УДК 624.014.2:620.193:69.059

Д.О. Гріщенко
Н.В. Блащук

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ПУСТОТОУТВОРЮВАЧІВ У МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЕРЕКРИТТЯХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто конструктивні особливості систем пустотоутворювачів, які застосовують для зменшення матеріаломісткості монолітних залізобетонних перекриттів. Систематизовано рішення зі сферичними, еліпсоїдними, модульними та видовженими пустотоутворювачами на прикладі BubbleDeck, Cobiax SL, Cobiax CLS, U-Boot Beton і U-Bahn Beton. Порівняно їхню геометрію, характер роботи перерізу та умови раціонального застосування. Визначено вимоги до вибору конструктивної схеми й напрями подальшого числового дослідження плити з пустотами.

Ключові слова: монолітна плита, пустотоутворювач, полегшене перекриття, BubbleDeck, Cobiax CLS, U-Boot Beton, скінченно-елементна модель.

Abstract

The paper reviews void-forming systems used to reduce the material consumption of cast-in-place reinforced concrete slabs. Spherical, ellipsoidal, modular and elongated formers are classified using BubbleDeck, Cobiax SL, Cobiax CLS, U-Boot Beton and U-Bahn Beton as examples. Their geometries, structural behaviour and application constraints are compared. Criteria for selecting a suitable voided slab system and a framework for further finite-element assessment are outlined. The paper is a literature-based review and does not report unverified numerical results.

Keywords: reinforced concrete slab, void former, lightweight slab, BubbleDeck, Cobiax CLS, U-Boot Beton, finite-element model.

Вступ

Монолітні залізобетонні перекриття широко застосовують у цивільному та промисловому будівництві завдяки просторовій жорсткості, технологічній гнучкості й можливості формування складної геометрії. Водночас зі збільшенням прольотів зростають власна вага, витрати бетону та навантаження на вертикальні конструкції і фундаменти. Одним зі способів оптимізації є розміщення в товщі плити незнімних пустотоутворювачів, які заміщують частину бетону в менш завантажених ділянках перерізу [1–3].

Принцип роботи таких конструкцій полягає у збереженні верхнього й нижнього бетонних поясів, необхідних для сприйняття згинальних зусиль, та формуванні проміжних бетонних ребер, що передають поперечні сили. На відміну від суцільної плити, ефективні геометричні та жорсткісні характеристики порожнистого перерізу залежать не лише від загальної товщини, а й від форми, кроку та висоти пустот. Тому оцінювати доцільність застосування відповідної системи слід одночасно за матеріаломісткістю, несучою здатністю, деформативністю і технологічністю виконання.

Постановка проблеми

Різні системи пустотоутворювачів дають неоднакову структуру бетонних перемичок між порожнинами. Сферичні й еліпсоїдні елементи сприяють формуванню просторової системи бетонних ребер, тоді як призматичні та видовжені модулі утворюють виражену ортогональну або переважно

однопрямну ребристу структуру. Без урахування цих відмінностей некоректно порівнювати системи тільки за відсотком зекономленого бетону [2–5].

Мета роботи — систематизувати поширені типу пустотоутворювачів для монолітних перекриттів, визначити їх конструктивні особливості та сформулювати критерії вибору рішення для подальшого розрахункового порівняння із суцільною залізобетонною плитою.

Аналіз конструктивних систем пустотоутворювачів

Система BubbleDeck ґрунтується на застосуванні сферичних пластикових вставок, які фіксуються в армувальних каркасах. Сферична геометрія забезпечує порожнини v центральній зоні товщини перекриття, а бетон зберігається між сферами та біля його верхньої і нижньої поверхонь. Таке рішення застосовують переважно для двонапрямної роботи плит; у зонах значних поперечних сил і біля опор необхідно передбачати суцільні ділянки [1].

У системі Cobiax SL використовують еліпсоїдні пустотоутворювачі з двох напівоболонок, зібрані в модулі з елементами фіксації. Відносно приплюснута форма дає змогу компонувати порожнини в монолітній плиті зі збереженням бетонних шарів над і під ними. За даними виробника, продуктова лінійка SL призначена для плит товщиною від 220 мм; конкретні розміри модулів і розташування арматури визначають окремо для кожного проєкту [2].

Система Cobiax CLS містить окремі модульні структурні пустотоутворювачі, форма яких орієнтована на збереження раціональної конфігурації бетонних ділянок між порожнинами. Виробник зазначає діапазон товщин плит 200–800 мм, що робить цю систему цікавою для дослідження відносно тонких монолітних перекриттів. Водночас мінімальна товщина 200 мм сама по собі не підтверджує придатності будь-якого модуля: треба перевіряти фактичну висоту вставки, товщину бетонних поясів, положення обох напрямків арматури, захисні шари та умови бетонування [3].

