження передавалося і на дерев'яні накладки, вони також працювали, і їх деформації відповідали деформаціям металу.

Згідно з теоретичною оцінкою, навантаження, що відповідає текучості металу, для сталевих пластин, без врахування стійкості, становить 34,5 кН, а руйнування відбулося за 60-62,5 кН. Тобто напруження в металевій пластині було більшим за межу текучості. Відбулося локальне самозміцнення пластини. Фактично було використано повну міцність матеріалу. Дерев'яні накладки забезпечили стійкість металевих пластин. Руйнування відбулося від зминання опорної частини металевих пластин з одночасною втратою її стійкості. Часткова втрата стійкості металевих пластин відбулася, оскільки на приопорній ділянці завдовжки 60 мм не було болтового з'єднання (рис. 3). Позаяк навантаження передавалося не по всій площі пластини, зминання металу мало локальний характер.

Методики розрахунку металодерев'яних елементів у нормативних документах не передбачено. Такі науковці, як Г.Г. Карлсен, Ю.В. Слицкоухов, В.Е. Шишкін, В.Є. Клименко [4] у різний час запропонували свої підходи для розв'язання цих задач. Спроби оцінити несучу здатність, запропонованих металодерев'яних елементів, за цими методиками не забезпечили позитивного результату. Це пов'язано з тим, що фактично

втрати стійкості металевій пластині не відбувається. Метал працює у пластичній стадії, тому повністю використовується його міцність. Дерев'яні накладки забезпечують лише стійкість металевій полосі, і в розрахунку на міцність їх можна не враховувати. Підбір перерізу накладок проводять з умови забезпечення гнучкості. Гнучкість елемента, порахована за приведеним перерізом, не повинна перевищувати 70. Відповідно до теоретичних розрахунків міцність металевій пластині на стиск (без урахування стійкості) у пластичній стадії роботи становить 54 кН. Отже, такий, на перший погляд, простий спосіб оцінки несучої здатності запропонованого ефективного перерізу металодерев'яного елемента, добре описує й оцінює його несучу здатність.



Рис. 3. Характер руйнування металодерев'яного елемента від зминання та втрати стійкості металевій пластині

**Висновки.** 1. У проектуванні ефективних металодерев'яних елементів необхідно надійно закріпити накладки до металевого профілю в опорних частинах, а вузли передачі зусиль до інших елементів конструкції необхідно проектувати жорсткими, оскільки металева пластина слугуватиме шарніром. Найпростішим способом забезпечити жорсткість вузлів з'єднань таких металодерев'яних елементів є влаштування накладок з листових фанерних матеріалів.

2. Площу дерев'яних накладок необхідно підбирати з умови, щоб гнучкість елемента не перевищувала 70.

3. Для оцінки несучої здатності елементів запропонованого перерізу враховують лише міцність металевого профілю на стиск, використовуючи його граничну міцність. Стійкість при цьому не враховують.

#### **Бібліографічний список**

1. Shanley F. Inelastic column theory / F. Shanley // JAS. – 1947. – 14; № 5. – P. 261-267.
2. Engesser F. Uber Knickfestigkeit / F. Engesser // Scheiz. Bauzeitung. – 1895. – P. 26.

3. Продольный изгиб и выпучивание / В. И. Ванько, Е. С. Перелыгина // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2014. – Вып. 12 (183). – С. 78-89. – (Серия : Математика. Физика).
4. Слицкоухов Ю. В. Конструкции из дерева и пластмасс : учебник для вузов / Ю. В. Слицкоухов. – М. : Стройиздат, 1986. – 543 с.

**Боднарчук Т., Коваль О. Експериментально-теоретичні дослідження роботи металодерев'яних елементів на стиск**

Наведено результати експериментально-теоретичних досліджень металодерев'яних стрижнів ефективного перерізу, що працюють на стиск, та запропоновано методику оцінки їх несучої здатності.

**Ключові слова:** дерев'яні конструкції, стійкість, несуча здатність, деформації, з'єднання, розрахунок несучої здатності.

**Bodnarchuk T., Koval O. Experimental and theoretical studies of metal-wooden elements in compression**

It is shown the results of experimental and theoretical researches of metal-wooden effective section rods which behave in compression and proposed the method of evaluation of their carrying capacity.

**Key words:** wooden structure, durability, bearing capacity, deformation, joint bearing capacity computation.

**Боднарчук Т., Коваль О. Экспериментально-теоретические исследования металлодеревянных элементов на сжатие**

Приведены результаты экспериментально-теоретических исследований металлодеревянных стержней эффективного сечения, работающих на сжатие, и предложено методику оценки их несущей способности.

**Ключевые слова:** деревянные конструкции, устойчивость, несущая способность, деформации, соединения, расчет несущей способности.

УДК 624.012.25:539.386

**ОБСТЕЖЕННЯ ТА ПІДСИЛЕННЯ АВАРІЙНОЇ ДЕВ'ЯТИ-  
ПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ ПО ВУЛ. ДАНЬШИНА, 52  
В М. ЛУЦЬКУ**

*В. Караван, к.т.н.*

*Національний університет водного господарства та природокористування*

**Постановка проблеми.** Велика кількість багатоповерхових будівель житлового фонду України перебуває в аварійному стані, що виявляють під час їх обстеження. Це як панельні будівлі, так і цегляні, великоблокові. Причин їх аварійного технічного стану може бути багато, а саме: настання граничного терміну експлуатації (особливо актуально на сьогодні для великопанельних будівель), аварійний стан несучих і огорожувальних конструкцій, аварійний стан і пошкодження інженерних комунікацій будівель, самостійне, без відповідного узгодження документації, перепланування житлових площ, просідання основ та фундаментів тощо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для ухвалення об'єктивного та остаточного рішення про можливість експлуатації наявної будівлі чи виконання певних ефективних заходів з відновлення експлуатаційних властивостей будівлі першочерговим завданням є оцінка технічного стану конструкції чи будівлі загалом. Потреба у виконанні подібних вирішень виникає за втрати експлуатаційної придатності будівлі внаслідок впливу певних зовнішніх факторів: чи то в умовах реконструкції будівлі, чи за капітального ремонту, чи внаслідок аварійних ситуацій тощо [2; 4].

Сьогодні питання оцінки технічного стану конструкцій і будівлі загалом залишається до кінця не вирішеним, оскільки відсутня методика розрахункової оцінки технічного стану будівель, виконаних з кам'яних, залізобетонних чи дерев'яних конструкцій. Норми проектування будівельних конструкцій переважно орієнтовані на проектування нових будівель і містять лише загальні вказівки або тільки деякі окремі випадки щодо посилення і реконструкції, особливо в складних інженерно-геологічних умовах. Під час обстеження будівель виявляють конструктивні рішення, які не відповідають вимогам, а іноді й не передбачені нормами [1-4].

Проблема забезпечення довговічності будівельних конструкцій, з одного боку, пов'язана зі значним терміном експлуатації будівель, а з іншого – з відсутністю належного фінансування, низькою кваліфікацією спеціалістів-експлуатаційників та елементарним людським фактором [1-2].

**Постановка завдання.** Основними завданнями для відповідальних за обстеження будівель є: вивчити наявну (надану) проектну документацію, акти на приховані роботи тощо, оцінити відповідність будівлі та конструкцій проектним рішенням; зафіксувати при візуальному огляді об'єкта дефекти і пошкодження конструкцій та їх елементів (скласти відомості й карти дефектів); встановити розміри і причини пошкоджень, а також з'ясувати ступінь їх небезпеки; виконати інструментальні вимірювання геометричних параметрів конструкцій, міцності матеріалів, параметрів тріщин, визначити або перевірити приладами фактичне армування залізобетонних конструкцій, виявити внутрішні дефекти; за потреби відібрати зразки матеріалів конструкцій і грантів та провести лабораторні дослідження. За результатами огляду та перерахунку конструкцій, з урахуванням їх фактичних розмірів, фізико-механічних характеристик матеріалів, армування, наявних дефектів і пошкоджень встановити технічний стан конструкцій та будівлі загалом. У разі аварійного або непридатного до належної експлуатації технічного стану конструкцій (будівлі) розробити рекомендації з їх підсилення.

**Виклад основного матеріалу.** Наукові співробітники лабораторії будівельних конструкцій і споруд кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд НУВГП здійснили технічне обстеження несучих конструкцій житлового будинку по вул. Даньшина, 52 у м. Луцьку (рис. 1) з метою визначення причин пошкодження та можливості вживання заходів із відновлення їх експлуатаційної придатності.

Дев'ятиповерховий житловий будинок збудований у 80-х роках ХХ століття і має зовнішні розміри у плані 12,9 x 25,6 м (див. рис. 1). Конструктивна система будівлі – стінова, схема – з несучими поздовжніми стінами (трестінна). Будинок має підвальне приміщення, кількість квартир – 36.

Фундаменти під будівлю – стрічкові, з бетонних фундаментних блоків, що опираються на фундаментні подушки. Стіни виконані з керамічної, а ззовні будівлі – зі силікатної цегли, перев'язка кладки – через 5 рядів цегли. Товщина зовнішніх несучих та самонесучих стін – 51, внутрішніх несучих стін – 38 см. Перекриття і покриття змонтовано зі збірних багатопустотних залізобетонних плит номінального розміру 6,0 x 1,2 м та 4,8 x 1,2 м. Сходові марші та майданчики, а також перемички, – збірні залізобетонні. Дах будинку – плоский, односкатний, із внутрішнім водовідведенням, покрівля – рубероїдна.

Проектна та виконавча документація на будівлю частково відсутня.



Рис. 1. Фасад будинку по вул. Даньшина, 52 у м. Луцьку

За результатами візуального обстеження будівлі було встановлено:

- стіни будівлі зазнали часткового руйнування, що призвело до виникнення в них тріщин по всіх фасадах; зовнішні та внутрішні поздовжні несучі стіни мають наскрізні вертикальні тріщини та тріщини під кутом до вертикалі (рис. 2);
- під час огляду підвального приміщення виявлено, що комунікації водовідведення протікають і в підвалі є вода;
- у підвалі виявлені просідання та тріщини у фундаментних блоках;
- навколо будівлі немає вимощення, що дає змогу воді природних опадів замочувати ґрунти – основи фундаменту;
- плити перекриття підвалу мають силові пошкодження (поперечні тріщини всередині прольоту), відколювання бетону та тріщини вздовж робочої поздовжньої арматури, що свідчить про її корозію (рис. 3);
- цегляні вставки між бетонними фундаментними блоками внаслідок високої вологості суттєво пошкоджені;
- між плитами перекриття у квартирах першого-дев'ятого поверхів виявлені тріщини у швах з тенденцією зменшення їх на вищих поверхах (рис. 4);

- тріщини з перекриттів у квартирах переходять на несучі стіни та перегородки (рис. 4).



Рис. 2. Тріщини в несучій зовнішній стіні будівлі





Рис. 3. Тріщини у плитах перекриття над підвалом



Рис. 4. Тріщини у швах плит перекриття, що переходять на стіни

За результатами візуального обстеження будівлі встановлено, що руйнування частини будинку спричинене просіданням фундаментів унаслідок замокання основ під ними, на що вказує характер тріщин у стінах, фундаментах та перекриттях (після ремонту водопровідної системи у підвалі будинку та припинення замокання ґрунту основи просідання фундаментів припинилося, про що свідчили маяки, встановлені на стінах). Було прийнято рішення, що для унеможливлення подальшого просідання необхідно вжити заходів із недопущення замокання ґрунтів, виконати інженерно-геологічні вишукування ґрунтів до відмітки -18,0 м від рівня землі.

Міцність (марку) цегли та розчину визначали безпосередньо в будівлі приладом ОНИКС-2.5, вимірювання виконували на всіх поверхах у несучих стінах (простінках) у 136 точках. За результатами інструментальних вимірювань марка керамічної цегли стін становила М100, марка цементно-піщаного розчину кладки – М75.

Інженерно-геологічні вишукування показали, що до глибини тринадцять метрів ґрунти перебувають у текучо-пластичному стані, а нижче, до глибини вісімнадцять метрів, у м'яко-пластичному. Ґрунтова вода на момент вишукувань виявлена на глибині 7,4-7,1 м.

Аналіз даних інженерно-геологічних умов і різних можливих методів закріплення основ і підсилення фундаментів (влаштування буроін'єкційних паль під фундаменти, закріплення основ різними хімічними методами) показав, що найдоцільнішим методом у таких умовах є закріплення основи електрогазосилікатизацією, оскільки, як показали лабораторні дослідження відібраних із двох шурфів шести монолітів ґрунту, основою під подошвою фундаментів є супісок пластичний з  $I_L = 0,86$ , товщиною 4,3-4,5 м, що має низьку водопроникність (коефіцієнт фільтрації  $k_f = 0,1 - 0,14$  м/добу). Цей факт ускладнює процес проникання рідкого скла в товщу ґрунту.

Сутність методу електрогазосилікатизації полягає в тому, що через занурені у ґрунт ін'єктори подається невеликим тиском (0,05-0,2 МПа) вуглекислий газ, після чого – розчин силікату натрію з одночасною подачею постійного електричного струму. Після пропускання необхідної кількості розчину силікату натрію повторно подається вуглекислий газ. Попередня обробка ґрунту вуглекислим газом сприяє рівномірнішому розподіленню розчину рідкого скла в результаті самовакуумування, що виникло внаслідок активного поглинання силікатним розчином вуглекислого газу. За повторного нагнітання вуглекислого газу відбувається остаточне твердіння силікатного розчину в порах ґрунту. Відбувається також нейтралізація лугу вуглекислим газом, що збільшує модуль силікату натрію і покращує закріплення ґрунту. Пропускання електричного струму під час нагнітання розчину сприяє прискоренню просування розчину в порах, спричинює зневоднення й агрегацію частинок ґрунту, а також утворення у ґрунті гелю кремнієвої кислоти, від чого ґрунт набуває водотривкості й додаткової міцності.

Крім закріплення основ під подошвою фундаментів були розроблені і впроваджені заходи з посилення міжвіконних простінків зовнішніх несучих стін першого-третього поверхів сталлюю обіймою, закріплені зовнішні та внутрішні несучі стіни арматурними тяжами (див. рис. 5). Пошкоджені залізобетонні багатопустотні плити перекриття підвалу підсилювали

композитною стрічкою Sika CarboDur S-512, яка приклеюється в нижній розтягнутій зоні конструкцій по всій довжині прольоту та анкерується на припорних ділянках однонаправленим полотном Sika Wrap. Цегляні вставки у стінах підвалу, а також кладка простінків перед посиленням, були просочені рідиною, що посилює міцність матеріалів кам'яної кладки, а згодом оштукатурені.



Рис. 5. Тріщини у швах плит перекриття, що переходять на стіни

Окрім зазначених робіт із підсилення ґрунтів та несучих конструкцій будівлі рекомендувалося замовнику замінити внутрішні аварійні комунікації, відновити вимощення по зовнішньому периметру будівлі, розпланувати поверхню тротуару та землі для швидкого відведення води від будинку, а також утеплити зовнішні стіни відповідно до наявних нормативних вимог.

**Висновки.** До аварійного стану багатоповерхового житлового будинку призвело просідання основ та фундаментів унаслідок зволоження ґрунтів під будівлею. Для можливості подальшої безпечної експлуатації будівлі

рекомендовані та здійснені роботи зі закріплення основ фундаментів, несучих конструкцій будинку.

#### **Бібліографічний список**

1. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – С. 99.
2. ДБН В.1.2-1-95 Положення про розслідування причин аварій (обвалень) будівель, споруд, їх частин та конструктивних елементів. – К. : Мінрегіонбуд України, 1995.
3. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009.
4. ДБН В.2.6-162:2010 Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010.

#### **Караван В. Обстеження та підсилення аварійної дев'ятиповерхової житлової будівлі по вул. Даньшина, 52 у м. Луцьку**

Наведені результати обстеження цегляної дев'ятиповерхової житлової будівлі в аварійному стані, проаналізовано причини аварійного стану, подано рекомендації з усунення наслідків.

**Ключові слова:** залізобетон, тріщина, цегла, розчин, стіна, перекриття, простінок.

#### **Karavan V. Evaluation and strengthening of emergency 9-storey residential building located on the street Danshina, 52 in Lutsk**

The results of the survey brick 9-storey residential building in an emergency state, analyzed the causes of the state of emergency, recommendations for elimination of the consequences.

**Key words:** reinforced concrete, crack, brick, mortar, wall, ceiling, partition.

#### **Караван В. Обследование и усиление аварийного девятиэтажного жилого дома по ул. Даньшина, 52 в г. Луцк**

Приведены результаты обследования кирпичного девятиэтажного жилого здания в аварийном состоянии, проанализированы причины аварийного состояния, даны рекомендации по устранению последствий.

**Ключевые слова:** железобетон, трещина, кирпич, раствор, стена, перекрытие, простенок.

УДК 624.012. 035

**ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ  
ЕЛЕМЕНТІВ НА ДІЛЯНКАХ ДІЇ МАКСИМАЛЬНИХ  
ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ**

*А. Мазурак, к. т. н., І. Ковалик, асистент, В. Артеменко, к. т. н.,  
В. Михайлечко, старший викладач  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Повсякденне використання бетону й залізобетону практично в усіх сферах життєдіяльності призводить до часткового або повного пошкодження конструкцій. Відповідно, для забезпечення належної експлуатації виникає потреба у відновленні й підсиленні залізобетонних конструкцій. Величезний спектр конструкцій з їх різноманітними конструктивними схемами обумовлюють використання різних способів підсилення. Методи підсилення залізобетонних конструкцій предметно описані в літературних джерелах і успішно застосовують у будівництві [1 – 4].

Підсилення залізобетонних елементів без зміни конструктивної схеми відбувається переважно збільшенням поперечного перерізу, додаткового нарощування шарів залізобетону.

Усі конструкції, які використовують у будівництві, сприймають поперечну силу. У більшості конструкцій розрахунки на сприйняття поперечної сили є основними під час прийняття геометричних розмірів, поперечного та поздовжнього армування, хоча проблема опору дії поперечних сил досі залишається невирішеною. Невирішення цієї проблеми авторитетні дослідники із залізобетону пояснюють складністю напружено-деформованого стану, на ділянках одночасної дії поперечної сили і згинального моменту. Відсутність надійної теорії міцності бетону не дає змоги підвести під вирішення такої проблеми теоретичну базу, чим обґрунтовується переважно експериментальний характер досліджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Несуча здатність залізобетонних перерізів, похилих до поздовжньої осі, є однією з актуальних проблем теорії залізобетону. Дослідження залізобетонних конструкцій було представлено у працях Є.М. Бабича, А.Я. Барашикова, З.Я. Бліхарського, С. В. Бондаренка, О. І. Валовой, О. Б. Голишева, О. Ю. Єрмоєнка, Є. Ф. Лисенко, Г. А. Молодченко, Л. А. Мурашко, Й. П. Новаторського, Р. С. Санжаровського, Г.Н. Хайдукова, О.Л. Шагіна та ін. [1–6]. На основі їхніх досліджень були розроблені ефективні конструктивні рішення з

підсилення залізобетонних конструкцій та запропоновані методи розрахунку.

**Постановка завдання.** Завдання нашого дослідження – оцінка деформативності підсилених залізобетонних балкових елементів на ділянках дії максимальних поперечних сил, виконання експериментальних досліджень і проведення аналізу деформативності теоретико-експериментальних досліджень підсилених залізобетонних балок.

**Виклад основного матеріалу.** Проведення експериментальних досліджень виконували на основі трьох серій дослідних зразків загальною кількістю 14 штук.

Перша серія складалася з двох непідсилених залізобетонних зразків (Б-1-1, Б-1-2) та двох зразків, які піддавалися підсиленню (Б-1-3П, Б-1-4П), підсилені звичайним бетоном із металевими анкерами. Армування головних балок проводили плоскими арматурними каркасами з робочою поздовжньою арматурою Ø22 А400С, верхньою арматурою Ø10 А400С, та поперечною Ø6 А240С. Підсилення виконували металевим каркасом з поздовжньою робочою арматурою Ø12 А400С, верхньою арматурою Ø6 А240С та поперечною Ø6 А240С. Міцність бетону дослідних балок становила  $f_{ck} = 19,08$  МПа, бетон підсилення  $f_{ck} = 17,95$  МПа.

Друга серія складалася з одного непідсиленого залізобетонного зразка (Б-2-1) та шести зразків, які піддавалися підсиленню. Із них два зразки (Б-2-2ПБ<sub>А</sub>, Б-2-3ПБ<sub>А</sub>) підсилені звичайним бетоном та металевими анкерами (А – анкери Ø5 мм), зразки (Б-2-4ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-2-5ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-2-6ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-2-7ПТ<sub>А,Г</sub>) підсилення торкретуванням із використанням адгезійного ґрунтування (Г – адгезійне ґрунтування SB – Haftemulsion) та металевих об'єднувальних анкерів. Міцність бетону дослідних балок становила  $f_{ck} = 27,74$  МПа, бетон підсилення  $f_{ck} = 19,5$  МПа, та торкретбетон підсилення  $f_{ck} = 31,00$  МПа.

Третя серія зразків складалася з одного непідсиленого залізобетонного зразка (Б-3-1) та двох зразків, які піддавалися підсиленню. Із них два зразки (Б-3-2ПТ<sub>А,Г</sub>, Б-3-3ПТ<sub>А,Г</sub>) підсилені «сорочкою» методом торкретування. В усіх випадках підсилення використано адгезійне ґрунтування Koster SB – Haftemulsion та металеві об'єднувальні анкери. Міцність бетону дослідних балок становила  $f_{ck} = 20,48$  МПа, бетон підсилення -  $f_{ck} = 19,9$  МПа.

Дослідження залізобетонних балкових елементів полягало у визначенні деформативності похилих перерізів непідсилених балок та балок із підсиленням зосередженим навантаженням, за кроку завантаження, що дорівнював  $1/10$  від руйнівного розрахункового навантаження із прикладанням до нього механічного навантаження гідравлічним домкратом потужністю 250 кН. Зразки були запроєктовані так, щоб руйнування відбувалося по втраті несучої здатності похилих перерізів із плечем

прикладання сили ( $a = 350$  мм). Контрольними значеннями для наступних підсилених зразків слугували покази, отримані під час визначення несучої здатності на границі текучості непідсилених балок, яка становить 0,78-0,82 від руйнівного.

Деформації бетону у зразках під час визначення похилих перерізів вимірювали за допомогою мікроіндикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм, на металевих фіксаторах. Мікроіндикатори закріплювали у вертикальному положенні та з кутом нахилу  $45^\circ$ , що давало змогу отримувати розширену картину деформацій бетону за збільшення похилої тріщини на всіх рівнях грані перерізу (рис. 1).

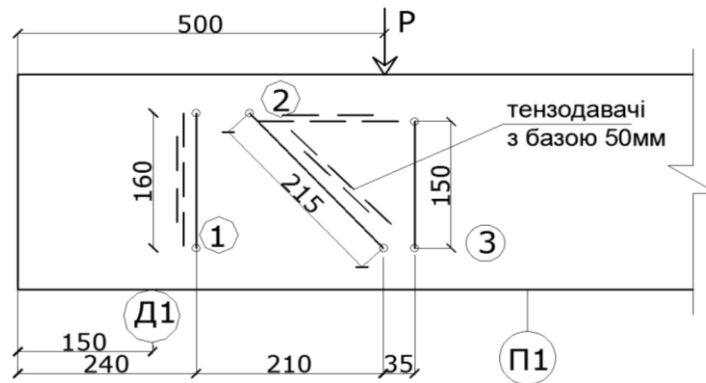


Рис. 1. Схема розміщення мікроіндикаторів на дослідних балках під час визначення деформацій: 1, 2, 3 – мікроіндикатори; Д-1 – динамометр; П - 1 – прогономіри

Додатково на бетонну поверхню наклеювали тензорезистори з базою виміру 50 мм суцільним.

Покази тензорезисторів знімали за допомогою електронного вимірювача деформацій АИД-4М та комутуючого пристрою.

У процесі збільшення навантаження розтягувальні зусилля в бетоні досягають критичного значення і з'являються нормальні тріщини біля найбільш розтягнутої грані бетону. Цей момент визначає перехід до другої групи напружено-деформованого стану. Як результат, порушується однорідність стану бетону за довжиною зрізу. У нормальних перерізах, які розміщені між тріщинами, і в перерізах із тріщинами напружено-деформований стан бетону різний.

За експериментального визначення моменту тріщиноутворення, використовували як візуальні спостереження, так і покази вимірювальних приладів. Моменти тріщиноутворення визначали за графіками прогинів, на яких відхилення від прямолінійності вказує на те, що з'явилася тріщина.

Фіксування навантажень, за яких візуально спостерігається поява тріщин у балках, дає змогу визначити дослідний момент тріщиноутворення.

Процес подальшого завантаження за опорних ділянок приводить до утворення похилих тріщин, які виникають за значних кількісних та якісних змін напружено-деформованого стану елемента загалом, бетону, поздовжньої й поперечної арматури зокрема. Похилі тріщини у процесі розвитку зумовлюють перерозподіл деформацій бетону за висотою й довжиною елемента.

Коли елемент перестає опиратися впливові зовнішнього навантаження за зростання похилих тріщин, завершується стадія напружено-деформованого стану, елемент переходить у стадію руйнування.

Проведені дослідження отримані експериментальним шляхом. Порівнявши їх із розрахунковими значеннями, які показані в таблиці, можна дійти висновку, що теоретичні та експериментальні значення мають задовільну збіжність результатів, максимальна розбіжність спостерігається у зразку Б-3-2ПТ<sub>А,Г</sub> – 8 %. Перевірка деформаційної моделі для розрахунку залізобетонних балок із визначення прогинів підтверджується надійною збіжністю значень, яку приймали на рівні 0,8 від руйнівного зусилля.

Таблиця

#### Результати прогинів експериментальних балкових зразків

Шифр балок	Експериментальні значення прогину за 0,8 V, см	Теоретичне значення прогину за 0,8 V, см	$\frac{\text{Теор-Екс}}{\text{Теор}}$ , %
І серія			
Б-1-1	0,49	0,505	3 %
Б-1-2	0,485	0,505	4 %
Б-1-3П <sub>А</sub>	0,76	0,785	3 %
Б-1-4П <sub>А</sub>	0,77	0,785	2 %
ІІ серія			
Б-2-1	0,894	0,91	2 %
Б-2-2ПБ <sub>А</sub>	0,92	0,945	3 %
Б-2-3ПБ <sub>А</sub>	0,915	0,95	4 %
Б-2-4ПТ <sub>А,Г</sub>	0,917	0,95	4 %
Б-2-5ПТ <sub>А,Г</sub>	0,92	0,938	2 %
Б-2-6ПТ <sub>А,Г</sub>	0,921	0,946	3 %
Б-2-7ПТ <sub>А,Г</sub>	0,919	0,935	2 %
ІІІ серія			
Б-3-1	0,81	0,87	7 %
Б-3-2ПТ <sub>А,Г</sub>	0,97	1,05	8 %
Б-3-3ПТ <sub>А,Г</sub>	0,965	1,04	7 %



Графіки прогинів експериментальних зразків звичайної Б-2-1 та підсиленої балок Б-2-2ПБ<sub>А</sub>, (рис. 2, 3, 4) показують збіжність показів, отриманих теоретичним та експериментальним шляхом, за допомогою яких можливий опис прогинів залізобетонних балкових конструкцій за підсилення.



Рис. 2. Прогини експериментальної балки Б-2-1

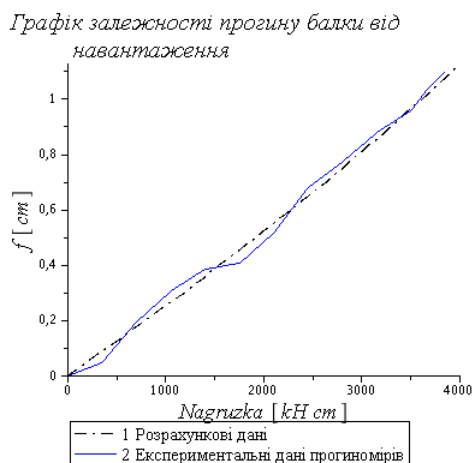


Рис. 3. Прогини експериментальної балки Б-3-2ПТ<sub>А,Г</sub>

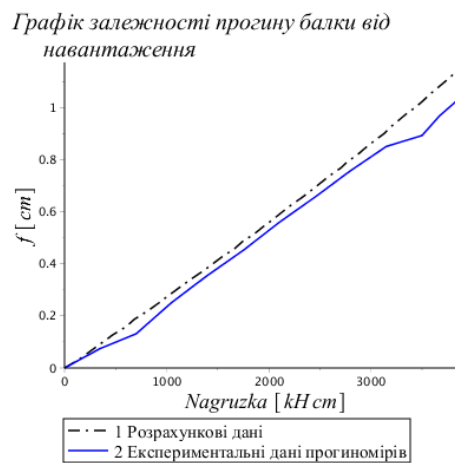


Рис. 4. Прогини експериментальної балки Б-2-2ПБ<sub>А</sub>

**Висновки.** На основі експериментальних досліджень деформативності дослідних зразків, які піддавалися зосередженим зусиллям у приопорних ділянках, спостерігається розбіжність між теоретичними значеннями за новим ДБН В.2.6.-98:2009 над реальними значеннями, отриманими під час випробування дослідних зразків у межах 2-8 %.

На нашу думку, проблеми деформативності похилих перерізів потрібно вивчати із різними способами підсилення конструкцій приопорної зони.

#### **Бібліографічний список**

1. Бабич Є. М. Методика випробування підсиленних за похилими перерізами згинальних залізобетонних елементів при малоциклових навантаженнях високого рівня / Є. М. Бабич, С. В. Мельник // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону : міжвід. наук.-техн. зб. – К. : ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74, кн. 1. – С. 172–179.
2. Барашиков А. Я. Експериментальні дослідження згинаних залізобетонних елементів, підсиленних різними способами / А. Я. Барашиков, О. П. Сумак, Б. А. Боярчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівель і споруд : зб. наук. пр. – Рівне : РДТУ, 2000. – № 5. – С. 294–297.
3. Міцність та деформативність залізобетонних балок, підсиленних після впливу агресивного середовища / З. Я. Бліхарський, Р. В. Вашкевич, Р. Є. Хміль та ін. // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону : Міжвід. наук.-техн. зб. – К. : ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74, кн. 2. – С. 28–35.
4. Гольшев А. Б. Проектирование усиленных железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений / А. Б. Гольшев, И. Н. Ткаченко. – К. : Логос, 2001. – 172 с.
5. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б В.2.6-156:2010. – [Чинний від 2011-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 116 с. – (Національний стандарт України).
6. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми України).

#### **Мазурак А., Ковалик І., Артеменко В., Михайлечко В. Деформативність підсиленних залізобетонних елементів на ділянках дії максимальних поперечних сил**

Запропоновано теоретичну та експериментальну оцінки деформативності перерізів залізобетонних елементів, похилих до поздовжньої осі.

**Ключові слова:** прогини балки, деформації, підсилення балки.

#### **Mazurak A., Kovalyk I., Artemenko V., Mihaylechko V. Deformation of increase reinforce-concrete elements on areas of action of maximal transversal forces**

In the article the theoretical and experimental estimation deformations cuts of reinforce concrete elements, sloping is offered to the longitudinal axis

**Key words:** bending of beam, deformations, strengthening reinforce-concrete beam.

**Мазурак А., Ковалык И., Артеменко В., Мыхайлечко В.**  
**Деформативность усиленных железобетонных элементов на участках действия максимальных поперечных сил**

Предложена теоретическая и экспериментальная оценка деформативности перерезов железобетонных элементов, наклонных к продольной оси.

**Ключевые слова:** прогибы балки, деформации, усиления балки.

624.012.35

**THE USAGE OF TECHNOLOGICAL RESIDUES OF STEEL SHEET PRODUCTS AS A WORK SHEET ARMATURE OF CONCRETE STRUCTURES**

*R. Shmyh*

*Lviv National Agrarian University*

**Formulation of the problem.** During the economic crisis, the use of technological remnants of building materials in the production of new building designs is essential and economically justified.

The increasing number of the residual metallic flat products and eventually of scrap in the processing enterprises of Ukraine has a negative environmental impact on the environment. Therefore, prudent and rational use of residues, on the one hand, will reduce environmental problems, and on the other – will let to use effectively the technology remains in the building industry for the production of new building designs.

According to the nationwide construction Internet portal [10] the cost of 1 ton of flat products lies in the range of 15050-21450 UAH depending on the region of Ukraine. The market price of technology balances sheet products is estimated at 3400-3800 USD per 1 ton. Consequently, the cost savings of 1 ton are almost – 65-80%. Therefore, it is clear that the use of such materials in the manufacture of new building designs has sufficient reasonable economic feasibility.

**Analysis of recent research and publications.** Metal cutting is one of the main procurement processes of metal on metal enterprises. The method of

chopping or cutting metal is determined to depend on a variety of rental and customer requirements. However, in the industrial practice, the most popular methods of sheet metal cutting are the following:

- plasmic – is performed by using local melting, followed by partial burning and blowing particles of metal under the influence of weld flow gas mixture at a temperature of 15000-20000 degrees;
- laser – the material is melted by using a laser beam;
- gaseous – the metal melting process is organised by using a special gas stream cutting machines;
- guillotine – the separation of the finished element from the whole sheet is executed by using a sharp blow of the upper movable guillotine blade on the lower part of the stationary guillotine.

The abovementioned methods of metal sheet cutting by using previous laying-out of special computer programs makes it possible to reduce the percentage of the waste products.

However, according to the data provided by steel mills and processing plants, after the steel sheet processing, especially in the process of cutting, there still remains about 4-6% of process residues.

These technological balances of sheet reinforcement can still be successfully used, such as working sheet reinforcement in the manufacture of concrete structures.

**Presenting of main material.** For the manufacturing of the reinforced concrete beam structures with external sheet (tape) reinforcement – concrete, corrugated and smooth pivotal fixtures, flat sheet and corrugated steel, corrugated flooring and expanded metal sheet are usually used (Fig. 1) [2; 3].

Such constructions have a number of advantages over traditional reinforced concrete structures with reinforcement core, namely:

- constructive resolution of the cross-section of the reinforced concrete bending elements with external reinforcement allows to reduce the height of sectional elements by providing strength and rigidity of these constructions;
- significant savings of the metal are achieved by using the external metal reinforcement;

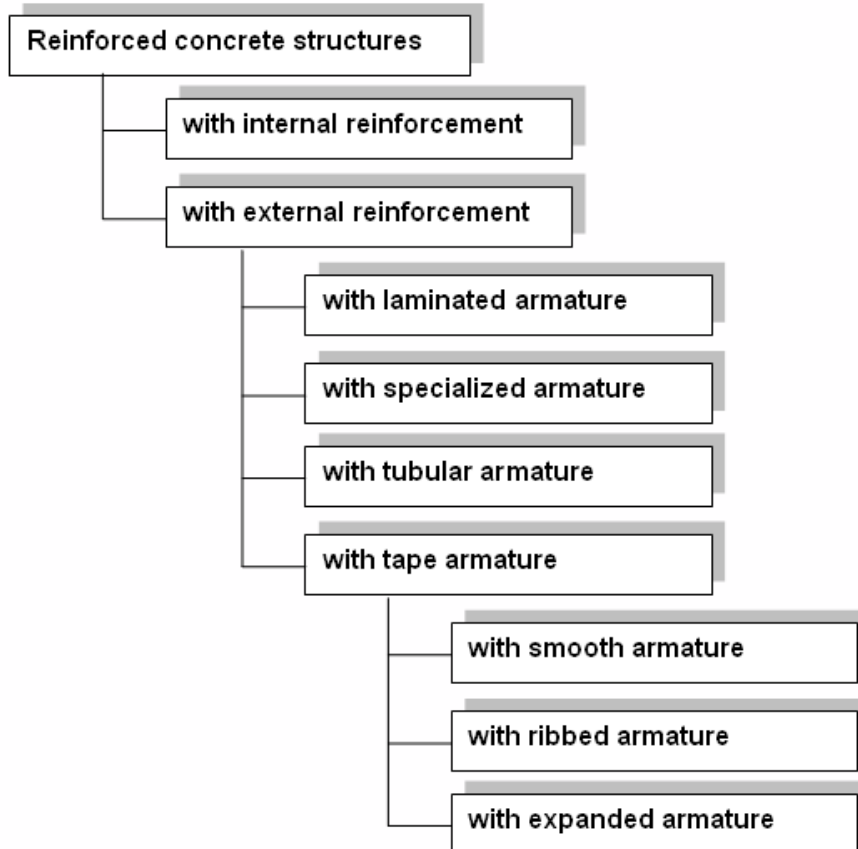


Fig. 1. Classification of concrete structures with external reinforcement

- the need for multi placing reinforcement of rods is eliminated, which greatly simplifies the technology of making structures;
- easier insertion of concrete mix and its vibration;
- simplified amplification of concrete elements and increasing of the payload, which is important in the reconstruction of production;
- the need for placing additional embedded parts for fixing elements of the skeleton of the building, wall, fences, and various process equipment is eliminated;
- there is a possibility of using tape or sheet reinforcement as part of the formwork;
- the manufacturing of structures that provide biological protection against different kinds of radiation, which is important for nuclear power plants, and structures that are impermeable to liquids and gases becomes possible;

- the use of reinforced concrete structures with external reinforcement extends the scope of their usage;
- crack toughness of bending elements of the external reinforcement is higher, the emergence and development of cracks in the tension zone during the operation has not such significant value, as during the operation of the reinforced one;
- further usage of tape fixtures with designs that went out of whack is possible.

Taking into account the abovementioned benefits the concrete structures with sheet reinforcement can be used in industrial, civil, agricultural and special construction.

For more than 60 years in the National University “Lviv Polytechnic” and Lviv National Agrarian University experimental and theoretical studies of reinforced concrete structures reinforced by external sheet reinforcement are conducting (Fig. 2) [1; 4-9].

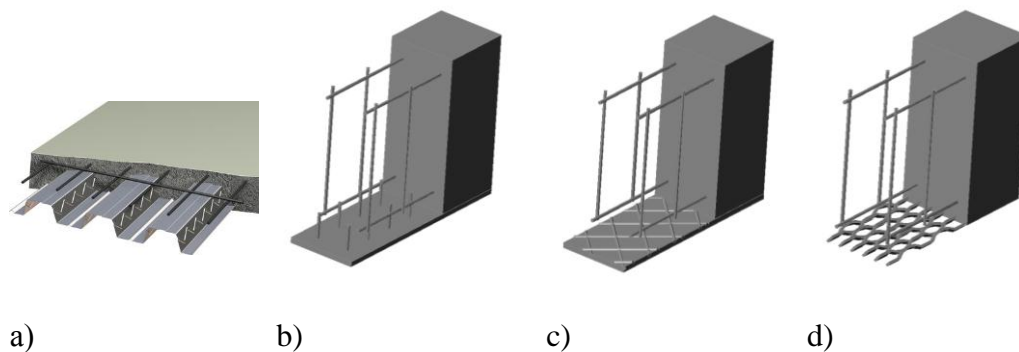


Fig. 2. Application of reinforcement sheet as working one in the reinforced concrete structures: a) profiled flooring; b) smooth sheet fittings with short anchor rods; c) corrugated sheet fittings; d) expanded metal sheet

Numerous experimental and theoretical study of the reinforced concrete beam and plate samples – reinforced by outer sheet and tape reinforcement, demonstrated that such structures under external load force are absolutely reliable and have high strength characteristics [4-9].

**Conclusions.** The usage of rolled steel sheet residues as working sheet reinforcement concrete structures will reduce the amount of scrap located in plants, will improve environmental condition and save money on processing of the scrap in the near future; will decrease the cost of new building constructions by 65-80%.

## References

1. Воронков Р. В. Железобетонные конструкции с листовой арматурой / Р. В. Воронков. – Л. : Стройиздат, Ленинград. отд.-ние, 1975. – 144 с.
2. Листы стальные просечно-вытяжные. Технические условия : ГОСТ 8706-78. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
3. Листы стальные с ромбическим и чечевичным рифлением. Технические условия : ГОСТ 8568-77. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 8 с.
4. Клименко Ф. Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Ф. Е. Клименко. – К. : Будівельник, 1984. – 88 с.
5. Клименко Ф. Е. Листовая арматура периодического профиля для железобетонных конструкций с внешним армированием / Ф. Е. Клименко, В. М. Барабаш // Бетон и железобетон. – 1977. – № 6. – С. 16 – 22.
6. Фамуляк Ю. Є. Міцність сталебетонних балок з торцевими анкерами в зоні дії поперечних сил / Фамуляк Ю. Є., Клименко Ф. Є., Барабаш В. М. – Львів : Львів. держ. аграр. ун-т, 2006. – 117 с.
7. Фабрика Ю. М. Міцність і деформативність сталезалізобетонних балкових конструкцій / Ю. М. Фабрика, Ф. Є. Клименко, Р. А. Шмиг. – Львів : Априорі, 2007. – 136 с.
8. Шевчук С. Г. Несуча здатність та деформативність сталебетонних перекриттів / С. Г. Шевчук, В. В. Білозір, Р. А. Шмиг. – Львів : Ліга-Прес, 2010. – 117 с.
9. Пат. на корисну модель u2011 08752 МПК E04C 5/02(2006.01). Армований сталебетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П. ; заявник і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69028; заявл. 12.07.2011 ; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.
10. [www.ibud.ua](http://www.ibud.ua). [Electronic resource].

### **Шмиг Р. Використання технологічних залишків листового прокату як робочого листа арматури залізобетонних конструкцій**

На переробних підприємствах нагромаджуються технологічні залишки сталевих листових прокатів, який можна використати як робочу листову чи стрічкову арматуру в залізобетонних конструкціях. Проведені численні експериментально-теоретичні дослідження показали, що такі конструкції абсолютно надійні, мають багато переваг та з успіхом можуть використовуватися у промисловому, спеціальному й сільськогосподарському будівництві.

**Ключові слова:** технологічні залишки, листові арматури, балка, бетон.

### **Shmyh R. The usage of technological residues of steel sheet products as a work sheet armature of concrete structures**

As a rule, technological remnants of steel sheet products accumulate in processing plants, and these leavings can be used as a work sheet or tape reinforcement in reinforced concrete structures. Numerous experimental and

theoretical studies have shown that these designs are absolutely reliable, have many advantages and can be successfully used in industrial, agricultural and special construction.

**Key words:** technological residues, sheet armature, beam, concrete.

УДК 624.94

## **ВИКОРИСТАННЯ ЛЕГКИХ СТАЛЕВИХ ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ**

*Т. Райхенбах, к.н. з держ.упр., С. Безрука, магістр  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Питання застосування технології легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК) дедалі ширше застосовують в Україні. На сьогодні недостатньо уваги приділяється вивченню такого типу конструкцій вітчизняними дослідниками, майже відсутня нормативна база для цього типу конструкцій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемі застосування ЛСТК у сучасному будівництві присвячено, на жаль, небагато праць. Було опрацьовано матеріали, документи та закони України стосовно використання ЛСТК у будівництві й матеріали із закордонного досвіду.

**Постановка завдання.** Завдання нашого дослідження – аналіз сучасного стану справ у будівництві в контексті використання легких сталевих тонкостінних конструкцій.

**Виклад основного матеріалу.** Динамічний розвиток науки й техніки прогнозує в будівництві використання нових матеріалів та технологій, а саме монтаж малоповерхових житлових будинків, громадських та промислових будівель із легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК) [4].

Можна окреслити такі сфери застосування ЛСТК, як: будівництво огорожувальних конструкцій за зведення багатоповерхових будівель, будівництво малоповерхових будинків (котеджі, таунхауси) і підсобних будов (гаражі, навіси тощо), будівництво міжповерхових і горищних перекриттів, мансардних поверхів, складських приміщень, магазинів, гаражів, встановлення вентилярованих фасадів, будівництво офісних будівель, зведення збірно-розбірних і швидкокомтованих будівель (споруд), виконання надбудов наявних будівель.

На Заході конструкції такого типу все більше набувають популярності, оскільки мають низку переваг. Ці будівлі швидкі в монтажі, не потребують великої кількості робітників та наявності важкої техніки, економія – 10-15 %



на оздоблювальних та будівельних матеріалах, а завдяки технології ЛСТК економність сталі становить 25-50%. Щоправда, відсутність нормативної бази не дає змоги широко застосовувати їх на практиці в нашій державі [5].

Технологія ЛСТК – альтернатива дерев'яному каркасному будівництву і розроблена з метою здешевлення і прискорення процесу монтажу малоповерхових будинків. Будівельні елементи з ЛСТК застосовують як несучі конструкції або в комбінації з традиційними технологіями будівництва будівель із стандартних будівельних матеріалів: дерево, метал, цегла, залізобетон.

У практиці будівництва зарубіжних країн є досвід зведення будівель із ЛСТК висотою в шість поверхів [1]. Рівень розвитку та вивченості такого типу конструкцій в Україні на сьогодні дає змогу говорити про доцільність будівництва лише об'єктів заввишки до трьох поверхів. При цьому можливе також улаштування підвального або цокольного поверхів із ЛСТК як несучих конструкцій. Переваги застосування таких конструкцій проявляються майже на всіх етапах зведення. Через незначну власну вагу вони не потребують масивних фундаментів, що дає змогу зменшити обсяги робіт з їх улаштування. Застосовують окремі, стрічкові або плитні фундаменти неглибокого закладання. Елементи каркаса будівлі можуть доставлятися на будівельний майданчик як у вигляді окремих профілів, так і великими елементами (стіновими панелями, фермами тощо), попередньо зібраними на потужностях виробника. Практика показує, що зручність у перевезенні та мала вага елементів конструкцій дають змогу істотно зменшити транспортні затрати порівняно з традиційними будівельними матеріалами. Для монтажу таких будівель достатньо бригади з кількох робітників, що дає змогу зменшити витрати на оплату праці. Монтаж каркаса проводиться залежно від обраного проектного рішення за допомогою самонарізних гвинтів, болтів або спеціальних з'єднань. Завдяки малій вазі конструкцій можна обходитися без застосування важких вантажопідйомних машин та механізмів. Монтаж можна здійснювати у будь-якої пори року [3; 6].

Тепловий захист зовнішніх стін будівлі забезпечується завдяки розміщенню ефективних утеплювачів у площині каркаса, влаштуванню повітряних прошарків тощо. Можливе також використання так званих термопрофілів, які виготовляють нарізуванням просічок у стінці профілю. При цьому забезпечується високий рівень теплозахисту за відносно невеликої товщини огороджувальних конструкцій, що забезпечує істотну економію коштів на утеплення й опалення будинку. Важливим чинником є ще те, що будівля не просідає у процесі зведення. Це дає змогу проводити внутрішнє й зовнішнє оздоблення безпосередньо після монтажу несучого каркаса [2].

Порівняно велика стійкість до динамічних і сейсмічних навантажень дає змогу зводити будівлі з ЛСТК у районах із рівнем сейсмічності до семи балів. Істотну увагу під час проектування варто приділяти питанню пожежної безпеки таких конструкцій, яка забезпечується зокрема завдяки виконанню внутрішнього оздоблення приміщень двома шарами гіпсокартону.

Неабиякою перевагою є мобільність таких будинків: за потреби їх можна розібрати, перевезти на нове місце й заново зібрати з відносно невеликими затратами, що складно уявити у разі будівництва з цегли або монолітного залізобетону. Довговічність таких будинків визначається терміном експлуатації тонкостінних профілів каркаса та становить від 35 до 100 років. Вартість будівництва зменшується порівняно із традиційними методами будівництва на 10 – 50%, причому в разі масового будівництва (котеджні містечка, великі об'єкти) загальна вартість може зменшуватися ще приблизно на 20%. Економія в будівництві з ЛСТК проявляється як у зниженні вартості матеріалів несучих конструкцій, так і у зменшенні затрат на оплату праці робітників та скороченні термінів будівництва.

Легкі сталеві тонкостінні конструкції дедалі частіше застосовують у промисловому будівництві в Україні. Універсальність конструктивних вирішень виробничих будівель із застосуванням ЛСТК дає змогу використовувати одні й ті самі споруди за різним призначенням залежно від вимог власника. Завдяки простоті та швидкості монтажу-демонтажу можна відносно дешево розібрати будівлю, транспортувати на новий виробничий майданчик і зібрати, можливо, зі змінами в її конфігурації, що дає змогу ефективно використовувати такі будівлі як тимчасові склади, цехи, ангари тощо. Вони можуть бути опалюваними або неопалюваними, причому зовнішньою огорожувальною конструкцією може слугувати металевий профільований лист. Ефективним є застосування легких сталевих тонкостінних профілів та конструкцій у поєднанні з традиційними будівельними системами. Використовуючи ЛСТК, можна зменшувати постійні навантаження і полегшувати монтаж конструкцій, особливо в умовах обмеженого простору [7; 8].

Серед переваг можна виокремити: нечутливість металевих профілів до впливу біологічних чинників (шкідники, гниття деревини), машинобудівну точність виготовлення елементів конструкцій, відсутність деформацій конструкцій через зміну вологісного режиму, простіший і швидший монтаж конструкцій, полегшення контролю за якістю матеріалів та конструкцій тощо. Використання ЛСТК як несучих конструкцій перекриттів у поєднанні з легкою бетонною підлогою по профнастилу дає змогу знизити вагу конструкцій перекриттів, зменшити терміни будівництва тощо.

Використання в конструкціях ЛСТК термопрофілів дає змогу зменшити товщину зовнішньої стіни, а відтак – вивільнити додаткову площу приміщення та забезпечити необхідний рівень теплозахисту зі значно меншими затратами порівняно з традиційними конструктивними вирішеннями.

**Висновки.** Для успішного використання легких сталевих тонкостінних конструкцій в Україні потрібно вирішити низку проблем, серед яких – відсутність нормативної бази та загальноприйнятих методик розрахунку ЛСТК. Широке впровадження зазначених технологій дасть змогу істотно зменшити вартість, а також терміни будівництва приватного житла, громадських будівель, невеликих промислових об'єктів, складів. Технологія зведення систем, які швидко монтуються з легких сталевих тонкостінних профілів, дає змогу ефективніше використовувати матеріальні й трудові ресурси, знизити терміни окупності інвестиційних проектів, тому така технологія потребує подальших вивчення і впровадження у виробництво.

#### **Бібліографічний список**

1. Айрумян Э. Л. В будущее с ЛСТК / Э. Л. Айрумян // Металлические здания. – 2007. – № 3. – С. 26 – 29.
2. Билык С. И. Экспериментальное исследование конструкций, выполненных из гнутых тонкостенных профилей / С. И. Билык, И. Д. Белов, А. Б. Глитин // Эффективные конструкции, материалы и технологии в строительстве и архитектуре : сб. ст. междунар. конф. – Липецк : ЛГТУ, 2009. – С. 6 – 10.
3. Экспериментальные исследования поведения тонкостенных холодногнутох профилей под нагрузкой / Ю. И. Лагун, О. Н. Лешкевич, В.Е. Новиков, А. В. Чубрик // Современные металлические и деревянные конструкции (нормирование, проектирование и строительство) : сб. науч. тр. Междунар. симпоз., г. Брест, 15 – 18 июня 2009 г. – Брест : ОАО «Брестская типография», 2009. – С. 148 – 153.
4. Пічугін С. Ф. Застосування при новому будівництві легких систем, що швидко монтуються / С.Ф. Пічугін, В.О. Семко, Д.А. Прохоренко // Вісник Полтавського національного університету ім. Ю. Кондратюка. – 2010. – № 1. – С. 237.
5. Проект ДСТУ – Н Б А.2.2-XXX-200X. Настанова з проектування конструкцій будинків із застосуванням сталевих тонкостінних профілів. – К. : НДІБК, 2009. – 73 с.
6. Синявская О. Конференция «ЛСТК в гражданском строительстве» / О. Синявская // Металлические здания. – 2007. – № 4. – С. 6 – 7.
7. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. – М. : Стройиздат, 1990. – 97 с.
8. Gherzi A. Design of Metallic Cold-formed Thin-walled Members / A. Gherzi, R. Landolfo, F. Mazzolani. – New York : Spoon Press, 2002. – 174 p.

**Райхенбах Т., Безрука С. Використання легких сталевих тонкостінних конструкцій у сучасному будівництві**

Проаналізовано особливості застосування систем, які швидко монтується, на прикладі легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК) для будівництва малоповерхових житлових і громадських будинків, виробничих будівель універсального призначення та перспективи їх розвитку в Україні.

**Ключові слова:** легкі сталеві тонкостінні конструкції, нове будівництво, малоповерхове будівництво, будівля універсального призначення.

**Reichenbach T., Bezruka S. The use of light steel thin-walled structures in modern construction**

This article analyzes the features of the application systems quickly mounted, for example light steel thin-walled structures (walled) for the construction of low-rise residential and public buildings, industrial buildings for general purposes and prospects of development in Ukraine.

**Key words:** light steel thin design, new construction, Low-rise construction, the building of the universal destination.

**Райхенбах Т., Безрукая С. Использование легких стальных тонкостенных конструкций в современном строительстве**

Анализируются особенности применения систем, которые быстро монтируются, на примере легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) для строительства малоэтажных жилых и общественных зданий, производственных зданий универсального назначения и перспективы их развития в Украине.

**Ключевые слова:** легкие стальные тонкостенные конструкции, новое строительство, малоэтажное строительство, здание универсального назначения.

УДК 691.328

**ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВИМІРЮВАННЯ ПРОФІЛЮ ВІТРОВОГО ТИСКУ НА ВИСОТНИХ ОБ'ЄКТАХ**

*С. Лопатка, к. т. н.*

*Львівський національний аграрний університет,*

*Л. Яворська, викладач*

*Чернівецький коледж ЛНАУ*

**Постановка проблеми.** Дослідження присвячене одному питанню з широкого спектра проблем, що стоять перед сучасною будівельною наукою

всього світу – встановленню обґрунтованих показників для вітрового навантаження на будівельні конструкції великої висоти, без чого розрахунки таких конструкцій можуть здійснюватися лише на інтуїтивному рівні з великими необґрунтованими запасами. Підставою для проведення досліджень стали три основні чинники: поява практичних задач, пов'язаних із встановленням обладнання на нерозрахованих для нього наявних висотних конструкціях із великим ступенем зношення; необхідність перегляду положень чинних будівельних норм через появу нової інформації; наявність доступу до стратегічного обладнання для вивчення атмосфери, яке раніше використовували лише для забезпечення потреб авіації та міжнародних оперативних обмінів даними з метою глобального прогнозу погоди на різні терміни, й яке не пристосоване для проблем будівництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема впливу вітру на висотні будівельні конструкції стала предметом дослідження багатьох учених (праці Кінаша Р.І., Коваленко В.А., Перельмутера А.В., Прусова В.А., Пістуна Є.П., Бурнаєва О., Пічугіна С.Ф.). Проте питання про вертикальні профілі параметрів атмосфери для вивчення швидкісного напору вітру на висотні будівлі та споруди вивчене недостатньо [1–5].

**Постановка завдання.** Через своє географічне положення та у зв'язку з переважанням рівнинного рельєфу Україна є місцем перехрещення сфер впливу різноманітних повітряних мас, що робить її клімат складним та різноманітним, перетворюючи його в район інтенсивних атмосферних процесів, які визначають значну повторюваність небезпечних метеорологічних явищ. Саме тому, у зв'язку зі зростанням темпів будівництва і наявності великої кількості діючих висотних споруд, мостів, споруд складної конфігурації, повітряних ліній електропередач, наше завдання полягає у вивченні впливу вітрових навантажень на будівлі та споруди.

Профілі вітрового тиску на будівельні конструкції визначають вимірюванням швидкості вітру на різній висоті та апроксимації їх за наперед заданими формулами, прийнятими в СніП 2.01.07-85. Є різні методи та способи встановлення вертикальних профілів вітрового тиску на висотні споруди. Одним із таких є створення багатоканальної комп'ютерної системи, до якої входять давачі, розміщені вздовж споруди: в умовній точці “нуль”, у кількох проміжних місцях, та точці – максимум висоти.

Швидкість вітру визначали за допомогою трьох видів анемометрів – чашкового ручного, механічно-індукційного та пелюсткового.

