УДК 697.7; 697.9

**О. А. Дьоркін**
**І. М. Меть**

# ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ТРИШАРОВИХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРИТТЯ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

***Анотація***

*Розглянуто напрями вдосконалення тришарових панелей перекриття з двома несучими зовнішніми шарами та легким осердям. Узагальнено чинники, що визначають їхню спільну роботу, деформативність і характер можливого руйнування. Запропоновано порівнювати конструктивні варіанти з локальним підсиленням опорних зон, додатковими ребрами та вдосконаленими міжшаровими з'єднаннями. Визначено послідовність розрахункового й експериментального оцінювання з урахуванням міцності, прогинів, вібрацій, вогнестійкості та технологічності виготовлення.*

**Ключові слова:** тришарова панель, перекриття, малоповерхова будівля, легке осердя, міжшарові зв'язки, згинальна жорсткість.

***Abstract***

*The paper examines improvements to three-layer floor panels comprising two load-bearing faces and a lightweight core. Factors governing composite action, deformability and potential failure modes are summarised. Design alternatives involving local support reinforcement, additional ribs and improved face-to-core connections are proposed for comparison. A sequence of numerical and experimental assessment is outlined, considering strength, deflection, vibration, fire resistance and manufacturing feasibility.*

**Keywords:** sandwich panel, floor system, low-rise building, lightweight core, interlayer connections, flexural stiffness.

## Вступ

Зниження власної маси перекриттів є одним із напрямів раціоналізації конструктивних рішень малоповерхових будівель. Воно може полегшити транспортування та монтаж збірних елементів і зменшити постійне навантаження на несучі конструкції. Тришарова структура дозволяє розмістити міцніші матеріали у зовнішніх шарах, віддалених від серединної поверхні панелі, а внутрішній об'єм сформувати з легшого матеріалу. Проте ефективність такого рішення залежить від здатності всіх складових працювати сумісно.

Метою роботи є визначення конструктивних напрямів підвищення ефективності тришарових панелей перекриття малоповерхових будівель та формування програми їх порівняльного оцінювання. Розглядається загальна схема панелі з двома несучими обшивками та легким осердям, без прив'язки до конкретного виробника чи матеріалу. Дослідження має аналітичний характер і ґрунтується на опрацюванні наукових джерел; запропоновані рішення потребують подальшого розрахункового та експериментального підтвердження.

## Основна частина

За згинання тришарової панелі зовнішні шари сприймають переважну частину поздовжніх зусиль, а осердя забезпечує їх рознесення та бере участь у передачі поперечного зсуву. Для м'яких осердь деформації зсуву можуть істотно впливати на загальний прогин. Теоретичні засади такого розрахунку розглянуто H. G. Allen [1]. Огляд V. Birman та G. A. Kardomateas показує різноманітність матеріалів осердя й особливу вразливість межі його з'єднання з обшивками [2]. Отже, збільшення товщини зовнішніх шарів не є універсальним способом усунення надмірної деформативності.

Тришарові панелі можуть мати деревинні, металеві, залізобетонні або полімеркомпозитні зовнішні шари. Проте результати дослідження однієї системи не можна безпосередньо переносити на іншу. У роботі F. Gara та співавторів досліджено панелі перекриття із зовнішніми бетонними шарами, враховано часткову сумісну роботу, вузли сполучення зі стінами та просторову роботу перекриття [3]. A. Fam і T. Sharaf на прикладі склопластикових обшивок із поліуретановим осердям показали вплив

конфігурації ребер на згинальну поведінку [4]. Ці результати обґрунтовують необхідність окремого аналізу з’єднань і підсилень для обраної матеріальної системи.

Для подальшого дослідження пропонується прийняти базовий варіант із постійною товщиною шарів і зіставити його з варіантами локального підсилення опор, введення ребер та зміни характеристик міжшарового з’єднання. Проліт, схема спирання, навантаження й експлуатаційні вимоги мають залишатися однаковими. Порівняння доцільно виконувати як за однакової конструктивної висоти, так і за зіставної маси, чітко розділяючи ці постановки задачі.

Перший напрям удосконалення полягає в узгодженні товщини обшивок із товщиною та зсувною жорсткістю осердя. Збільшення відстані між зовнішніми шарами створює передумови для підвищення згинальної жорсткості, але потребує перевірки зсувних деформацій, місцевої стійкості стиснутої обшивки та міцності контактної зони. Вибір осердя лише за густиною чи теплоізоляційними властивостями недостатній для несучого перекриття. Потрібні підтверджені характеристики матеріалів за відповідної тривалості та умов навантаження.

Другий напрям передбачає локальне підсилення опорних ділянок і місць прикладання зосереджених навантажень. Для цього пропонується дослідити вставки підвищеної жорсткості, крайові елементи або ребра, які забезпечують передачу зусиль на опору. Різкий перехід між ділянками різної жорсткості може створювати концентрації напружень, тому геометрію вставок та їх сполучення з обшивками слід перевіряти окремо. Основні напрями порівняння наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 — Напрями вдосконалення тришарових панелей перекриття

| Конструктивна зміна | Очікуваний ефект | Необхідна перевірка |
|---|---|---|
| Узгодження товщини шарів і жорсткості осердя | Раціональніше співвідношення маси та жорсткості | Згин, зсув, прогини, місцева стійкість |
| Локальні вставки в опорних зонах | Обмеження місцевого зминання та деформацій | Передача опорної реакції, напруження на межі вставки |
| Додаткові ребра між обшивками | Посилення зсувного зв’язку й перерозподіл навантаження | Міцність ребер і з’єднань, приріст маси |
| Удосконалення міжшарових з’єднань | Зменшення взаємного зсуву шарів | Жорсткість контакту, відшарування, довговічність |
| Узгоджені міжпанельні стики | Спільна робота елементів перекриття | Передача зусиль, піддатливість стиків, вогне- та звукоізоляція |

Третій напрям стосується забезпечення сумісної роботи шарів. Залежно від матеріалів це може бути клейовий контакт, механічні зв’язки або їх поєднання. У розрахунковій моделі необхідно враховувати фактичну піддатливість з’єднання; припущення про повне зчеплення допустиме лише за належного обґрунтування. Поєднання різних типів зв’язків також не означає автоматичного підсумовування їх несучої здатності: розподіл зусиль залежить від жорсткості та послідовності їх включення в роботу.

Оцінювання перекриття має охоплювати не лише граничну несучу здатність, а й експлуатаційну придатність. Для легких панелей важливі прогини, коливання від ходьби, тривалі деформації осердя та з’єднань, а також вплив вологості й температури. Вогнестійкість і звукоізоляцію потрібно оцінювати для всього перекриття разом зі стиками, захисним облицюванням і шарами підлоги. Осердя з низькою теплопровідністю не гарантує цих властивостей. Теплотехнічні показники особливо важливі для перекриттів над неопалюваними просторами та під холодним горищем.

Програму перевірки запропонованих рішень доцільно починати з визначення властивостей складових і випробування міжшарових з’єднань. Далі виконують розрахункове зіставлення варіантів із явним урахуванням зсувної деформативності та локальних зон. Відібрані рішення перевіряють випробуваннями панелей на згин, місцеве навантаження й роботу опорних вузлів. Окремо досліджують фрагмент перекриття з міжпанельним стиком. Результати випробувань мають бути підставою для уточнення моделі, а не лише для перевірки одного граничного навантаження.

Критеріями порівняння пропонується прийняти масу одиниці площі, прогин за однакового експлуатаційного навантаження, запас несучої здатності, характер руйнування, складність виготовлення та ремонтопридатність. Ефективним слід вважати варіант, який забезпечує всі задані вимоги за обґрунтованих витрат матеріалів і праці. Без розрахунків та випробувань визначати опт

## Висновки

Вдосконалення тришарових панелей перекриття малоповерхових будівель доцільно спрямовувати на узгодження роботи зовнішніх шарів, осердя та з'єднань. Перспективними для перевірки є локальне підсилення опорних зон, введення ребер і зменшення піддатливості міжшарових зв'язків. Запропоновано порівнювати такі рішення за однакових умов навантаження з урахуванням маси, міцності, прогинів та експлуатаційних характеристик. Практичне значення роботи полягає у формуванні послідовності вибору й перевірки конструктивних варіантів; кількісне підтвердження їх переваг потребує окремого дослідження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ


1. Allen H. G. Analysis and Design of Structural Sandwich Panels. Oxford : Pergamon Press, 1969.
2. Birman V., Kardomateas G. A. Review of current trends in research and applications of sandwich structures. Composites Part B: Engineering. 2018. Vol. 142. P. 221–240. DOI: 10.1016/j.compositesb.2018.01.027.
3. Gara F., Ragni L., Roia D., Dezi L. Experimental behaviour and numerical analysis of floor sandwich panels. Engineering Structures. 2012. Vol. 36. P. 258–269. DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.12.011.
4. Fam A., Sharaf T. Flexural performance of sandwich panels comprising polyurethane core and GFRP skins and ribs of various configurations. Composite Structures. 2010. Vol. 92, no. 12. P. 2927–2935. DOI: 10.1016/j.compstruct.2010.05.004.



***Дьоркін Олександр Андрійович*** – студент 2-го курсу магістратури, група Б-25м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, kalashVE@gmail.com

***Меть Іван Миколайович –*** к.т.н., доцент кафедри будівництва міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету, e-mail: met@vntu.edu.ua

***Diorkin Oleksandr –*** 2nd year master's student, group 1B-25m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, kalashVE@gmail.com

***Met Ivan –*** Ph. D., assistant professor of construction of urban economy and architecture Vinnitsa National Technical University, e-mail: met@vntu.edu.ua