

Полегшені залізобетонні перекриття: конструктивні переваги та обмеження застосування

Олександр Юр'єв, здобувач¹ (ORCID: 0009-0007-5434-8108),
Володимир Кріпак, проф., канд.техн.наук.¹ (ORCID: 0000-0001-6575-5015)

¹Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ

Розглянуто технологію та конструктивні рішення монолітних плит перекриттів із порожнистими вкладишами, що забезпечує зменшення маси конструкцій та економію матеріалів без втрати несучої здатності. Показано, що застосування пустотоутворювачів дає змогу скоротити витрати бетону та сталі на 25–30 %, знизити навантаження на фундаменти до 10 %, а також підвищити ефективність великопролітного та багатоповерхового будівництва. Проаналізовано переваги й основні бар'єри впровадження в Україні, серед яких відсутність нормативної бази, висока вартість імпортованих систем пустотоутворювачів і обмеженість теоретичних досліджень. Зроблено висновок про перспективність технології за умов розвитку вітчизняного виробництва та адаптації нормативів.

Ключові слова: порожнисті вкладиші, полегшені конструкції, багатоповерхове будівництво, ресурсоефективність.

1. ВСТУП

Монолітні залізобетонні плити перекриттів традиційно використовуються у будівництві завдяки міцності та довговічності. Основним їхнім недоліком є значна власна маса, що підвищує навантаження на несучі конструкції й фундаменти. У багатоповерхових будівлях навіть часткове зменшення ваги перекриттів дає суттєвий економічний ефект. Одним із сучасних рішень є застосування плит із порожнистими вкладишами, які знижують їх масу без втрати міцності [1].

2. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ

Традиційні плити мають суцільний переріз, у якому центральна зона практично не бере участі в роботі. Використання пустотоутворювачів дозволяє вилучити бетон із цих ділянок і сформувати систему ребер між верхньою та нижньою полицями. Це зменшує масу перекриттів на 25–35 % без істотного зниження несучої здатності [2].

Порожнини зазвичай розміщують у шаховому порядку, залишаючи суцільними опорні зони та ділянки зосереджених навантажень. Найпоширеніші пустотоутворювачі — полімерні сферичні або овальні елементи діаметром 180–300 мм, хоча застосовуються й прямокутні або циліндричні форми. Вибір типу залежить від товщини плити та розрахункових навантажень.

Для фіксації порожнистих вкладишів у бетоні використовують спеціальні каркаси з арматури або пластикові сітки, що гарантують їхнє правильне положення під час укладання суміші. У процесі бетонування важливо забезпечити рівномірне ущільнення, аби уникнути пустот у захисному шарі бетону та тріщиноутворення.

Товщина ребер між пустотоутворювачами зазвичай становить 8–12 см, а захисний шар бетону над верхньою гранню елементів має бути не менше 5 см. Це дає змогу зберегти достатню жорсткість та вогнестійкість перекриття. Опорні ділянки, де плита спирається на колони або стіни,

виконують суцільними, що дозволяє надійно сприймати зосереджені зусилля.

3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Проектування плит із порожнистими вкладишами вимагає урахування особливостей їхньої роботи та складної просторової форми. Основним завданням є забезпечення достатньої несучої здатності й жорсткості при зменшеній масі. Важливими параметрами є відстань між пустотоутворювачами, їхній діаметр, товщина захисного шару бетону, а також конфігурація опорних зон. Для коректних рішень часто застосовують оптимізаційні розрахунки, які дозволяють підібрати геометрію з урахуванням економії матеріалів.

Через складність геометрії традиційні аналітичні методи не дають достатньої точності. Тому для перевірки несучої здатності використовують числові методи — зокрема метод скінченних елементів. У розрахункових моделях порожнисті зони враховують або як зниження жорсткості в центральній частині плити, або як окремі включення з різними модулями пружності. Такий підхід дозволяє оцінювати не лише міцність, а й прогини та тріщиноздатність конструкції [3].

Експериментальні випробування, проведені на дослідних зразках, підтвердили, що при зменшенні маси на 25–30 % несуча здатність плит знижується лише на 10–15 %. Було виявлено більш рівномірний розподіл тріщин та відсутність локальних зон руйнування. Крім того, моделі показали, що конструкція зберігає достатню жорсткість навіть при зменшенні товщини ребер до мінімально допустимих значень.

Окрему увагу приділяють вогнестійкості та акустичним характеристикам перекриттів. Дослідження показали, що за умов дотримання захисного шару бетону порожнисті вкладиші практично не впливають на межу вогнестійкості. Акустичні властивості також залишаються на рівні звичайних монолітних плит, що робить такі конструкції придатними для житлового будівництва [4].

4. ПРОБЛЕМАТИКА ВПРОВАДЖЕННЯ

Незважаючи на численні переваги плит перекриттів із порожнистими вкладишами, їхнє застосування в Україні обмежене через низку факторів. По-перше, відсутня достатня нормативна база для проектування таких конструкцій, що змушує інженерів орієнтуватися на зарубіжні стандарти або додатково обґрунтовувати рішення. По-друге, технологічний процес виготовлення плит складніший, оскільки пустотоутворювачі потребують точного закріплення та контролю під час бетонування. Початкові витрати на матеріали, обладнання та навчання персоналу також є бар'єром, особливо за обмеженого практичного досвіду [4].