Чашковий анемометр - високоточний прилад, який реєструє покази вітру протягом 2-10 хв. Прилад має шкалу, що реєструє кількість обертів протягом часу вимірювання. Поділом на число секунд вимірювання визначають кількість обертів за секунду. Швидкість вітру визначають за

графіком, що додається до приладу та періодично повіряється в ЦСМ. Окрім того, зручність вимірювань таким приладом полягає в можливості дистанційного ввімкнення і вимкнення пускового механізму, що забезпечує мобільність експерименту. Подібним до нього є пелюстковий анемометр, який має три шкали, що реєструють кількість обертів (від 0 до 100), кількість сотень і кількість тисяч обертів. Для визначення швидкості вітру знімають наявні покази на анемометрі та після 10 хв. вимірювань реєструють нові. Різниця між показами дає змогу за графіком визначити швидкість вітру.

Для отримання миттєвих показів швидкості вітру використовують магнітно-індукційний анемометр.

**Виклад основного матеріалу.** Для проведення досліджень було обрано дві висотні споруди у м. Львові – освітлювальну щоглу стадіону “Україна” та дзвіницю церкви Св. Покрови.

Кожна з обраних споруд характеризується дуже складними умовами рельєфу та особливістю оточення. Дослідження проводили двома циклами: зимовий та літній, що дало змогу отримати результати в різних погодних умовах.

Профіль вітрового тиску вимірювали у два заходи: реєстрували покази анемометра під час підйому на висотну споруду та під час спуску донизу з неї. Заміри вітру визначали у приземному шарі, періодично по ходу підйому та на максимальній висоті. Подвійні покази приладів усереднювали, що дало змогу визначити середню швидкість на обраній висоті.

*Профіль швидкості вітру на освітлювальній щоглі стадіону “Україна”*

Одним із висотних об’єктів для визначення профілю вітрового тиску було обрано освітлювальну щоглу стадіону “Україна”. Висота щогли сягає 40 м і поблизу неї немає висотної забудови. Проте рельєф місцевості, де розміщений обраний об’єкт, вкрай неоднорідний та гористий. Додаткові збурення вітрового потоку створює чаша стадіону. Дослідження проводили з 15:00 до 17:00 год. за температури 22 °С в сонячну вітряну погоду та з 15:00 до 17:00 за температури 10 °С у хмарну вітряну погоду. У процесі проведення експерименту було виявлено, що для освітлювальної щогли стадіону неможливо визначити точку “нуль”, що зумовлено особливостями довколишнього рельєфу. Тому було прийнято за умовну точку “нуль” край чаші стадіону.

Відповідно до чинних нормативних документів для опису вертикальних профілів середніх швидкостей вітру (без урахування турбулізації потоку) використовують ступеневий закон

$$v(z) = v_{\text{анем}} \left( \frac{z}{z_{\text{анем}}} \right)^\alpha, \quad (1)$$

де  $\alpha$  – показник, що вважається залежним від температурної стратифікації, шорсткості підстилаючої поверхні та швидкості вітру.

У будівельній літературі трапляється також логарифмічний закон зміни вітрового тиску з висотою (2):

$$v(z) = v_{\text{анем}} \left( \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{\text{анем}}}{z_0}\right)} \right), \quad (2)$$

де  $z_0$  – параметр шорсткості.

Параметр шорсткості у формулі (2) вважається зручним, оскільки має розмірність висоти пер

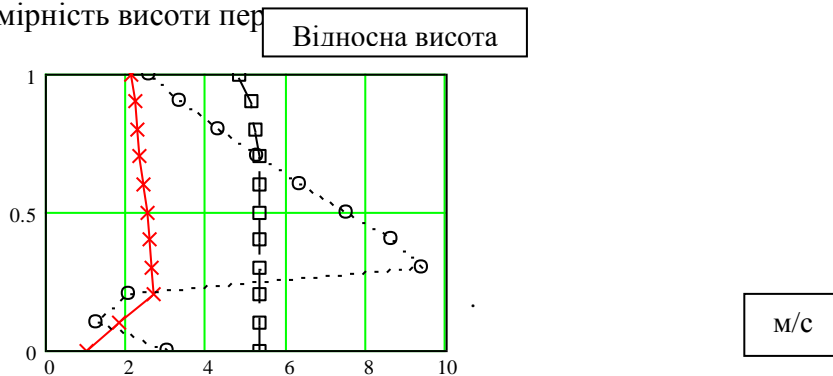


Рис. Деякі профілі швидкості вітру відносно висот різних споруд (+ - вежа стадіону; o – вежа стадіону в інший день обстеження; □ – вежа церкви Покрови)

Як видно з графіка (див. рис.) отриманих експериментальних даних, жоден із профілів не має характерного логарифмічного чи ступеневого закону зміни з висотою, як це рекомендують чинні будівельні норми.

Через відсутність достатньої кількості приладів неможливо здійснювати одночасні заміри на різних висотах, тому дослідження проводили з інтервалом 10 хв., обумовленим переходом між точками дослідження за висотою. Заміри вітру на освітлювальній щоглі на висоті 40 м проводили на відстані 1 м від споруди протягом двох або десяти хвилин. Було з'ясовано, що побудувати криву зміни швидкості вітру, подібну до поданої в СніП 2.01.07-85, практично неможливо, тому що потоки вітру, омиваючи чашу стадіону, змінюють швидкість і напрям. Отримані профілі вітрового тиску не збігаються з даними СніП 2.01.07-85, де визначено швидкість вітру в типових умовах.

*Профіль вітрового тиску на дзвіниці церкви Св. Покрови у Львові*

Дзвіниця церкви Св. Покрови у Львові є, на відміну від металевої повітропроникної споруди освітлювальної шогли стадіону “Україна”, монолітною цегляною вежею, стіни якої спричинюють додаткові збурення повітряного потоку. Умови рельєфу складні, у приземному шарі – гориста місцевість зі суцільною забудовою. Стіни будівель зумовлюють додаткове збурення вітрових потоків.

Фактично в зазначених умовах було проведено не виміри вітру у вільній атмосфері, а лише збурення вітру, що спричинене впливом споруди. Виміри за можливості проводили з чотирьох боків споруди з вікон та на балконі. Було застосовано дерев'яну планку завдовжки 2 м, в яку за допомогою гвинта закріплено чашковий анемометр. Швидкість вітру визначали протягом 10 хв., причому було застосовано різні прилади. Виявилось, що вони забезпечують приблизно однакові результати, крім магнітно-індукційного анемометра з більшим розкидом. У процесі експерименту також проводили заміри наскрізного вітру крізь отвори вежі.

Експериментальні дані реєстрували в лабораторному журналі в порядку надходження із зазначенням дати, часу, погодних умов, місця, висоти від “нуля” тощо.

**Висновки.** Існує щонайменше два способи контролю вітрових потоків за висотою споруди – встановлення численних давачів через певні проміжки та в різних місцях будівлі й вивчення параметрів повітря в атмосфері, не збуреній наявністю будівельної конструкції методом куль-пілотів чи радіозондів. Дослідження вітрових профілів проводили методом безпосереднього вимірювання вздовж споруди. Проаналізувавши отримані дані, було з'ясовано, що результати досліджень (а це істотний різнобій показів) уніфікувати неможливо.

Таке явище можна пояснити наявністю значної кількості висотних споруд у місті й особливостями гористого рельєфу, що зумовлюють істотні збурення вітрового потоку. Тому отримати достовірні дані й визначити за допомогою такого методу безпосередніх вимірювань дійсні профілі вітрового тиску на висотні споруди у місті Львові неможливо. Метод встановлення коефіцієнта  $\alpha$  зі СніП 2.01.07-85 для визначення вітрового профілю для м. Львова неприйнятний. Тому виникає потреба в пошуку іншого способу вимірювань швидкості вітру та визначення вертикальних профілів вітрового тиску з висотою. Перспективними є дистанційні вимірювання на віддаленні від висотних споруд, зокрема методом ракетно-димового зондування або куль-пілотів, що не потребує наявності поблизу жодних висотних споруд чи конструкцій. У процесі дослідження виникла



унікальна можливість скористатися регулярними аерологічними запусками радіозондів в атмосферу, які виконує Укрдержкомгідромет.

Подальші дослідження профілів вітрового тиску будуть проведені з урахуванням даних, отриманих методом куле-пілотного зондування з подальшою обробкою на спеціально створеному програмному забезпеченні.

#### **Бібліографічний список**

1. Барштейн М. Ф. Ветровая нагрузка на здания и сооружения / М. Ф. Барштейн // Строительная механика и расчет сооружений. – 1974. – № 4. – С. 45-67.
2. Белинский В. А. Аэрология / В. А. Белинский, В. А. Побяхо. – Л. : Гидрометеиздат, 1964. – 464 с.
3. Заварина М. В. Расчетные скорости ветра на высотах нижнего слоя атмосферы / М. В. Заварина. – Л. : Стройиздат, 1971. – 167 с.
4. Заварина М. В. Строительная климатология / М. В. Заварина – Л. : Гидрометеиздат, 1976. – 312 с.
5. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М. : ЦНТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с.

#### **Лопатка С. Огляд можливостей безпосереднього вимірювання профілю вітрового тиску на висотних об'єктах**

У зв'язку зі зростанням будівництва і наявності великої кількості висотних споруд, мостів, споруд складної конфігурації, повітряних ліній електропередач, зростає необхідність у врахуванні впливу вітрових навантажень на будівлі та споруди. Існує принаймні два способи контролю вітрових потоків за висотою споруди – встановлення численних давачів через певні проміжки та в різних місцях будівлі й вивчення параметрів повітря в атмосфері, не збуреній наявністю будівельної конструкції методом куль-пілотів чи радіозондів. Дослідження вітрових профілів проводили методом безпосереднього вимірювання вздовж споруди. Проаналізувавши отримані дані, було з'ясовано, що результати досліджень уніфікувати неможливо. Очевидні обмеження методу встановлення анемометрів за висотою споруди: насамперед, потрібно мати в регіоні висотну конструкцію та доступ до неї, а також не завжди легко позбутися впливу такої конструкції на вітровий потік. Перспективними є дистанційні вимірювання на віддаленні від висотних споруд, зокрема методом ракетно-димового зондування або куль-пілотів, що не потребує наявності поблизу жодних висотних споруд чи конструкцій.

**Ключові слова:** будівельні конструкції, вітрове навантаження, автоматизація експерименту, нормування впливів та дій на споруди.

#### **Lopatka S. Review of possibilities of the direct measuring of profile of wind pressure on pitch objects**

In connection with the height of building and presence of plenty of operating pitch building, bridges, building of the complicated configuration, air-tracks of electricity transmissions the necessity of taking into account of influence of the wind loading grows on building and building. There are at least two methods of control of wind streams on the height of building is establishment of numerous давачів through certain intervals and in the different places of building and study of parameters of air in an atmosphere not indignant at the presence of building construction by the method of bullets-pilots or radiosondes. Researches of wind profiles were conducted by the method of the direct measuring along of building. Analysing the obtained data, it was found out, that results of researches, that show a soba considerable discord of shows, unifying is impossible.

**Key words:** building constructions, wind loading, automation of experiment, setting of norms of influences and operating on building.

#### **Лопатка С. Обзор возможностей непосредственного измерения профиля ветрового давления на высотных объектах**

В связи с ростом строительства и наличия большого количества действующих высотных сооружений, мостов, сооружений сложной конфигурации, воздушных линий электропередач растет необходимость учитывания влияния ветровых нагрузок на здания и сооружения. Существует по крайней мере два способа контроля ветровых потоков по высоте сооружения – установление многочисленных передатчиков через определенные промежутки и в разных местах здания и изучения параметров воздуха в атмосфере, не возмущенной присутствием строительной конструкции методом шаров – пилотов или радиозондов. Исследования ветровых профилей проводились методом непосредственного измерения вдоль сооружения. Проанализировав полученные данные, было выяснено, что результаты исследований, которые являют собой значительный разноречивой показов, унифицировать невозможно.

**Ключевые слова:** строительные конструкции, ветровая нагрузка, автоматизация эксперимента, нормирования влияний и действий на сооружения.

УДК 624.012

## **ВИПРОБУВАННЯ КЕРАМЗИТОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ З ЕФЕКТИВНИМИ ВСТАВКАМИ**

*Л. Вознюк, аспірант, Б. Демчина, д.т.н.,  
Національний університет «Львівська політехніка»,  
Ю. Собчак-Пястка, к.т.н.,  
Технологічно-природничий університет в Бидгощі, Польща*

**Постановка проблеми.** Враховуючи те, що в будівельній галузі відбуваються постійна оптимізація ресурсів та економія енергії, надзвичайно важливим питанням на сьогодні є зменшення власної ваги конструкцій будівлі чи споруди. Особливо це помітно на етапі основних будівельних робіт та під час аналізу й розрахунків схеми споруди у комплексі. Власна вага – надзвичайно серйозний фактор, який впливає на вартість будівельно-монтажних робіт та на обсяги будівельних матеріалів, які потрібно закласти в несучі конструкції споруди для забезпечення надійної й безпечної експлуатації.

Використання в перекриттях легких бетонів із ефективними вставками може істотно зменшити власну вагу конструкцій, що призведе до економії ресурсів, матеріалів та енергоефективності будівлі загалом. За рахунок таких конструктивних рішень зменшуються навантаження на основні конструктивні несучі елементи – фундаменти, колони, стіни, перекриття, істотно зменшується вплив сейсмічної складової навантаження, на будівельний майданчик необхідно транспортувати менше матеріалів, що економить транспортні витрати та дає змогу зменшити площі тимчасового складування на будівельному майданчику.

Зменшення власної ваги плит перекриття за реконструкції наявних будівель та споруд дає змогу зменшити витрати на посилення фундаментів, скоротити час виконання робіт.

Ідея таких рішень полягає в заміні пустотоутворювальними вставками масивного бетону в середині монолітного перекриття й у зменшенні власної ваги за рахунок використання керамзитобетону, який має меншу густину порівняно з важким бетоном. При цьому важливе ефективне армування конструкції, враховуючи особливості роботи багатошарового елемента.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Роботу багатошарових плит перекриття вивчали чимало науковців, зокрема В.С. Шмуклер, Б.Г. Демчина, А.Я. Барашиков, І.В. Мельник, О.Я. Литвиняк, І.З. Рутковська, К. Штамм, Х. Витте та ін. [1-10].

**Постановка завдання.** Наше завдання – розробка методики проектування енергоефективних багат шарових плит перекриття з використанням легкого утеплювача.

**Виклад основного матеріалу.** Було випробувано дві серії керамзитобетонних плит перекриття на згин, за їх опирання на чотири кути.

Згідно з програмою та методикою дослідження було виготовлено дві серії керамзитобетонних плит (по дві в кожній) (табл. 1), а також контрольні зразки кубів, призм та арматури.

Таблиця 1

Характеристики експериментальних плит

№ з/п плит	Серія	Марка плити	Розміри плит ахвхh (м)	Товщина верхнього та нижнього шарів (м)	Товщина середнього шару (ППС) (м)	Клас керамзитобетону	Клас арматури
1	1	ПК-1.1	2х2х0,1	0,03	0,04	LC25/28	A500C, BpI
2		ПК-1.2					
3	2	ПК-2.1					A500C
4		ПК-2.2					

Дослідні зразки плит були прийняті квадратними в плані, розмірами 2000 х 2000 мм, товщиною 100 мм (рис. 1). Плити першої серії виготовлені суцільними із керамзитобетону, поздовжня робоча арматура – Ø8 A500C з кроком 200 х 200 мм. Плити другої серії були багат шаровими. Середнім шаром слугували чотири вставки з пінополістиролу (ППС) марки ПСБ-С-35 завтовшки 40 мм, розміром у плані 850 х 850 мм, верхній та нижній шари із керамзитобетону завтовшки 30 мм. По периметру та посередині плити були виконані ребра завширшки 100 мм, в яких розміщувалися арматурні каркаси. Нижня арматура каркаса прийнята Ø8 A500C, верхня – Ø4 Bp-I, поперечна – Ø3 Bp-I, кр.200. Нижній шар керамзитобетону, крім каркасів, був додатково армований сіткою із арматури Ø3 Bp-I з кроком 100 х 100 мм,

а верхній – сіткою із арматури  $\varnothing 3$  ВР-I з кроком 200 x 200 мм. З'єднання робочої арматури у плоскі сітки та каркаси було виконано в заводських умовах контактним зварюванням.

Прийняті такі умовні позначення у маркуванні плит: *П* – плита; *К* – матеріал керамзитобетон (цифри вказують номер плити у відповідній серії).

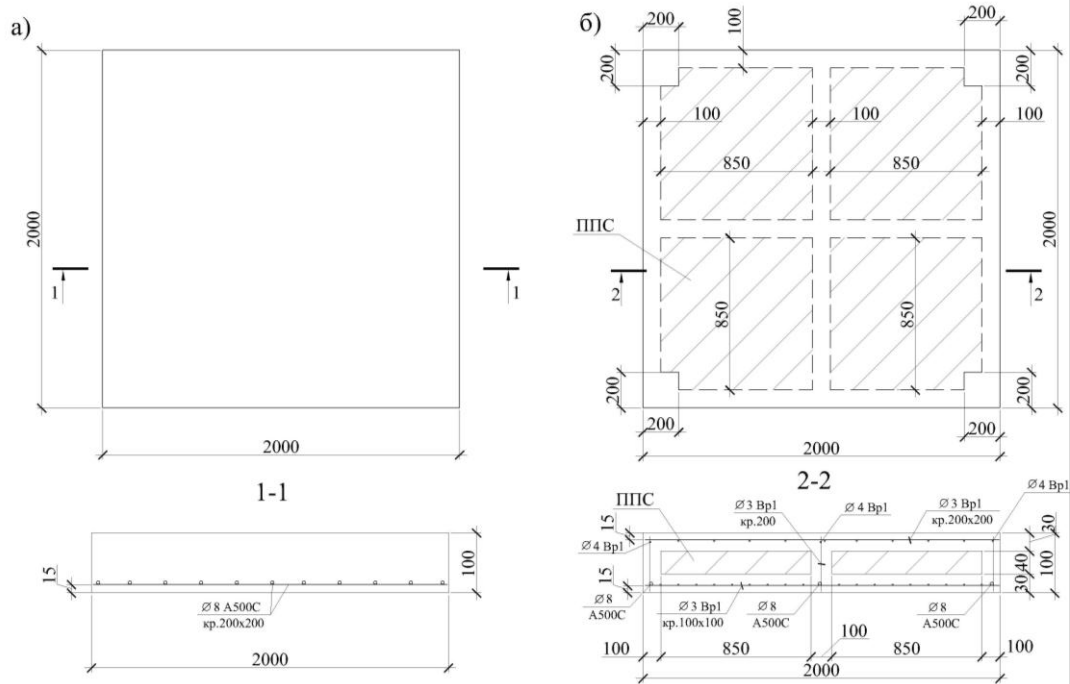


Рис. 1. Конструкція дослідних зразків: а) дослідні зразки марки ПК-1.1 та ПК-1.2; б) дослідні зразки марки ПК-2.1 та ПК-2.2\*

\*Зразки виготовляли на заводі ЗБВ № 2 у м. Львові за спеціально розробленою технологією.

Випробовування плит виконували в лабораторії заводу ЗБВ № 2 у м. Львові згідно з [11]. Вигляд випробувального стенда та схему розташування приладів показано на рис. 2. Навантаження прикладали за допомогою фіксованих, попередньо зважених, бетонних грузів. Прогини плит вимірювали за допомогою індикаторів годинникового типу (№ 3 на рис. 2, б) з ціною поділки 0,01 мм. Загалом було розміщено дев'ять індикаторів. Чотири з них встановлені на опорах, чотири по середині по периметру плит, а один підводили по центру плити до нижньої грані. Для більшої точності замірів між індикаторами і зразком були прилаштовані скляні пластини на клею. Індикатори були закріплені на металевих штативах.

а)



б)

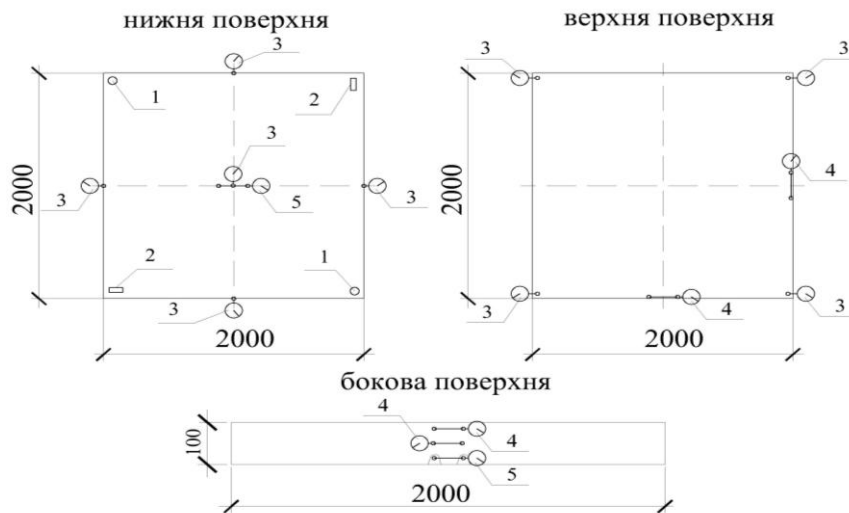


Рис. 2. Схема розташування мікроіндикаторів та прогиномірів:  
а) загальний вигляд випробувального стенда; б) схема розташування приладів; 1 – шарова опора; 2 – циліндрична опора; 3 – індикатори І1-І9; 4 – мікроіндикатори на бетоні Мі1-Мі6; 5 - мікроіндикатори на арматурі Мі7-Мі9

Деформації бетону замірювали за допомогою шести мікроіндикаторів годинникового типу (№ 4 на рис. 2, б) з ціною поділки 0,001 мм. За допомогою двох мікроіндикаторів вимірювали деформації бетону верхнього стиснутого волокна. Вони фіксувалися на спеціальних тримачах з базою 200 мм. Ще чотири індикатори влаштовували на аналогічних тримачах,

приклеєних на бічні грані плити з базою 200 мм у зоні дії максимальних згинальних моментів, що давало змогу встановити деформації бетону за висотою перерізу.

Деформації арматури замірювали за допомогою трьох мікроіндикаторів годинникового типу (№ 5 на рис. 2, б) зі шкалою 0,001 мм. Ці мікроіндикатори фіксували на спеціальних тримачах, які закріплювалися до металевих тримачів на арматурних стрижнях каркаса з базою 200 мм. Тримачі до робочої арматури кріпили до бетонування балок за допомогою точкового зварення.

Під час експериментів контролювали момент тріщиноутворення і розвиток тріщин. Момент тріщиноутворення визначали за допомогою мікроскопа МПБ-2М, яким замірювали ширину розкриття тріщин. Додатковою інформацією про появу тріщин слугували стрибки в показах мікроіндикаторів нижньої зони та бокових граней, через які вони пройшли. Відліки за приладами, а також фіксацію розвитку тріщин, виконували після 10-15-тихвилинної витримки на кожному ступені навантаження і заносили до журналу випробовувань.

Прийнята методика випробувань на згин короткотривалим навантаженням дала змогу визначати величини руйнівних навантажень, деформації бетону й розтягнутої арматури плити, прогини конструкцій та заміряти ширину розкриття тріщин.

Під час випробування плит навантаження прикладалися ступенями до повного їх руйнування.

Руйнування плит першої серії відбулося внаслідок руйнування керамзитобетону на опорних ділянках. Руйнування плит другої серії відбувалося внаслідок досягнення критичних напружень у розтягнутій арматурі. Характер тріщиноутворення та руйнування плит показано на рис. 3 а, б.

За результатами проведених експериментальних досліджень отримані величини руйнівних навантажень та прогинів (табл. 2).

Графіки прогинів показано на прикладах плит ПК-1.2 та ПК-2.2 (рис. 4).

а)



б)



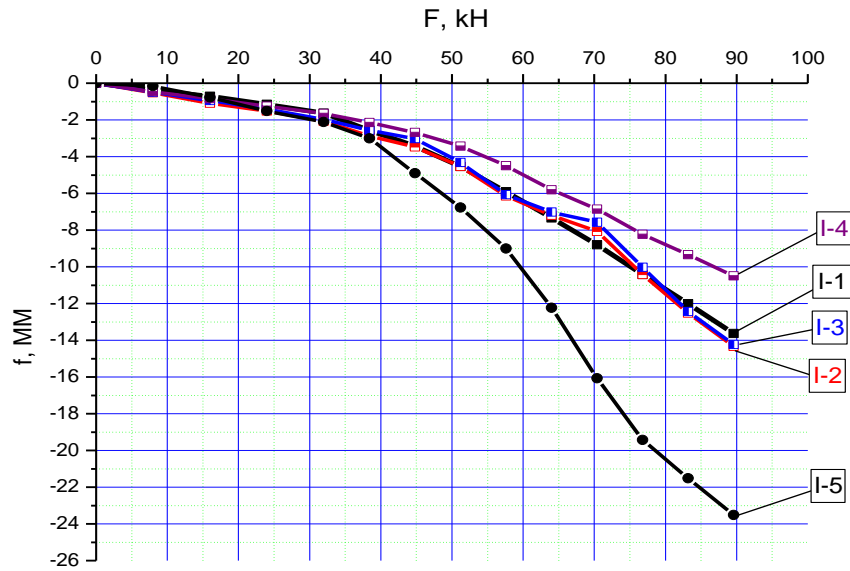
Рис. 3. Вигляд плит після руйнування:  
а) плита марки ПК-1.1; б) плита марки ПК-2.2

#### **Висновки**

1. Апробовано методику експериментальних досліджень суцільних керамзитобетонних та керамзитобетонних плит перекриття з ефективними вставками на згин, за їх опирання на чотири кути.
2. Проведені дослідження дали змогу встановити характер руйнування керамзитобетонних плит перекриття та керамзитобетонних плит перекриття із ефективними вставками.
3. Методика випробування дала змогу визначити несучу здатність, деформативність та характер тріщиноутворення дослідних плит.



a)



б)

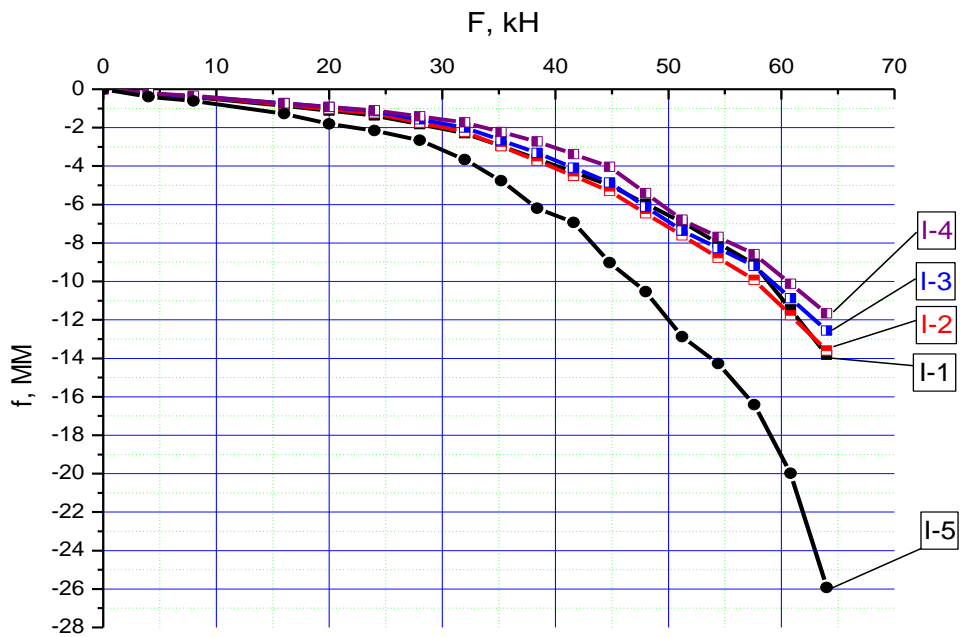


Рис. 4. Графіки прогинів плит  
 а) плита марки ПК-1.2; б) плита марки ПК-2.2;  
 11 – 14 – прогиноміри всередині прольотів по периметру плит;  
 15 – прогиномір, підведений до центру плити

Таблиця 2

## Результати випробувань

№ з/п плит	Серія	Марка плити	Руйнівне навантаження (кН)	Максимальні прогини (мм)
1	1	ПК-1.1	92,02	22,09
2		ПК-1.2	94,18	23,52
3	2	ПК-2.1	67,50	27,87
4		ПК-2.2	69,06	25,92

## Бібліографічний список

- Шмуклер В. С. Каркасные системы облегченного типа / В. С. Шмуклер, Ю. А. Климов, Н. П. Буряк. – Харків : Золоті сторінки, 2008. – 336 с.
- Литвиняк О. Я. Забезпечення несучої здатності коротких збірно-монолітних залізобетонних плит перекриття із використанням безавтоклавного пінобетону / О. Я. Литвиняк, Б. Г. Демчина // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: теорія і практика будівництва. – 2013. – № 755. – С. 227-231.
- Шмуклер В. С. Рациональное конструирование некоторых видов сборных железобетонных конструкций / В. С. Шмуклер // Коммунальное хозяйство городов. – 1997. – № 10. – Харьков, 1997. – С. 37-48.
- Рутковська І. З. Виготовлення та випробування тришарових плоских панелей перекриття розміром 2x2 м / І. З. Рутковська, Л. І. Вознюк // Містобудування та територіальне планування : зб. наук. пр. – К. : КНУБА, 2013. – Вип. 48. – С. 384-389.
- Мельник І. В. Експериментальні дослідження і використання на практиці плоских монолітних залізобетонних перекриттів з ефективними вставками / І. В. Мельник, В. М. Сорохтей // Вісник ДонНАБА : Будівельні конструкції будівель і споруд: проектування, виготовлення, реконструкція та обслуговування. – 2011. – № 4(90). – С. 121-129.
- Випробування фрагментів монолітного плоского залізобетонного перекриття з однонаправленим розташуванням пінополістерольних вставок / [І. В. Мельник, В. М. Сорохтей, Т. В. Приставський та ін.] ; за заг. ред. І. В. Мельника // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: теорія і практика будівництва. – 2012. – № 742. – С. 131-138.
- Вайнберг Д. В. Расчет пластин / Д. В. Вайнберг, Е. Д. Вайнберг. – К. : Будівельник, 1970. – 434 с.
- Демчина Б. Г. Експериментальні випробування на згин збірно-монолітних залізобетонних плит перекриття із використанням безавтоклавного пінобетону / Б. Г. Демчина, О. Я. Литвиняк // Містобудування та територіальне планування : нак.-техн. зб. – 2013. – Вип. 48. – С. 119-123.

