

## Розрахунок та оцінка ефективності багатошарових і монококових плит перекриття

Леонід Вознюк<sup>1</sup>, Богдан Демчина<sup>2</sup>

Національний університет «Львівська політехніка»  
 Кім. 316, Головний корпус, вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна, 79000  
<sup>1</sup>lvoznyuk@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9512-8338  
<sup>2</sup>bogdan195809@gmail.com, orcid.org/0000-0002-3498-1519

**Анотація.** Пошук раціональних та ефективних варіантів конструкцій є дуже хорошою мотивацією для проведення наукових досліджень у будівельній галузі. Конструкція міжповерхового перекриття – один із найбільш важливих елементів будь-якої будівлі чи споруди, а її вартість становить орієнтовно 20-30% від загального об'єму усіх будівельно-монтажних робіт. Тому однією з проблем, що стоять перед проектувальником, є вибір найбільш раціонального перекриття, в тому числі і з точки зору економічності. Переважна більшість навантажень передається на каркас, стіни та фундаменти через перекриття, власна вага якого може досягати до 70% від усього вертикального статичного навантаження, тому актуальним залишається пошук нових конструктивних рішень по створенню і дослідженню полегшених типів перекриття, які дозволять зменшити постійну складову навантаження. Враховуючи конструктивну складність полегшених ефективних форм перекриття, важливим є питання адаптації існуючих методів оцінки несучої здатності для виконання інженерного розрахунку таких конструкцій. В роботі описано короткий огляд існуючих досліджень багатошарових конструкцій та перекриттів із пустотоутворюючими вставками, подано інженерну методику розрахунку несучої здатності багатошарових та керамзитобетонних монококових (із пустотоутворюючими вставками) плит перекриття, при їх обпиранні в чотирьох кутах. Несуча здатність багатошарових плит перевірялася як для смуг шириною 250 мм по середині крайнього контуру, де діють максимальні моменти. Для визначення несучої здатності монококових плит перекриття їх розрахунковий



**Леонід Вознюк**  
асистент кафедри  
архітектурного проектування та  
інженерії



**Богдан Демчина**  
професор кафедри “Будівельні  
конструкції та мости”  
доктор технічних наук, професор

переріз приводився до таврового. Розрахунок розглядуваних плит побудований на основі деформаційної методики, із урахуванням нелінійної діаграми “напруження-деформація” для бетону і дволінійної для арматури на основі реальних фізико-механічних характеристик матеріалів, згідно з діючими нормативними документами, зокрема ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Наведено порівняння теоретичних результатів розрахунку із виконаними експериментальними дослідженнями багатошарових та монококових плит перекриття. Графічно зображено конструкції та розрахункову схему обпирання дослідних зразків. Запропоновано використовувати коефіцієнт ефективності  $K_{ef}$ , який дозволяє провести оцінку ефективності таких конструкцій у порівнянні із класичними залізобетонними та вибрати найбільш оптимальний варіант.

**Ключові слова.** Ефективність, раціоналізація, багатошарові плити, монококові плити, несуча здатність.

## ВСТУП

Енергозатрати та раціональність будівлі напряму залежать від типу вибраних матеріалів і конструкцій. Зокрема, одними з основних елементів, що впливають на ефективність споруди, є диски перекриття та покриття, які забезпечують не тільки несучу здатність конструкції, але й беруть участь у забезпеченні енергозбереження і комфорту проєктованого простору. Тому в останні роки більшість проєктувальників та науковців застосовують і досліджують ефективні полегшені багат шарові перекриття. В Україні у м. Харкові під керівництвом професора Шмуклера В.С. експериментально досліджуються та впроваджуються у будівництві полегшені раціональні конструкції [1]. За кордоном також збільшується відсоток будівель із полегшеними міжповерховими дисками. Як приклад можна назвати висотну будівля “Santa Fe” [2], у Мексиці, яка збудована із використанням у перекриттях пустотоутворюючих вставок. Пустотоутворювачі можуть мати різноманітні форми, розміри та виконуватися із різних матеріалів, так відомі шарові елементи BubbleDeck [3-5] з успіхом дозволяють зменшити власну вагу конструкції. Експериментальні та теоретичні дослідження таких полегшених перекриттів проводяться у технічних університетах Массачусетса (США) [6] та Дармштадта (Німеччина) [7]. Багат шаровими елементами також займаються у центрі інженерії у Ченаї (Індія) [8], а також такі дослідники будівельних конструкцій як Бенаюн А. [9], Буш Т.Д. [10], Карбонарі А. [11], Ейні А. [12], Мота М.

