

УДК 621.643.23:624.012.45.001.13

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.040719.10.457

## ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВИДУ ПУСТОТООУТВОРЮВАЧА В МОНОЛІТНОМУ ПЛОСКОМУ ПЕРЕКРИТТІ

БУЦЬКА О. Л.<sup>1\*</sup>, к. т. н., доц.,

ЗЕЗЮКОВ Д. М.<sup>2</sup>, к. т. н., доц.,

МАХІНЬКО М. М.<sup>3</sup>, к. т. н., доц.,

ЗИНКЕВИЧ О. Г.<sup>4</sup>, к. т. н., доц.

<sup>1\*</sup> Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [helenochka@i.ua](mailto:helenochka@i.ua), ORCID ID: 0000-0002-4377-3746

<sup>2</sup> Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [denis.zezjukov@mail.pgasa.dp.ua](mailto:denis.zezjukov@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-7451-992X

<sup>3</sup> Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [kolia2785@gmail.com](mailto:kolia2785@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5541-8672

<sup>4</sup> Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [oksana.zinkevych.dnipro@gmail.com](mailto:oksana.zinkevych.dnipro@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-3425-8216

**Анотація. Постановка проблеми.** Проблема раціонального та ефективного використання матеріальних ресурсів завжди була пріоритетною, тому що раціональне використання матеріалів і зниження матеріалоемності виробництва сприяє економії загальних капітальних витрат. Сьогодні потреби України в сировині дуже великі, а вартість її виробництва постійно зростає. Таким чином, для зменшення капітальних вкладень необхідно більш раціонально використовувати ресурси, в тому числі за рахунок зниження матеріалоемності продукції, застосування більш дешевих і ефективних матеріалів, економного використання сировини та впровадження нових технологій виробництва будівельних матеріалів. Крім того, одним із важливих факторів економії будівельних матеріалів є використання відходів виробництва як сировини. **Мета статті** – обґрунтування оптимального виду пустотоутворювача в монолітному плоскому перекритті. **Висновок.** У результаті досліджень встановлено, що як матеріал для виготовлення пустотоутворювачів для влаштування пустот у монолітних плоских перекриттях раціонально використовувати пінополістирол і картонні труби (відходи хімічної та целюлозно-паперової промисловості).

**Ключові слова:** монолітне будівництво; монолітне перекриття; плоске перекриття; пустотоутворювач; перекриття з пустотами; перекриття з пустотоутворювачами

## ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВИДА ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЯ В МОНОЛИТНОМ ПЛОСКОМ ПЕРЕКРЫТИИ

БУЦКАЯ Е.Л.<sup>1\*</sup>, к. т. н., доц.,

ЗЕЗЮКОВ Д. М.<sup>2</sup>, к. т. н., доц.,

МАХИНЬКО Н. Н.<sup>3</sup>, к. т. н., доц.,

ЗИНКЕВИЧ О. Г.<sup>4</sup>, к. т. н., доц.

<sup>1\*</sup> Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [helenochka@i.ua](mailto:helenochka@i.ua), ORCID ID: 0000-0002-4377-3746

<sup>2</sup> Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [denis.zezjukov@mail.pgasa.dp.ua](mailto:denis.zezjukov@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-7451-992X

<sup>3</sup> Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [kolia2785@gmail.com](mailto:kolia2785@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5541-8672

<sup>4</sup> Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [oksana.zinkevych.dnipro@gmail.com](mailto:oksana.zinkevych.dnipro@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-3425-8216

**Аннотация. Постановка проблемы.** Проблема рационального и эффективного использования материальных ресурсов всегда была приоритетной, так как рациональное использование материалов и снижение материалоемкости производства способствует экономии общих капитальных затрат. Сегодня потребности Украины в сырье очень большие, а стоимость его производства постоянно растет. Таким образом, для снижения капитальных вложений необходимо более рационально использовать ресурсы, в том числе за счет снижения

материалоемкости продукции, применения более дешевых и эффективных материалов, экономного использования сырья и внедрения новых технологий производства строительных материалов. Кроме того, одним из важных факторов экономии строительных материалов является использование отходов производства в качестве сырья.