9. Штамм К. Многослойные конструкции / К. Штамм, Х. Ватте ; пер. с нем. Т. Н. Орешкиной. – М. : Стройиздат, 1983. – 300 с.
10. Барашиков А. Я. Экспериментальні дослідження двошарових плит / А. Я. Барашиков, О. Д. Журавський, Д. В. Сморгалов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – 2004. – Вип 12. – Рівне : НУВГП, 2004. – С. 109-114.
11. ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості.

**Вознюк Л., Демчина Б., Собчак-Пястка Ю. Випробування керамзитобетонних плит перекриття з ефективними вставками**

Описано методіку випробування керамзитобетонних плит перекриття з ефективними вставками на згин. Виконано випробування двох серій керамзитобетонних плит на дію короточасного навантаження. Показано характер руйнування плит.

**Ключові слова:** керамзитобетонні елементи, характер руйнування, плити перекриття з ефективними вставками.

**Voznyuk L., Demchyna B., Sobchak-Pyastka Yu. Test expanded clay slabs with effective accents**

The article describes the method of testing expanded clay slabs with good bend inserts. Completed test two series of plates keramzitobetonnyh the effect of short-term stress. Presented fracture plates.

**Key words:** concrete elements fracture, slabs of effective inserts.

**Вознюк Л., Демчина Б., Собчак-Пястка Ю. Испытание керамзитобетонных плит перекрытия с эффективными вставками**

Описана методика испытания керамзитобетонных плит перекрытия с эффективными вставками на изгиб. Выполнено испытание двух серий керамзитобетонных плит на действие кратковременной нагрузки. Представлен характер разрушения плит.

**Ключевые слова:** керамзитобетонные элементы, характер разрушения, плиты перекрытия с эффективными вставками.

УДК 624.012. 035

**МЕТОДИ ОЦІНКИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ  
ЕЛЕМЕНТІВ НА ДІЛЯНКАХ ДІЇ  
МАКСИМАЛЬНИХ ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ**

*І. Ковалик, асистент*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Сьогодні і в найближчому майбутньому залізобетон у нашій країні залишається найважливішим конструктивним матеріалом будівництва, що можна пояснити великим запасом сировини для виготовлення в'язучих та заповнювачів, високими конструктивними та експлуатаційними якостями залізобетону та його надійністю [1-4; 6; 7].

Переважно дослідження залізобетонних конструкцій присвячували вивченню їх роботи під дією згинального моменту. Водночас практично всі залізобетонні конструкції так чи інакше сприймають поперечну силу. Для більшості таких конструкцій розрахунки деформативності й тріщиностійкості вирішальні під час визначення розмірів перерізу, поперечного та поздовжнього армування. Проте проблема опору похилих перерізів досі залишається остаточно не вирішеною, особливо у випадках підсилення.

Через невирішеність питання опору похилих перерізів залізобетонних елементів сил у сучасній проектній практиці використовують дуже наближені методи розрахунку, що призводить в одних випадках до істотної перевитрати матеріалів і ускладнення армування, в інших – до недостатньої надійності конструкції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження проблеми дії поперечних сил у залізобетоні, проведені у другій половині ХХ століття, дали змогу виявити нові фактори, що впливають на міцність похилих перерізів залізобетонних згинальних елементів. На підставі результатів численних експериментальних досліджень складена картина тріщиноутворення балок, випробовуваних на дію поперечної сили, як з поперечною арматурою, так і без неї [3; 4; 6; 7].

Складене чітке уявлення про внутрішні зусилля, що діють на приопорну частину елемента: зусилля в бетоні стиснутої зони над вершиною критичної похилої тріщини; осьове і нагельне зусилля в поздовжній арматурі в місці її перетину критичною похилою тріщиною; осьове і нагельне зусилля в поперечній арматурі в місцях її перерізу критичною похилою тріщиною; сили зачеплення. Опір залізобетонних елементів дії поперечних сил – одна з основних проблем теорії залізобетону.

Зазначеній проблемі присвячені чимало робіт вітчизняних авторів, таких як: Бабич Є. М., Барашиков А. Я., Бачинський В. Я., Борисшанський М. С., Васильєв П. І., Гвоздев О. О., Генієв Г. А., Дорофєєв В. С., Зайцев Ю. В., Залесов О. С., Ільїн О. Ф., Карпенко М. І., Карпюк В. М., Клімов Ю. А., Митрофанов В. П., Пірадов О. Б., Пірадов К. А., Шеховцов І. В., Дорошкевич Л. О., Ониськів Б. М., Гладишев Г. М., Мазурак А. В., Боднарчук Т. Б. та ін.

**Постановка завдання.** Завдання дослідження – визначення експериментальним і теоретичним шляхами параметрів несучої здатності похилих перерізів залізобетонних балкових елементів.

**Виклад основного матеріалу.** Для теоретико-експериментальних досліджень використано методики оцінки несучої здатності похилих перерізів, які базувалися за визначеними методиками, що відповідають чинним нормам, іноземним нормативним документам, а також пропозиціям з розрахунку окремих авторів.

Методики розрахунку аналізуватимемо за моделями залізобетонних балок на важкому бетоні п'яти серій із поперечним перерізом 240 x 80 мм завдовжки 2300 мм до та 240 x 120(160) мм після підсилення. Загальна кількість балок становила 23 штуки. Балки об'єднували в серії залежно від кількості поперечної арматури та плеча прикладання сили. Метою дослідження було визначення впливу зусилля несучої здатності за похилими перерізами. Руйнування в балках відбувалося змінанням бетону в приопорній зоні, досягненням текучості поперечної чи поздовжньої арматури, розриву арматури, що унеможливило подальше навантаження.

Прийнятою до розрахунку була методика нормативних документів ДБН В.2.6-98:2009 та ДСТУ Б В.2.6-156:2010, які набули чинності на території України 2011 року.

Основним принципом розрахунку є визначення несучої здатності елементів, які не потребують розрахункового поперечного армування та елементів із вертикальним поперечним армуванням. Опором зсуву слугує менша з величин, що визначається як:

– поперечна сила, котру може сприйняти поперечна арматура за умови, що напруження в ній досягають межі текучості:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta; \quad (1)$$

– максимальна поперечна сила, котру можуть сприйняти стиснуті розкоси:

$$V_{Rd,max} = b_w z V_1 f_{ywd} / (\cot \theta + \tan \theta), \quad (2)$$

$A_{sw}$  – площа поперечної арматури;  $s$  - крок поперечних стрижнів;

$f_{ywd}$  – розрахунковий опір текучості поперечної арматури;  $a_{cw}$  – коефіцієнт врахування напруження в поясі;  $v_1$  – коефіцієнт зменшення міцності бетону з тріщинами при зсуві.

Відповідно до норм розрахунку елементів з поперечною арматурою, поряд із загальною деформаційною моделлю рекомендується використовувати «фермову модель». У верхньому поясі такої ферми бетон створює стиснуту зону, в нижній зоні – розтягнута арматура. Пояси ферми з'єднані стрижнями, де ці стрижневі елементи є поперечною арматурою, а стиснуті – уявні бетонні розкоси, кут нахилу яких може змінюватися.

Беручи до уваги широкий аналіз розрахунку методом «фермової аналогії», що покладений в основу чинних норм, вони не враховують сукупність факторів, які суттєво впливають на несучу здатність похилого перерізу. Це приводить до істотного заниження несучої здатності залізобетонних елементів у похилих перерізах.

Визначення несучої здатності балок із поперечними стрижнями через розрахункові залежності були основою розрахунку за похилими перетинами нормативних документів у СНиП 2.03.01.-84\*. Така методика розрахунку була прийнята для оцінки несучої здатності перерізів залізобетонних елементів, похилих до поздовжньої осі.

Практично несучу здатність похилого перерізу залізобетонного елемента визначали за поперечною силою в нормальному перерізі залізобетонної конструкції залежно від плеча прикладання сили, що знаходиться над початком тріщин, і зусилля, які діють в арматурі у межах довжини похилого перерізу. Зазвичай розрахункове зусилля несучої здатності похилих перетинів записували:

$$Q \leq Q_b + Q_s, \quad (3)$$

де  $Q_b$  – граничне зусилля, що сприймається бетоном;  $Q_s$  – зусилля, що сприймається поперечною арматурою і відігнутими стрижнями.

У межах похилого перерізу, який розглядається, поперечну силу, що сприймається бетоном, записували так:

$$Q_b = \frac{2R_{bt}bh_0^2}{c} \quad (4)$$

Для елементів із поперечним армуванням у вигляді хомутів, розміщених нормально до поздовжньої осі, зусилля в хомутах, які перетинаються похилим перерізом, було виражене:

$$Q_{sw} = q_{sw}c, \quad (5)$$

де  $q_{sw}$  – граничне зусилля в хомутах на одиницю довжини елемента в межах похилого перетину;  $C$  – критична довжина горизонтальної проекції похилого перерізу.

Аналізуючи описані розрахункові залежності СНиП 2.03.01.-84\*, було встановлено, що низка значень емпірична, і для їх визначення вводили кілька обмежень. Ці обмеження зумовлені порівнянням розрахункових і дослідних значень, які приводили до постійного вдосконалення методу рівноваги граничних зусиль у похилому перетині, яка зводилася до підвищення точності розрахунку, наближуючи їх до дослідних, хоча й не забезпечувала потрібної точності розрахунку.

Американські нормативні документи АСІ 318-95 оцінюють зрізні розрахункові напруження в приораних зонах конструкцій з урахуванням плеча прикладання сили, робочої висоти перерізу, яку можна розділяти на зони розтягу і стиску. Поперечну силу позначають  $V_u$  та знаходять за виразом (6), відповідно до якого  $V_u$  отримують як алгебраїчну суму несучої здатності бетону  $V_c$  та арматури  $V_s$ :

$$V_u = V_c + V_s \quad (6)$$

Визначення розрахункової поперечної сили полягає в таких залежностях. Несучу здатність бетону визначають:

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c b_w d}}{6}, \quad (7)$$

де  $f'_c$  – циліндрична міцність бетону.

Поперечна сила, що сприймається усіма видами вертикальної та похилої арматури, повинна задовольняти умову:

$$V_s = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right) z f_{yw} d \leq 0.66 \frac{\sqrt{f'_c b_w d}}{6} \quad (8)$$

Поперечна сила, що сприймається тільки вертикальними стрижнями:

$$V_{s.d.} = \frac{A_{sw} f_{yw} d}{s} \quad (9)$$

До загальної розрахункової схеми входить понижуючий коефіцієнт несучої здатності  $\phi = 0,85$ , якщо міцність бетону на зріз більша від загальної суми складових.

Введення в розрахунок емпіричних залежностей з пониження несучої здатності похилих перерізів призводить до неточних результатів експериментальних даних, що свідчить про неможливість точного визначення реальної кінцевої несучої здатності конструкції.

Прийнята для розрахунку методика Л.О Дорошкевича пропонує

виконувати розрахунок поперечної арматури на дію умовних зрізних напружень  $\tau_0$ , як це було прийнято в СНиП 2.03.01.-84\* та в Eurocod 2, на дію приросту згинального моменту з урахуванням правила зміщення епюри  $M$ , вважають, що залізобетонна балка може руйнуватися або за вертикальним перерізом ( $M$ ) за досягнення текучості в поздовжній арматурі, або за похилим перерізом за навантажень в арматурі  $\sigma_s \leq R_s$ . Тому, спроектувавши по осі ординат згинальний момент, а по осі абсцис довжину, отримуємо поперечну силу:

$$\frac{\Delta M}{\Delta x} = \operatorname{tga} = Q, \quad (10)$$

де  $\Delta M$  – приріст згинального моменту на довжині абсциси  $\Delta x$ ;  $Q$  – поперечна сила.

Проблемою в розрахунку є визначення необхідної кількості поперечної арматури, щоб забезпечити зразки від передчасного руйнування по похилих перерізах, тобто довести поздовжню арматуру до текучості.

На думку багатьох учених, найперспективнішим для розробки сучасного інженерного розрахунку похилих перерізів є метод граничної рівноваги, котрий дає змогу перейти від різних умовностей і аналогій до реальної роботи елемента й оцінювання його несучої здатності за фактичними зусиллями, котрі діють на стадії руйнування.

Методики розрахунку несучої здатності залізобетонних елементів, похилих до поздовжньої, виконані в Національному університеті водного господарства та природокористування (автори – Масюк Г.Х., Корнійчук О.І.), полягають у такому:

$$V_{Rd} = Q_u = (Q_{b1} \cdot \gamma_{c1} + Q_{sw} \cdot \gamma_{sw} + Q_{fw} + Q_s + F_{crc} \cdot \sin \theta) \cdot \gamma, \quad (11)$$

де  $Q_{b1}$  – поперечна сила, яку сприймає бетон над критичною похилою тріщиною  $Q_{sw}$ ;  $Q_{fw}$  – поперечна сила, що сприймається відповідно внутрішньою й зовнішньою поперечною арматурою;  $F_{crc}$  – величина зусилля зчеплення в похилій тріщині, визначається за вдосконаленою формулою В.П. Митрофанова;  $Q_s$  – поперечна сила, яку сприймає поздовжня арматура («нагельний ефект»);  $\gamma$  – введені коефіцієнти умов роботи.

Із висновків авторів, фізичною моделлю розрахунку прийнята дисков'язева модель, запропонована О.С. Залесовим та Ю.А. Климовим і розвинута А.О. Дмитренком. Ця модель розрахунку показує високу збіжність теоретичних та експериментальних значень, отриманих під час визначення несучої здатності похилих перерізів. Проте така модель



розроблена на основі вже не діючих нормативних документів, і на сьогодні може використовуватися тільки у вигляді пропозицій чинних норм.

**Висновки.** Провівши теоретико-експериментальний аналіз досліджень несучої здатності елементів, похилих до поздовжньої осі відповідно до нормативних документів України ДБН В.2.6.-98:2009 [5-6], США АСІ 318-95 [8], колишніх норм СНиП 2.03.01-84\* [7] та методики Л. Дорошкевича [10], можна дійти висновку, що підходи до визначення несучої здатності за поперечною силою істотно відрізняються один від одного та мають принципові розбіжності в методиці розрахунку. Результатом цього стала незбіжність між собою різних методик розрахунку.

Узявши за приклад серію дослідних зразків, де підсилення проводили збільшенням поперечного перерізу шаром торкретбетону та вкладанням металевих каркасів, ми побачили, що експериментальні значення, отримані в лабораторних умовах під час випробування, становили 107,4 кН, а теоретичні значення несучої здатності, елементів похилих до поздовжньої осі за ДБН В.2.6.-98:2009 – 55,3 кН, за СНиП 2.03.01-84\* – 102,4 кН, за норми АСІ 318-95 – 107,1 кН, та за методикою Л. Дорошкевича – 71,4 кН.

Переоцінку між теоретичними значеннями несучої здатності похилих перерізів за ДБН В.2.6.-98:2009 над результатами, отриманими під час випробування лабораторних досліджень, можна враховувати в межах, що становить 41-56%. Важливим зауваженням є те, що складова частка бетону не входить в отримання загальної несучої здатності похилих перерізів.

Розрахункові значення отриманих за методикою СНиП 2.03.01-84\* невідсилюваних і посилюваних балкових зразків показують задовільну збіжність з експериментальними значеннями в межах 6-10%. На нашу думку, використання принципів граничної рівноваги потрібно брати до уваги під час дослідження похилих перерізів, оскільки емпіричні залежності на основі великого статистичного аналізу показують досить реальну несучу здатність конструкцій.

У роботі з американськими нормативними документами АСІ 318-95 збіжність результатів становить 1-22%. Запропонована методика розрахунку похилих перерізів з урахуванням суми несучої здатності бетону  $V_c$  та арматури  $V_s$  показує хороші розрахункові результати, проте збільшення або зменшення несучої здатності за поперечною силою з допомогою емпіричних коефіцієнтів може впливати на отримані результати.

Розрахункові значення, отримані за методикою Л.Дорошкевича, показують збіжність результатів у межах 34 – 36%. Проте визначення необхідної кількості поперечної арматури створює проблеми в оцінці несучої здатності конструкції та підбору плеча прикладання сили.

На нашу думку, необхідне проведення експериментальних досліджень залізобетонних елементів, та порівняння їх з методикою розрахунку, яка враховуватиме всі складові напруженого стану конструкції, оскільки сьогодні методики чинних нормативних документів створюють істотну переоцінку несучої здатності.

#### **Бібліографічний список**

1. Бабич Є. М. Методика випробування підсилених за похилими перерізами згинальних залізобетонних елементів при малоциклових навантаженнях високого рівня / Є. М. Бабич, С. В. Мельник // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону : міжвід.наук.-техн. зб. – К. : ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74, кн. 1. – С. 172-179.
2. Барашиков А. Я. Експериментальні дослідження згинаних залізобетонних елементів, підсилених різними способами / А. Я. Барашиков, О. П. Сумак, Б. А. Боярчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівель і споруд : зб. наук. пр. – Рівне : РДТУ, 2000. – № 5. – С. 294-297.
3. Міцність та деформативність залізобетонних балок, підсилених після впливу агресивного середовища / З. Я. Бліхарський, Р. В. Вашкевич, Р. Є. Хміль та ін. // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону: міжвід. наук.-техн. зб. – К. : ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74, кн. 2. – С. 28-35.
4. Гольшев А. Б. Проектирование усиленных железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений / А. Б. Гольшев, И. Н. Ткаченко. – К. : Логос, 2001. – 172 с.
5. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б В.2.6-156:2010. – [Чинний від 2011-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 116 с. – (Національний стандарт України).
6. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми України).
7. СНиП 2.03.01-84\* Бетонные железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 77 с.
8. ACI 318-95. Building Code Requirements for Reinforced Concrete. ACI 318-95 and Commentegeru (318-95R). – American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1995-369 p.
9. Масюк Г.Х. Задачі та методика експериментальних досліджень міцності та тріщиностійкості похилих перерізів згинальних залізобетонних елементів, що зазнають впливу малоциклового знакозмінного навантаження / Г. Х. Масюк, О. І. Корнійчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2006. – Вип. 14. – С. 246–252.
10. Новий підхід до розрахунку міцності похилих перерізів залізобетонних згинаних елементів / Дорошкевич Л. О., Максимович С. Б., Демчина Б. Г., Максимович Б. Ю. // Теорія і практика будівництва // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» : зб. наук. пр. – 2012. – № 737. – С. 91-100.

**Ковалик І. Методи оцінки несучої здатності залізобетонних елементів на ділянках дії максимальних поперечних сил**

Описані теоретико-експериментальні дослідження та аналіз досліджень несучої здатності залізобетонних елементів за похилими перерізами.

**Ключові слова:** несуча здатність, похилий переріз, залізобетонна балка.

**Kovalik I. Methods for assessing the bearing capacity of concrete elements in areas of maximum transverse force action**

Described theoretical and experimental research and analysis of research bearing capacity of concrete elements by sloping sections.

**Key words:** bearing capacity, advanced-section reinforced concrete beam.

**Ковалык И. Методы оценки несущей способности железобетонных элементов на участках действия максимальных поперечных сил**

Описанные теоретико-экспериментальные исследования и анализ исследований несущей способности железобетонных элементов по наклонным сечениям.

**Ключевые слова:** несущая способность, наклонное сечение, железобетонная балка.

## РОЗДІЛ 3

### ТЕОРІЯ АРХІТЕКТУРИ, МІСТОБУДУВАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ

УДК 711.4.168

#### ПРОБЛЕМИ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ В УМОВАХ АДМІНІСТРАТИВНО-ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ РЕФОРМИ

*С. Степанюк, к. арх., Р. Кюнцлі, к. філол. н.  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Відомо, що сільський населений пункт – це складна, багатофункціональна й багаторівнева структура, яка має своє визначене місце у просторі та навколишньому ландшафті, займає певну територію і створює вплив чи одержує впливи від подібних систем [3].

Істотні перетворення в селі мають на меті піднести якісний рівень життя в сільській місцевості за рахунок реструктуризації сільського господарства, реконструкції архітектурно-планувальної системи сіл, підвищення їх естетичного рівня та благоустрою. Такі зміни важливо проводити одночасно й комплексно, створюючи так звані моделі перспективного розвитку, де би поєднувалися різні умови функціонування виробництва, особливості архітектурно-планувальної структури житла та громадських будівель і споруд.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми архітектурно-планувальної реконструкції сільських поселень вивчали низка вчених, зокрема: В.В. Мусатов [2], Ю.Ф. Хохол [3], Ю.Ф. Соломін [8], С.М. Соколов [9], Г.К. Лоїк [4]. Висновки та рекомендації більшості досліджень потребують принципового перегляду, оскільки їх проводили в умовах державно-адміністративного регулювання економічних відносин та загальнодержавної власності на землю. Проведення такого дослідження зумовлене необхідністю врахування структурних змін виробничих сфер сільських поселень, удосконаленням архітектурно-планувальної структури під впливом нових соціально-економічних умов та необхідністю проведення адміністративно-територіальної реформи.

**Постановка завдання.** Сучасні соціально-економічні умови вимагають змін у питанні розгляду архітектурно-планувальної реконструкції та розвитку сільських поселень. Для цього необхідно виконати комплекс

науково обґрунтованих заходів з удосконалення методів та прийомів проведення реконструкції й цілеспрямованого розвитку сільських населених місць.

**Виклад основного матеріалу.** Архітектурно-планувальна структура сільського поселення – основа раціонального планування та забудови, що відображає в організації його території й простору всі зміни, які відбуваються під впливом соціально-економічних, науково-технічних перетворень, організації та розміщення сільськогосподарського виробництва.

Архітектурно-планувальне вирішення окремих сіл вирізняється чітким функціональним зонуванням території, зв'язком забудови з довколишнім ландшафтом, розмаїттям планувальної організації житлових груп.

Будівництво нових поселень наразі має незначну питому вагу в загальному обсязі перевлаштування сільських населених місць. Це пов'язано з нестабільною економічною ситуацією у країні, складними процесами, наявними у формуванні містобудівного утворення, й низкою інших проблем, які сьогодні не дають змоги створити повноцінне поселення з усіма вигодами та умовами.

На сьогодні практикується розширення меж села за рахунок забудови резервного фонду [1], що також можна певною мірою вважати створенням нового поселення. Адже формуються нова планувальна структура, мережа вулиць і доріг, громадський, спочатку підцентр, а згодом, можливо, другий композиційний центр – основа поліцентричної структури. Така модель розвитку архітектурно-планувальної структури набула поширення внаслідок роздержавлення земель і надання земельних часток у господарювання окремим особам.

Загалом більшість сіл забудовують в умовах реконструкції старого житлового фонду з використанням наявного капітального фонду. У планувальних рішеннях втілюються традиційні містобудівельні принципи перевлаштування сільських населених пунктів. При цьому варто враховувати природно-економічні умови, можливості виробництва [2], народні традиції тощо.

Загальновідомо, що концентрація населення збільшується там, де сприятливі умови для проживання (робочі місця, соціальний захист населення, високий рівень життя). У селі робочі місця – це сільськогосподарське виробництво. Ступінь його розвитку, власне, і вказуватиме на перспективність усієї архітектурно-планувальної системи.

Якщо, скажімо, підприємливий фермер чи організація зможуть ефективно розпоряджатися земельними ресурсами поселення [4], залучати до праці селян зі взаємною вигодою, то в найбільшому вииграші залишиться

поселення. Така модель перспективного розвитку села зі здоровим і конкурентноспроможним виробництвом повинна бути дієвою. Адже населення зацікавлене мати в комплексі ефективної господарської діяльності всі повноцінні атрибути села.

Зміни в сільбищній зоні сільських поселень, які відбуваються сьогодні, як в одній із основних планувальних елементів села, проявляються в появі нових житлових формувань і реконструкції наявних. Архітектурно-планувальна композиція сільського поселення в разі його реконструкції значною мірою визначається відношенням планувальної структури, що склалася, до старої забудови. Можливий варіант, коли нова забудова суворо підпорядковуватиметься старій, аби зберегти її історичні основи. Така модель перспективного розвитку поселення можлива в разі дійсно історичної цінності старої забудови. Тобто житло й виробництво тут будуть розвиватися не цілком з практичної позиції, а в бік доповнення композиції села, й підсилення художньої цінності його внутрішнього простору. На перший погляд видається, що роль виробничої сфери життя в таких поселеннях незначна, проте йдеться лише про гнучкість орієнтації, тобто пожертвування вигіднішим місцем розташування заради кращого виявлення архітектурно-композиційних можливостей реконструйованого об'єкта [10].

Довершеність архітектурно-планувальної композиції сільських поселень зумовлена об'єктивними й суб'єктивними чинниками: природними умовами, технічними можливостями, ідейно-естетичними завданнями суспільства, талантом і творчими можливостями архітектора. Також, вирішуючи містобудівні проблеми, потрібно розглядати людину й навколишнє середовище як цілісну екологічну систему [6-9], враховувати це й виявляти у плануванні сільських структур. Адже за своєю суттю, як уже наголошували, село максимально наближене до природного оточення і гармонійність співіснування людини й природи може бути такою не тільки внаслідок екологічного балансу, а й унаслідок створення планувальних систем (вуличних мереж, житлових груп тощо), органічно пов'язаних із навколишнім ландшафтом, що саме і проявлялося у планувальних структурах насамперед старих поселень, в яких не бракувало гнучких і мальовничих форм, підпорядкованих ландшафту та рельєфу. Тому й сьогодні центральне місце в розвитку методології територіального планування села на економічній основі на всіх його рівнях займає комплексна ландшафтно-екологічна оцінка території для різних видів освоєння [10].

**Висновки.** Архітектурно-планувальна реконструкція села відбувається поступово, поетапно й діалектично не має завершального етапу; вона постійно еволюціонує від простих форм до складних систем. У вирішенні

кожного містобудівельного завдання необхідно зберегти економічну рівновагу природних і штучно створюваних елементів ландшафту, старої забудови, яка історично склалася, й нових житлово-виробничих формувань. Така рівновага необхідна, оскільки за своєю суттю українське село тісно пов'язане з навколишнім природним оточенням, історично-традиційною забудовою сільських поселень [3].

Одним із важливих принципів архітектурно-планувальної реконструкції сільських поселень на сьогодні є врахування умов розвитку їх у системах групового розселення. Адже село в системі розселення не може існувати ізольовано від інших поселень. Велике значення в його функціонуванні мають постійні тісні контакти з іншими сільськими поселеннями, виробничими підприємствами, центрами підпорядкування, які здійснюються як за виробничими та адміністративними потребами, так і у сфері культурно-побутового обслуговування.

#### **Бібліографічний список**

1. Аграрна реформа в Україні // Законодавчі акти і нормативно-методичні документи / за ред. акад. УААН М. Зубця. – К., 1996. – 332 с.
2. Архитектурное проектирование агроиндустриальных комплексов / под ред. В. В. Мусатова. – М. : Агроиздат, 1990. – 448 с.
3. Бистряков Г. К. Архітектурно-просторова організація сіл. Питання реконструкції / Г. К. Бистряков, Л. Г. Литвинова, Ю. Ф. Хохол. – К. : Будівельник, 1991. – 98 с.
4. Лоїк Г. К. Формування сільських населених пунктів і реалізація земельної реформи / Г. К. Лоїк, В. І. Кисіль, Н. В. Савинець // Вісник Львівського державного аграрного університету: архітектура та сільськогосподарське будівництво, 1996. – № 1. – С. 133-139.
5. Лютивинская Т. К. Архитектура современного села / Т. К. Лютивинская. – М. : Знание, 1972. – 45 с.
6. Майков Г. П. Планировка и застройка сел / Г. П. Майков. – Ярославль: Верхнее-Волжское книж. изд., 1968. – 112 с.
7. Переустройство сельских населенных пунктов : справочник / [В. С. Рязанов, Л. А. Кранц, Ю. В. Колосов и др.]. – М. : Стройиздат, 1985. – 246 с.
8. Планировка сельских населенных мест / [В. М. Богданов, В. В. Артеменко, В. П. Баскакова, Ю. Ф. Соломин]; под ред. В. М. Богданова. – М. : Колос, 1982. – 272 с.
9. Соколов С. М. Благоустройство и планировка сельских населенных мест / С. М. Соколов. – Львов, 1975. – 64 с.
10. Степанюк А. В. Архітектурно-планувальна реконструкція центральних сіл первинної системи розселення. / А. В. Степанюк – Львів : Укр. технології, 2012. – 272 с.

**Степанюк А., Кюнцлі Р. Проблеми архітектурно-планувальної реконструкції сільських поселень в умовах адміністративно-територіальної реформи**

Село – середовище перебування людей – місце їх праці, житла та відпочинку. У нових соціально-економічних умовах роль сільських поселень набуває більшої масштабності та значущості. Надзвичайно важливо розуміти зміни, які відбуваються, й адекватно реагувати на них.

**Ключові слова:** архітектурно-планувальні вирішення, традиції та нові тенденції, тенденції розвитку об'ємно-просторової організації.

**Stepaniuk A., Kiuntsli R. Challenges in architectural planning reconstruction of rural settlements under administrative territorial reform**

Village is a natural habitat of people, their place of employment, housing and recreation. In the new socio-economic conditions role of rural settlements grows to a larger magnitude and significance. It is essential to understand the changes taking place and adequately respond to them.

**Key words:** architectural planning solution, tradition and new trends, trends in the development of three-dimensional organization.

**Степанюк А., Кюнцлі Р. Проблемы архитектурно-планировочной реконструкции сельских поселений в условиях административно-территориальной реформы**

Село – среда обитания людей – место их работы, жилья и отдыха. В новых социально-экономических условиях роль сельских поселений приобретает большую масштабности и значимости. Очень важно понимать изменения, которые происходят, и адекватно реагировать на них.

**Ключевые слова:** архитектурно-планировочные решения, традиции и новые тенденции, тенденции развития объемно-пространственной организации.



УДК 725

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ У ПРОСТОРІ ПОМІЖ НАСЕЛЕНИМИ ПУНКТАМИ

*Н. Савчак, к. т. н.*

*Львівський національний аграрний університет,*

*Р. Савчак*

*Національний університет «Львівська політехніка»*

**Постановка проблеми.** Сучасне середовище поміж населеними пунктами потребує утворення структур, проектування яких неможливе без допомоги естетичної візуалізації їх сприйняття. Облаштування осередків естетичної візуалізації різноманітного функціонального призначення необхідне насамперед у тих місцях, де людина змушена перебувати за постійною необхідністю – це дороги (пішохідні, автомобільні, залізничні) між різними населеними пунктами. Цей багатофункціональний простір з мультикультурних, рекреаційних зон, призначений для задоволення потреб різних вікових і соціальних груп із осередків естетичної візуалізації добором технологічних рішень. Попри наявність окремих прикладів естетичної візуалізації та прийомів сприйняття їх у відкритих просторах, аналогів цього комплексу немає, так само як відсутні: методика та принципи проектування, формування архітектурного середовища подібних комплексів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Поодинокі розвідки В. Леонтьєва, А. Карімова, В. Проскуракова та інших підтверджують актуальність цієї теми. На початку ХХІ століття особливості формування архітектурного середовища громадських будівель у просторі поміж населеними пунктами сформували складну палітру архітектурно-естетичних і ландшафтних типів, видів, груп, які тривалий час створювали за волюнтаристськими законами. Уперше популярно висвітлили українське житлове середовище В. Самойлович [1] та О. Воронай [2]. Проте формування архітектурного середовища громадських будівель у просторі поміж населеними пунктами досліджено недостатньо.

**Постановка завдання.** Мета нашого дослідження – звернути увагу на важливість формування архітектурного середовища громадських будівель у просторі поміж населеними пунктами, ввести в науковий обіг деякі аспекти особливостей формування архітектурного середовища та обґрунтувати їх у просторі поміж населеними пунктами.

**Виклад основного матеріалу.** Формування як простору самих поселень, так і простору між ними, у західній та східній частині Карпат відображається рельєфом, так званими ланцюговими грядками.

Поселення з'являлися на природних територіях для ведення господарства, де спочатку поселялися одна або декілька сімей. Розростаючись, такий рід давав назву групі дворів. Прізвища перших поселенців ставали назвами сіл, присілків і містечок. Поселення зв'язувалися між собою дорогами, на яких часто траплялися пам'ятні знаки (хрести і каплички) [3].

Першими громадськими будівлями між селами, хуторами і містами були корчми, фільварки та каплички, які формувалися довколишньою архітектурою. Багато сіл і містечок розбудовувалися за німецьким звичаєм. Хати будували в ряд, одна біля одної, з обох боків дороги. За кожною садибою простягалася довга вузька смуга землі (загумінки) [4].

Важливе значення у формуванні архітектурного середовища громадських будівель у просторі поміж населеними пунктами належить набутому громадсько-історичному досвіду заселення і формування архітектурної структури сіл та простору між ними, який притаманний українським традиціям. Враховуючи масштабність сільських поселень і візуально домінуючі елементи, архітектура поза їх межами певною мірою залежить і схожа на них.

Візуально домінуючі елементи природного ландшафту надають архітектурним формам (корчмі, капличці, фільваркам, цвинтарям) виразності, значення й цільового призначення [5].

Методика дослідження і проектування містобудівних об'єктів в умовах командно-адміністративної системи часто відображали відповідну реакцію на народногосподарські плани, ґрунтувалися на спрощених розрахунках найважливіших показників території та соціально-виробничої сфери, порівняння їх із нормативними даними, а за потреби – розширення відповідними рекомендаціями та доповненнями [6].

Містобудування як галузь архітектурної діяльності спрямоване на створення міських та сільських ансамблів, що поєднують будівлі з навколишнім архітектурним середовищем. Проте громадськими будівлями у просторі поміж населеними пунктами, а також територіальним плануванням районів, їх містобудівельною документацією, займалися недостатньо. Роботу цю можна визнати незадовільною. Тільки візуальне сприйняття та правильна організація проекту можуть допомогти формуванню архітектурного середовища громадських будівель поміж населеними пунктами. Громадські будівлі необхідно об'єднувати в комплекси, що забезпечить економічний ефект та композиційну цілісність простору.

Великі відстані між населеними пунктами, а іноді й їх відсутність, приводять до прийняття штучних рішень щодо питань громадських будівель. Щоб не було таких штучних та адміністративних рішень, пропонуємо деякі особливості формування архітектурного середовища громадських будівель у просторі поміж населеними пунктами.

#### **Висновки**

У формуванні архітектурного середовища громадських будівель у просторі між населеними пунктами можна виділити певні особливості:

- естетична візуалізація громадських будівель відносно місця сприйняття;
- планувальна організація простору громадських будівель;
- об'єднання громадських будівель різного призначення в один комплекс;
- адміністративні та функціональні зв'язки між населеними пунктами (відстань, ландшафт місцевості).

#### **Бібліографічний список**

1. Самойлович В. П. Народное архитектурное творчество / В. П. Самойлович. – К., 1977. – 361 с.
2. Воропай О. Звичаї нашого народу: етнограф. нарис : у 2 т. / О. Воропай. – К. : Оберіг, 1991. – 592 с.
3. Савчак Н. С. Генеза побудови простору громадських будівель і споруд між різними населеними пунктами / Н. С. Савчак // Вісник Львівського національного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво – 2012. – № 13. – С. 127 – 131.
4. Данилюк А. Г. Народна архітектура бойківщини. Житлове будівництво / А. Г. Данилюк. – Львів : Укр. технології, 2004. – 168 с.
5. Савчак Н. С. Подібності та відмінності формування архітектури в поселеннях і поза їх межами (на прикладі Прикарпаття) / Н. С. Савчак // Вісник Львівського національного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2013. – № 14. – С. 142 – 144.
6. Габрель М. М. Просторова організація містобудівельних систем / М. М. Габрель. – К. : Видавничий дім А. С. С., 2004. – 400 с.

#### **Савчак Н., Савчак Р. Особливості формування архітектурного середовища громадських будівель у просторі поміж населеними пунктами**

Розглянуто особливості формування і використання естетичної візуалізації та планувальної організації простору громадських будівель між населеними пунктами.

**Ключові слова:** формування, архітектурне середовище, громадські будівлі, естетична візуалізація.

**Savchak N., Savchak R. Features the formation of architectural environment the public buildings in the space between settlements**

The features of formation and use of aesthetic visualization and planning of public buildings space between settlements.

**Key words:** building, architectural environment, public buildings, aesthetic visualization.

**Савчак Н., Савчак Р. Особенности формирования архитектурной среды общественных зданий в пространстве между населенными пунктами**

Рассмотрены особенности формирования и использования эстетической визуализации и планировочной организации пространства общественных зданий между населенными пунктами.

**Ключевые слова:** формирование, архитектурная среда, общественные здания, эстетическая визуализация.

УДК 725:711.437

**ПЛАНУВАННЯ ТА ЗАБУДОВА ГРОМАДСЬКИХ ЦЕНТРІВ  
СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ**

*О. Сільник, к. архітектури, Р. Партіка, магістр архітектури  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Громадський центр села є найважливішою частиною сільбищної зони. Його забудова, планувальна структура – важлива адміністративна і композиційна частина. Тут зосереджені адміністративні, побутові, торгові освітні заклади. Вдало сформована територія громадського центру дає змогу покращити соціальний рівень сільського життя за рахунок комунального та культурно-побутового обслуговування населення. Низка реформ, які вже впроваджує держава, доводить, що сільські поселення потребують оновлення не лише в галузі технологічного обладнання, а й у структурі громадської забудови.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Тема дослідження громадського центру села цікава й актуальна на сьогодні, а також до неї зверталися й дослідники попередніх поколінь. У радянський період ця тема була висвітлена під кутом державної політики, заангажованої соціалістичними переконаннями [3; 4]. Окремим питанням зазначеної тематики було присвячено низку пострадянських як наукових праць, так і проектних пропозицій [5]. Однак варто відзначити відсутність наукових досліджень

стосовно виявлення особливостей об'ємно-просторового, композиційного, стильового характеру забудови та розпланування громадського центру села в сучасному контексті.

**Постановка завдання.** Важливим і невід'ємним елементом сучасного села є його громадський центр. Низка реформ, які вже проводить держава, доводить, що сільські поселення потребують оновлення не лише в галузі технологічного обладнання, а й у структурі забудови загалом. Вивчення сучасного стану центрів сільських поселень дає змогу вирішити чимало питань під час проведення робіт із реконструкції, а саме визначити потреби в подальшому розвитку планувальної структури, встановити оптимальну номенклатуру будівель і споруд на їх території.

**Виклад основного матеріалу.** Аграрна політика нашої держави сьогодні сприяє найновішим досягненням науки та техніки. Їх реалізація дасть змогу вивести аграрний сектор економіки з кризової ситуації, забезпечити динамічний і стабільний його розвиток та високу економічну ефективність його функціонування. Створення сприятливих соціальних умов – одна з найважливіших ланок у загальнодержавному реформуванні сільського життя, що сприяє подальшому розвитку найкращих умов для збалансованого сільського життя пересічних його мешканців. Одним із методів вирішення зазначеної проблеми є влаштування культурно-побутових, адміністративних, освітніх закладів на теренах сільських поселень, благоустрою територій для активного й тихого відпочинку. Основну частку перелічених будівель, для оптимальної зручності, розташовують безпосередньо у центрі сельбищної зони сільського поселення.

У процесі створення громадського центру поселення необхідно вирішити такі завдання: доцільність розташування в архітектурно-планувальній структурі населеного пункту; підбір будівель, які будуть зараховані до забудови центру за своїм складом, враховуючи кількість мешканців; формування архітектурно-планувальної структури центру, що відповідає утвореній ситуації; встановлення його оптимальних параметрів, що забезпечують належні функціонування й доцільність сприйняття; пошук композиційного вирішення, що виділяється виразністю та гармонійністю.

Першочерговим етапом є організація громадського центру села, вирішення забудови головного майдану як осередку архітектурно-планувальної композиції.

Виходячи з умов сприятливого сприймання забудови громадського центру сільського населеного пункту (висота 2–4 поверхи) і оптимального співвідношення між висотою будівель і довжиною майдану 1:6 – 1:8, відкритий простір повинен становити близько 0,15-0,20 га в малих населених пунктах і 0,5-0,6 га – у великих. Територію громадського центру

необхідно зонувати залежно від призначення установ і підприємств, які розміщуються [1; 2].

Під час організації забудови громадського центру і розміщення об'єктів обов'язковою вимогою є закриття перспектив головних вулиць, які спрямовані до головного майдану. Наприклад, головний в'їзд до села з боку зовнішньої транспортної магістралі, який веде до громадського центру, закривається архітектурно-будівельним об'єктом – будівлею будинку Просвіти, адміністрації, торговельного центру або іншим об'єктом, наприклад, церквою, який сприймається здалеку, а особливо при під'їзді до центру села.

Дослідження, які були проведені в селах, показують, що формування єдиного громадського центру як об'ємно-просторового та композиційного центру містобудівельної структури поселення, у більшості сіл відсутнє. Переважає видовжена планувальна структура поселень, що сприяє формуванню як громадської, так і житлової забудови вздовж головної вулиці (рис. 1 – 3).

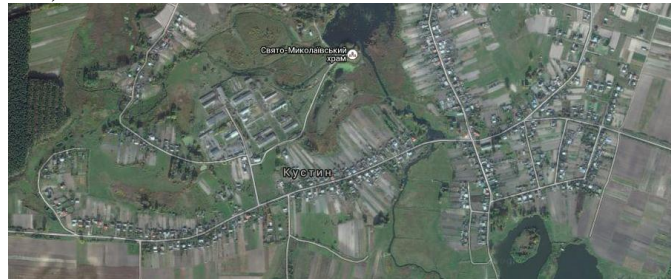


Рис. 1. с. Кустин, Рівненський р-н, Рівненська область



Рис. 2. с. Соколівка, Жидачівський р-н, Львівська обл.



Рис. 3. с. Озоряни, Борщівський р-н, Тернопільська обл.

Громадський центр як єдиний композиційний вузол створено у с. Керецьки, Свалявський р-н, Закарпатська область (рис. 4).



Рис. 4. с. Керецьки (Свалявський р-н, Закарпатська обл.)



Рис. 5. Будівля лікарні в с. Керецьки (Свалявський р-н, Закарпатська обл.)

На території центру зосереджені громадські будівлі – адмінбудинок, торговий центр, лікарня та бібліотека. Цікавим є факт, що перший поверх будівлі лікарні займають приміщення адміністрації поселення (рис. 5). На центральній частині села не виділено пішохідної зони. Функції площі для проведення масових заходів виконує головна вулиця поселення.

В інших селах, наприклад, Озоряни (Борщівський р-н, Тернопільська обл.), Добростани (Львівська обл.), Соколівка (Жидачівський р-н, Львівська обл.), Луг (Рахівський р-н, Закарпатська обл.), Кустин (Рівненського р-ну, Рівненської обл.) громадські будівлі розташовані у планувальній структурі поселень окремо один від одного. Перед адмінбудинками немає площі для проведення масових заходів (рис. 6, 7). Більшість із них споруджені у радянський період і виконують свої функції до сьогодні. В окремих випадках будівля адміністрації влаштована в переобладнаному житловому будинку (с. Добростани, Львівська обл.)



Рис. 6. Сільрада, с. Кустин  
(Рівненський р-н, Рівненська обл.)



Рис. 7. Сільська рада, с. Мужієво  
(Берегівський р-н,  
Закарпатська обл.)

Громадські будівлі сільських поселень, такі як клуб, або Будинок Просвіти, торгові центри, як правило, розташовані біля головної вулиці. Біля торгових центрів відсутній поділ території на господарську та пішохідні зони. Територія будівель громадського призначення не виділяється характерним благоустроєм. Біля торгових центрів відсутній поділ території на господарську та пішохідні зони.

Сакральні будівлі – церкви в селах Західної України – мають доглянуту територію з чітко визначеними межами. Розташовані на сприятливих територіях. Більшість церков були споруджені в дорадянський період є у хорошому стані. У деяких селах південної та центральної частини сакральні будівлі відсутні. Наприклад, с.Корсунка Тальнівського району Черкаської області.

### **Висновки**

Проведені дослідження в різних областях України показують, що наявні громадські центри не відповідають встановленим нормативним вимогам. Таке поняття громадського центру як єдиний композиційно-планувальний елемент, зі забудовою головного майдану, населеного пункту відсутній. Переважно будівлі громадського призначення розташовані вздовж головної сільської вулиці й не створюють візуальної виразності центральної частини, їх прилеглі території не мають належного благоустрою. Відповідно територія громадських центрів із їх забудовою в сучасних сільських поселеннях України потребує реконструкції та переосмислення. Більшість будівель втратили свою актуальність, позаяк були зведені ще в минулих століттях, в окремих випадках потребують реконструкції та перебудови.

### **Бібліографічний список**

1. ДБН В.2.3-5-2001. Вулиці та дороги населених пунктів / Держбуд України. – К., 2001.
2. ДБН Б.2.4-1-94. Планування і забудова сільських поселень. – К. : Укрархбудінформ, 1994.



3. Кравченко В. Я. Планівка і забудова центру села / В. Кравченко. – К. : Будівельник. – К., 1969.
4. Маханько Б. А. Архитектурно-планировочная структура общественных центров сельских поселков / Б. А. Маханько, С. Б. Моисеева, А. С. Плотникова. – М. : Стройиздат, 1982.
5. Степанюк А. В. Архитектурно-планувальна реконструкція центральних сіл первинної системи розселення (на прикладі Львівської області) : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня кандидата архітектури : 18.00.01 – теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури / А. В. Степанюк ; Національний університет "Львівська політехніка". – Львів, 2011. – 26 с.

#### **Сільник О., Партика Р. Планування та забудова громадських центрів сільських поселень**

Створення сприятливих соціальних умов є однією з найважливіших ланок у загальнодержавному реформуванні сільського життя, що сприятиме подальшому розвитку найкращих умов для збалансованого сільського життя пересічних його мешканців. Одним із методів вирішення зазначеної проблеми є забудова громадського центру поселення з урахуванням потреб мешканців.

Вивчення сучасного стану центрів сільських поселень дає змогу вирішити низку питань під час проведення робіт з їх реконструкції.

**Ключові слова:** архітектура, сільське життя, реконструкція, забудова громадського центру поселення, адмінбудинок села, клуб, торговий центр.

#### **Silnyk O., Partyka R. Planning and development of public centers of rural settlements**

Creating an enabling social environment is one of the most important links in the national reform of rural life that will contribute to the further development of the best conditions for sustainable agriculture ordinary life of its inhabitants. One method of solving this problem is to build community center settlement with regard to the needs of residents.

The study of the current state of rural settlements centers enables to solve a number of issues during the work on their reconstruction.

**Key words:** architecture, agriculture ordinary life, reconstruction, to build community center settlement, office block village, club, shopping center.

#### **Сильник А., Партыка Р. Планирование и застройка общественных центров сельских поселений**

Создание благоприятных социальных условий является одним из важнейших звеньев в общегосударственном реформировании сельской

жизни, что будет способствовать дальнейшему развитию лучших условий для сбалансированного сельской жизни рядовых его жителей. Одним из методов решения данной проблемы является застройка общественного центра поселения с учетом потребностей жителей.

Изучение современного состояния центров сельских поселений позволяет решить ряд вопросов при проведении работ.

**Ключевые слова:** архитектура, сельское жизни, реконструкция, застройка общественного центра поселения, административное здание села, клуб, торговый центр.

УДК 71.712.5

## **РОЛЬ ВОДНИХ КОМПОЗИЦІЙ У СТРИЙСЬКОМУ ПАРКУ**

**М. ЛЬВОВА**

*О. Волошенко, старший викладач*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Одними з важливих елементів паркової композиції є водойми: природні (ріки, озера, водоспади, джерела) та штучні (фонтани, ставки, канали, колодязі, каскади тощо). Найкращі пейзажі парку здебільшого орієнтуються в напрямі водної поверхні. Вона привертає до себе увагу завдяки яскравості, глибокій синяві, переливчастим багатобарвним відображенням берегових насаджень. Вода може бути спокійною й рухомою (текти, падати, вирувати, капати тощо), може звучати, вимальовувати дзеркальне зображення, змінювати колір і фактуру поверхні, а також створювати зручні умови для відпочинку людей. Статичний або динамічний стан води неабияк впливає на людину: перший – надає спокою, рівноваги, другий – руху та мінливості. Вода спроможна відбивати довколишні природні явища й надавати їм певного впливу. Водойми покращують мікроклімат, сприяють розвитку рослинності, особливо на прилеглих ділянках. Біля берега – завжди надзвичайно приємна прохолода, свіжий вітер і могутні крони дерев, соковита яскраво-зелена трава [3, с. 111].

Вода завжди мала притягальну дивну силу, відігравала важливу роль у великих парках із самого початку їх історії. У перших європейських парках була єдиним оздоблювальним елементом.

Сьогодні міста України збагачені великою кількістю об'єктів масового відпочинку (заповідниками, національними парками, лісопарками, зонами туризму та ін.), у яких сформовані пейзажі з участю води.

Серед цих міст особливе значення займає Львів, із великою кількістю чарівних парків. Місто має надзвичайно багаті традиції міської паркової культури. Масові гуляння містян були поширені ще на початку XIX ст., коли влаштовувалися феєрверки та стрільбища. Улюбленими місцями прогулянок вважалися Гетьманські вали (тепер Проспект Свободи), парк «Погулянка» (у Личаківському районі), сади та сквери на вул. Панській (тепер вул. Івана Франка), Стрийський парк та ін.

Стрийський парк площею близько 60 га є одним із найстаріших та найгарніших парків міста, пам'яткою садово-паркового мистецтва національного значення.

Вивчення та ознайомлення з традиціями паркової культури може забезпечити багатий матеріал для відновлення чарівних львівських парків, адже відвідуваність та інтерес до їх естетичного вигляду постійно зростає [8, с. 110].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Садово-паркове мистецтво України займалися І. Д. Родічкін [7], І. Л. Грінчак [7], В. С. Сергєв [7], П. І. Фещенко [7], І. А. Косаревський [3], А. П. Вергунов [2], М. Ф. Денисов [2], С. С. Ожегов [2], Л. І. Рубцов [6]. Зокрема водні композиції м. Львова вивчав В. П. Кучерявий [4, 5]. Проте роль водних композицій у парковому мистецтві м. Львова досліджено недостатньо.

Постановка завдання. Завдання нашого дослідження - визначення ролі водних композицій у парковому мистецтві на прикладі Стрийського парку м. Львова.

**Виклад основного матеріалу.** Водні композиції мають вагомий вплив на формування пейзажу парку, зокрема слугують і для організації різних форм відпочинку. А. Т. Болотов називав воду «душею парку» та «оком землі» [2, с. 170]. Саме у Стрийському парку м. Львова вміло використано водні композиції, які надають ландшафту неабиякої виразності та мають невичерпну «художню палітру». При вході у парк, одразу вкінці партеру, починається прибережна територія озера, дзеркало якого вдало вписується і в долину, і в довколишню зелень, і в паркову тишу. Природність, характерну для пейзажного парку, створюють круті схили берегів, що спускаються до води. Вони утворюють картину справжнього живописного озера, господарями якого є прекрасні лебеді. Зокрема вдало оформлено озеленення берегів. На південно-західному боці у воду опущені красиві довгі гілки плакучої верби, а поряд схилилася над плесом чарівна плакуча вільха сіра. (рис. 1, 1). Завершує ландшафтний комплекс озера низька ажурна металева огорожа. За нею розташована приозерна алея з лавами. Тут можна відпочити, і звідти відкривається чудесна панорама не тільки на ставок, й на нижній просторовий партер, що примикає до нього. Це живописне місце

манить до себе і дорослих, і дітей, і особливо закоханих, а у вихідні – наречених.

Ландшафт парку формувався на основі глибокої ерозійної долини, якою протікав струмок Сорока (ліва притока Полтви). Тепер тут – пішохідна доріжка, яка зв'язує верхню терасу з нижньою частиною парку. Умови для створення крупної водойми були відсутні, і для того щоб надати ландшафту живописності, було вирито невеликий ставок поблизу головного входу. Відвідувачі, які проходять через головний вхід парку, потрапляють у незвичну атмосферу, де відчувається різка зміна середовища. Контрастне поєднання відкритого простору водойми та зеленого партеру неабияк впливає на відвідувачів, а круті схили, які спускаються до води, створюють ілюзію великого просторого озера. Такий ефект у ландшафтному мистецтві використовував А. Ленотр (французький ландшафтний архітектор, майстер садово-паркового мистецтва світового рівня, геній садівництва Франції XVII ст.). Ефект відображення пов'язаний зі закономірностями сприйняття розмірів водойм. Так, галявини біля водойми візуально розширюють її площу, оскільки у дзеркалі води відображається небо, і завдяки цьому створюється враження ширшого і світлого водного простору. І навпаки, високі відкоси, обриви та насадження, які близько підступають до берегової лінії, відображаються у водному дзеркалі, затіняють, часто створюють так званий ефект чорної (темної) води або чорного дзеркала, візуально скорочують простір (див. рис. 1) [1, с. 131].

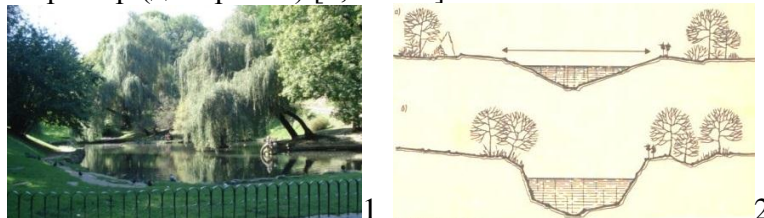


Рис. 1. 1) водойма у Стрийському парку; 2) зорове сприйняття розмірів ставків: а – здається більшим; б – здається меншим

Над водоймою доріжка стає ширшою і переходить у майданчик, де організовано струмок. Перепади водних потоків, які створені зведенням низки невеликих кам'яних гребель, збагачують та оживляють пейзаж навколо струмка. Рух води супроводжується звучанням дзвінких капель і ніжного шурхоту. Вирішальний вплив на характер течії води надає структура поверхні струмка, звучання і сплески поглинаються, коли вода падає на воду (рис. 2, а, б). Цей ефект досягається у струмку тільки тоді, коли рівень води є достатнім, аби стікати поверхнями, або коли падає дощ. Доповнюють мальовничість струмка різні скульптури, кам'яні сходинки,

невеличкий місток з каменя та обрамлення міцних букових насаджень лісового типу.

У долишній частині парку, ліворуч входу з вулиці Паркової, під схилом гори, тече джерело. Наявне нині декоративне оздоблення джерела створила у 50-х роках ХХ ст. група студентів Львівського інституту прикладного та декоративного мистецтва. У центрі композиції – декоративний рельєф, що представляє класичну сцену боротьби добра зі злом – епізод бою Кирила Кожум'яки із крилатим Змієм-Драконом, а з пащі чудовиська летиться вода (рис. 2, в, г). На жаль, нині цю воду пити не можна, як вважає міська санстанція. Ліворуч у стіні зроблена плита з надписом «Арнольду Рерінгу – засновнику львівських парків». А. Рерінг (досвідчений міський садівник) заклав Стрийський парк у 1887 р. і присвятив йому близько 40 років свого життя. По обидва боки джерела розходяться сходи, що ведуть до алеї-стежини на горішню терасу парку [5, с. 29].

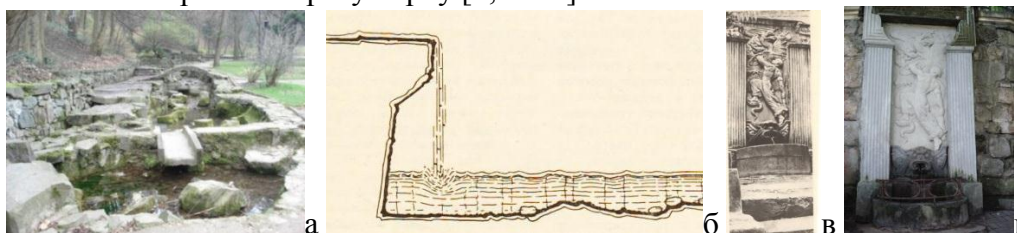


Рис. 2. а) струмок у Стрийському парку; б) вплив поверхні, на яку стікає вода (звучання і сплески поглинаються, коли вода стікає на воду); в) джерело у Стрийському парку – 70-ті роки ХХ ст.; г) джерело, 2016 р.

**Висновки.** Стрийський парк вважається найстарішим та найбільшим парком Львова із багатою, добре розвинутою флорою, пересіченим рельєфом, мальовничими краєвидами і малими архітектурними формами. Оригінальності парку надають водні композиції, а саме водойма, каскади, джерело та інші водні влаштування, які сприяють покращанню мікроклімату, вирішенню інженерних і протипожежних завдань, а також є важливими елементами локальних композицій парку. Обводнення паркової території є актуальним завданням реконструкції парку, а для цього необхідне ретельне вивчення історії парку, яке допоможе визначити вирішальний характер для водних композицій.

Стрийський парк має продовжувати своє існування і бути чудовим місцем для відпочинку населення.

#### Бібліографічний список

1. Боговая И. О. Ландшафтное искусство : [учебник для вузов] / И. О. Боговая, Л. М. Фурсова. – М. : Агропромиздат, 1988. – 223 с.

2. Вергунов А. П. Ландшафтное проектирование : [учеб. пособие для вузов по спец. «Архитектура»] / А. П. Вергунов, М. Ф. Денисов, С. С. Ожегов. – М. : Высш. шк., 1991. – 240 с.
3. Косаревский И. А. Композиция городского парка. Научно-исследовательский институт теории, истории и перспективных проблем советской архитектуры / И. А. Косаревский. – К. : Будівельник, 1977. – 140 с.
4. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць [підручник] / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2005. – 456 с.
5. Кучерявий В. П. Стрийський парк : [иллюстрированный путеводитель] / В. П. Кучерявий. – Львів : Каменяр, 1976. – 78 с.
6. Рубцов Л. И. Проектирование садов и парков / Л. И. Рубцов. – М. : Стройиздат, 1964. – 234 с.
7. Сады, парки и заповедники Украинской ССР: Заповед. природа; Переобразован. ландшафт; Садово-паркове искусство / [И. Д. Родочкин, О. И. Родочкина, И. Л. Гринчак, В. С. Сергеев, С. И. Фещенко]. – К. : Будівельник, 1985. – 167 с.

**Волошенко О. Роль водних композицій у Стрийському парку м. Львова**

Розглянуто роль водойм у парковому мистецтві, зокрема висвітлено водні композиції Стрийського парку у м. Львові як елементи збагачення живописності ландшафту. Коротко охоплено періоди створення водойм у Стрийському парку та подано їх характеристику.

**Ключові слова:** Стрийський парк, садово-паркове мистецтво, водойми, водні композиції.

**Voloshenko A. The role of water compositions in Stryisky park of Lviv**

In the article the role of ornamental water in landscape art is examined, especially water compositions in Stryisky park of Lviv are covered as enriching elements of pictorial landscape. In particular, the periods of ornamental waters creation in Stryisky park are mentioned, and their characteristics are briefly described.

**Key words:** Stryiskyj park, landscape art, ornamental water, water composition.

**Волошенко О. Роль водных композиций в Стрийском парке г. Львова**

Рассматривается роль водоемов паркового искусства, в частности освещены водные композиции в Стрийском парке г. Львова как элементы обогащения живописности ландшафта. Коротко охвачены периоды создания водоемов в Стрийском парке и представлено их характеристику.

**Ключевые слова:** Стрийский парк, садово-парковое искусство, водоемы, водные композиции.

УДК 728.9

## ОРГАНІЗАЦІЯ І ПЛАНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

*А. Баранович, асистент*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** У результаті створення розмаїтих агроформувань, у тому числі приватних, змінилося функціональне значення сільських населених пунктів, які набули іншого змісту, доповнюючись агропромисловим комплексом автономного функціонування сімейних або фермерських господарств [1]. Неправильне планування і проектування організації виробничого процесу призводить до втрат продуктивності господарських угідь та забруднення довкілля. На сьогодні архітектурно-планувальна концепція створення таких господарств ще недостатньо сформована.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проектування фермерських дворів досліджувало чимало вчених, таких як Д. Добряк, Д. Бабміндра, Ю. Криворучко, Г. Петришин, А. Рудницький, М. Габрель, Б. Посацький, І. Черняк, Г. Шульга, А. Степанюк, О. Колодрубська. На сьогодні, на жаль, немає досконало проаналізованого досвіду вітчизняного та закордонного виробництва.

**Постановка завдання.** Наше завдання – висвітлити досвід проектування та планування фермерських угідь, а саме виділити такий типологічний вид господарювання як господарсько-виробничий двір (ферма) та проаналізувати структуру угіддя фермера.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасні соціально-економічні умови, які сформувалися нині в агропромисловому комплексі України, внаслідок проведення земельної реформи та приватизації землі, вимагають нових підходів до вирішення архітектурно-планувальної організації села [2].

Одним із чинників зміни архітектурно-планувальної організації села в нових соціально-економічних умовах є поява фермерських господарств, а відтак – створення в селі нового структурно-планувального елемента – житлово-виробничих утворень [1].

Отже, утворення нових форм господарювання в селі – фермерських господарств – вимагає нових планування й організації соціальної інфраструктури села.

Сільськогосподарське виробництво, яке є основним видом діяльності особистих селянських, фермерських господарств, залежить від природно-кліматичних умов, характеризується нестабільністю цін на продукцію, та доходів, що впливає на його інвестиційну привабливість [3].

Фермерське господарство складається з таких функціональних зон: житлової, виробничої, сільськогосподарських угідь та інших земель.

До складу першої зони входять житловий будинок господаря, будинки робітників, відпочинкові та адміністративні будівлі, город, сад, а також передбачені торгово-складські будівлі для виготовленої продукції господарства (комерційні заклади), сакральні споруди. Житлову частину розташовують у наймальовничішій і здоровій зоні фермерського угіддя, вище рельєфу місцевості, виробничої зони і з надвітряного боку останньої. Бажано, щоб місце під житло було розташоване біля річки, ставка або лісових масивів і подалі (не менше як за 2 км [5]) від заболочених місць. Виробнича частина має бути розміщена з підвітряного боку і нижче за житлову зону. Вона має зручно розташовуватися відносно полів та угідь господарства і відповідати умовам, необхідним для найкращої організації сільськогосподарського виробництва. Тваринницькі ферми повинні мати добрий зв'язок із прифермерськими сівозмінами, сіножатями, випасами та водопоями. До виробничої зони належать основні, допоміжні та обслуговуючі будівлі і споруди, що забезпечують товарне виробництво сільськогосподарської продукції. Між житловою й виробничою зонами треба створити зручні умови зв'язку, щоб домогтися найменшої втрати часу на перехід з однієї зони в іншу. Зона сільськогосподарських угідь та інших земель представлена ріллею, пасовищами, сіножатями, садом, лісами, водоймищами тощо. Загальна аграрна схема угіддя має бути простою й архітектурно виразною. Викреслюючи її, зважають на природні особливості території – рельєф, відкриті природні та штучні водні джерела.

Головна містобудівна ідея зонування полягає не у простому розділенні території селянського господарства на окремі складові частини, а в забезпеченні таких зв'язків між ними, за яких вони формували б єдиний функціональний комплекс для створення найсприятливіших умов життя, роботи й відпочинку людей [4].

Сучасний житлово-виробничий двір фермерського комбінованого господарства має бути ансамблем в архітектурно-планувальному, об'ємно-просторовому та художньому вирішенні, відповідати вимогам і технологіям



сучасності, адже це може вплинути на вирішення пейзажу сучасного села, його єдності з довколишньою забудовою та ландшафтом.

Наприклад, у проектуванні житлово-виробничого двору фермерських комбінованих господарств сільських поселень варто приділити особливу увагу їх архітектурно-планувальному вигляду та благоустрою, що передбачає:

- упорядкування зонування території сільських поселень;
- створення оптимальних умов для праці, побуту й відпочинку його відвідувачів та робітників;
- організацію території та розміщення об'єктів житлово-виробничого та торгово-бізнесового призначення;
- роботи над створенням виробничого благоустрою, озелененням, будівництвом нових інженерних мереж.

Важливим чинником організації фермерського господарства є цілісність його площі, яка б забезпечила компактний масив землекористування [1]. Оптимальні розміри фермерських господарств залежать від їх спеціалізації.

Самостійне селянське господарство безпосередньо передбачає аграрні території свого землеволодіння як технологічну основу виробничої діяльності й як природне навколишнє середовище, призначене для відпочинку, відновлення ресурсів, задоволення рекреаційно-естетичних запитів людини [4].

Територіальна організація фермерських господарств може бути в таких варіантах:

1. Єдиний сельбищно-виробничий простір із житловим будинком, виробничими будівлями і спорудами та сільськогосподарськими угіддями.
2. Відокремлені в декількох місцях території житла і виробнича, земельна частини, пай фермера, залучені землі інших громадян на основі оренди.
3. Окрема виробнича зона зі сільськогосподарськими угіддями, яка функціонально сполучена з житловим середовищем фермера.
4. Розміщення житлової й виробничої зон у житловому кварталі населеного пункту на прибудинковій присадибній ділянці більших розмірів, а за межами села – польової сільськогосподарської зони.
5. Житлова зона розміщена в населеному пункті, а за його межами в єдиному масиві – житло періодичного проживання, виробнича зона і зона сільськогосподарських угідь.

**Висновки.** Україна – велика аграрна держава. Її сільське господарство – одна з основних галузей матеріального виробництва, що відіграє важливу роль у житті суспільства. Тому грамотне планування територій угідь,

технологічного процесу виробничого двору фермерських господарств збільшить прибутки в аграрній сфері.

Перехід від звичайних до комбінованих фермерських господарств потребуватиме капіталовкладень у розвиток відповідної інфраструктури. Але передусім – це господарство, яке формуватиме системи гуртових селянських ринків, необхідних для збереження продукції, безвідходного виробництва та його, в разі потреби, швидкої реалізації.

#### **Бібліографічний список**

1. Розпланування та забудова території сільських населених пунктів і фермерських господарств : навч. посібник / Г. К. Лоїк, І. Г. Тарасюк, А. В. Степанюк, М. В. Смолярчук. – К. : Арістей, 2009. – 344 с.
2. Степанюк А. Історико-теоретичні основи та передумови архітектурно-планувального розвитку центральних сіл первинної системи розселення Західного регіону України / Степанюк А. // Вісник Львівського державного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2004. – № 4. – 2003. – С. 222-227.
3. Сучасна сільська садиба і підприємницька діяльність у нових соціальних умовах / Баранович А., Баранович Л. // Вісник Львівського національного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2015. – № 16. – С. 162-164.
4. Функціональне зонування території селянських (фермерських) господарств / Фамуляк Я., Черняк І. // Вісник Львівського державного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське. – 1996. – С. 30-40.
5. ДБН Б.2.4-4-97. Планування і забудова малих сільськогосподарських підприємств та селянських (фермерських) господарств. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 27 с.

#### **Баранович А. Організація і планування території фермерських господарств**

Проаналізовано досвід архітектурного проектування, планування фермерських дворів. Подано методику проектно-планувальних рішень функціонального і будівельного зонування території фермерських господарств різних типів.

**Ключові слова:** угіддя, фермерське господарство, житлова зона, виробнича зона, комбіноване господарство, схема угіддя, планування.

#### **Baranovich A. Organization and planning areas farms**

This article analyzes the experience of architectural design , planning of farm households. Posted method of design and planning decisions and building functional zoning of farms of different types.

**Key words:** land, farm, residential zone, industrial zone, combined farm land scheme, layout.

**Баранович А. Организация и планирование территории фермерских хозяйств**

Пранализирован опыт архитектурного проектирования и планирования фермерских дворов. Подана методика проектно-планировочных решений функционального и строительного зонирования территории фермерских хозяйств разных типов.

**Ключевые слова:** угодья, фермерское хозяйство, жилая зона, производственная зона, комбинированное хозяйство, схема угодья, планирование.

УДК 725.171(477.83)

**ГЕНЕЗА ПАЛАЦУ У СТРУКТУРІ СЕЛА ПІДГІРЦІ**

*В. Смолинець, асистент*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Із розширенням досліджень пам'яток архітектури, урахуванням їх регіональних особливостей, стильових характеристик та інших чинників, усе частіше вирізняються риси архітектури європейських країн як однієї з невід'ємних частин його культури. Важливу роль у культурному житті поселення відігравали будівлі палаців. Розквіт палацового будівництва в Україні припав на XVI-XVIII ст. Старі фортифікаційні споруди почали трансформувати під тогочасні функціональні потреби, деякі замки реконструювали та перебудовували, доки вони не ставали вишуканими палацами. Біля палацу розміщували парк регулярного або англійського типу. Будівництво нових палаців втратило оборонний характер.

Палац – споруда з парадними приміщеннями житлового призначення та пишно оздобленими урочистими фасадами. У XIX ст. палаци набували найрізноманітнішого вигляду. Зазвичай мали анфіладне розпланування вишукано оздоблених приміщень. Зводили їх у містах та селах.

У період, коли Львівська область входила до Речі Посполитої з 1569–1795 рр., у селах було збудовано чимало замків і полаців польської шляхти. Їх архітекторами зазвичай були іноземці, тому замки вирізнялися на тлі архітектури українського села. Прикладом такої будівлі є палац у с. Підгірці.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Архітектуру замків та палаців Львівщини досліджували чимало науковців, зокрема О. Мацюк [1], Т. Палков [2], проте вплив розміщення палацу на планувальну архітектуру сучасного села досліджено недостатньо.

**Постановка завдання.** Наше завдання – аналіз історичного розвитку палацу в с. Підгірці та його пристосування до сучасних вимог.

**Виклад основного матеріалу.** Палаці й садибно-паркові ансамблі Галичини кінця XVII – першої половини XVIII ст. відіграли помітну роль у формуванні художньої виразності архітектури краю. Вони стали відображенням естетичних смаків суспільства, втіленням ідеї раціоналізму, цілісності, гармонії та рівноваженості, а також домінуючого принципу ренесансу – звернення до природи й античності. Саме в цей період сформувався феномен палацової культури [5, с. 2].

Палац або замок були основним полем культурної діяльності. Ідеї ренесансу втілені в мистецтві та архітектурі краю. Це особлива сторінка в історії українського будівництва, тісно пов'язана з розвитком архітектури Західної та Центрально-Східної Європи, а саме – Франції, Австрії, Польщі.

Прикладом втілення європейських традицій в архітектурі Львівщини є Підгорецький палац, що виступає домінантою у планувальній структурі села Підгірці (див. рис.).

На місці нинішнього замку існували давніші укріплення, про які згадано ще 1530 р. На замовлення коронного гетьмана Станіслава Конєцпольського, який придбав замок 1633 р. у родини Підгорецьких, відомий архітектор фортифікацій Гійом Левассер де Боплан створив проект укріплень, а Андреа дель Аква – проект двоповерхового палацу з триповерховими павільйонами по боках і вежею у стилі пізнього ренесансу та бароко. Замок має форму квадрата, сторона якого дорівнює приблизно 100 м. На його рогах розташовані п'ятикутні бастіони.

Замок збудований з цегли і каменю. Між внутрішньою та зовнішньою стінами будівлі влаштовано каземати. Вимощена гладкими кам'яними плитами покрівля казематів утворює тераси, огорожені балюстрадами. Ці тераси, очевидно, використовували для прогулянок, а в разі військової потреби – для розміщення гармат. Вістря бастіонів увінчують витесані з каменю-пісковіку витончені сторожові вежі-кавальєри. Зі сходу, півдня й заходу замок оперізує смуга оборонних укріплень, важливими елементами яких є глибокий, облицьований каменем рів та земляні вали [3, с. 1].



Рис. Підгорецький палац (світлини автора 2013 р.):

а) загальний вигляд; б) внутрішній двір

Фасади Підгорецького замку мають очевидний «французький слід». Тричастинна композиція ризалітів простежується така, як у замках Франції та в палацах, побудованих за їхніми взірцями (наприклад, львівський палац «Під Лебедем»). В архітектурі палацу можна побачити незвичні риси європейського стилю, які на той час були новинкою. Це проявляється в ордерній системі, пілястрах, обрамленні вікон і сандриками, колонами, балюстрадою та бароковим завершенням даху.

Інтер'єри замку вражали сучасників своєю вишуканістю. Тематичні зали мали назви «Китайська», «Золота», «Лицарська», «Зелена», «Дзеркальна» та «Мозаїчна». Інтер'єр Китайської зали Підгорецького замку, ймовірно, треба визнати найкращим інтер'єром на теренах тодішньої України у стилі шинуазрі. Цей стиль – один із напрямів рококо, і йому притаманне використання мотивів середньовічного китайського мистецтва в європейському декоративно-прикладному мистецтві [4, с. 1].

Біля замку було закладено парк на зразок французьких – Шато-неф у Сен-Жермені, або Люксембурзький сад у Парижі, де прогулювалися рідкісні птахи, влаштовували різні забави. У давнину саме парк справляв на заїжджого гостя сильне враження [2, с. 39]. Розкішний парк оточував замок з усіх боків. Парк вирізнявся цілісністю художнього задуму і глибоко продуманим взаємозв'язком рельєфу, архітектури, скульптури й рослинності. Парк розташовувався на терасах. На першій терасі був невеликий партер із рослинним візерунком. До другої тераси вели барокові сходи, що спиралися на аркаду. Зберігся старий дереворит із його зображенням. Зараз Підгорецький парк належить до пам'яток садово-

паркового мистецтва державного значення і є чи не єдиним в Україні парком такого типу.

Палацовий комплекс у с. Підгірці чітко вирізняється на тлі села вдалим розташуванням у структурі поселення і його акцентом. Характерними рисами палацу є його звернення до європейських аналогів.

На сьогодні замок перебуває у процесі реставрації, зали здебільшого закриті для відвідувачів, сад підтримується у більш-менш належному стані.

Підгорецький замок має велике значення для села, оскільки є його візитівкою, хоча й потребує негайної й ґрунтовної реставрації. Палацовий комплекс щороку відвідують багато туристів, які приносять певний прибуток на утримання палацу, однак цього недостатньо.

**Висновки.** На наш погляд, Підгорецький замок потрібно трансформувати під сучасні потреби села. Передусім палац не має втрачати свого автентичного вигляду. В основних приміщеннях палацу доцільно відкрити музей, деякі приміщення виділити під невелике кафе з літніми майданчиками на терасах. Частину палацових приміщень пристосувати й використовувати для різних культурних заходів, з'їздів, конференцій. На території парку можна влаштовувати різні тематичні фестивалі. Для збільшення прибутків у селі потрібно побудувати невеликий готель. Тоді село почне розвиватися в туристичному бізнесі й приносити свої прибутки для подальшого розвитку і реконструкції палацового комплексу.

#### **Бібліографічний список**

1. Мацюк О. Я. Замки і фортеці Західної України: Історичні мандрівки / О. Я. Мацюк. – Львів : Центр Європи, 2005. – 192 с.
2. Палков Т. Замки Львівщини: історія та легенди : путівник / Т. Палков. – Львів : Ладекс, 2007. – 64 с.
3. Підгорецький замок [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (час звернення: 01. 02. 2016 р.).
4. Шинуазри напрям у мистецтві [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (час звернення: 01. 02. 2016 р.).
5. Овсійчук В. А. Українське мистецтво другої половини XVI – першої половини XVII ст. / В. А. Овсійчук – К. : Наук. думка, 1985. – 128 с.

#### **Смолинець В. Генеза палацу у структурі села Підгірці**

У статті розглядається історичний розвиток палацу в с. Підгірці. Подано пропозиції для його подальшого пристосування в сучасних умовах.

**Ключові слова:** європейська архітектура, палац, село.

#### **Smolynets V. Genesis palace in the structure of the village Pidhirtsi**

The article deals with the historical development of the palace in the village Pidhirtsi. The proposal for further adaptation to the modern world.

**Key words:** european architecture, palace, village.

**Смолинець В.** Генезис дворца в структуре села Подгорцы

В статье рассматривается историческое развитие дворца в с. Подгорцы. Даны предложения для его дальнейшего приспособления в современных условиях.

**Ключевые слова:** европейская архитектура, дворец, село.

УДК 721.012.2

**ПРОЕКТУВАННЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ЕКСПОЗИЦІЇ ФРАГМЕНТІВ  
АРХІТЕКТУРНИХ ПАМ'ЯТОК  
В УРБАНІСТИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

*Т. Сафонова, аспірант*

*Інститут архітектури Національного університету  
«Львівська політехніка»*

**Постановка проблеми.** Традиційно створення музейної експозиції зводиться до самостійного показу пам'яток зусиллями істориків. Модернізація цього процесу у вид мистецтва, що займає проміжну галузь між дизайном, архітектурою та музеєзнавством, дає змогу краще оперувати естетичним аспектом організації предметів і простору та високим інформаційним потенціалом для видовищного, деталізованого та поглибленого експонування збережених пам'яток. Раніше місцями представлення експонатів були приміщення музею, а сьогодні це природний ландшафт вулиць, парків, скверів та двориків, що безумовно має свої переваги в розкритті взаємодії навколишнього середовища з людиною, доступності для огляду більшій кількості відвідувачів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Постійний пошук нових можливостей зробив сучасні технології невід'ємною частиною експозиції, поєднавши новітні прилади з історичними пам'ятками так, щоб вони задавали настрій глядачу та поглиблювали знання, а також акцентували увагу на стані збереження, кількісному розмаїтті, кольорі, фактурі, об'ємі та розмірі. У вітчизняних літературних джерелах уже напрацьовано відповідний досвід стосовно впливу кольору та світла [1–4]. Варто виокремити працю У. В. Шпільчак [5], оскільки колірний аналіз був застосований щодо вирішення міського середовища, що є важливим етапом у проектуванні урбаністичних експозицій. Стосовно освітлення, то В. О. Праслова детальніше описала прийоми організації світлового середовища [6],

О. І. Богданова – залежність формування експозиційних просторів від впливу світла в музейно-виставкових комплексах [7], а Д. Д. Гордіца врахувала ефективність роботи світло-прозорих огорожень у використанні природного освітлення [8]. Описи різних технологічних прийомів залучення сучасних нанотехнологій та LED-освітлення надали Д. В. Ціперко [9] і Л. М. Коваль [10]. Обмежена кількість матеріалу є в розробці маршрутизації експозиційним простором, оскільки розглядається лише приміщення музею, або загальне використання пам'яток археології в туристичних маршрутах [11].

**Постановка завдання.** Наше завдання – спроба окреслити можливості у проектуванні сюжету та маршрутизації експозиції фрагментів архітектурних пам'яток в урбаністичному середовищі.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасна сюжетна лінія в експозиції фрагментів архітектури широко використовує наочність, показ взірців пам'яток. Вона охоплює задання настрою, психологічно-образні акценти, гармонію взаємодії між експонатами, єдністю стильового направлення чи групи персоналій, методики подання матеріалу. Саме вибір стилю допоможе створити спільність образної системи, творчих прийомів, передати атмосферу епохи та напряду емоційного сприйняття фрагменту. Основними елементами сюжету є експозиція, її взаємозв'язок, вступна частина, постійний розвиток основного матеріалу, кульмінація, розв'язка з епілогом. Сюжет може бути побудований за хронологічним принципом поєднання епізодів, або концентричним принципом, де події з'єднані причинно-наслідковими зв'язками, що використовується за потреби постановки центру і привернення уваги до основних об'єктів (рис. 1). Художній задум сценарію повинен містити: використання акцентування, відволікання від несуттєвого, зіставлення, порівняння, метафоричні образи, динаміку, ритм, симетрію, перебільшення, збагачення додатковим змістом, і це все має бути лаконічним, збалансованим.

Сюжет закладається не тільки в маршруті руху та подачі інформації всієї експозиції, а й у сучасних пояснювальних програмах, таких як мультимедійна презентація (відеомепінг), аудіосупровід, відеофільми на мультитач-дисплеях, сенсорних, голографічних екранах, проекторних візуалізаціях, інтерактивних плівках i-skin та інформаційних комп'ютерних стендах. Залежно від цільового сприйняття відносно вікових груп відвідувачів є певні рекомендації щодо доступності інформації, її складності





Рис. 1. Побудова сценарію експозиційного простору

та поглиблення. Експозиція допоможе глядачеві відчутися частиною історії, доторкнутися до неї, надасть інформаційної новизни, спонукає до аналізу внутрішньої оцінки побаченого та обов'язково запам'ятається. Наприклад, на сенсорних голографічних екранах відбувається презентація фрагмента архітектурної будівлі, який, за сюжетом, відбудовують до стану перед руйнацією з показом нашарувань стилів за роками, перехід від екстер'єру цієї споруди до деталей в інтер'єрі.

У проектуванні експозиції збережених пам'яток архітектури враховують архітектурно-планувальні особливості території розміщення експозиції для перепланування простору, відбору експонатів, обладнання, схем маршрутів, тематичного зонування, освітлення. З метою посилення ефекту швидкоплинності часу історичні фрагменти архітектурних пам'яток розміщують у неприродній для них атмосфері: на вулицях сучасних районів, розвилках автомагістралей, у пасажах торгових центрів, на дахах хмарочосів, або, навпаки, залишають на місцях, щоб краще передати атмосферу того часу.

У маршрут закладають оптимальний шлях проходження екскурсійної групи з логічною послідовністю об'єктів та інформації. Ми виокремили дванадцять схем маршрутизації експозиційного простору в урбаністичному середовищі: прямий-односторонній, прямий-двосторонній, по колу-односторонній, по колу з багатьма входами, по колу-двосторонній, зигзаг-односторонній, зигзаг-двосторонній, комбінація прямої й зигзагу, комбінація по колу і зигзагу, комбінація прямої й по колу, комбінація прямої з двостороннім входом, довільна (рис. 2). Кожну з цих схем застосовують для певної мети з урахуванням плану тематичного зонування, художніх прийомів, візуальних перспектив, розміщенням обладнання, розмірів території, об'єктів показу, пояснювальних записів, супровідної інформації, освітлення. Відповідно до форми і розмірів території під експозицію підбирається схема маршруту. У внутрішньому дворіку та на дахах зазвичай через обмеженість території використовують маршрут із розміщення експонатів по колу одно- чи двосторонньо, комбінацію прямої й по колу, в певній послідовності, де сюжет має передісторію, кульмінацію і зав'язку. Така схема маршрутів підходить і для території з декількома

входами, проте об'єкти мають бути з однієї групи, а сюжет – рівномірним та ритмічним, оскільки не має залежати, звідки глядач розпочне огляд. У вузьких вуличках експозиція розташовується прямоодносторонньо, у ширших – двосторонньо чи зигзагом. Якщо відбувається зміна сюжету і є потреба в новому сприйнятті, застосовують маршрут одностороннього зигзагу. Задля виокремлення експонатів чи їхніх груп розбивається загальна площа на зони для акцентування уваги на потрібному об'єкті. Комбінації таких схем вживають на великих територіях – площах, скверах, у парках. Направлення глядача в певній послідовності відвідувати всі розділи характерне для дидактичних експозицій. Послідовність показу варто проектувати зліва направо та зверху вниз за багаторівневої побудови експозиції, висоту рівня розміщення експонатів задавати в проміжку 1,5–1,7 м на відстані 80–90 см від підлоги. За протяжністю експозиційний ряд не має перевищувати 20–50 м, оскільки цілісність зорового сприйняття експозиції – до 24 м, а максимальне наповнення – 50–60 %. Щодо габаритних об'єктів показу, які розміщені на землі, то вони мають займати не більше ніж 20–30 % від усієї площі, решта – це вільний простір у 10–15 м<sup>2</sup>, і проходи, головний з яких має становити 2–3 м, другорядний – 1,5–2 м.