[13], Форабоші П. [14, 15], Френзель М. [16] та ін.. Наведені дослідження підтверджують актуальність цієї тематики для розвитку наукових досліджень будівельної галузі.

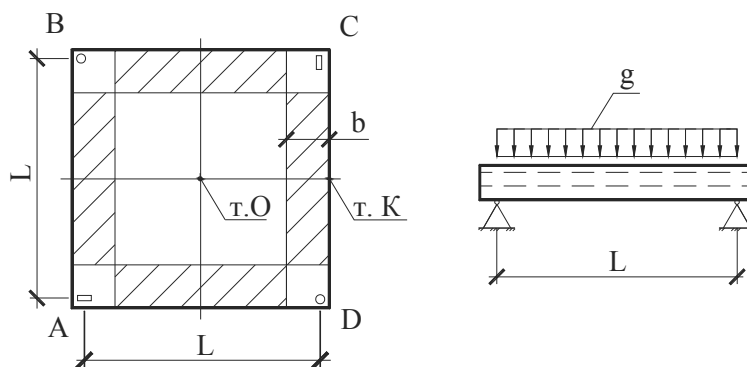
## МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи – дослідження несучої здатності багат шарових та монококових плит перекриття, верифікація теоретичних результатів та розрахунок ефективності таких типів конструкцій. Методи дослідження чисельні та аналітичні, а також експериментальні, які створені на основі сучасних системах вимірювання та завантаження.

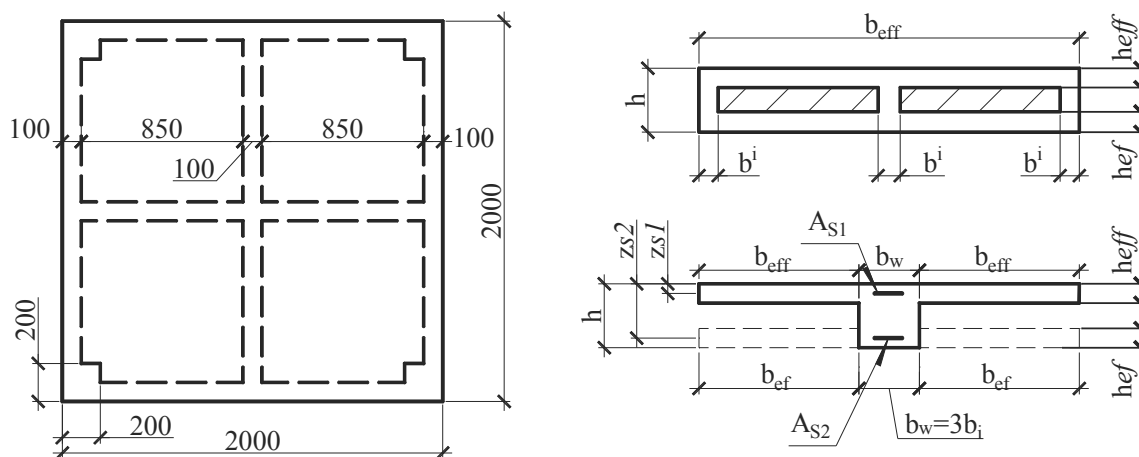
## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Було проведено випробування двох серій плит перекриття від дії тимчасового навантаження, при їх обпиранні на чотири кути, згідно методики випробувань [17]. У першій серії досліджувалося 6 плит, з них – 4 багат шарові із середнім шаром легкого бетону (2 з газобетоном, 2 з керамзитобетоном) та 2 суцільні залізобетонні [18]. Друга серія включала у себе 2 керамзитобетонні монококові (з пустотоутворюючими вставками) плити [19].

Несуча здатність плит серії 1 визначалася у характерних місцях (т.К, рис. 1), де діяли максимальні згинальні моменти, згідно [20]. Виконувалася перевірка характерної смуги по краю плити, згідно з методикою описаною у [21] як для 2-ї форми рівноваги.



**Рис.1.** Розрахункова схема серії 1; де  $g$  – навантаження в  $\text{kN/m}^2$ ;  $L$  – прольот,  $b$  – ширина смуги.  
**Fig.1.** Scheme of slabs of series 1; here  $g$  – load [ $\text{kN/m}^2$ ],  $L$  – span of slab;  $b$  – band width.



**Рис.2.** Розрахункові перерізи для розрахунку плит серії 2.

**Fig.2.** Calculated cross sections for the calculation of slabs of series 2.

Для визначення несучої спроможності зразків серії 2 переріз плити приводився до таврового (рис. 2), після чого виконувався розрахунок за деформаційною методикою, із урахуванням реальних фізико-механічних характеристик матеріалів, згід-

но з ДСТУ Б В.2.6-156:2010 як для 4-ї форми рівноваги за формулами 1,2, які після відповідних перетворень із урахуванням армування нижньої та верхньої полиці набували виду 3,4.

$$\frac{f_{ck}}{\xi} \left[ (b_w + b_{eff}) \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left( \frac{\varepsilon_{c(1)}}{\varepsilon_{c1}} \right)^{k+1} \right] + \sum_{i=1}^n A_{si} \sigma_{si} = 0. \quad (1)$$

$$\frac{f_{ck}}{\xi^2} \left[ (b_w + 2b_{eff}) \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left( \frac{\varepsilon_{c(1)}}{\varepsilon_{c1}} \right)^{k+2} \right] + \sum_{i=1}^n A_{si} \sigma_{si} \frac{\varepsilon_{c(1)} - \xi z_{si}}{\xi} = M. \quad (2)$$

$$\frac{(b_w + 2b_{eff}) f_{ck} h \varepsilon_{c1}}{(0,1 \varepsilon_{cu1} - \varepsilon_{c(2)})} \left[ \frac{a_1}{2} \left( \frac{0,1 \varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{c1}} \right)^2 + \frac{a_2}{3} \left( \frac{0,1 \varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{c1}} \right)^3 + \frac{a_3}{4} \left( \frac{0,1 \varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{c1}} \right)^4 + \frac{a_4}{5} \left( \frac{0,1 \varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{c1}} \right)^5 + \frac{a_5}{6} \left( \frac{0,1 \varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{c1}} \right)^6 \right] + \left( 0,1 \varepsilon_{cu1} E_{s1} A_{s1} - \frac{Z_{s1} (0,1 \varepsilon_{cu1} - \varepsilon_{c(2)}) E_{s1} A_{s1}}{h} \right) + \left( 0,1 \varepsilon_{cu1} E_{s2} A_{s2} - \frac{Z_{s2} (0,1 \varepsilon_{cu1} - \varepsilon_{c(2)}) E_{s2} A_{s2}}{h} \right) = 0 \quad (3)$$

$$M = \frac{(b_w + 2b_{eff}) f_{ck} h^2 \varepsilon_{c1}^2}{(0,1 \varepsilon_{cu1} - \varepsilon_{c(2)})^2} \left[ \frac{a_1}{3} \left( \frac{\varepsilon_{c(1)}}{\varepsilon_{c1}} \right)^3 + \frac{a_2}{4} \left( \frac{\varepsilon_{c(1)}}{\varepsilon_{c1}} \right)^4 + \frac{a_3}{5} \left( \frac{\varepsilon_{c(1)}}{\varepsilon_{c1}} \right)^5 + \frac{a_4}{6} \left( \frac{\varepsilon_{c(1)}}{\varepsilon_{c1}} \right)^6 + \frac{a_5}{7} \left( \frac{\varepsilon_{c(1)}}{\varepsilon_{c1}} \right)^7 \right] + \left( \frac{\varepsilon_{c(1)}^2 h E_{s1} A_{s1}}{(\varepsilon_{c(1)} - \varepsilon_{c(2)})} - \frac{Z_{s1}^2 (\varepsilon_{c(1)} - \varepsilon_{c(2)}) E_{s1} A_{s1}}{h} \right) + \left( \frac{\varepsilon_{c(1)}^2 h E_{s2} A_{s2}}{(\varepsilon_{c(1)} - \varepsilon_{c(2)})} - \frac{Z_{s2}^2 (\varepsilon_{c(1)} - \varepsilon_{c(2)}) E_{s2} A_{s2}}{h} \right) \quad (4)$$