**Цель статьи** – обоснование оптимального вида пустотообразователя в монолитном плоском перекрытии. **Вывод.** В результате исследований установлено, что в качестве материала для изготовления пустотообразователей для устройства пустот в монолитных плоских перекрытиях рационально использовать пенополистирол и картонные трубы (отходы химической и целлюлозно-бумажной промышленности).

**Ключевые слова:** монолитное строительство; монолитное перекрытие; плоское перекрытие; пустотообразователь; перекрытие с пустотами; перекрытие с пустотообразователями

## SUBSTANTIATION OF OPTIMAL TYPE OF A BLOCKOUT IN A MONOLITHIC FLAT SLAB

BUTSKA O.L.<sup>1\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass., Prof.*,  
ZEZIUKOV D.M.<sup>2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,  
MAKHINKO M.M.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,  
ZINKEVYCH O.H.<sup>4</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

<sup>1\*</sup> Department of reinforced concrete and masonry structures, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [helenochka@i.ua](mailto:helenochka@i.ua), ORCID ID: 0000-0002-4377-3746

<sup>2</sup> Department of reinforced concrete and masonry structures, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [denis.zezjukov@mail.pgasa.dp.ua](mailto:denis.zezjukov@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-7451-992X

<sup>3</sup> Department of reinforced concrete and masonry structures, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [kolia2785@gmail.com](mailto:kolia2785@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5541-8672

<sup>4</sup> Department of reinforced concrete and masonry structures, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-03-19, e-mail: [oksana.zinkevych.dnipro@gmail.com](mailto:oksana.zinkevych.dnipro@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-3425-8216

**Abstract. Problem statement.** The problem of rational and efficient use of material resources has always been a priority, since the rational use of materials and the reduction of material consumption of production lead to savings in total capital costs. Today, the needs of Ukraine in raw materials are very large, and the cost of its production is constantly growing. Thus, in order to reduce capital investments, it is necessary to use resources more rationally, including at the expense of reducing material consumption of products, using cheaper and more efficient materials, economical use of raw materials and introducing new technologies for the production of building materials. In addition, one of the important factors of saving construction materials is the use of waste products as raw materials. The research concerning the reduction of the volume of concrete monolithic slabs by arranging pinholes and choosing the most efficient material for their manufacture is very relevant. **The purpose of the article** is to substantiate the optimal type of a blockout in a monolithic flat slab. **Conclusion.** As a result of the research performed, it was established that it is rational to use expanded polystyrene and cardboard tubes (waste of chemical and pulp and paper industry) as a material for the manufacture of blockouts for arranging pinholes in monolithic flat slabs. In this case, the most rational section of pinhole-formers is the round shape of the section, despite the fact that with a gradual decrease in the thickness of the concrete, such an intersection is inferior to a square section. Based on the analysis of the operation of pinholes from various materials in the process of laying the concrete mix, a step is determined and the reinforcement consumption fixes the blockout of frames.

**Keywords:** *monolithic construction; monolithic slab; flat slab; blockouts; slabs with pinholes; slabs with blockouts*

**Постановка проблеми.** Створення нових конструкцій підвищеної тріщиностійкості та економічної ефективності передбачає спільне рішення розрахунково-конструктивних і технологічних питань, що враховують одночасно підбір ефективних бетонів конкретно для розроблених конструкцій. У будівництві багатопверхових житлових будинків у минулі роки склалися свої стереотипи – це переважне використання збірного залізобетону і, дуже рідко, –

монолітне будівництво. Сьогодні очевидно, що наразі гарною альтернативою постає «моноліт», принаймні, з точки зору вартості.

Плоскі монолітні перекрыття наразі – одне з перспективних рішень, як у новому будівництві, так і в реконструкції. Такі перекрыття доцільно застосовувати у будівництві практично всіх типів будівель і споруд. Вони мають найменшу конструктивну висоту, рівну і гладку стелю, дають можливість вільно розташувати

внутрішнє обладнання. Інженерні мережі, що не зустрічають перешкод, підвішуються до плити. У разі необхідності влаштовують підшивання стелі.