Враховавши всі нюанси розташування пам'яток у просторі, розглянемо допоміжні засоби проектування сюжету та маршрутизації. Сюди входять: елементи обладнання, зокрема вітрини, колби, тумби, подіуми, металеві каркаси кріплення експонатів, перегородки, огорожі, декоративно-просторові установки, освітлення, вузли експонатів та підтекстовок. За маршруту по колу предмет огляду фіксується статично, у випадку складності огляду з усіх сторін чи малої площі експозиції подіум перебуває в русі, крутячись навколо своєї осі.

Експозиційний простір поділений на передній план, центр, другий план, фон, і вміщує зону, де розташовані експонати, простір для огляду, зону маршруту руху глядача, зону інформаційного насичення, технічного обслуговування.

Одним із основних допоміжних засобів у створенні маршрутизації є освітлення, зокрема підсвітка підлоги, стелі, експонатів, вказівників та поручнів. У проектуванні використовують три види освітлення: природне, штучне і комбіноване. За схемами освітлення поділяють на: направлене, центральне, верхнє, бокове, верхнє-бокове, периферичне, відбите, повне та комбіноване. На етапі вибору освітлення необхідно врахувати, що різке світло може нашкодити стану пам'ятки та враженню відвідувача, а також виникає потреба в перехідній зоні для адаптації глядача. Штучне освітлення

дає змогу оглянути вуличну експозицію в будь-який час доби і надає можливості регулювати інтенсивність і напрям світла (рис. 3).

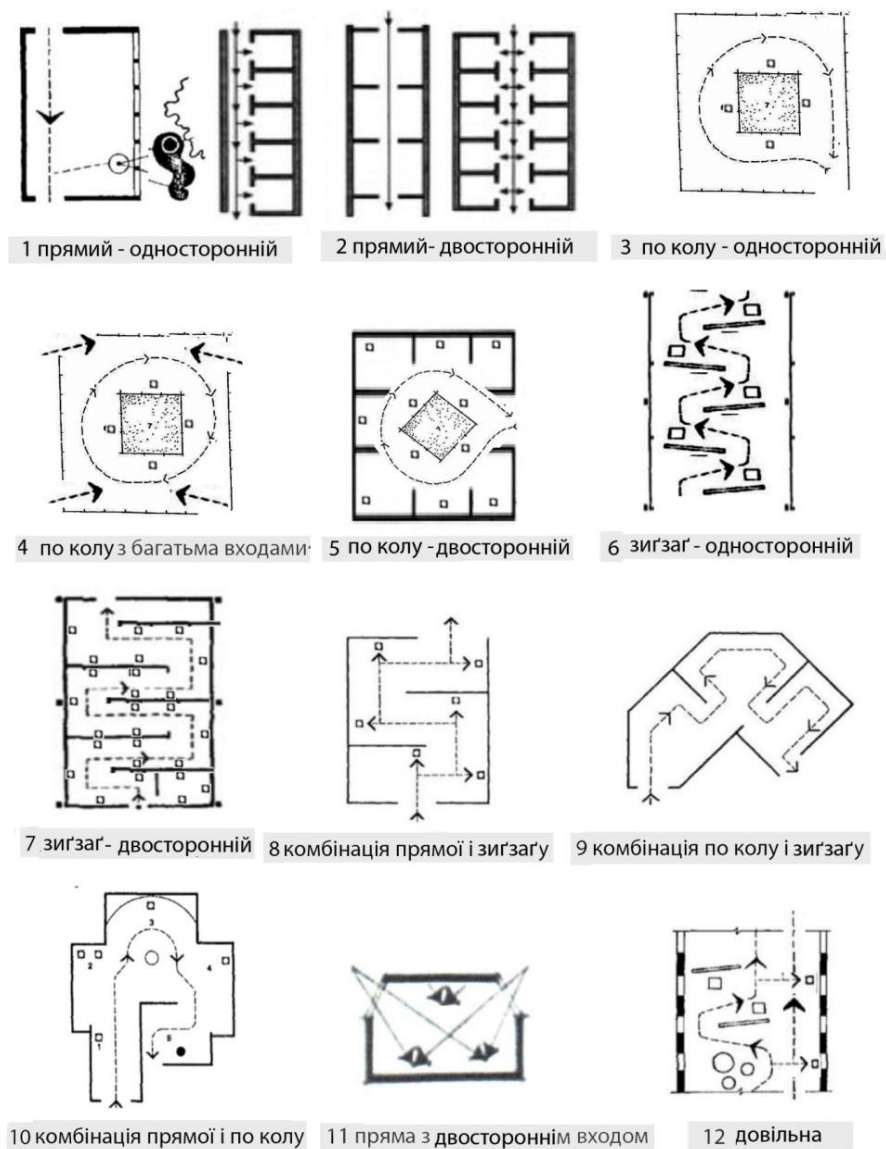


Рис. 2. Схеми маршрутизації експозиційного простору в урбаністичному середовищі

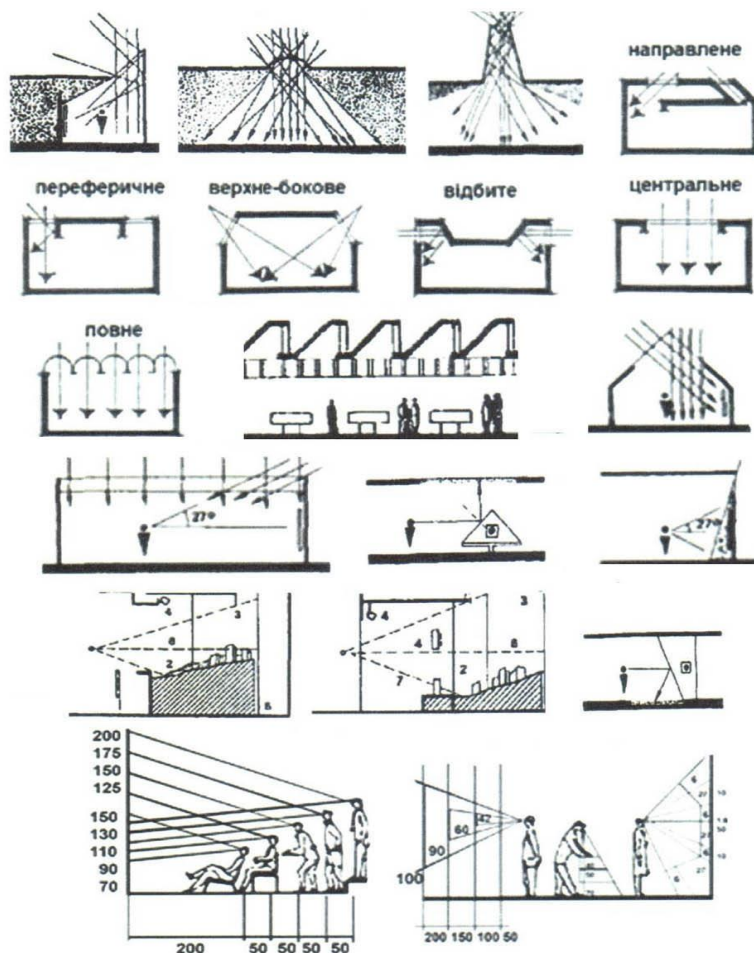


Рис. 3. Схеми освітлення і візуального сприйняття експозиційного простору

Правильне поєднання сюжету, техніки та освітлення у створенні маршруту огляду дасть змогу краще розпланувати простір під експозицію, функціонально, чітко розставити об'єкти показу та доступніше розкрити суть виставки глядачам.

**Висновки.** За допомогою зміни простору музеїв, подачі об'єктів показу, сюжету і маршруту у формуванні експозиції можна досягнути бажаних результатів оновлення, збереження, захищеності фрагментів архітектури для вдалого експонування на вигідній місцевості та доступного відвідування туристами. Запропонована методика створення моделі експозиційного простору в урбаністичному середовищі з окреслених можливостей у проектуванні сюжету та маршрутизації дає змогу визначити

основні напрями розвитку планування міста, а також конкретні архітектурні заходи для досягнення поставленої мети. Проте вона потребує подальшого вдосконалення, деталізації в методиці проведення почергових етапів, розширення переліку заходів.

#### **Бібліографічний список**

1. Печенюк Т. Кольорознавство [Текст] / Т. Печенюк. – К. : Грані-Т, 2009. – 192 с.
2. Жердзіцький В. Е. Ахроматичні і хроматичні кольори / В. Е. Жердзіцький // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтва. – 2005. – № 1. – С. 212–219.
3. Коваль Л. М. Особливості формування світлокольорового середовища в інтер'єрі за допомогою світлодіодних технологій / Л. М. Коваль // Дизайн-освіта 2009: сучасна концепція дизайн-освіти України : зб. матеріалів Міжнар. наук.-метод. конф. професорсько-викладацького складу і молодих учених в рамках V Міжнар. форуму, 27–29 квітня 2009 р., м. Харків / за заг. ред. Даниленка В. Я. – Харків : ХДАДМ, 2009. – Ч. 2. – 140 с.
4. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. – Офіц. вид. – К. : Мінбуд України, 2006. – 76 с. – (Державні Будівельні Норми України).
5. Шпільчак У. В. Колірний аналіз у вирішенні міського середовища / У. В. Шпільчак // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтва. – 2011. – № 5. – С. 79–81.
6. Праслова В. О. Прийоми організації світлового середовища підземних торговельно-розважальних комплексів / В. О. Праслова // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтва. – № 8. – 2009. – С. 103–111.
7. Богданова О. І. Залежність формування експозиційних просторів від впливу світла в музейно-виставкових комплексах / О. І. Богданова // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтва. – № 7. – 2007. – С. 13–19.
8. Гордіца Д. Д. Природне освітлення приміщень з урахуванням ефективної роботи світло-прозорих огорожень : дис. / 05.23.01/ Д. Д. Гордіца. – Полтава, 2005.
9. Ціперко Д. В. Використання нанотехнологій в сучасному дизайні освітлення / Д. В. Ціперко, О. П. Олійник // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтва. – № 5. – 2010. – С. 116–121.
10. Коваль Л. М. Взаємозв'язок естетичних особливостей LED освітлення інтер'єру і різних технологічних прийомів його застосування / Л. М. Коваль // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтва. – № 3. – 2010. – С. 64–74.
11. Титова О. М. Використання пам'яток археології у туристичних маршрутах (науково-методичні та практичні рекомендації) / О. М. Титова // Вісник Українського товариства охорони пам'яток історії та культури. – 1992. – № 5. – С. 19–34.

#### **Сафонова Т. Проектування маршрутизації експозиції фрагментів архітектурних пам'яток в урбаністичному середовищі**

У статті розглянуто зміни простору музеїв та подачі експозиції, що виведені на сучасний новий рівень оновлення та збереження фрагментів

архітектури. Метою дослідження є спроба окреслити можливості у проектуванні сюжету та маршрутизації експозиції фрагментів архітектурних пам'яток в урбаністичному середовищі. Запропонована методика створення моделі експозиційного простору в урбаністичному середовищі з окреслених можливостей у проектуванні сюжету та маршрутизації дає змогу визначити основні напрями розвитку планування міста, а також конкретні архітектурні заходи для досягнення поставленої мети.

**Ключові слова:** дизайн, проектування, інтер'єр, збереження, архітектурні пам'ятки.

#### **Safonova T. The routing design of landmarks' fragments exposition in the urban environment**

The article considers the Museums' space and exposition presentation alteration that are led out on the modern level of renovation and the preservation of architectural pieces. Purpose of the article is to outline the opportunities in plot design and routing of the landmarks' fragments exposition in the urban environment. The resented technique of creating the exhibition space model in the urban environment from facilities outlined in the plot design and routing makes it possible to identify the key areas of urban planning development and concrete architectural measures to achieve this goal.

**Key words:** design, urban space, landmark, routing, lighting.

#### **Сафонова Т. Проектирование маршрутизации экспозиции фрагментов архитектурных достопримечательностей в урбаністической среде**

В статье рассмотрено изменения пространства музеев и подачи экспозиции, что выведенные на современный новый уровень обновления и сохранения фрагментов архитектуры. Целью статьи является попытка очертить возможности в проектировании сюжета и маршрутизации экспозиции фрагментов архитектурных достопримечательностей в урбаністической среде. Предложенная методика создания модели экспозиционного пространства в урбаністической среде из очерченных возможностей в проектировании сюжета и маршрутизации дает возможность определить основные направления развития планирования города, а также конкретные архитектурные меры для достижения поставленной цели.

**Ключевые слова:** дизайн, проектирование, интерьер, сохранение, архитектурные достопримечательности.

УДК 72.01

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ СТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ТА ПРОСТОРІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ В МІСТАХ**

*К. Федячко, аспірант*

*Національний університет «Львівська політехніка»*

**Постановка проблеми.** На сьогодні в багатьох країнах світу зростає середня тривалість життя людей, що потенційно спричинює загрозу глобальної старості. За прогнозами дослідників кількість людей похилого віку зростатиме впродовж наступних 25 років. Сучасна цивілізація зумовлює раннє старіння людей. Люди почали швидше старіти, але тривалість життя при цьому збільшується. Відповідно, зростає кількість літніх людей. Вимоги людей до середовища, яке нас оточує, – зростають. Люди, особливо похилого віку, хочуть більше комфорту. Однак досі дуже мало уваги приділяли питанню цікавого дозвілля літніх людей.

Проблему розглядали лише під час обґрунтування архітектурно-планувальних вирішень житла [1; 2]. Нині питання ставлять ширше – особливості поведінки, вимоги до навколишнього середовища літніх людей повинні враховуватися в усій інфраструктурі місць перебування, у тому числі у транспорті, для того щоб зробити весь простір міста, всі види суспільного обслуговування однаково доступними та для всіх категорій людей. Висуваються й нові психологічні аспекти проблеми, що істотно впливають на підходи до створення об'єктів і просторів для похилих людей. Системність проблеми визначає участь у її розробці фахівців різних професій: архітекторів, лікарів, психологів, соціологів тощо. Тому дослідження та, в майбутньому, створення найкомфортнішого, зручного та цікавого простору для літніх людей – надзвичайно своєчасні й актуальні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемі створення і розвитку об'єктів та просторів для людей похилого віку присвячено чимало наукових праць і публікацій. Проте в більшості з них висвітлено окремі аспекти цього питання, такі як соціологічні дослідження, медичні аспекти, вимоги до матеріалів та їх поєднань, кольорів та відтінків тощо.

У публікації П. Фабріса [3] описано вісім тенденцій, що формують сьогоденне житло для людей похилого віку: 1) необхідність обладнання житла унікальними або характерними вигодами; 2) подолання негативних упереджень щодо такого житла; 3) допускання проживання літніх людей у власному житлі; 4) впровадження сервісу з догляду з пам'яттю людей; 5) об'єднання людей похилого віку у більші спільноти; 6) надання

додаткових послуг; 7) забезпечення стійкості маркетингу; 8) впровадження моделі екологічного будівництва.

У статті К. Джонсон [4] розглянуто переваги відкритих просторів для літніх людей. Більшість таких об'єктів – незалежні центри проживання, помешкання з медичним доглядом, будівлі для людей з порушенням пам'яті й хоспіси, традиційно мають супутні зовнішні простори. Є багато досліджень про користь для здоров'я літніх людей перебування на відкритому повітрі. Навіть нетривала прогулянка садом може знизити кров'яний тиск, покращує засвоєння вітаміну D, стабільний стан здоров'я, допомагає заснути. Взаємодія з природою та сенсорна стимуляція дають змогу боротися з нудьгою. Природа може допомогти позбутися відчуття безпорадності з наданням місця для тимчасової втечі (фактичної або візуальної) і зменшення почуття самотності. На переконання автора, сьогодні звертають увагу на чотири фактори дизайну: вхід і вихід прибудинкових просторів, рослинність, шляхи і можливість легкого пересування ними (схеми й матеріали) та місця для відпочинку.

Науковці С. Родієк та Ч. Лі [5] провели дослідження з метою вивчення впливу середовища перебування (відкрите повітря) на людей похилого віку в умовах довгострокового догляду. Дослідження було проведено на 68 випадково обраних житлових комплексах у трьох різних кліматичних регіонах США.

Автор Дуглас Джей Галлоу навів огляд питань, пов'язаних із проектуванням центрів для літніх людей і чинники, що виникають під час проектування. Автор приділяє увагу вибору підлог і покриттів, матеріалів для стель і стін, а також основному питанню планування простору (багатофункціональний чи вузькоспеціалізований) [6].

С. Стівенсон описала важливість розробки громадських просторів для людей похилого віку, які були би «дружніми», безпечними та комфортними для всіх [7].

Науковець Л. Бронсон описала важливість продуманого використання кольору в дизайні медичних установ для літніх людей. Правильний вибір кольору створює відповідні комфорт та затишок. Фізичні, психологічні й емоційні реакції літніх людей визначальні у проектуванні об'єктів та просторів, призначених для них [8].

Автор Л. Уїттакер розглянув питання створення безпечних, дешевих відкритих просторів для активного відпочинку літніх людей [9].

У праці [10] поданий огляд основних досліджень перебування людей у віці 65 років і старших, з урахуванням багатьох відмінностей між людьми в цій віковій групі, на відкритому повітрі в усій Великобританії. Основне питання досліджень – як зовнішнє середовище – впливає на якість життя



літніх людей. Загальна мета досліджень – виявити найефективніші способи забезпечення якості життя літніх людей за перебування в зовнішньому середовищі.

**Постановка завдання.** Завдання дослідження – аналіз стану дослідженості проблеми й визначення доцільності створення об'єктів та просторів для людей похилого віку. Аналізуючи сучасний стан та перспективи розвитку об'єктів і просторів для людей похилого віку, описати та класифікувати вимоги до них.

**Виклад основного матеріалу.** На основі сформованої мети подані основні завдання, аспекти необхідності створення об'єктів та просторів для літніх людей.

*1. Визначити істотні характеристики якості життя в місті:*

Якість життя визначається багатьма параметрами, серед яких – фізичні, соціальні та культурні аспекти взаємодії людини з навколишнім середовищем.

Перебування людей похилого віку просто неба має низку переваг:

- фізіологічні переваги, які пов'язані з підтримкою і зміцненням фізичного здоров'я та функціонування;

- психологічні аспекти, які охоплюють зниження стресу, відновлення від розумової втоми, задоволеності життям і відчуття благополуччя.

Переваги діяльності у відкритих просторах можуть бути структуровані у трьох режимах взаємодії: участь у фізичній активності; перебування на відкритому повітрі; участь у соціальній діяльності.

*2. Чому перебування просто неба важливе?*

Літні люди намагаються жити у власних будинках так довго, як це можливо, щоб продовжити максимально незалежне життя. Існує також брак альтернативного житла.

Проживанню в домашніх умовах максимально сприяє така новація як «розумний дім», але недостатньо досліджені відкриті простори, які оточують ці будинки.

Відкриті середовища важливі не тільки з огляду незалежності, а й із позиції впливу на повсякденний побут літніх людей, а також емоційний, психологічний і фізичний стан мешканців.

Перебування просто неба можна забезпечити і з практичних міркувань, таких як похід у магазин або на пошту, можливість відвідати друзів та спілкуватися зі сусідами.

Психологічні переваги перебування людей на відкритому повітрі – зменшення розумової втоми, відновлення ресурсів уваги, зменшення стресів, покращання позитивного емоційного стану тощо.

*3. Причини обмеженого виходу на вулицю:*

- невідповідність або неналежний стан тротуарів, якими важко ходити літнім людям;
- страх перед злочинністю та неприємними молодими людьми (особливо групами);
- відсутність лавок, що спричинює труднощі під час ходьби на великі відстані, пов'язані зі старінням, задишкою та відсутністю витривалості;
- відсутність доступних громадських вбиралень;
- інтенсивний рух і парковка автомобілів. Автомобілі, припарковані на тротуарах, перешкоджають пересуванню пішоходів, особливо літніх людей із порушенням рухливості;

*4. Окреслити шляхи змін у просторі з метою поліпшення використання зовнішніх умов:*

*5. а) характеристики, пов'язані з навколишнім середовищем*

- стан шляхів до відкритих просторів перебування людей. Тротуари повинні бути в належному стані, аби ними було легко і приємно ходити без перешкод;
- відстань. Літні люди вважають за краще використовувати відкриті простори, розташовані в межах 5-10 хвилин ходьби від їхніх помешкань. Утім, вони готові виділити трохи більше часу, щоб дістатися до відкритих просторів, якщо передбачені добрі шляхи;
- приємний дизайн відкритих просторів. Відкриті простори мають бути доглянутими, мальовничими, з відповідними кількістю дерев і рослин, місцями для розваг дітей і спілкування людей.
- Послуги та вигоди. Наявність сидінь, вбиралень і накритих терас мають важливе значення для відчуття комфорту літніх людей;
- фонтани та водойми. Фонтани роблять навколишнє середовище привабливішим та екологічнішим. Наявність фонтану або доступних водойм, таких як річки, озера чи моря, може сприяти проведенню більшості часу неба літніми людьми;

*б) характеристики, пов'язані з людьми*

Особисті характеристики відіграють важливу роль у використанні відкритих просторів. Позитивне сприйняття стану навколишнього середовища, найпевніше, збільшить час перебування просто неба.

Люди з кращими фізичними можливостями задоволені своїм життям і більше часу проводять на свіжому повітрі. Люди з ширшим діапазоном діяльності більше задоволені життям.

Якість навколишнього середовища визначається як ступінь, яким вона полегшує або ускладнює діяльність просто неба. Оскільки літні люди значно різняться за способом життя й функціональними можливостями, важливо

враховувати індивідуальні відмінності у процесі оцінки характеру діяльності.

Переваги зовнішнього середовища для літніх людей проявляються в таких режимах: фізична активність, перебування на відкритому повітрі, контакт із природою, соціальна взаємодія з друзями та сусідами у громадських місцях.

Особливості, пов'язані зі збільшенням зовнішнього використання: висока доступність, прозорі криті об'єкти, безпечне мощення доріжок, належне обслуговування, кругові доріжки і комфортні сидіння з привабливим краєвидом.

Стан здоров'я людей істотно залежить від перебування на відкритому повітрі, ходьби, фізичної активності, екологічного стану. Відкриті простори неабияк впливають на здоров'я в умовах довгострокового терапевтичного догляду. Глибше розуміння особливостей впливу відкритих просторів на здоров'я і добробут літніх жителів у майбутньому допоможе архітекторам покращити свою роботу за проектування об'єктів та просторів для людей похилого віку.

### **Висновки**

1. На сьогодні у розвинутих країнах світу надзвичайно актуальним є питання проектування та створення об'єктів і просторів для людей похилого віку. На жаль, у нашій країні та інших, менш розвинутих, цьому питанню приділяють недостатньо уваги, оскільки простори та об'єкти, створені для людей похилого віку, будуть зручними й комфортними для інших категорій людей.

2. З'ясовано причини обмеження використання зовнішніх ресурсів людьми похилого віку.

3. Обґрунтовано необхідність створення об'єктів та просторів для людей похилого віку. Надалі необхідно здійснити детальний аналіз та класифікацію чинників, які впливають на проектування. Детально розглянувши такі чинники, які формуватимуть простори й об'єкти для літніх людей: форма, колір, вибір матеріалів, архітектурно-планувальне розташування, інформаційні чинники тощо.

### **Бібліографічний список**

1. Данчак І. О. Ергономічні принципи формування архітектурного середовища помешкань для інвалідів [Текст] : дис. ... канд. наук з арх. : 18.00.01 : захищена 5.06.03 / Данчак Ігор Остапович. – Львів, 2003. – 150 с.
2. Аломари О.М.А. Особливості проектування житла для людей похилого віку та інвалідів (на прикладі країн Аль-Шама) [Текст] : дис. ... канд. наук з арх. : 18.00.02 : захищена 14.02.08 / Омар Мустафа Ахмад Аломари. – Львів, 2008. – 127 с.
3. Fabris P. 8 trends shaping today's senior housing / P. Fabris [Electronic resource] // January 03, 2013 : Proceedings. – Mode of access : WWW.URL:

- [www.bdcnetwork.com/8-trends-shaping-today%E2%80%99s-senior-housing](http://www.bdcnetwork.com/8-trends-shaping-today%E2%80%99s-senior-housing). – Last access : 2015. – Title from the screen.
4. Johnson C. The Benefits of Outdoor Spaces for the Elderly / C. Johnson [Electronic resource] // March 21, 2014: Proceedings. – Mode of access : WWW.URL : [my.chicagobotanic.org/education/therapy/the-benefits-of-outdoor-spaces-for-the-elderly/](http://my.chicagobotanic.org/education/therapy/the-benefits-of-outdoor-spaces-for-the-elderly/). – Last access : 2015. – Title from the screen.
  5. Rodiek S. Elderly care: Increasing outdoor usage in residential facilities / S. Rodiek [Electronic resource] // Proceedings. – Mode of access : WWW.URL: [www.worldhealthdesign.com/external-space-increasing-outdoor-usage-in-facilities-for-older-adults.aspx](http://www.worldhealthdesign.com/external-space-increasing-outdoor-usage-in-facilities-for-older-adults.aspx). – Last access : 2015. – Title from the screen.
  6. Gallow D. J Jr. Design and Renovation of Senior Centers / D. J Jr Gallow [Electronic resource] // Proceedings. – Mode of access: WWW.URL : [www.ncoa.org/national-institute-of-senior-centers/tips-for-senior-centers/design-and-renovation-of-senior-centers-fundamental-issues/](http://www.ncoa.org/national-institute-of-senior-centers/tips-for-senior-centers/design-and-renovation-of-senior-centers-fundamental-issues/). – Last access : 2015. – Title from the screen.
  7. Stevenson S. How to Make Senior Friendly Public Spaces / S. Stevenson [Electronic resource] // Jun 08, 2015: Proceedings. – Mode of access : WWW.URL : [www.aplaceformom.com/blog/6-8-15-senior-friendly-public-spaces/](http://www.aplaceformom.com/blog/6-8-15-senior-friendly-public-spaces/). – Last access : 2015. – Title from the screen.
  8. Bronson L. Color and Senior Care / L. Bronson [Electronic resource] // Proceedings. – Mode of access: WWW.URL: [www.sherwin-williams.com/architects-specifiers-designers/inspiration/styles-and-techniques/sw-art-stir-color-elder.html](http://www.sherwin-williams.com/architects-specifiers-designers/inspiration/styles-and-techniques/sw-art-stir-color-elder.html). – Last access : 2015. – Title from the screen.
  9. Whittaker L. Creating Safe, Low-Maintenance Outdoor Activity Spaces for Senior Living Facilities / L. Whittaker [Electronic resource] // Proceedings. – Mode of access: WWW.URL : [www.installitdirect.com/blog/senior-living-how-to-create-safe-low-maintenance-outdoor-activity-spaces-for-seniors-living-facilities/](http://www.installitdirect.com/blog/senior-living-how-to-create-safe-low-maintenance-outdoor-activity-spaces-for-seniors-living-facilities/). – Last access : 2015. – Title from the screen.
  10. Inclusive Design for Getting Outdoors [Electronic resource] // Proceedings. – Mode of access: [idgo.ac.uk/older\\_people\\_outdoors/index.htm](http://idgo.ac.uk/older_people_outdoors/index.htm). – Last access : 2015. – Title from the screen.

#### **Федячко К. Обґрунтування необхідності створення об'єктів та просторів для людей похилого віку в містах**

Розглянуто питання перебування людей похилого віку у просторі міста. Проведено огляд сучасного стану проблеми в розвинутих країнах світу. Подано основні завдання й аспекти необхідності створення об'єктів та просторів для літніх людей.

