

To the article the numerical analysis of tensions is driven on the methodology of determination of durability of reinforce-concrete element worked out by authors declivous three-cornered section at the action of twisting moment. The calculation of maximal tensions in a zone without cracks allows to envisage the margin of safety of element at twisting.

Keywords: a hollow three-cornered cut, twisting moment, maximal tensions, stocked durability.

Дата надходження в редакцію: 19.04.12 р.

Рецензент: д.т.н., професор Симановський В.І.

УДК 693

## РОЗРОБКА НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ МАЛОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

**Т.О. Височина**, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

У роботі запропонована нова система конструкцій малоповерхових житлових будинків, яка полягає в тому, що зовнішні стіни виконуються з легких теплоізоляційних матеріалів і не несуть навантаження від перекриттів, замість них цю роль виконують несучі внутрішні стіни - перегородки. Перекриття виконуються із вспарушених керамзитобетонних плит-оболонок розміром на кімнату, що виготовляються в збірно-монолітному та монолітному варіантах. Дається аналітичне вирішення задачі врахування спільної роботи плит та перегородок, підтверджене математичним моделюванням за методом кінцевих елементів, також дається розрахунок вспарушеної керамзитозалізобетонної плити з урахуванням фізичної нелінійності й утворення тріщин, приводяться техніко-економічні показники. Проведені експериментальні дослідження плит.

### Задачі дослідження:

- оцінити напружений стан плит перекриття і перегородок з врахуванням їх сумісної роботи;

- провести експериментальні дослідження вспарушених плит-оболонок і співставити їх з результатами теоретичних розрахунків;

**Об'єкт дослідження** – несучі та огорожуючі конструкції малоповерхових житлових будинків.

**Формулювання цілей статі.** В проведених у цій роботі дослідженнях розробка несучих конструкцій малоповерхових житлових будинків направлена на звільнення зовнішніх стін від несучих функцій і передачу їх на внутрішні стіни-перегородки, які працюють спільно з нерозрізними перекриттями. Перекриття вибрані у вигляді багатопроніжних вспарушених плит розміром на кімнату, що виконуються у монолітному або збірно-монолітному варіантах.

**Викладка основного матеріалу.** Розроблено методику розрахунку перекриття із вспарушених плит з урахуванням спільної роботи з несучими перегородками.

Система рівнянь має вигляд (1):

$$\left. \begin{aligned} W(z) &= W_0 y_1 \left( \frac{z}{L} \right) + \Theta_0 L y_2 \left( \frac{z}{L} \right) - \frac{1}{EJ} \left\{ M_0 L^2 y_3 \left( \frac{z}{L} \right) + \right. \\ &+ Q_0 L^3 y_4 \left( \frac{z}{L} \right) + L^2 \sum M_i y_3 \left( \frac{z-a_i}{L} \right) + \frac{L^3}{4} \sum P_i y_4 \left( \frac{z-b_i}{L} \right) + \\ &+ \left. \frac{L^4}{4} \sum q_i \left[ y_1 \left( \frac{z-c_i}{L} \right) - y_1 \left( \frac{z-d_i}{L} \right) \right] \right\}; \\ \Theta(z) &= \Theta_0 y_1 \left( \frac{z}{L} \right) - \frac{1}{EJ} \left\{ M_0 L y_2 \left( \frac{z}{L} \right) + Q_0 L^2 y_3 \left( \frac{z}{L} \right) + \right. \\ &+ \frac{4EJ}{L} W_0 y_4 \left( \frac{z}{L} \right) + L \sum M_i y_2 \left( \frac{z-a_i}{L} \right) - L^2 \sum P_i y_3 \left( \frac{z-b_i}{L} \right) - \\ &- \left. L^3 \sum q_i \left[ y_4 \left( \frac{z-c_i}{L} \right) - y_4 \left( \frac{z-d_i}{L} \right) \right] \right\}; \\ M(z) &= M_0 y_1 \left( \frac{z}{L} \right) + Q_0 L y_2 \left( \frac{z}{L} \right) + a L^2 W_0 y_3 \left( \frac{z}{L} \right) + \\ &+ a L^3 \Theta_0 y_4 \left( \frac{z}{L} \right) + \sum M_i y_1 \left( \frac{z-a_i}{L} \right) - L \sum P_i y_2 \left( \frac{z-b_i}{L} \right) + \\ &+ L^2 \sum q_i \left[ y_3 \left( \frac{z-c_i}{L} \right) - y_3 \left( \frac{z-d_i}{L} \right) \right]; \\ Q(z) &= Q_0 y_1 \left( \frac{z}{L} \right) + a L W_0 y_2 \left( \frac{z}{L} \right) + a L^2 \Theta_0 y_3 \left( \frac{z}{L} \right) - \\ &- \frac{4M_0}{L} y_4 \left( \frac{z}{L} \right) - \frac{4}{L} \sum M_i y_4 \left( \frac{z-a_i}{L} \right) - \sum P_i y_1 \left( \frac{z-b_i}{L} \right) + \\ &+ L \sum q_i \left[ y_2 \left( \frac{z-c_i}{L} \right) - y_2 \left( \frac{z-d_i}{L} \right) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\text{де } L = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{a}};$$