Для U-Boot Beton характерні пустотоутворювачі коробчастої форми із переробленого поліпропілену. Вони формують верхню й нижню плитні полиці, поєднані системою взаємно перпендикулярних бетонних ребер. Такі перекриття працюють за двонапрямною схемою; завдяки модульності можна змінювати висоту порожнин та ширину ребер. Система U-Bahn Beton, навпаки, використовує видовжені елементи для утворення переважно однопрямних ребер і доцільна за чітко вираженого головного напрямку роботи перекриття [4, 5].

За формою пустот і характером роботи перерізу зазначені рішення можна згрупувати таким чином (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняння конструктивних систем пустотоутворювачів

Система	Форма пустот	Характерна конструктивна особливість
BubbleDeck	Сферична	Двонапрямна робота; сфери розташовані в армувальному каркасі.
Cobiax SL	Еліпсоїдна	Модулі з напівоболонок; робота двонапрямної плити.
Cobiax CLS	Профільована модульна	Окремі структурні елементи; широкий діапазон товщин плит.
U-Boot Beton	Призматична (коробчаста)	Ортогональна система бетонних ребер між верхнім і нижнім поясами.
U-Bahn Beton	Видовжена	Переважно однопрямна ребриста схема роботи.

Під час вибору системи слід розрізняти геометричне зниження об’єму бетону та фактичне зменшення власної ваги перекриття, яке залежить також від маси вкладок, армування й суцільних зон. Пустотоутворювачі недоцільно розміщувати поблизу концентрованих навантажень, зон продавлювання, анкерування арматури, великих отворів і ділянок значних поперечних сил без спеціальної перевірки. Технічні рішення мають забезпечувати належне розміщення арматури та надійне ущільнення бетонної суміші [3, 4, 6].

Для подальшого дослідження запропоновано порівнювати суцільну монолітну плиту товщиною 200 мм із варіантом на основі Cobiax CLS за motels однакових прольотів, опорних умов і навантажень. Розрахункова модель може спиратися на пластинчасті скінченні елементи зі скоригованою власною вагою і перевіреними еквівалентними жорсткостями в зонах пустот. При

цьому ділянки обпирання на несучі стіни та локальні зони високих поперечних сил доцільно залишати суцільними. Необхідно окремо оцінити міцність за згином, поперечною силою, прогини, тріщиноутворення і витрати бетону; сам по собі результат лінійного розрахунку плити зі зменшеною масою не доводить достатності її несучої здатності [6].

Висновки

Виконано порівняльний огляд основних типів пустотоутворювачів для монолітних залізобетонних перекриттів. Встановлено, що сферичні та еліпсоїдні вставки систем BubbleDeck і Cobiax, коробчасті модулі U-Boot Beton та видовжені модулі U-Bahn Beton відрізняються формою бетонних ребер і переважною схемою передачі зусиль. Вибір системи має ґрунтуватися не лише на зменшенні витрат бетону, а й на перевірці міцності, деформативності, тріщиностійкості та конструктивних обмежень.

Для подальшого розрахункового дослідження плити товщиною 200 мм перспективною є система Cobiax CLS, оскільки її номенклатура охоплює цю товщину. Остаточна можливість застосування конкретних пустотоутворювачів повинна встановлюватися після перевірки геометричного розміщення арматури, товщин суцільних бетонних шарів і місцевої несучої здатності. Отримані висновки визначають напрям наступного етапу магістерської роботи — порівняння суцільного та полегшеного перекриттів шляхом чисельного моделювання і техніко-економічного порівняння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. BubbleDeck International. The Original Voided Slab Technology. URL: https://www.bubbledeck.com/ (дата звернення: 07.11.2026).
2. Cobiax. Cobiax SL (Slim Line): Technical Data. URL: https://www.cobiax.com/intl/en/produkte/cobiax-sl/ (дата звернення: 07.11.2026).
3. Cobiax. Cobiax CLS (Concrete Lightweight Structures): Technical Data. URL: https://www.cobiax.com/intl/en/produkte/cobiax-cls/ (дата звернення: 07.11.2026).
4. Daliform Group. U-Boot Beton: Permanent Formwork for Two-way Lightened Voided Slabs. URL: https://www.daliform.com/en/permanent-formwork-for-two-way-lightened-voided-slabs/ (дата звернення: 07.11.2026).
5. Daliform Group. U-Bahn Beton: Void Former for Cast-in-place Voided Slabs. URL: https://www.daliform.com/en/void-former-for-cast-in-place-voided-slabs/ (дата звернення: 07.11.2026).
6. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення (зі зміною № 1). Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 71 с.

Гріщенко Дмитро Олександрович – магістрант факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна.

Блащук Наталя Вікторівна – науковий керівник, кафедра промислового та цивільного будівництва, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

Hrishchenko Dmytro Oleksandrovych – master's student, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine.

Blashchuk Natalia Viktorivna – academic supervisor, Department of Industrial and Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine.