

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТОЛІТНОГО МАЙДАНЧИКА НА ДАХУ БУДІВЛІ

*Т.В. Близнюк, В.М. Першаков, д.т.н.*

*Виконано аналіз напружено-деформованого стану жорсткого вертодромного покриття. Розглянуто вплив на покриття різних типів вертольотів. На основі отриманих результатів сформульовано рекомендації щодо використання жорстких покриттів для вертолітних майданчиків на даху будівлі.*

Вертольоти – єдиний тип повітряного транспорту, який може широко використовуватись у міських умовах. Звичайно, економічно обґрунтованим є його використання лише в мегаполісах.

Використання вертолітного транспорту в містах стає можливим завдяки винятковим льотним характеристикам вертольотів. Вони можуть виконувати злітно-посадкові операції вертикально, потребуючи для цього зовсім невеликої площі.

У містах вертолітні майданчики зазвичай розташовуються на дахах висотних будівель. Вертолітний транспорт використовуються для:

- доставлення хворих у важкому стані до медичних закладів;
- гасіння пожеж у висотних будівлях;
- як аеротаксі;
- здійснення екскурсійних польотів;
- як засіб пересування для правоохоронних органів та ін.

Широкому використанню вертольотів у міських умовах перешкоджає:

- відсутність нормативної документації, яка б чітко регламентувала правила здійснення польотів над містами;
- відсутність достатньої кількості повітряних засобів відповідного типу та вертолітних майданчиків. Для масового впровадження вертолітного транспорту необхідна мережа вертолітних майданчиків;
- відсутність рекомендацій з проектування вертолітних майданчиків на дахах будівель.

**Основи проектування вертолітних майданчиків на дахах будівель.**

Вертолітний майданчик на даху будівлі повинен бути достатньо жорстким та міцним і мати невелику вагу.

Оскільки його будівництво ведеться на великій висоті, то необхідно забезпечити якомога більшу механізацію робіт.

Можна виділити декілька варіантів конструкції майданчика.

Найпростішим є його улаштування з попередньо виготовлених блоків. У такому випадку будівельно-монтажні роботи зводяться до мінімуму і займають лише декілька днів. До недоліків такого підходу можна віднести порівняно невелику несучу здатність збірних вертолітних майданчиків, вони придатні лише для легких вертольотів.

Можна використовувати традиційний підхід і в якості покриття вертолітного майданчика застосовувати бетонну плиту. Це викликає значне додаткове навантаження на несучі конструкції будівлі. Окрім цього, потрібен значний час на те, щоб "вертолітний" бетон набув проектної міцності. Будівництво у такому разі потребує більшого часу.

Найбільш прогресивним є використання балкових кліток в якості несучої конструкції вертолітного майданчика. Це дозволяє, з одного боку, значно пришвидшити будівництво, а з іншого – мінімізувати додаткове навантаження на несучі конструкції самої будівлі. В деяких випадках, наприклад, коли дах споруди багаторівневий, такий підхід є єдиним можливим.

**Конструкція вертолітного майданчика на даху будівлі.**

Означеним вимогам відповідає інженерне рішення у вигляді балкової кліти із незйомною опалубкою та ребристою плитою покриття. Варіант із несучими елементами у вигляді балкової кліти найбільш придатний для улаштування вертолітних майданчиків на дахах будівель (особливо багаторівневих) з декількох причин:

- металеві балки кліти здатні сприймати значні навантаження при відносно невеликих перерізах (порівняно із іншими матеріалами);

- метал є однорідним та ізотропним матеріалом, поведінка якого під навантаженням добре описується математичними залежностями.

Таке конструктивне рішення мінімізує роботу безпосередньо на місці будівництва, оскільки конструктивні елементи виготовляються на заводі, а на об'єкті будівництва вони лише складаються.

Сама плита покриття має вигляд ребристої плити. Для зменшення строків будівництва використовується незйомна опалубка у вигляді профнастилу. В якості верхнього шару покриття прийнято високоміцний бетон високої щільності, нижній шар – пінобетон (для зменшення ваги конструкції).

Враховуючи відповідальність споруди і той факт, що розрахунок ведеться на випадок жорсткого приземлення вертольоту, використовується профнастил із найбільшим гофром – Н 114, товщина сталевго листа при цьому складає 1 мм.

Слід підкреслити, що в умовах укладання монолітного залізобетону на великій висоті монтаж опалубки дуже ускладнюється. Тому вибір опалубки, що не знімається, у вигляді профнастилу є раціональним і економічним елементом влаштування покриття вертолітного майданчика.