Що стосується матеріалу перекриттів, монолітний залізобетон у низці випадків перевершує збірний. Для нових підрядних організацій, які не мають розвиненої і громіздкої виробничої бази, застосування технології монолітного будівництва краще з багатьох міркувань. Виробнича база в цьому випадку зводиться до мінімуму: необхідний товарний бетон, опалубка та арматура, причому арматурний цех створювати не обов'язково – у багатьох випадках арматуру в'яжуть прямо на будівельному майданчику.

Відпадає необхідність жорстко дотримуватися номенклатури виробів зі збірного залізобетону, що випускаються заводом. Тому в архітектора з'являються практично необмежені можливості для нормотворчості. У монолітному залізобетоні найбільш повно можуть бути використані досягнення в галузі бетонування, нових композиційних матеріалів, прогресивних енергозберігальних технологій за порівняно невисоких витрат на механізацію та автоматизацію технологічних процесів.

Виконання будівель і споруд у монолітному залізобетоні дозволяє оптимізувати їх конструктивні рішення; перейти від розрізних схем, що вимагають значних матеріальних і трудових витрат на пристрій рівномірних стиків, до нерозрізних просторових систем, врахувати спільну роботу елементів і тим самим знизити їх перетин; забезпечити високу надійність у роботі.

Матеріаломісткість продукції – це один з узагальнених показників ступеня використання сировини, матеріалів, палива, енергії та інших предметів праці. Звідси основне завдання в галузі будівництва – зниження матеріаломісткості продукції. Для зменшення маси і матеріаломісткості монолітної залізобетонної плити в її тілі запропоновано укладати пустотоутворювач різних форм.

Дослідники в галузі будівництва як пустотоутворювачі пропонують використовувати різні матеріали з різною формою:

керамічні, азбестоцементні, поліетиленові труби круглого або овального поперечного перерізу або труби з інших матеріалів [1; 2]. Пустотоутворювачами також можуть служити відходи целюлозно-паперової промисловості – це картонні труби для намотування паперу. Однак вибір найбільш підходящого матеріалу для пустотоутворювачів повинен відповідати умовам виготовлення перекриття: матеріал повинен сприймати монтажні навантаження під час арматурних робіт; сприймати гідростатичні навантаження під час бетонування; зберігати первинну геометричну форму і положення в процесі укладання бетонної суміші. Також вибір оптимального пустотоутворювача повинен базуватися на техніко-економічній ефективності його використання.

Мета дослідження – розроблення технології виготовлення монолітних плоских плит перекриттів із пустотоутворювачами на стадії зведення.

Для досягнення поставленої мети виконували такі завдання:

- 1) вивчення та аналіз існуючих конструктивних рішень і технологій зведення плоских монолітних перекриттів;
- 2) вибір найбільш раціональної форми та матеріалу пустотоутворювача;
- 3) аналіз умов роботи пустотоутворювачів із різних будівельних матеріалів у тілі монолітної плити перекриття;
- 4) визначення економічної ефективності використання пустотоутворювачів у монолітних перекриттях.

**Результати досліджень.** Для дослідження прийнято монолітні перекриття товщиною 150 мм, 200 мм і 250 мм, з різними формами пустотоутворювача. Найбільш раціональну форму вибирали з урахуванням витрат матеріалу на неї за наведеною товщиною бетону для пустотоутворювачів різних форм, за різної проектною товщини плити перекриття.

Конструктивні схеми плит перекриттів наведені на рисунку 1. При цьому для розглянутих схем приймалися однакові відстані між пустотоутворювачами і

поверхнями плити виходячи з мінімальних конструктивних вимог.

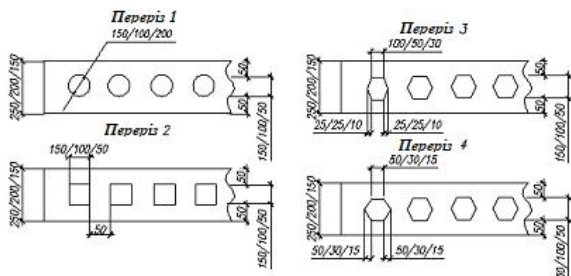


Рис. 1. Конструктивні схеми плит перекриттів з різними формами перерізу пустот : переріз 1 – коло, переріз 2 – квадрат, переріз 3 – неправильний шестикутник, переріз 4 – правильний шестикутник / Fig. 1. Structural charts of flags of ceiling with the different forms of section of emptiness : type 1 – a circle, type 2 – a square, type 3 – hexagon, type 4 – correct hexagon

На підставі здобутих результатів отримано діаграму (рис. 2) для аналізу і вибору найбільш раціонального перерізу пустотоутворювача. В результаті найбільш раціональним виявився пустотоутворювач квадратної форми, у якого за різних товщин плити значення наведеної товщини бетону залишається найменшим.