Розрахунок виконувався методом ітерацій до досягнення достатньої точності у рівнянні 3, після чого, маючи знайдені значення величин відносних деформацій, зна-

ходилося значення згинального моменту по формулі 4. Згідно з схемою обпирання плити шарнірно у чотирьох кутах [20], найбільші згинальні моменти діяли на грані у

т. К та визначаються за формулою:

$$M_K^{\text{exp}} = 0,1604 \cdot g \cdot L^2. \quad (5)$$

Звідки знаходиться значення критичного навантаження:

$$g = M_K^{\text{exp}} / (0,1604 \cdot L^2), \quad (6)$$

де  $g$  – теоретична величина навантаження; – згинальний момент у т. К;  $L$  – проліт плити.

Після виконання розрахунків проведено експериментальну верифікацію отриманих результатів обох серій полегшених конструкцій перекриття. Порівнюючи експериментальні та розрахункові граничні навантаження дослідних зразків плит серії 1, отримано задовільне відхилення, яке складає 1-6% в сторону завищення експериментальних величин. Результати теоретичних та експериментальних досліджень подано у табл.1.

Варто відзначити, що багат шарові дослідні плити працювали як суцільні залізо-

бетонні, що свідчить про надійне з'єднання шарів із різних бетонів між собою.

Порівняльний аналіз експериментальних та теоретичних результатів дослідження керамзитобетонних монококових зразків серії 2 зображено у табл. 2.

Відхилення експериментальних значень від теоретичних складає 3 – 6%, в сторону завищення експериментальних значень навантаження, що підтверджує можливість виконання розрахунків несучої здатності таких монококових плит на основі методики діючого ДСТУ Б В.2.6-156:2010.

*Інженерний підхід до визначення коефіцієнта ефективності  $K_{ef}$*

Коефіцієнт  $K_{ef}$  дозволяє порівняти різні варіанти дисків перекриття із урахуванням власної ваги та критичних навантажень при досягненні межі несучої здатності.

Якщо плити обпираються за однаковою схемою, мають ті самі розміри у плані та товщини, то основним параметром, який впливає на несучу спроможність є витрата арматури.

**Табл. 1.** Значення критичних навантажень для плит серії 1

**Table 1.** The value of the critical loads for the series 1 slabs

№	Марка	Величини навантажень		$q_{cr}^{\text{exp}} / q_{cr2}$
		Експериментальні	Розрахункові	
		$q_{cr}^{\text{exp}}, \text{кН/м}^2$	$q_{cr2}, \text{кН/м}^2$	
1	П-1.1	6,72	6,27	1,07
2	П-1.2	6,67		1,06
3	П-1.3	6,35	6,27	1,01
4	П-1.4	6,52		1,04
5	П- 1.5	6,75	6,53	1,04
6	П- 1.6	6,52		0,99

**Табл. 2.** Значення критичних навантажень для плит серії 2

**Table 2.** The value of the critical loads for the series 2 slabs

№	Марка	Величини навантажень		
		Експеримент	Розрахункові	$q_{cr}^{\text{exp}} / q_{cr2}$
		$q_{cr}^{\text{exp}}, \text{кН/м}^2$	$q_{cr2}, \text{кН/м}^2$	
1	П-2.1	14,96	14,47	1,03
2	П-2.2	15,37		1,06

Через це визначали величину  $B$ , яка характеризувала відношення критичного навантаження до витрати арматури:

$$B = \frac{q}{Q}, \quad (7)$$

де  $q$  – зовнішнє навантаження у  $\text{кГс/м}^2$ ,  $Q$  – витрата арматури [кг].

Величина  $B$  є об'єднуючою для типів плит перекриття, у яких різні величини навантаження і проценти армування, але однакові схеми обпирання та розміри.

Щоб визначити вплив власної ваги введено параметр  $P$ , який визначався:

$$P = \frac{G}{B}, \quad (8)$$

де  $G$  – власна вага плити [кг].

При розрахунку ефективності еталоном служила класична залізобетонна суцільна плита, для якої коефіцієнт ефективності  $K_{\text{ef}}$  приймався за одиницю. Для інших варіантів полегшених конструкцій перекриття коефіцієнт ефективності знаходився відношенням величини  $P$  еталонової залізобетонної плити до параметру  $P$  кожної із розглянутих плит. Для порівняння, крім еталонової, було розглянуто багат шарові плити із середнім шаром з легкого бетону (керамзитобетон, газобетон) та монококові плити (залізобетонні та керамзитобетонні). Результати розрахунку коефіцієнта ефективності  $K_{\text{ef}}$  розглянутих варіантів плит подано у табл. 3.