До переваг цієї конструкції слід віднести ряд факторів: металеві конструкції можуть сприймати значні зусилля при відносно невеликих перерізах за рахунок великої міцності металу; метали при розрахунку розглядаються як однорідні, ізотропні та суцільні матеріали, що дозволяє досить точно теоретично описати їх роботу; технологічність, яка досягається виготовленням конструк-

цій на спеціалізованих заводах та високо механізованим їх монтажем на місці зведення споруди.

Переріз плити покриття наведено на рис. 1.

Конструкція має лише один недолік – без додаткових перетворень та приведення до еквівалентного перерізу її неможливо розрахувати вручну. Також дану конструкцію без додаткових перетворень неможливо змоделювати в спеціалізованих програмних комплексах, наприклад, у ПК ЛИРА САПР.

Загальні розміри вертолітного майданчика в плані складають 27×27 м. Конструкція балкової кліті передбачає укладання балок настилу із кроком 2 м. Розміри кліті наведено на рис. 2.

Для того, щоб змоделювати наведену конструкцію вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР, необхідно привести її до еквівалентного перерізу.

Через доволі складну конструкцію приведення до еквівалентного перерізу виконувалось в декілька етапів:

- спочатку профнастил, заповнений бетоном, приводився до прямокутного перерізу;
- після цього до еквівалентного перерізу приводилися другорядні балки;
- на останньому етапі розглядалась сумісна робота головних та другорядних балок. При цьому було враховано те, що другорядні та головні балки об'єднувались посередині (рис. 3).

Після всіх перетворень конструкцію вертолітного майданчика можна представити у вигляді ребристої плити.

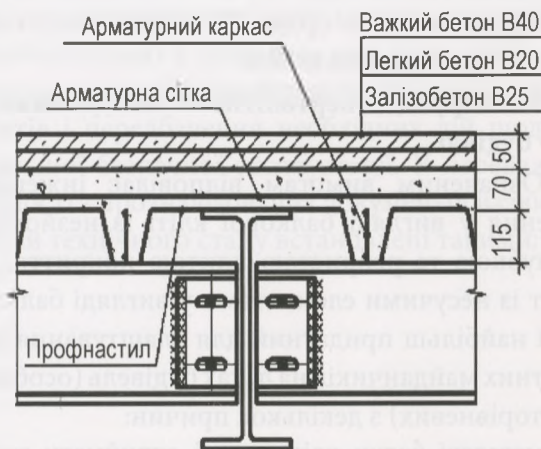


Рис. 1. Поперечний переріз балкової кліті.

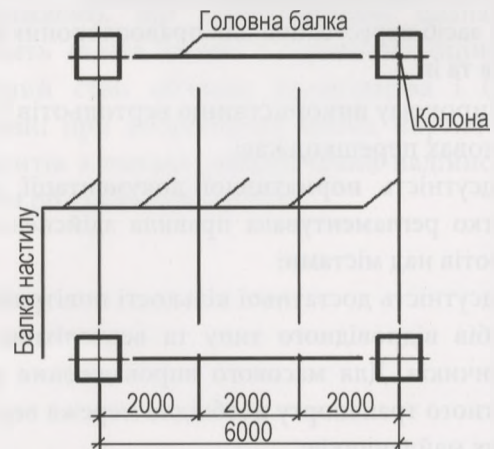


Рис. 2. Схема балкової кліті.

Продовження статті на стор. 25

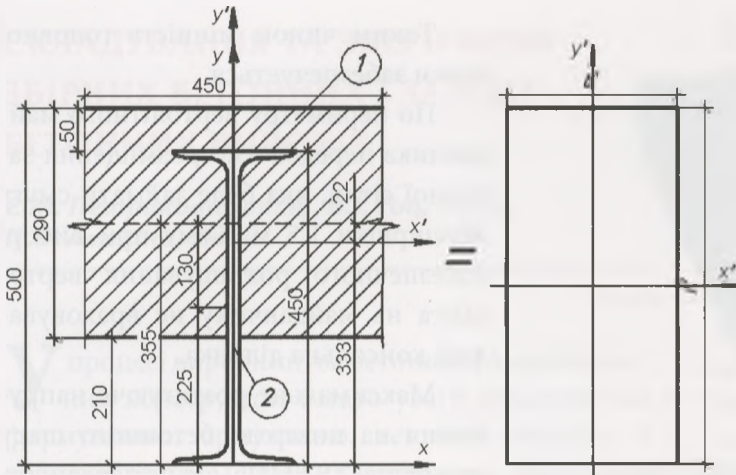


Рис. 3. Приведення головної балки до еквівалентного перерізу.