Однак під час зведення монолітних перекриттів із використанням такої форми перерізу пустотоутворювача можуть виникати технологічні проблеми в процесі укладання бетонної суміші в розтягнуту зону плити. Це, своєю чергою, спричинить збільшення додаткових витрат на влаштування монолітних перекриттів. Таким чином, як пустотоутворювачі раціонально використовувати лінійні елементи круглого перетину виходячи з технологічних міркувань.

Вибравши найбільш раціональну форму пустотоутворювачів і запроєктувавши плоску монолітну пустотну плиту перекриття, отримуємо передумови до подальшого вирішення проблем, які можуть виникнути в процесі зведення монолітних плит перекриттів із пустотами, а саме закріплення пустотоутворювачів у тілі плити фіксувальними арматурними елементами.

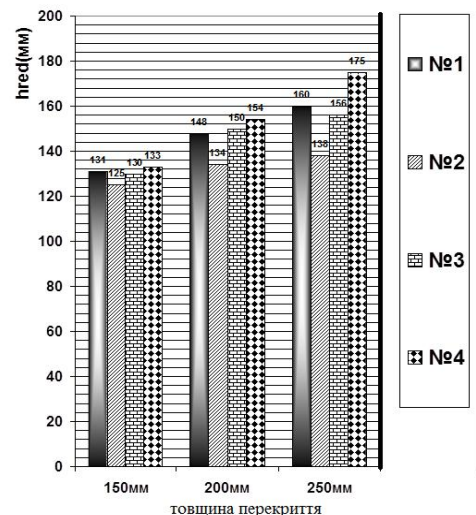


Рис. 2. Наведена товщина бетону для пустотоутворювачів різних форм, за різної проектної товщини плити перекриття : № 1 – коло, № 2 – квадрат, № 3 – неправильний шестикутник, № 4 – правильний шестикутник / Fig. 2. The brought thickness over of concrete for creator emptiness of different forms, at the different project thickness of ceiling : № 1 – a circle, № 2 – a square, № 3 – a hexagon, № 4 – a correct hexagon

У процесі укладання бетонної суміші пустотоутворювач повинен зберігати свою первісну геометричну форму і положення. Тому його необхідно закріплювати по довжині фіксувальними арматурними елементами, щоб запобігти спливання (рис. 3).

Фіксувальні арматурні кріплення необхідно встановлювати з певним кроком, отриманим у ході розрахунків. Крок залежить від міцності та прогину елемента. Розрахунки виконані для різних матеріалів (картон, оцинкована сталь, пінопласт).

Результати розрахунків на гідростатичні навантаження за різних форм перерізу пустотоутворювачів для плит товщиною 150 мм, 200 мм і 250 мм наведені в таблиці 1.

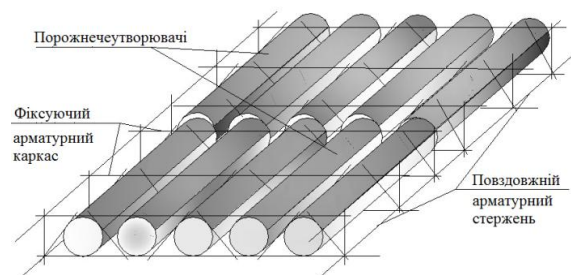


Рис. 3. Схема закріплення пустотоутворювачів фіксувальними арматурними каркасами / Fig. 3. Chart of fixing of creator emptiness by fixative armature frameworks

Таблиця 1

**Рекомендований крок, з яким встановлюються фіксувальні кріплення пустотоутворювачів [за міцністю / за прогином], м / Recommended step with that the fixative fastening of creator emptiness is set [on durability / for bending], m**

Матеріал пустотоутворювача		Товщина монолітної плити перекриття, мм		
		150	200	250
Полістирольний пінопласт	Переріз-коло	3,99/ 0,8	4,96/ 1,0	6,08/ 1,2
	Переріз-квадрат	4,05/ 0,8	5,73/ 1,2	7,02/ 1,5
картон		10,51/ 0,8	11,76/ 1,0	12,04/ 1,2
оцинкована сталь		48,91/ 5,0	54,72/ 6,0	55,82/ 6,0

Для того, щоб простежити реальну економію бетону, а, отже, зниження власної ваги конструкцій і зниження зусиль на фундаменти в монолітному каркасному будинку з пустотними плитами перекриття і суцільними монолітними плитами, виконано розрахунок будівлі в програмному комплексі «Ліра» із застосуванням методу скінченних елементів.

*Вихідні дані для розрахунку в ПК «Ліра».* До розрахунку прийнято 14-поверхову каркасну будівлю розміром у плані  $44 \times 144$  м. Крок колон у поздовжньому напрямку 18 шт.  $\times$  8м. Крок колон у поперечному напрямку 6.8; 6.6;  $6.0 \times 2$ ; 6.6; 6.0.

Переріз колон на позначці 0,000 м та вище –  $400 \times 400$  мм, переріз колон цокольного поверху  $500 \times 500$  мм. Бетон важкий, клас – С30/25.

Перекриття і покриття: монолітне безбалкове перекриття (покриття) з пустотоутворювачами. Плити обперті по контуру, товщина плит 250 мм.

Плита перекриття (покриття) включає армовані умовні ригелі двотаврового перетину. Звіси полиць, що враховуються в розрахунках, прийняті 1/6 прольоту плити в світлі і складають:

– у розрахунковій схемі поперечних рам – 1,15 м;

– у розрахунковій схемі поздовжніх рам – 0,8 м.

Ширина полиць умовного ригеля становить:

– на позначці 0,000 м в поперечному напрямку – 3,3 м;

– на позначці 0,000 в поздовжньому напрямку – 2,6 м;

– на позначці 4,350 м і вище в поперечному напрямку – 3,2 м;

– на позначці 4,350 м і вище поверхів у поздовжньому напрямку – 2,5 м.

Ширина ребра умовного ригеля приймається рівною ширині більшого за підставу піраміди продавлювання (висота (ширина) перетину колони плюс 250 мм з кожного боку ребра) і становить:

– на позначці 0,000 м:  $b = 1,0$  м;

– на позначці 4,350 м:  $b = 0,9$  м.

Висота умовного ригеля 250 мм.

Висота полиць 75 мм.

Бетон плит перекриття (покриття) важкий, клас бетону С30/25.

Модуль пружності бетону  $E_s = 32,5 \cdot 10^3$  МПа.

Нормативне значення ваги плити при діаметрі пустотоутворювача:

–  $\varnothing 150$  мм –  $350 \text{ кг/м}^2$ ;

–  $\varnothing 100$  мм –  $420 \text{ кг/м}^2$ .

Визначено максимальні зусилля в елементах будівлі для перекриття з пустотами наведені в таблиці 2, для суцільного монолітного – в таблиці 3.

Як видно з таблиць 2 і 3, із застосуванням пустотних плит перекриттів у будинку знижується загальна маса перекриття і, отже, навантаження на каркас і фундаменти будівлі, що може значно зменшити витрати матеріалів у цілому на будівлю.

Для оцінювання економічної ефективності необхідно знати:

- скільки економиться бетону в монолітній плиті з пустотами відносно суцільної плити такої ж проектною товщини;

- витрату матеріалів на пустотоутворювач з урахуванням витрат арматури на закріплення пустотоутворювачів фіксувальними арматурними елементами.