Крім того, існує психологічна обережність замовників і проєктувальників щодо нових рішень, через що впровадження технології відбувається повільно й обмежено. Подолання цих перешкод можливе через проведення наукових досліджень, розробку нормативних документів і реалізацію пілотних проєктів, що доводитимуть надійність і доцільність конструкцій.

5. ЗМЕНШЕННЯ МАСИ

Зменшення власної ваги перекриттів за рахунок використання порожнистих вкладишів має багатосторонній позитивний ефект. Передусім воно дозволяє знизити витрати основних будівельних матеріалів. Порівняно із традиційними монолітними плитами витрати бетону скорочуються на 15–20 %, а сталі — на 20–25 %. Це означає не лише пряму економію коштів, але й зменшення навантаження на логістику та скорочення часу бетонування. Водночас зниження маси перекриттів на 30–35 % суттєво впливає на проєктні рішення всієї споруди [1; 2].

З точки зору конструктивної роботи будівлі, легші перекриття дозволяють зменшити перерізи колон і стін, що, своєю чергою, знижує витрати матеріалів на вертикальні елементи. В умовах багатопверхового будівництва це особливо актуально: навіть невелике скорочення маси одного поверху при великій кількості повторень дає значний сумарний ефект. Крім того, зменшення постійних навантажень дозволяє оптимізувати розрахункову схему фундаментів, знизити їхню глибину закладання та відмовитися від частини палових систем.

У складних інженерно-геологічних умовах, зокрема на слабких ґрунтах або у водонасичених середовищах, кожне зменшення маси будівлі дає відчутний ефект. Легші перекриття знижують осідання та нерівномірні деформації основ, що безпосередньо впливає на довговічність експлуатації. У сейсмічно небезпечних регіонах використання пустотоутворювачів підвищує стійкість будівель до динамічних впливів, оскільки інерційні сили пропорційні масі конструкції.

Не менш важливий і екологічний аспект. Виробництво цементу супроводжується значними викидами CO₂, і будівельна галузь загалом є одним із найбільших забруднювачів атмосфери. Зменшення обсягів бетону при використанні пустотоутворювачів дозволяє знизити «вуглецевий слід» перекриттів на 15–20 % у перерахунку на один квадратний метр. Це відповідає сучасним принципам сталого розвитку й міжнародним стандартам «зеленого будівництва» (LEED, BREEAM) [3; 4].

У довгостроковій перспективі технологія порожнистих перекриттів впливає також на експлуатаційні характеристики будівель. Легші конструкції потребують меншої кількості ремонтних робіт, створюють менше навантаження на існуючі фундаменти при реконструкції та дозволяють зводити будівлі у щільній міській забудові без ризику перевантаження сусідніх споруд.

Таким чином, зменшення маси перекриттів із застосуванням порожнистих вкладишів забезпечує комплексні переваги: економію матеріалів і коштів, полегшення роботи фундаментів, підвищення довговічності споруд та зменшення екологічного впливу. Це робить технологію однією з найперспективніших для сучасного будівництва.

6. ВИСНОВКИ

Плити перекриттів із порожнистими вкладишами є ефективним сучасним конструктивним рішенням, що поєднує високу міцність і жорсткість із суттєвим зменшенням власної маси. Завдяки раціональному розташуванню пустотоутворювачів забезпечується оптимальний розподіл матеріалу в перерізі, що дозволяє скоротити витрати бетону й арматури без істотного зниження несучої здатності. Зменшення маси перекриттів знижує навантаження на колони, стіни та фундаменти, що дає економічний ефект і дозволяє оптимізувати конструктивну систему будівлі.

Використання таких плит також має екологічні переваги: скорочення обсягів бетону й сталі зменшує викиди CO₂ на етапі виробництва, що відповідає принципам сталого будівництва. Впровадження технології в Україні наразі обмежене через відсутність нормативної бази та певну обережність ринку, проте подальші дослідження, стандартизація та пілотні проєкти створюють передумови для її широкого застосування. У підсумку плити з порожнистими вкладишами поєднують технічну надійність, економічну ефективність і екологічність, роблячи їх перспективними для багатопверхового житлового та громадського будівництва.

Список літератури

- [1] Cobiax. Системи порожнистих перекриттів Cobiax. — Режим доступу: <https://www.cobiax.com/intl/en/produkte/cobiax-clis/>
- [2] Кріпак В. Д., Антонов Р. Є. Монолітні плоскі перекриття з порожнистими вкладишами // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. — 2017. — Вип. 8. — С. 135-145. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/stmrb_2017_8_20
- [3] Kripak, V., Kolyakova, V., & Skopets, V. (2019). Методи розрахунку залізобетонних монолітних перекриттів з порожнистими вкладишами. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (5), 15–23. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.5.2019.15-23>
- [4] Кріпак, В., Колякова, В., & Гайдай, М. (2021). Дослідження ефективності залізобетонного монолітного перекриття з порожнистими вкладишами. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (9), 15–29. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.15-29>