$\alpha$  – погонний коефіцієнт постелі;  
 $z$  – координата вздовж осі балки;  
 $c, d, a, b$  – відстань по рис.4.;

$y_1, y_2, y_3, y_4$  – функції О. М. Крилова:

За функцією прогинів визначено функцію тиску ребра на стіну:

$$S(z) = \alpha W(z); \quad (2)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт постелі.

Вираз для кута закручування консольного стержня має вигляд:

$$\varphi(x) = \frac{M_t x}{GI_k}; \quad (3)$$

де  $I_k$  – момент інерції при закручуванні, з якого видно, що кут повороту по довжині ребра змінюється лінійно. Максимальна погонна реакція  $N_{\max}$  визначається за формулою:

$$N_{\max} = \frac{\delta^2 c}{2} \operatorname{tg} \frac{M_t x}{GI_k}; \quad (4)$$

де  $M_t$  – крутний момент.

Повний тиск переkritтя на стіну визначається як сума тисків, визначених від прогинів та кручення ребер, його розподіл продовж ребра нерівномірний.

З урахуванням цього визначається напружено-деформований стан несучих перегородок. При розрахунку на вертикальне завантаження використовувались чисельні методи, а саме: метод кінцевих елементів. Для розрахунку була вибрана перегородка з дверним отвором, для чого використовувався програмний комплекс "МІРАЖ". Пе-

регородка навантажувалась спочатку рівномірно розподіленим навантаженням від переkritтя, потім враховувалась фізична нелінійність та спільна робота з переkritтям, і методом ітерацій визначався варіант нерівномірно розподіленого навантаження.

Математичне моделювання напружено-деформованого стану вспарушеної плити дозволило проаналізувати вплив варіантів опирання плити на перегородки і стіни, на переміщення та напруження в плитах. Вони були покладені в основу планування експерименту з випробування вспарушених плит.

Випробування плит проводилось на випробувальному стенді в Сумському центрі наукових досліджень "ЦНІПромбудов" на спеціальній установці, де забезпечувалось рівномірно розподілене завантаження, вимірювання переміщень та деформацій з допомогою механічних приладів та електротензометрії з вимірювально-інформаційним комплексом СИИТ - 3.

Навантаження здійснювалось ступенями (7 ступенів), на кожній вимірювались прогини ребер і середини плити, фіксувались тріщини та вимірювались деформації в 24 характерних точках. Порівняння експериментальних значень напружень з теоретичними приведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння експериментальних значень напружень з теоретичними

№ тензодатчика	№ КЕ	Експер. дані, МПа	Теорет. дані			Відн. відх. %	Средньокв. відхилення	
			зусилля		напруження, МПа		$\Delta$	$\Delta^2$
			M, тм/м	Q, т/м				
1, 2		1,9						
3		4,15						
4,24	29, 39 162,172	-7,3	1,1	2,25	-8,0	9	81	
5	19	11,2	2,23	2,79	9,8	14	164	
7	19, 30	-2,5	0,1	0,38	-3,2	18	324	
8	39, 49	5,0	0,16	0,35	4,5	11	121	
9,23	67, 77 124,134	2,0	0,07	0,17	+1,8	10	100	
10	22, 170	-9,5	0,26	0,96	-9,3	2	4	
11,21	74, 141	7,3	0,04	0,06	±4,8	28	784	
12	56	5	0,18	0,48	+7,6	30	900	
20	146	4,1	0,06	0,48	2,1	51	260	
13,15	105,107	1,66	0,1	0,26	2,3	28	784	
14	95,106	2,85	0,1	0,02	2,2	23	529	
24	162,172	-5,6	2,46	1,6	-6,1	8	64	
							<b>S4116</b>	<b>19,3%</b>

Прогини плити не перевищили нормативних значень.

#### Висновки

1. Розроблена методика аналітичного розрахунку переkritтя з вспарушених плит з урахуванням спільної роботи з несучими перегородками.