Таблиця 2

Зусилля по осях у будівлі з пустотними монолітними перекриттями /  
Effort on axes in building with the emptiness monolithic ceiling

Зусилля						
Вісь	$M_y, кН*м$	$Q_y, кН$	$M_x, кН*м$	$Q_x, кН$	$N, кН$	Примітки
<b>Середня рама (14 поверхів)</b>						
Вісь "А"	537.229	-896.068	50.379	-18.875	-6 386.156	Nmax
	650.941	-936.105	109.352	-51.035	-5 540.948	Mmax x,y
Вісь "Б"	23.078	-12.5	92.908	-36.477	-8 425.273	Nmax
	84.497	-36.619	166.281	-73.479	-7 730.948	Mmax x,y
Вісь "В"	-3.908	4.81	92.908	-36.477	-8 461.495	Nmax
	68.686	-27.169	166.281	-73.479	-7 642.468	Mmax x,y
Вісь "Г"	14.268	-9.136	92.908	-36.477	-8 438.471	Nmax
	75.703	-33.282	166.281	-73.479	-7 746.124	Mmax x,y
Вісь "Д"	-2.223	0.969	92.908	-36.477	-8 209.414	Nmax
	66.824	-28.521	166.281	-73.479	-7 412.543	Mmax x,y
Вісь "Е"	-19.443	11.569	92.908	-36.477	-8 435.769	Nmax
	-88.032	40.536	166.281	-73.479	-7 627.269	Mmax x,y
Вісь "Ж"	6.937	-8.065	92.908	-36.477	-8 263.883	Nmax
	75.637	-37.282	166.281	-73.479	-7 463.773	Mmax x,y
Вісь "И"	-552.917	907.176	50.379	-18.875	-6 070.484	Nmax
	-663.175	944.584	109.352	-51.035	-5 261.642	Mmax x,y

Таблиця 3

Зусилля по осях у будівлі з суцільним монолітним перекриттям/  
Effort on axes in building with the continuous monolithic ceiling

Зусилля						
Вісь	$M_y, кН*м$	$Q_y, кН$	$M_x, кН*м$	$Q_x, кН$	$N, кН$	Примітки
<b>Середня рама</b>						
Вісь "А"	537.229	-896.068	50.379	-18.875	-7331.516	Nmax
	650.941	-936.105	109.352	-51.035	-6486.308	Mmax x,y
Вісь "Б"	23.078	-12.5	92.908	-36.477	-10315.993	Nmax
	84.497	-36.619	166.281	-73.479	-9621.668	Mmax x,y
Вісь "В"	-3.908	4.81	92.908	-36.477	-10352.215	Nmax
	68.686	-27.169	166.281	-73.479	-9533.188	Mmax x,y
Вісь "Г"	14.268	-9.136	92.908	-36.477	-10329.191	Nmax
	75.703	-33.282	166.281	-73.479	-9636.844	Mmax x,y
Вісь "Д"	-2.223	0.969	92.908	-36.477	-10100.134	Nmax
	66.824	-28.521	166.281	-73.479	-9303.263	Mmax x,y
Вісь "Е"	-19.443	11.569	92.908	-36.477	-10326.489	Nmax
	-88.032	40.536	166.281	-73.479	-9517.989	Mmax x,y
Вісь "Ж"	6.937	-8.065	92.908	-36.477	-10154.603	Nmax
	75.637	-37.282	166.281	-73.479	-9354.493	Mmax x,y
Вісь "И"	-552.917	907.176	50.379	-18.875	-7015.844	Nmax
	-663.175	944.584	109.352	-51.035	-6207.002	Mmax x,y

У таблицях 4–6 наведено загальні вартості використання того чи матеріалу пустотоутворювача в плоских пустотних монолітних плитах перекриття з різною проектною товщиною плити, а також

вартість зекономленого бетону у разі їх використання.

Розрахунок окремої будівлі показав, що використання пустотоутворювача в монолітних плитах перекриттів справді в результаті зниження маси перекриттів, зменшує зусилля на каркас і фундаменти будівлі практично не зменшуючи надійності будівлі.

Перевитрата коштів за рахунок застосування пустотоутворювачів компенсується скороченням витрат матеріалів.

Як порожнече утворювачі раціонально використовувати:

За товщини плити перекриття 150 мм, 200 мм, 250 мм раціонально використовувати пустотоутворювач із поздовжнім перерізом квадратної форми з полістирольного пінопласту.