У результаті розрахунків коефіцієнт  $K_{\text{ef}}$  для різних варіантів плит перекриття знаходиться у межах 1,25...2,15.

### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Запропоновані інженерні методики розрахунку багат шарових та монококових (із пустотоутворюючими вставками) плит перекриття від дії навантаження, при їх обпиранні на чотири кути. У результаті порівняльного аналізу теоретичних та експериментальних досліджень отримано задовільну збіжність результатів у межах 1 – 7 % для багат шарових плит та 3 – 6 % для монококових керамзитобетонних плит.

Ефективність розглянутих плит перекриття відображається у запропонованому коефіцієнті ефективності  $K_{\text{ef}}$ . Використовуючи цей коефіцієнт можна виконувати перевірку ефективності різних типів перекриття та вибирати найбільш оптимальний варіант.

**Табл. 3** Визначення коефіцієнта ефективності  $K_{\text{ef}}$ .

**Table 3** Determination of the coefficient of efficiency of  $K_{\text{ef}}$ .

№ п/п	$a \times b \times h$ , м	Тип плити	$G$ , кг	$Q$ , кг	$q^{**}$ , $\text{кГс/м}^2$	$B=q/Q$	$P=G/B$	$K_{\text{ef}}$
1	2,0x 2,0x0,1	Монолітна залізобетонна	964	6,7	676,5	100,97	9,5	1,00
2		Багат шарова із середнім шаром керамзитобетону	771,5	6,7	682,5	101,87	7,57	1,25
3		Багат шарова із середнім шаром газобетону	709,5	6,7	656	97,91	7,24	1,31
4		Монококва залізобетонна	704	10,69	1490,5	139,38	5,05	1,88
5		Монококва керамзитобетонна	507,5	10,69	1228,5	114,92	4,42	2,15

\*\*– критичне навантаження для зручності розрахунку подано в  $\text{кГс/м}^2$ .

Із розглянутих плит найбільш ефективними, у порівнянні із класичними залізобетонними, є монококові керамзитобетонні плити із  $K_{ef} = 2,15$ .