**Ключові слова:** об'єкти та простори, люди похилого віку, міське середовище.

#### **Fediachko K. Justification of the need for creating objects and spaces for the elderly in cities**

The question being elderly of the city. The review of the current state of the problem in developed countries. The stated main objectives and aspects of the need to create objects and spaces for people of the third age.

**Key words:** objects and spaces, the elderly, urban environment.

**Федячко К. Обоснование необходимости создания объектов и пространств для пожилых людей в городах**

Рассмотрены вопросы пребывания пожилых людей в пространстве города. Проведен обзор современного состояния проблемы в развитых странах мира. Изложены основные задачи и аспекты необходимости создания объектов и пространств для людей третьего возраста.

**Ключевые слова:** объекты и пространства, люди пожилого возраста, городская среда.

УДК 725.182(477.83)

**СУЧАСНИЙ СТАН СЕРЕДНЬОВІЧНОЇ ФОРТЕЦІ «ТУСТАНЬ»**

*В. Матвійшин, О. Сільник, к.арх.*

*Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Тустань – ранньосередньовічна наскельна фортеця і митниця IX–XIII сторіччя, давньоруський наскельний оборонний комплекс. Його залишки розташовані у Сколівському районі Львівської області, поблизу с. Урич, що на південний схід від селища Східниці [1]. Пам'ятка оборонної архітектури входить до складу Державного історико-культурного заповідника «Тустань». Фортеця була волосним та митним пунктом на важливому соляному шляху, що вів із Дрогобича до Закарпаття та Західної Європи [2]. Сьогодні Державний історико-культурний заповідник «Тустань» є однією з найвідоміших історичних дестинацій Західної України. Споруди на скелях не збереглися, від фортеці залишилися викарбувані сліди в камені. Цей об'єкт став привабливим для вітчизняних і закордонних туристів завдяки щорічному фестивалю «Ту Стань!», на якому проводяться реконструкції боїв, турніри, «штурми» фортеці. Фестиваль став регіональним брендом, відомим не лише в Україні, а й за кордоном. Біля підніжжя скель розташована своєрідна відпочинкова зона з облаштованими альтанками та міні-ринком. Доцільно визначити напрями перспективного використання заповідника «Тустань».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження пам'яток архітектури – актуальне й цікаве завдання. На цю тематику є чимало

досліджень, зокрема таких науковців: Щур Р., Коханець М. [1], Кучерявий В., Шнайдер Г., Пархуць Л., Шеремета З., Пархуць Х. [2], Рожко М. [3], Мігущенко Ю. [4], Рожко В. [5], Дедишин А. [6]. На думку Ю. Мігущенко, головними проблемами та перешкодами підвищення ефективності використання подібних об'єктів є: незадовільна якість комунальної, виробничої, фінансової, транспортної, комунікаційно-інформаційної інфраструктури та проблеми транспортної доступності до таких об'єктів, відсутність якісної придорожньої інфраструктури та інфраструктури зв'язку, особливо в гірських районах, що стримує потенційних туристів від подорожей власним транспортом. Окрім того, певні незручності становить нерозвиненість мережі фінансово-банківських установ та банкоматів, брак можливостей розрахунку електронними банківськими картками тощо [4]. Більшість науковців стверджує, що чинниками, які перешкоджають популяризації історичних дестинацій Західної України, є брак дорожньої й інженерної інфраструктури біля таких об'єктів.

**Постановка завдання.** Завдання нашого дослідження – виявити перешкоди, які стримують відвідуваність заповідника «Густань», та визначити напрями його використання з урахуванням сучасних умов.

**Виклад основного матеріалу.** Вирішення проблем неякісних доріг та інфраструктури недостатньо для піднесення рівня відвідуваності заповідника. На нашу думку, розвиток закладів для перебування й відпочинку туристів покращить умови для відвідування цих об'єктів. Важливо мотивувати місцеву громаду до започаткування власної справи, заохочувати населення с. Урич розпочинати відроджувати давні ремесла, народні промисли, характерні для цього регіону, та розвивати сільський туризм. Ці заходи можуть бути ефективними за державної підтримки та активності громади. Розвитку підприємництва в цій сфері може сприяти реалізація проєктів за принципом державно-приватного партнерства, спрямованого на створення нових або модернізацію наявних об'єктів, які потребують залучення інвестицій, та на спільне користування такими об'єктами з розподілом ризиків і доходів між ними.

Напрямами майбутнього використання заповідника «Густань» можуть бути: «містечко ремісників», яке буде розташоване неподалік скель, або ремісничі майстерні в с. Урич, готельно-туристична база або сільські садиби для туристів. Для вдосконалення комфортного перебування відвідувачів на території наскельної фортеці потрібно розвивати інфраструктуру, забезпечити електро- й водопостачання, подбати про харчування, безпеку, місця для ночівлі відвідувачів, транспортне сполучення тощо. Для цього доцільно залучати інвесторів і спонсорів, у тому числі іноземних.

На нашу думку, спорудження туристичної бази поблизу цього об'єкта сприятиме зростанню потоку відвідувачів. Пропонуємо архітектурно-стильове вирішення туристичної бази виконати за зразком наскельного міста-фортеці «Тустань». Відповідно до генплану с. Урич, зручною для спорудження такого об'єкта є ділянка між населеним пунктом і скелями. Вона розташована з підвітряного щодо села боку, поряд із дорогою, має помірний ухил, вільна від лісових насаджень.

Графічну реконструкцію фортеці «Тустань» розробив М. Ф. Рожко – український учений і краєзнавець. Збережені на скелях сліди – достатній матеріал для однозначної наукової реконструкції кожного з цих будівельних періодів. Розроблена вченим система є комплексною, охоплює необхідні етапи та послідовність виконання досліджень. На її основі син краєзнавця В. М. Рожко запропонував універсальну технологію, придатну до застосування на будь-якій пам'ятці дерев'яної наскельної архітектури [5]. Завдяки цій технології складну морфологію скель зі слідами забудови та прилеглої до них території зафіксовано, опрацьовано й відображено у вигляді комп'ютерної 3D-моделі (див. рис.) [6, с. 168-173].

Ця модель може бути використана для проектування і спорудження запропонованої нами туристичної бази, яка буде виконана в архітектурному стилі, що відповідав би історичній фортеці.

**Висновки.** Основним напрямом покращання доступності до Державного історико-культурного заповідника «Тустань» є розвиток вулично-дорожньої мережі та інженерної інфраструктури. У сучасних умовах доцільно спорудити туристичну базу, яка би своїм стильовим вирішенням відповідала вигляду графічної реконструкції фортеці. Для подальшого розвитку заповідника потрібно залучати місцевих жителів до активної туристичної діяльності.

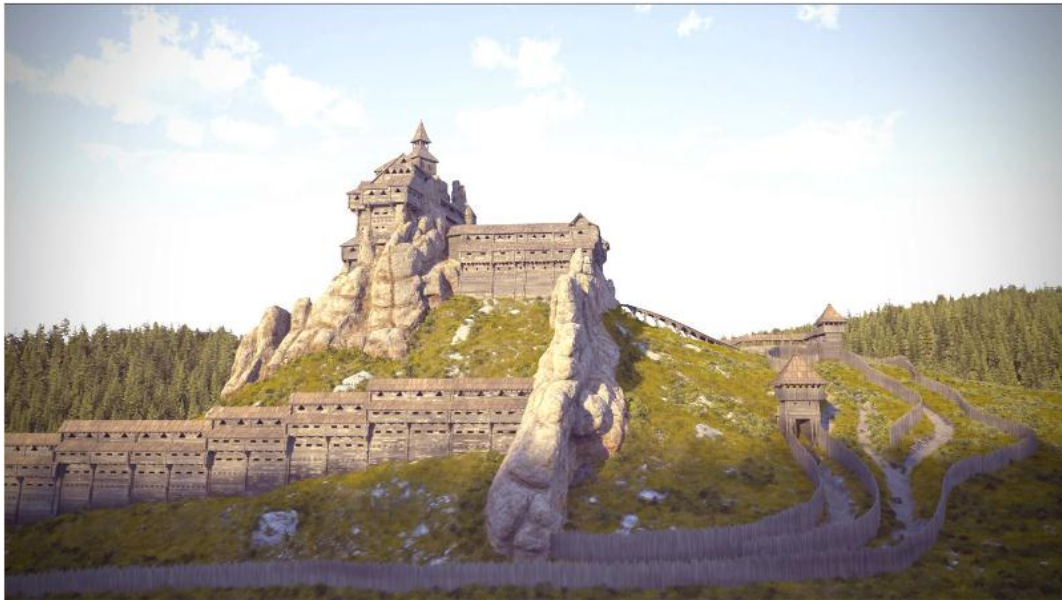


Рис. Вигляд комп'ютерної 3D-моделі наскельної фортеці «Тустань»

#### **Бібліографічний список**

1. Щур Р. Тустань (Державний історико-культурний заповідник). Історія. Фольклор / Роман Щур, Михайло Коханець // Сколівські Бескиди. – Львів : Новий час, 2002. – 72 с.
2. Ландшафтне планування в умовах гірських населених місць Українських Карпат і Австрійських Альп / Кучерявий В.П., Шнайдер Г., Пархуць Л.В. та ін. // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. пр. – 2011. – Вип. 21.16. – 360 с.
3. Рожко М. Ф. Архітектура та система оборони Українських Карпат у княжу добу / М. Ф. Рожко. – Львів : БаК, 2016. – 232 с.
4. Мігущенко Ю. В. Механізми забезпечення ефективного використання туристично-рекреаційного потенціалу гірських районів західних регіонів України [Електронний ресурс] / Ю. В. Мігущенко. – Режим доступу : <http://www.niss.gov.ua/articles/1178/>.
5. Рожко В. М. Методика графічної реконструкції дерев'яної наскельної архітектури (на прикладі пам'яток IX–XVI століть Західного регіону України) : автореф. дис. спец. 18.00.01 «Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури» / В. М. Рожко. – Львів, 2013. – 26 с.
6. Рожко В. Проект «Тустань віртуальна»: концепція, досвід, візуалізація / В. Рожко, А. Дедишин // Пам'ятки Тустані в контексті освоєння Карпат у доісторичну добу та в середньовіччі; проблеми їх збереження та використання : матеріали III Міжнар. наук. конф., 7–8 квітня 2016 р., Львів ; Урич / відп. за вип. Р. Г. Миська. – Львів, 2016. – С. 168-173.



**Матвіїшин В., Сільник О. Сучасне життя середньовічної фортеці «Тустань»**

Розкрито привабливі сторони історичного заповідника «Тустань». Виявлено перешкоди, які стримують відвідуваність туристами цього об'єкта. Запропоновано зведення там туристичної бази в історичному стилі. Окреслено напрями майбутнього використання заповідника «Тустань».

**Ключові слова:** графічна реконструкція, державно-приватне партнерство, дестинація, заповідник, оборонна архітектура, туризм, туристична база.

**Matviishyn V., Silnyk O. Modern life of medieval fortress «Tustan»**

The attractive sides of the historical reserve «Tustan» are revealed. The obstacles that hinder the attendance of object are demonstrated. It is suggested to build there a hostel in historical style. The directions of future use of the reserve «Tustan» are outlined.

**Key words:** defensive architecture, destinations, graphic reconstruction, hostel, public-private partnerships, reserve, tourism.

**Матвишин В., Сильник А. Современная жизнь средневековой крепости «Тустань»**

Раскрыто привлекательные стороны исторического заповедника «Тустань». Выявлены препятствия, сдерживающие посещаемость туристами этого объекта. Предложено построить там туристическую базу в историческом стиле. Определены направления дальнейшего использования заповедника «Тустань».

**Ключевые слова:** государственно-частное партнерство, графическая реконструкция, дестинация, заповедник, оборонная архитектура, туризм, туристическая база.

УДК 728.6:[338.48:379.845](477)

**АГРООСЕЛЯ ЯК ІНФРАСТРУКТУРНА ОСНОВА  
СІЛЬСЬКОГО ТУРИЗМУ В УКРАЇНІ**

*Г. Козак, магістр архітектури  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Сьогодні в Україні зростає туристська активність, охоплюючи дедалі більше верств суспільства.

Одним із найефективніших засобів задоволення рекреаційних потреб, що містить комплекс факторів (оздоровчий, естетичний, пізнавальний), які сприятливо впливають на людину, є відпочинок у селі.

В історії кожного, навіть невеличкого села, відображені одвічні сторінки історії українського народу, його культура, надзвичайно багата історико-архітектурна спадщина, чарівна співучо-пісенна душа та народні традиції, самобутній побут сільських мешканців.

Українські села багаті на індивідуальний житловий фонд. Однак не кожна сільська оселя відповідає високим запитам вибагливих рекреантів. Туристів не приваблює відносно низький стандарт облаштування житла з його недостатнім санітарно-технічним забезпеченням, а також необлаштованість сільських поселень, що обмежує використання їх природного та історико-культурного потенціалу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У дослідженні автор послуговується публікаціями науковців і практиків стосовно питань рекреаційно-туристичної системи [1-7].

Результати досліджень організації сільського туризму як одного з напрямів туристичної діяльності відображені у працях відомих учених у галузях права, історії, туризму, зокрема: Ю. Алексєєва, М. Лендела, П. Горішевського, Ю. Зінько, А. Корлоль та ін.

**Постановка завдання.** Завдання дослідження – розглянути й проаналізувати варіанти формування середовища сільської садиби під час проектування чи реконструкції сільських житлових будинків; визначити роль агрооселі в тому «сценарії», який проектувальник планує розгорнути в тому чи іншому селі, для успішного розвитку сільського туризму в Україні.

**Виклад основного матеріалу.** Сільський туризм, із його величезними рекреаційними та пізнавальними можливостями для України – явище відносно нове. Хоча відпочинок у селі практикують давно, адже в сільських поселеннях із відповідними агрорекреаційними ресурсами завжди було багато відпочиваючих.

Об'єктом туристської діяльності в селі є сукупність фізико-географічних факторів, історичних пам'яток і явищ суспільного життя та їх взаємозв'язків на певній території. Основою вибору місця відпочинку завжди були саме ландшафти, екологія місцевості та місце проживання. Це переважно села, розташовані поблизу річок, морів, у затишних долинах серед густих лісів, у гірській місцевості.

За структурою ресурси сільського туризму поділяють на: природні агрорекреаційні ресурси, історико-етнокультурні, соціально-економічні та інформаційні [2]. Кожний регіон України характеризується власним

напрямом розвитку сільського туризму відповідно до наявності агрорекреаційних ресурсів.

Неабияке значення для споживачів послуг сільського туризму має тимчасове проживання. Цю послугу надають гостинні садиби. Комфорт і зручність – основні критерії визначення якості послуг агрооселі. Згідно з певними встановленими нормами агросадиба повинна налічувати близько чотирьох-п'яти номерів для гостей з обладнаними для туристів окремими верандою та входом у будинок [1].

Однак не кожне сільське житло, обладнане під вишуканий міні-готель із зручними ліжками, телевізором, холодильником, кондиціонером, може задовольнити потреби «традиційних» туристів.

Архітектура агрооселі повинна зацікавити своєю унікальністю, щоб людина, яка перебуває на відпочинку, повністю занурилась у самотній побут сільської родини, збагатилася духовно.

В Україні понад вісім тисяч сіл становлять істотну цінність в історико-культурній сфері [4]. Сюди належать пам'ятки історії (замки, фортеці, міські укріплення тощо), матеріальної екокультури (традиційні бойківське, гуцульське житло, млини, колиби, продукція народних ремесел), сакральної архітектури (монастирі, церкви, каплиці, старожитні пам'ятні хрести тощо), духовної екокультури (побутові та культові обряди й народні традиції).

Серед багатьох пам'яток народної творчості чільне місце належить архітектурі народного житла.

Протягом віків відбиралися найдоцільніші прийоми і найкрасивіші форми, що стали основою національних рис народної агрооселі. В архітектурі традиційного сільського житла український народ, незважаючи на багатокітве гноблення, обмежені економічні можливості та майже повну ізоляваність від шляхів розвитку світових професійних архітектурно-художніх шкіл, досяг естетично значущих вершин у гармонійній узгодженості найрізноманітніших видів декоративно-прикладного мистецтва.

Розглянемо, наприклад, традиційне гуцульське житло – своєрідну архітектурну симфонію дерева. Кліматичні гірські умови (часті й істотні опади) вимагали будівництва стрімких високих чотирисхилих дахів із глибокими виносками, під якими стелили піднятий над землею дерев'яний поміст, що слугував місцем для господарських робіт у негоду. Для забудови гуцули завжди вибирали найрівніші ділянки землі на південних схилах гір. На певній відстані один від одного вони будували свої садиби, де об'єднували в єдине ціле житло та господарські будівлі двору. Єдність і захищеність житлової частини, яка в гуцульському житлі була розташована скраю з південного боку і зусібіч оточена господарськими прибудовами, надавали всьому житлово-господарському комплексу неприступного вигляду [6].

Характерною особливістю житла як бойків, так і лемків, було об'єднання під загальним прямовисним чотирихилим солом'яним дахом, висота якого перевищувала втричі висоту стін, житлового приміщення з рядом господарських – сіньми, коморою, стайнею, сараєм, навісом. На відміну від лемківської довгої хати, де житлову частину в ряду забудови зводили переважно першою, житлова частина в бойків була посередині забудови й мала два або три вікна в передній стіні будівлі. Уздовж тильних і бічних стін, як у лемків, так і в бойків, під спуском даху влаштовували господарські прибудови [6].

Традиційною для південних лісостепових районів Київщини була вільна забудова двору з віддаленим від вулиці розташуванням будинку, поверненими вікнами головної стіни на південь, а фасадом на схід. Господарські будівлі двору розміщували перед вікнами будинку, відокремлюючи їх від чистого двору плетеним тином. Обмазані глиною, побілені стіни хат завершували чотирихилим солом'яним дахом, вкритим пов'язаними снопами з гребенем («верхом»). Зверху з'єднання притискали поруч схрещеними жердинами і викладали по рогах сходинками («китицями») [6].

Сьогодні агрооселі, сільська родина та їх побут є основою сільського туризму. Наша мета полягає не в тому, щоб повертатися в минуле, відроджуючи колишні села, а в тому, щоб усучаснити сільське житло, створити комфорт і затишок, не забуваючи про давні традиції історико-етнокультурної спадщини України. Сільський туризм істотно впливає на збереження, розвиток і відродження українського села – одного зі стовпів національної культури.

### **Висновки**

Для успішного розвитку туризму в Україні доцільно:

1. Створити загальнодержавний реєстр-каталог наявного потенціалу українських сіл усіх регіонів України.
2. На базі районних архітектур кожного краю створити банк інформації наявних туристичних можливостей і популяризувати її.
3. Ширше впроваджувати в будівництві житлово-туристичних агроосель екологічні матеріали й технології.
4. Архітекторам-проектувальникам більшу увагу зосередити на національних традиціях формування середовища сільської садиби, хати, інтер'єру під час проектування чи реконструкції житлових будинків.
5. У процесі проектування нових або реконструкції наявних садиб архітектору варто розглядати варіанти влаштування приміщень для організації майстер-класів з метою пізнання ремісництва, вивчення народних пісень, танців тощо.

Оскільки такий тип туризму в Україні в наш час лише набирає обертів, постулатів і нормування, а рекомендацій і законів досі не створено (особливо необхідних для архітекторів-фахівців), ця проблема потребує подальших вивчення й досліджень.

#### **Бібліографічний список**

1. Горішевський П. В. Сільський зелений туризм: організація гостинності на селі : підручник / П. В. Горішевський, В. П. Васильєв, Ю. В. Зінько. – Івано-Франківськ : Місто – Н, 2003. – 158 с.
2. Лужанська Т. Ю. Сільський туризм: Історія, сьогодення та перспективи : навч. посіб. / Т. Ю. Лужанська, С. С. Махлинець, Л. І. Тебляшкіна / за ред. проф. І. М. Волошина. – К. : Кондор, 2008. – 385 с.
3. Гетьман В. І. Екотуризм чи екологічний туризм: теорія і реальність / В. І. Гетьман // Рідна природа. – 2002. – № 3. – С. 24–29.
4. Пам'ятки архітектури та містобудування – Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [osvita.ua/vnz/reports/culture/11758](http://osvita.ua/vnz/reports/culture/11758).
5. Рутинський М. Й. Сільський туризм : навч. посіб. / М. Й. Рутинський, Ю. В. Зінько. – К. : Знання, 2006. – 271 с.
6. Українське народне житло [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.hllab.dp.ua/store/text/jitlo/dom.htm>.
7. Кудла Н. Є. Сільський туризм: Основи підприємництва та гостинності [текст]: навч. посіб. / Н. Є. Кудла. – К. : Центр учбової літератури, 2015. – 152 с.

#### **Козак Г. Агрооселя як інфраструктурна основа сільського туризму**

Розглянуто основні види рекреаційних ресурсів українського села. Показано приклади та проаналізовано регіональні особливості формування агроосель з метою вдосконалення методики їх проектування.

**Ключові слова:** сільський туризм, агрооселя, регіональні особливості, рекреаційні ресурси.

#### **Kozak G. Rural houses infrastructure as the foundation of rural tourism**

It is considered the major recreational resource Ukrainian village. Author analyzes examples regional differences of formation rural house in order to improve their methods of designing.

**Key words:** rural tourism, rural house, regional differences, recreational resources.

#### **Козак Г. Агроосадыба как инфраструктурная основа сельского туризма**

Рассмотрены основные виды рекреационных ресурсов украинского села. Показаны примеры и проанализированы региональные особенности формирования агроосадеб в целях совершенствования методики их проектирования.

**Ключевые слова:** сельский туризм, агроосадыба, региональные особенности, рекреационные ресурсы.

## ЗМІСТ

<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНІ ТА ЧИСЛОВІ МЕТОДИ В МЕХАНІЦІ ТА ФІЗИЦІ РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ</b>	3
<i>Делявський М., Росіньські К.</i> МЕТОД РОЗРАХУНКУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТОНКИХ КРИВОЛІНІЙНИХ ПЛИТ	3
<i>Боднар Ю., Бар В., Мазурак Р.</i> ВПЛИВ ХАРАКТЕРУ ЗМІНИ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БЕТОНУ НА ТЕМПЕРАТУРНІ ПОЛЯ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ВОГНЕСТІЙКОСТІ	12
<i>Бубняк Т.</i> КОНЦЕНТРАЦІЯ МЕРИДІАЛЬНИХ НАПРУЖЕНЬ У ВКЛЮЧЕННІ ПІД ЧАС РОЗТЯГУ	19
<i>Гнатюк О., Косарчин В., Фамуляк Я., Задорожний Б.</i> ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ПОВЕРХОНЬ ДРУГОГО ПОРЯДКУ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДАШКА ВХОДУ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ ПО ВУЛ. ЧМОЛИ У М. ЛЬВОВІ	23
<i>Кузніцька Б.</i> ОБЧИСЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ДІЛЬНИКІВ ЦІЛОЧИСЕЛЬНИХ МАТРИЦЬ	28
<i>Островський А.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КРАЙГІНГА ДЛЯ АПРОКСИМАЦІЇ РЕЛЬЄФУ	33
<b>РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ДІАГНОСТИКА РОБОТИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ</b>	42
<i>Гнідець Б.</i> ЗБІРНІ КАРКАСИ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ ІЗ НЕРЕГУЛЯРНОЮ СІТКОЮ КОЛОН І ЗМІННОЮ ВИСОТОЮ ПОВЕРХІВ	42
<i>Демчина Б., Фамуляк Ю., Бурчєня С.</i> ЗВАРНА СІТКА ЯК ЕЛЕМЕНТ АРМУВАННЯ ЗГИНАНИХ КОМПЛЕКСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ	49
<i>Добрянський І., Добрянська Л., Грищевич А., Грицина О.</i> ВПЛИВ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ ЗА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІЧНОГО РОЗТРИСКУВАННЯ БЕТОНУ	58
<i>Білозір В.</i> ОБІРУНТУВАННЯ ПАРМЕТРІВ ФІБРОВОГО АРМУВАННЯ З ВИКОРИСТАНОГО ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ	66
<i>Боднарчук Т., Коваль О.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МЕТАЛОДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТИСК	72
<i>Караван В.</i> ОБСТЕЖЕННЯ ТА ПІДСИЛЕННЯ АВАРІЙНОЇ ДЕВ'ЯТИПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ ПО ВУЛ. ДАНЬШИНА, 52 У М. ЛУЦЬКУ	77
<i>Мазурак А., Ковалик І., Артеменко В., Михайлечко В.</i> ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ДІЛЯНКАХ ДІЇ МАКСИМАЛЬНИХ ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ	85
<i>Shmyh R.</i> THE USAGE OF TECHNOLOGICAL RESIDUES OF STEEL SHEET	

PRODUCTS AS A WORK SHEET ARMATURE OF CONCRETE STRUCTURES	91
<i>Райхенбах Т., Безрука С.</i> ВИКОРИСТАННЯ ЛЕГКИХ СТАЛЕВИХ ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ	96
<i>Лопатка С., Яворська Л.</i> ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВИМІРЮВАННЯ ПРОФІЛЮ ВІТРОВОГО ТИСКУ НА ВИСОТНИХ ОБ'ЄКТАХ	100
<i>Вознюк Л., Демчина Б., Собчак-Пястка Ю.</i> ВИПРОБУВАННЯ КЕРАМЗИТО-БЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ З ЕФЕКТИВНИМИ ВСТАВКАМИ	107
<i>Ковалик І.</i> МЕТОДИ ОЦІНКИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ДІЛЯНКАХ ДІЇ МАКСИМАЛЬНИХ ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ	116
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕОРІЯ АРХІТЕКТУРИ, МІСТОБУДУВАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ</b>	124
<i>Степанюк А., Кюнцлі Р.</i> ПРОБЛЕМИ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ В УМОВАХ АДМІНІСТРАТИВНО-ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ РЕФОРМИ	124
<i>Савчак Н., Савчак Р.</i> ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ У ПРОСТОРИ ПОМІЖ НАСЕЛЕНИМИ ПУНКТАМИ	129
<i>Сільник О., Партика Р.</i> ПЛАНУВАННЯ ТА ЗАБУДОВА ГРОМАДСЬКИХ ЦЕНТРІВ СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ.	132
<i>Волошенко О.</i> РОЛЬ ВОДНИХ КОМПОЗИЦІЙ У СТРИЙСЬКОМУ ПАРКУ М. ЛЬВОВА	138
<i>Баранович А.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ І ПЛАНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ	143
<i>Смолинець В.</i> ГЕНЕЗА ПАЛАЦУ У СТРУКТУРІ СЕЛА ПІДГІРЦІ	147
<i>Сафонова Т.</i> ПРОЕКТУВАННЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ЕКСПОЗИЦІЇ ФРАГМЕНТІВ АРХІТЕКТУРНИХ ПАМ'ЯТОК В УРБАНІСТИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	151
<i>Федячко К.</i> ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ СТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ТА ПРОСТОРІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ В МІСТАХ	159
<i>Матвійшин В., Сільник О.</i> СУЧАСНЕ ЖИТТЯ СЕРЕДНЬОВІЧНОЇ ФОРТЕЦІ «ТУСТАНЬ»	165
<i>Козак Г.</i> АГРООСЕЛЯ ЯК ІНФРАСТРУКТУРНА ОСНОВА СІЛЬСЬКОГО ТУРИЗМУ	169

Наукове видання

**ВІСНИК  
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Архітектура і сільськогосподарське будівництво  
№ 17

Редактор: Н.В. Скосарьова  
Коректор: Л. Г. Лісович-Біла

Перелік наукових фахових видань України  
Наказ МОН України № 241 від 09.03.2016 р., додаток 9

Львівський національний аграрний університет  
80381, Львівська обл., Жовківський р-н, м. Дубляни,  
вул. Володимира Великого, 1  
Свідоцтво ДК № 1380 від 3.06.2003 р.

Підписано до друку 14.06.2016. Формат 70×100/16.  
Папір офс. Гарнітура “Таймс”. Друк на різнографі.  
Обл.-вид. арк. 10,12. Ум. друк. арк. 11,81.  
Наклад 500. Зам. 392.

Віддруковано ПП “Арал”  
м. Львів, вул. О. Степанівни, 49

Свідоцтво про державну реєстрацію суб’єкта підприємницької діяльності  
№ 13135 від 09.02.1998 р.