Таблиця 4

**Матеріал – сталь оцинкована / Material is a steel zincked**

Товщина плити	Об'єм економії бетону	Вартість економії бетонної суміші	Вартість матеріалу на пустотоутворювачі	Витрата арматури	Вартість арматури	Загальна вартість матеріалів виробу
мм	$m^3 / m^2$	грн/ $m^2$	грн/ $m^2$	кг/ $m^2$	грн/ $m^2$	грн/ $m^2$
150	0,157	164,85	1 088,56	1,05	7,77	1 096,33
200	0,416	436,8	1 442,37	1,065	7,89	1 450,26
250	0,706	741,3	1 632,87	1,048	7,77	1 640,64

Таблиця 5

**Матеріал – пенопласт полістирольний (коло / квадрат) / Material is a polystyrene foam (a circle / a square)**

Товщина плити	Об'єм економії бетону	Вартість економії бетонної суміші	Вартість матеріалу на пустотоутворювачі	Витрата арматури	Вартість арматури	Загальна вартість матеріалів виробу
мм	$m^3 / m^2$	грн/ $m^2$	грн/ $m^2$	кг/ $m^2$	грн/ $m^2$	грн/ $m^2$
150	0,157	164,65	33,0	5,24	38,82	71,82
	0,2	210,0	42,0	5,24	38,82	71,82
200	0,416	436,8	87,66	4,26	31,56	119,22
	0,53	556,5	111,3	3,66	27,12	138,42
250	0,706	741,3	148,38	3,66	27,12	175,5
	0,9	945,0	189,0	3,13	23,19	212,19

Таблиця 6

**Матеріал – картон / Material is a cardboard**

Товщина плити	Об'єм економії бетону	Вартість економії бетонної суміші	Вартість матеріалу на пустотоутворювачі	Витрата арматури	Вартість арматури	Загальна вартість матеріалів виробу
мм	$m^3 / m^2$	грн/ $m^2$	грн/ $m^2$	кг/ $m^2$	грн/ $m^2$	грн/ $m^2$
150	0,57	54,95	13,9	5,24	12,94	26,84
200	0,416	145,6	16,62	4,26	10,52	27,14
250	0,706	247,1	20,8	3,66	9,04	29,84

Техніко-економічне оцінювання також показало, що використання як матеріал пустотоутворювача сталі оцинкованої економічно не вигідне, незважаючи на те, що витрати на закріплення таких порожнеч найменші.

**Висновки.** У ході дослідження розроблено конструкцію монолітного пустотного перекриття з пустотоутворювачем раціональної форми з урахуванням витрати матеріалу на цю форму, яка забезпечила за високих конструктивних показників задовільну якість і високу технологічність.

Найбільш раціональним і економічно вигідним виявилось використання пустотоутворювачів із квадратною формою поперечного перерізу з полістирольного пінопласту в плоских пустотних залізобетонних монолітних плитах перекриттів проектної товщини 250 мм. Таке рішення також відповідає важливому чиннику економії будівельних матеріалів, оскільки полістирольний пінопласт – це відходи виробництва хімічної промисловості, яка непогано розвинена в Україні.

Також вирішено проблему із закріпленням пустотоутворювачів у тілі плити у процесі укладання бетонної суміші. Розраховано крок, з яким необхідно встановлювати фіксувальні елементи пустотоутворювачів за різної проектної товщини плити.

Визначено техніко-економічну ефективність використання плоских монолітних плит перекриттів із пустотами на прикладі окремої будівлі з пустотними монолітними перекриттями, які за рахунок зменшення власної ваги конструкцій знизили зусилля на фундаменти, що означає вагоме зниження капітальних витрат на будівництво об'єкта в цілому на 40 %.