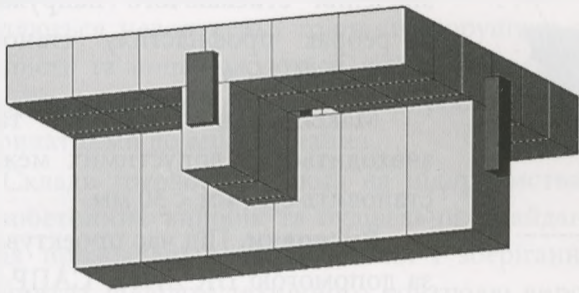


Рис. 4. Схема сполучення головних та другорядних ребер у конструкції вертолітного майданчика.

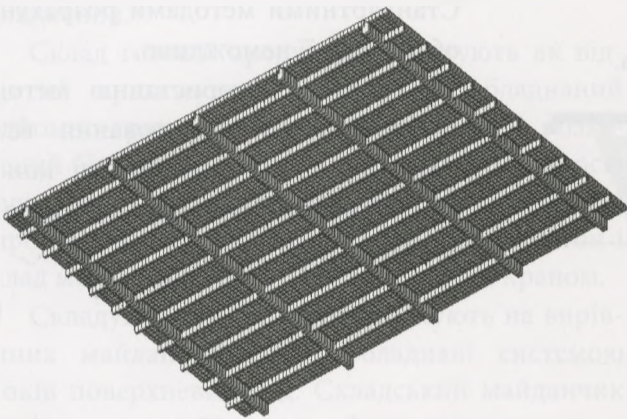


Рис. 5. Загальний вигляд моделі вертолітного майданчика (вид знизу).

Параметри елементів наведеної конструкції:

- для пластини
  - товщина  $h_e = 18,0$  см;
  - модуль пружності  $E_{(e)} = 2,01 \cdot 10^5$  кгс/см<sup>2</sup>
  - коефіцієнт Пуассона  $\nu_{(e)} = 0,23$ ;
- для ребер, які моделюють другорядні та головні балки в реальній конструкції:
  - модуль пружності  $E_{(e)} = 2,03 \cdot 10^5$  кгс/см<sup>2</sup>;
  - коефіцієнт Пуассона  $\nu_{(e)} = 0,22$ .

Приведення реальної конструкції до еквівалентної дає можливість змоделювати її в ПК ЛИРА САПР.

### Моделювання та розрахунок конструкції в ПК ЛИРА САПР.

Для розрахунку вертолітного майданчика при його моделюванні в ПК ЛИРА САПР колони вважались абсолютно жорсткими тілами.

При моделюванні місць сполучень другорядних та головних ребер використовувались жорсткі вставки (рис. 4).

Загальний вигляд конструкції наведено на рис. 5.

При розрахунку необхідно визначити яке положення вертольота є найбільш небезпечним. Тобто при якому його розташуванні в елементах конструкції виникають найбільші внутрішні зусилля.

Розглядалось декілька варіантів завантаження конструкції:

- симетричне розташування опор вертольота Mi-8;
- розміщення вертольота зі зміщенням, головна опора розташовується точно по центру між колонами;
- розміщення головних опор вертольота безпосередньо над нерозрізними головними балками.

Основними критеріями пошуку небезпечного завантаження були: міцність головних та другорядних балок, міцність бетонного шару та жорсткість конструкції (максимальний прогин).

Найбільш небезпечну схему завантаження наведено на рис. 6.

Результати розрахунку наведено на рис. 7.

Максимальний згинальний момент складає 181,3 кН·м. Для головних балок використовувався двотавр № 36 (момент опору становить 743 см<sup>3</sup>). Головні балки виготовлені із сталі С46/33, для якої  $R$  становить 290 МПа. В результаті аварійної посадки вертольота максимальне напруження в балці не перевищує

$$\sigma = \frac{181,3 \cdot 10^{-3}}{743 \cdot 10^{-6}} = 244,01 \text{ МПа} < 290 \text{ МПа.}$$

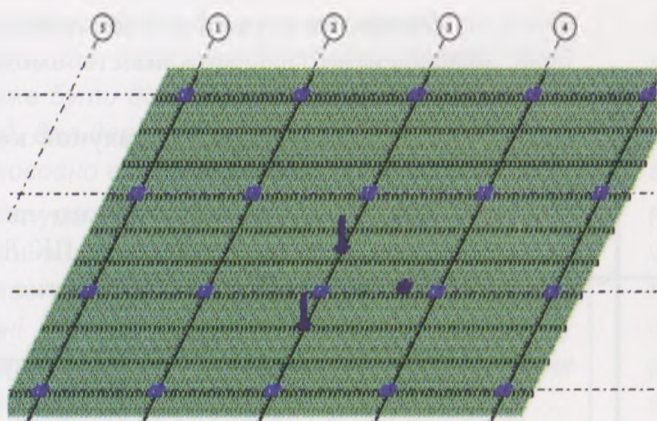


Рис. 6. Небезпечне завантаження вертолітного майданчика.

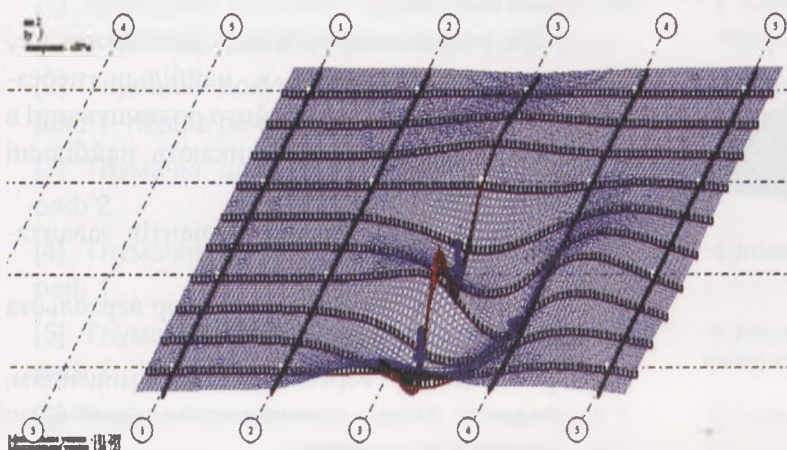


Рис. 7. Результати розрахунку вертолітного майданчика.

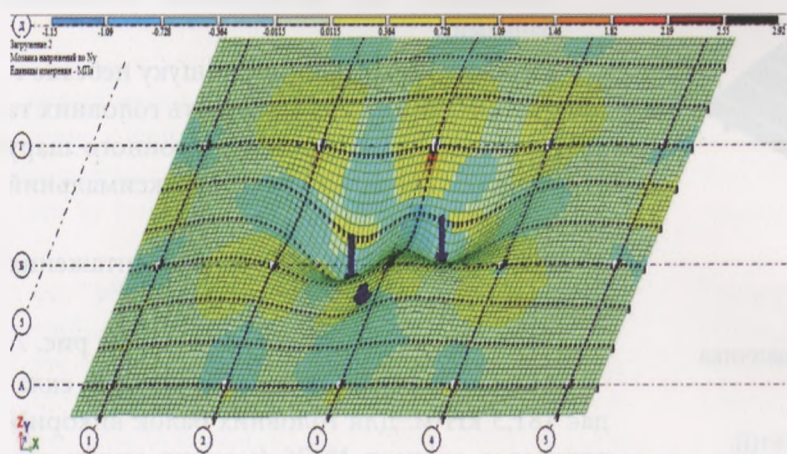


Рис. 8. Максимальне розтягуюче напруження на поверхні бетону.

Таким чином міцність головної балки забезпечується.

По периметру вертолітного майданчика передбачено розміщення захисної сітки, яка буде займати смугу завширшки 1,5 м. Тому при виборі небезпечного розташування вертольота на майданчику не враховувалась консольна ділянка.

Максимальне розтягуюче напруження на поверхні бетонного шару становить 2,92 МПа, що не перевищує допустимого значення. Максимальне значення стискаючого напруження в ребрах профнастилу становить 1,15 МПа (рис. 8).

Максимальний прогин також знаходиться в допустимих межах і становить 6,29 мм < 30 мм.

**Висновки.** Під час проектування за допомогою ПК ЛИРА САПР була розроблена еквівалентна модель конструкції вертолітного майданчика. Стандартними методами розрахунку обчислити її неможливо.

Завдяки використанню методів комп'ютерного моделювання встановлено, що запропонована конструкція відповідає вимогам міцності та жорсткості.