2. Проведено аналіз напружено-деформованого стану несучої перегородки й плит

покриття. Проведені експериментальні дослідження натурних зразків вспарушених плит покриття показали їх високі технічні якості.

3. Співставлення результатів експерименту з теоретичними даними показує їх добре співпадіння (відхилення в межах 5%), достатню жорсткість покриття (прогин не перевищує 1/200 прогону).

*В работе предложена новая система конструкций малоэтажных жилых домов, которая заключается в том, что внешние стены выполняются из легких теплоизоляционных материалов и не несут нагрузки от перекрытий, вместо них эту роль выполняют несущие внутренние стены - перегородки. Перекрытия выполняются из вспарушенных керамзитобетонных плит-оболочек размером на комнату, изготавливаемых в сборно-монолитном и монолитном вариантах. Дается аналитическое решение задачи учета совместной работы плит и перегородок, подтвержденное математическим моделированием по методу конечных элементов, также дается расчет вспарушенной керамзитозализобетонной плиты с учетом физической нелинейности и образования трещин, приводятся технико-Экономической показатели. Проведенные экспериментальные исследования плит.*

*In this paper we propose a new system of low-rise construction of houses, which lies in the fact that the exterior walls are made of lightweight thermal insulating materials and do not bear the load of the floors, instead, this role is fulfilled bearing interior walls - walls. Ceilings are made from aggregate concrete slabs shells the size of the room, produced in precast-monolithic and monolithic versions. We give an analytic solution taking into account the joint work and wall plates, confirmed by mathematical model by finite element calculation is also given reinforced aggregate concrete plate, taking into account the physical nonlinearity and cracking, given the technical and economic indicators. Experimental tests of plates.*

Дата надходження в редакцію: 31.05.12 р.  
Рецензент: д.т.н., професор Чернявський В.Л.

УДК 624.025

### **СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННЕ БЕЗБАЛКОВЕ ПЕРЕКРИТТЯ. РОЗРАХУНОК АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ**

**Т.О. Височина**, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

*У статті наведені результати теоретичних та чисельних досліджень напружено-деформованого стану конструкцій стале залізобетонних безбалкових перекриттів, на основі яких побудовано методика їх розрахунку аналітичним методом з використанням лінійних кінцевих елементів. Використані лінійні кінцеві елементи дозволяють з прийнятною точністю поряд з врахуванням поперечних сил взаємодії плит враховувати також згинальні моменти, дотичні зусилля і виникаючі сили розпору в конструкціях. Представлено розв'язання системи рівнянь сумісності деформацій методикою лінійних кінцевих елементів, яка повністю враховує усі компоненти напружено-деформованого стану об'єктів дослідження. Рішення отриманої системи рівнянь представлено у вигляді розкладання у ряди Фур'є. З використанням результатів аналітичних рішень виконані відповідні розрахунки зусиль та переміщень досліджуваних конструкцій, на основі яких проведено порівняльний аналіз з розрахунками, виконаними з використанням методу кінцевих елементів. Проведене порівняння результатів розрахунку за отриманою методикою та методом кінцевих елементів.*

*Ключові слова: стале залізобетонні безбалкові перекриття, сумісна робота, метод лінійних кінцевих елементів.*

**Вивчення стану справи.** Напружено-деформований стан стале залізобетонного безбалкового перекриття відрізняється від монолітного [4, 5] наявністю конструктивних особливостей, що не дозволяють розраховувати його за відомими методами. Водночас розрахунок напружено-деформованого стану за схемою членування перекриття на головні та другорядні балки є застарілим і нераціональним, оскільки диски стале залізобетонного безбалкового перекриття працюють сумісно як між собою, так і між опорними дисками. Т.Н. Азізов [1, 2], на основі теорії В. З. Власова [3], досліджував роботу вільно обпертих дискових систем, яка основана на їх розділі на прості елементи: плити й балки із врахуванням в перерізах в загальному випадку чоти-

рьох компонентів зусиль або переміщень, котрі знаходяться із вирішення системи рівнянь сумісності деформацій. Професор Т.Н. Азізов вирішив задачу, врахувавши не тільки поперечні сили взаємодії плит одна з одною, але і згинальні моменти, дотичні зусилля і сили розпору. Це дозволило розв'язати задачу з урахуванням зсуву монолітного шва. Також ця методика враховує вплив переміщення опор (ригелів) на їх сумісну роботу. Аналізуючи існуючі методи розрахунку конструкцій перекриттів і покриттів та враховуючи конструктивні особливості, було вирішено застосувати метод лінійних кінцевих елементів.

Для визначення зусиль стале залізобетонній безбалковій конструкції перекриття розділимо на