Розробка нових ефективних конструкцій перекриття, а також пошук методик їх розрахунку та оцінки ефективності мають велике значення для подальшого розвитку наукових досліджень у будівельній галузі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. **Shmukler V.S.** Evolutionist approach in rationalization of building. ISEC-03 Third International structural Engineering and construction Conference, Shunan. 2005.
2. **Luis M. Bozzo**, The Santa Fe II Tower. A central core, tall, slender building in Mexico. *Concrete international*, 2014. Vol.36 (19). P. 51–54.
3. **Nielsen M.P.** BubbleDeck Report from AEC Consulting Engineers Ltd, Denmark. 1993.
4. **Harding P.** BubbleDeck – Advanced Structure Engineering, 2004. Vol.30. P. 15–16.
5. **Schnellenbach-Held M., Pfeffer K.** BubbleDeck - New Ways in Concrete Building, Darmstadt, 1998. Vol. 13.
6. **Lai T., Connor J.J., Veneziano D.**, Structural behavior of BubbleDeck slabs and their application to lightweight bridge decks, Massachusetts. 2010.
7. **Schnellenbach-Held M., Ehmman S., Pfeffer K.** BubbleDeck – New Ways in Concrete Building, Darmstadt, 1998. Vol.13. P. 93-100.
8. **Daniel Ronald Joseph J., Prabakar J., P. Alagusundaramoorthy**, Experimental and numerical study on flexural behavior of precast light-weight concrete sandwich panels, *Int. J. Res. Eng. Technol.* 2015. Vol.4(13). P. 463-467.
9. **Benayoune A., Samad A.A.A., Trikha D.N., Abang Ali A.A., Ellinna S. H.M.** Flexural behavior of precast concrete sandwich composite panel – experimental and theoretical investigations, *Constr. Build.*, 2008. Vol.22. P. 580–592.
10. **Bush T.D., Wu Z.** Flexural analysis of prestressed concrete sandwich panels with truss connectors, 1998. Vol. 43 (5). P. 76– 86.
11. **Carbonari A., De Grassi M., Di Perna C., Principi P.** Numerical and experimental analyses of PCM containing sandwich panels for prefabricated walls. *Energy and Buildings*, 2006. Vol.38 (5). P. 472–483.
12. **Einea A., Salmon D.C., Fogarasi G.J., Culp T.D, Tadros M.K.** State-of-the-art precast concrete sandwich panels, *PCI*, 1991. Vol. 36(6). P. 78–98.
13. **Mota M.** Voided Slabs. Then and now. *Concrete international*, 2010. Vol. 32, (10). P. 41-45.
14. **Foraboschi, P.** Layered plate with discontinuous connection: Exact mathematical model. *Compos. Pat B Eng.*, 2013. Vol.47. P. 365-378.
15. **Foraboschi, P.** Three-layered plate: Elasticity solution. *Compos. Pat B Eng.*, 2014. Vol.60. P. 764–776.
16. **Frenzel, M., Curbach, M.** Tragverhalten von geschichteten Deckenelementen aus Normal- und Porenleichtbeton. *Beton- und Stahlbetonbau* 111, 2016. Vol.12. P. 828–839.
17. **Вознюк Л.І., Рутковська І.З.** Проектування і дослідження багат шарових конструкцій. *Сборник научных трудов “Строительство, материаловедение, машиностроение”*. Дніпропетровськ, 2007. Вип. 628. P. 100–104.
18. **Вознюк Л.І., Демчина Б.Г., Дубижанський Д.І.** Результаты исследования трехслойных плит перекрытия на изгиб. *Вестник Брест-ского государственного технического университета*, 2015. Вип. 1(91). P. 28–32.
19. **Вознюк Л.І., Демчина Б.Г., Собчак-Пястка Ю.** Випробування керамзитобетонних плит перекриття із ефективними вставками. *Вісник Львівського національного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво*, 2016. Вип.17. P. 109–117.
20. **Вайнберг Д.В., Вайнберг Е.Д.** Расчет пластин. *Будивельник*, 1970. 434.
21. **Вознюк Л.І., Демчина Б.Г., Дубижанський Д.І.** Дослідження трьохшарових балочних плит на згин. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*, 2015. Вип.4(68). P. 232–238.

#### REFERENCES

1. **Shmukler, V.S. (2005).** Evolutionist approach in rationalization of building. *ISEC-03 Third International structural Engineering and construction Conference*, Shunan.
2. **Luis, M. Bozzo (2014).** The Santa Fe II Tower. A central core, tall, slender building in Mexico. *Concrete international*, 36(19), 51-54.
3. **Nielsen, M. P. (1993).** BubbleDeck Report from AEC Consulting Engineers Ltd, Denmark.