Таким чином, у подальшому для успішного використання пустот із полістирольного пінопласту квадратної форми рекомендується розробити технологію подачі бетонної суміші в розтягнуту зону плити перекриття або вдосконалити форму пустотоутворювача для полегшення технологічного процесу укладання бетонної суміші.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Держбуду України. – Вип. 59. – Кн. 1, 2. – Київ : НДІБК, 2003. – 264 с.
2. Яловенко В. И. Цилиндрические пустотообразователи для применения в монолитных железобетонных плитах перекрытий / В. И. Яловенко, И. В. Санников // Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Держбуду України. – Вип. 61. – Том. 1. – Київ : НДІБК, 2005. – С. 330–337.
3. Информационные технологии расчёта и проектирования строительных конструкций : монография [А. С. Городецкий, В. С. Шмуклер, А. В. Бондарев]. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.
4. ДБН А.3.1-5-96. Организация строительного производства. – Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ, 2011. – 61 с.
5. Степанов И. С. Экономика строительства : учебник для вузов / И. С. Степанов. – Москва : Юрайт, 2002. – 204 с.
6. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2009. – 97 с.
7. ДСТУ 3760:2006. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. – Державний стандарт України. – Київ : Держспоживачстандарт України, 2007. – 28 с.
8. ДСТУ Б EN 1992-1-1:2010. Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. – Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2012. – 312 с.

## REFERENCES

1. *Naukovo-tekhichni problemy suchasnoho zalizobetonu : Mizhvidomchyy naukovo-tekhnichnyy zbirnyk naukovykh prats' (budivnytstvo). Derzhavnyy naukovo-doslidnyy instytut budivel'nykh konstruktсий Derzhbudu Ukrayiny.* [Scientific and technical problems of the modern reinforced concrete : Interdepartmental scientific and technical collection of scientific works (building)]. State scientific and experience institute of building constructions of State building of Ukraine, vol. 59, book. 1, 2. Kyiv : NDIBK, 2003, 264 p. (in Ukrainian).
2. Yalovenko V.I. and Sannikov I.V. *Tsilindricheskiye pustotoobrazovateli dlya primeneniya v monolitnykh zhelezobetonnykh plitakh perekrytiy* [Cylindrical creator emptiness and for application in the monolithic reinforce-



- concrete flags of ceiling]. *Naukovo-tekhnichni problemy suchasnoho zalizobetonu. Mizhvidomchyy naukovo-tekhnichnyy zbirnyk naukovykh prats' (budivnytstvo)* [Scientific and technical problems of the modern reinforced concrete : Interdepartmental scientific and technical collection of scientific works (building)]. State scientific and experience institute of building constructions of State building of Ukraine, iss. 61, vol. 1, Kyiv : NDIBK, 2005, pp. 330–337. (in Russian).
3. Gorodeckiy A.S., Shmukler V.S. and Bondarev A.V. *Informatsionnyye tekhnologii raschota i proyektirovaniya stroitel'nykh konstruksiy* [Information technologies of calculation and planning of building constructions]. Kharkiv : STU «KhPI», 2003, 889 p. (in Russian).
  4. *DBN A.3.1-5-96 Orhanyzatsyya stroytel'noho proyzvodstva* [Organization of building production. Ministry of regional development and building of Ukraine]. Ministry of Regional Development and Civil Building, Kyiv, 2011, 61 p. (in Russian).
  5. Stepanov I.S. *Ekonomika stroitel'stva* [Building economy : textbook for institutions of higher learning]. Moscow : Yurajt Publ., 2002, 204 p. (in Russian).
  6. *DBN V.1.2-2:2006 Navantazhennya i vplyvy* [Loading and influences]. Ministry of Civil Building, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine, Kyiv, 2009, 97 p. (in Ukrainian).
  7. *DSTU 3760:2006. Prokat armaturnyy dlya zalizobetonnykh konstruksiy. Zahal'ni tekhnichni umovy: Derzhavnyy standart Ukrayiny*. [Rent an armature for reinforce-concrete constructions. General technical requirements : State Standard of Ukraine]. State Consumption Standard of Ukraine, Kyiv, 2007, 28 p. (in Ukrainian).
  8. *DSTU B EN 1992-1-1:2010. Yevrokod 2: Proektuvannya zalizobetonnykh konstruksiy. Chastyna 1-1. Zahal'ni pravyla i pravyla dlya sporud Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrayiny* [Eurokod 2 : Planning of reinforce-concrete constructions. Part 1-general rules and rules for building]. Ministry of Regional Development and Civil Construction of Ukraine. The State enterprise of "Ukrarhbudinfor", Kyiv, 2012, 312 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 18.05.2019 р.