4. **Harding, P. (2004).** BubbleDeck – Advanced Structure Engineering, *30*, 15–16.
5. **Schnellenbach-Held, M., Pfeffer, K. (1998).** BubbleDeck – New Ways in Concrete Building, Darmstadt, *13*.
6. **Lai, T., Connor, J.J., Veneziano, D. (2010).** Structural behavior of BubbleDeck slabs and their applicatiob to lightweight bridge decks, Massachusetts.
7. **Schnellenbach-Held, M., Ehmann S., Pfeffer K. (1998).** BubbleDeck – New Ways in Concrete Building, Darmstadt, *13*, 93–100.
8. **Daniel Ronald Joseph J., Prabakar, J., P. Alagusundaramoorthy (2015).** Experimental and numerical study on flexural behavior of precast light-weight concrete sandwich panels, *Int. J. Res. Eng. Technol*, *4*(13), 463–467.
9. **Benayoune, A., Samad, A.A.A., Trikha, D.N., Abang Ali A.A., Ellinna, S.H.M. (2008).** Flexural behavior of precast concrete sandwich composite panel – experimental and theoretical investigations, *Constr. Build.*, Vol.22, 580–592.
10. **Bush, T.D., Wu, Z. (1998).** Flexural analysis of prestressed concrete sandwich panels with truss connectors. *PCI*, *43*(5), 76–86.
11. **Carbonari, A., De Grassi, M., Di Perna, C., Principi, P. (2006).** Numerical and experimental analyses of PCM containing sandwich panels for prefabricated walls. *Energy and Buildings*, *38*(5), 472–483.
12. **Einea, A., Salmon, D.C., Fogarasi, G.J., Culp, T.D, Tadros, M.K. (1991).** State-of-the-art precast concrete sandwich panels, *PCI*, Vol. *36*(6), 78–98.
13. **Mota, M. (2010).** Voided Slabs. Then and now. *Concrete international*, *32*(10), 41–45.
14. **Foraboschi P.(2013).** Layered plate with discontinuous connection: Exact mathematical model. *Compos. Pat B Eng.*, Vol.47, 365–378
15. **Foraboschi, P. (2014).** Three-layered plate: Elasticity solution. *Compos. Pat B Eng.*, *60*, 764–776.
16. **Frenzel, M., Curbach, M. (2016).** Tragverhalten von geschichteten Deckenelementen aus Normal- und Porenleichtbeton. *Beton- und Stahlbetonbau* *111*, *12*, 828–839.
17. **Vozniuk, L.I., Rutkovska, I.Z. (2007).** Proektuvannia i doslidzhennia bahatosharovykh konstruksii. *Sbornyk nauchnykh trudov “Stroytelstvo, materyalovedenye, mashynostroenye”*. Dnipropetrovsk, *628*, 100–104 (in Ukrainian).
18. **Vozniuk, L.I., Demchina, B.G., Dubizhanskiy, D.I. (2015).** Rezultaty i issledovaniya trehsloynnyih plit perekrytiya na izgib. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*, *1*(91), 28–32 (in Russian).
19. **Vozniuk L.I., Demchyna, B.H., Sobchak-Piastka, Yu. (2016).** Vyprobuvannia keramzytobetonnykh plyt perekryttia iz efektyvnymy vstavkamy. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu : arkhitektura i silskohospodarske budivnytstvo*, *17*, 109–117 (in Ukrainian).
20. **Vaynberg, D.V., Vaynberg, E.D. (1970).** Raschet plastin. *Budivelnik*, 434 (in Russian).
21. **Vozniuk, L.I., Demchyna, B.H., Dubizhanskiy, D.Y. (2015).** Doslidzhennia trokhsharovykh balochnykh plyt na zghyn. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*, *4*(68), 232–238 (in Ukrainian).

#### Calculation and evaluation of the effectiveness of multilayer and monocoque slabs

*Leonid Vozniuk, Bogdan Demchyna*

**Summary.** The search for rational and effective design options is a very good motivation for research in the construction industry. In particular, the construction of inter-floor ceiling is one of the most important elements of any building or structure, and its cost is approximately 20-30% of the total volume of all construction and installation work. Therefore, one of the problems faced by the designer is the choice of the most efficient floor covering, including in terms of efficiency. The vast majority of loads are transmitted to the framework, walls and foundations through the overlap, the actual weight of which can reach up to 70% of the total vertical static load, therefore the search for new constructive solutions for the creation and study of lightweight types of overlays, which will reduce the constant component of the load, remains relevant. Given the constructive complexity of the facilitated effective forms of overlap, the question of adapting existing methods for assessing the bearing capacity for the engineering calculation of such structures is important. The article describes a brief overview of existing studies of multilayer structures and ceilings with void inserts. The engineering methodology for calculation of bearing capacity of multilayer and claydite monocoque (with void-forming inserts) of slabs of overlappings, with their bullying in four corners is given. The bearing capacity of multilayer boards was checked for strips 250 mm wide in the middle of the extreme contour, where the maximum moments are in operation. To determine the

bearing capacity of monocoque floor slabs, their calculated section was reduced to a tread section. The calculation of the considered slabs is based on the deformation technique, taking into account the nonlinear diagram of " tension- deformation" for concrete and two-line for reinforcement based on the actual physical and mechanical characteristics of materials, in accordance with the current normative documents, in particular DSTU B V.2.6-156: 2010. The comparison of theoretical calculation results with the performed experimental researches of multilayer and monocoque floor slabs is given. Graphically depicted designs and design schemes for the obstruction of prototype samples. It is suggested to use a coefficient of efficiency  $K_{ef}$ , which allows to evaluate the efficiency of such structures compared with the classical reinforced concrete and choose the most optimal variant, which is reflected on the example of the test plates..

**Keywords.** Efficiency, rationalization, multilayer slabs, monocoque slabs, bearing capacity.