

Особливості проектування вертодромного майданчика на даху будівлі

Валерій Першаков¹, Андрій Белятинський², Олександра Акмалдінова³

^{1,2,3}Національний авіаційний університет,
1, просп. Любомира Гузара, Київ, Україна

¹pershakov@nau.edu.ua, <http://orcid.org/0000-0001-5414-2782>

²beljatynskij@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0002-2158-512X>

³oleksandra.akmaldinova@npp.nau.edu.ua, <http://orcid.org/0000-0001-7732-9179>

DOI: 10.32347/2522-4182.8.2021.118-130

Анотація. Розглядається: вимоги до вертолітних майданчиків, піднятих над рівнем землі; конструктивні рішення вертолітних майданчиків; конструкція плити покриття вертолітного майданчика, розташованого на даху будівлі; конструктивні рішення прийняті при проектуванні вертолітного майданчика; моделювання вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР; розрахунок багатоповерхової будівлі з вертолітним майданчиком на даху; перевірка на міцність та жорсткість; характеристики вертолітного майданчику на даху будівлі. Розрахункова модель просторової схеми конструкцій кар касу висотного житлового будинку виконана в підсистемі (ПС) «КОМПОНОВКА» програмного комплексу (ПК) «Мономах-САПР» і експортована в програмний комплекс ПК «ЛИРА-САПР».

Ключові слова: конструктивні рішення вертолітних майданчиків; моделювання вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР; розрахунок багатоповерхової будівлі з вертолітним майданчиком на даху будівлі.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

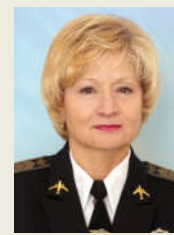
Розрахункова модель просторової схеми конструкцій каркасу висотного житлового будинку виконана в підсистемі (ПС) «КОМПОНОВКА» програмного комплексу (ПК) «Мономах-САПР» і експортована в програмний комплекс ПК «ЛИРА-САПР».



Валерій Першаков,
професор кафедри
реконструкції аеропортів та
автошляхів,
д.т.н., проф.



Андрій Белятинський,
професор кафедри
реконструкції аеропортів та
автошляхів,
д.т.н., проф.



Олександра Акмалдінова,
зав. кафедри іноземних мов,
к.ф.н., професор

Вимоги до вертолітних майданчиків.

В залежності від типу розрахункового вертольоту та ступеня капітальності вертодрому різняться і матеріали, з яких виконуються саме покриття майданчика.

Наприклад, для майданчиків, розташованих на рівні даху будівлі використовуються традиційна конструкція покриття. Але для різнорівневих дахів будівель використовують посадочні майданчики, які спираються на несучі колони та стіни будівлі [1].

Виходячи з конструктивних особливостей припіднятих майданчиків можна сформулювати основні вимоги до них [1]: достатня жорсткість та міцність конструкції; невелика вага; якомога більша механізація робіт.

В залежності від максимальної злітної ваги вертольоту може використовуватися різний матеріал для зведення вертолітного майданчика. Для легких та середніх вертольотів за кордоном часто використовуються готові блоки, з яких на місці монтується сама конструкція безпосередньо на місці будівництва. Але міцність та жорсткість таких покриттів незадовільна для важких вертольотів (наприклад Мі-8). Тому постає потреба в розробці та розрахунку конструкції покриття, яка б мала задовільну міцність, жорсткість та, разом з цим, невелику вагу [4].

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Конструкція плити покриття вертолітного майданчика розташованого на даху будівлі.

Означеним вимогам відповідає інженерне рішення у вигляді балочної кліти із незйомною опалубкою та ребристою плитою покриття. Варіант із несучими елементами у вигляді балочної клітини

найбільш придатний для улаштування вертолітних майданчиків на дахах будівель (особливо багаторівневих) з декількох причин:

- металеві балки кліти здатні сприймати значні навантаження при відносно невеликих перетинах (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 виконується лише їх збірка.

Сама плита покриття в цьому випадку має вигляд ребристої плити. Для зменшення строків будівництва використовується незйомною опалубка у вигляді профнастилу. Враховуючи відповідальність споруди і той факт, що розрахунок ведеться на випадок жорсткого приземлення вертольоту, використовується профнастил із найбільшим гофром – Н114, товщина сталевого листа при цьому складає 1 мм.

Переріз плити покриття наведено на рис.1

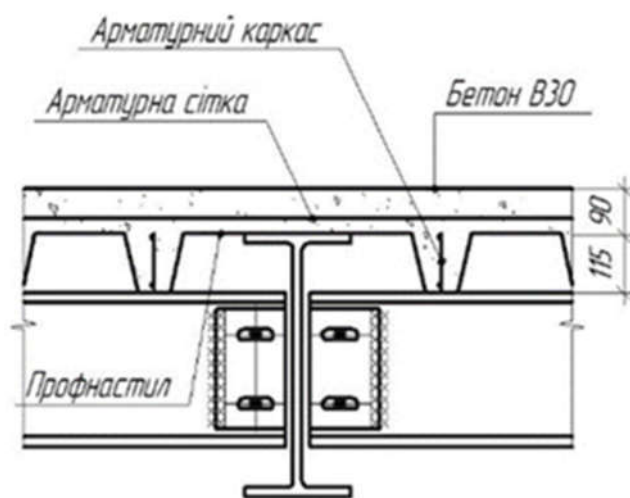


Рис. 1. Поперечний переріз плити покриття вертолітного майданчика на даху будівлі
Fig. 1. Cross section of the helipad plate covering on the building roof

Підбір двотаврів необхідно виконати в ручному режимі на етапі приведення наведеного перерізу до еквівалентного. Втім можливе використання традиційного підходу, щоправда це призведе до деякого збільшення товщини плити покриття. В роботі [11] конструкція даху дозволила використати цементобетон в якості основного матеріалу для будівництва плити вертолiтного майданчика.

Основною причиною такого рішення є те, що дах будівлі плаский, тобто відсутні

архітектурні елементи, які б перешкождали розміщенню майданчика безпосередньо над площиною даху. Розглядалися варіанти улаштування плити вертолiтного майданчика як збірної (в цьому випадку на підготовлену основу укладались плити ПАГ), так і монолітної.

Для улаштування монолітної плити необхідно спорудження опалубки. В плані вертолiтний майданчик [10] виглядає наступним чином, рис. 2.

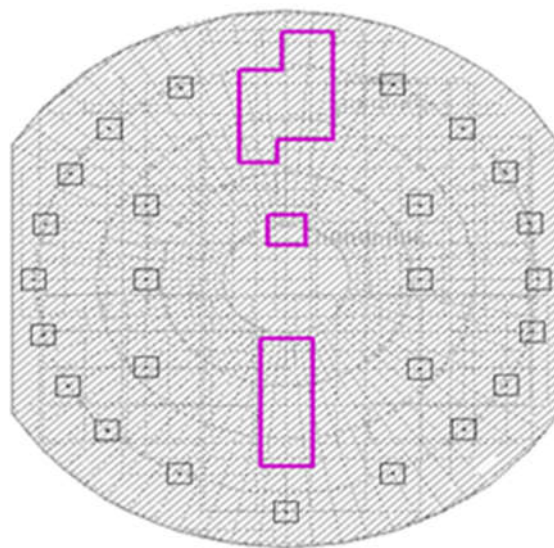


Рис. 2. Вигляд вертолiтного майданчика в плані
Fig. 2. Helipad plan view

На рис. 2 наведено результат моделювання конструкції в МОНОМАХ САПР. Схематично зображено розташування колон та допомiжних елементiв. Мiцнiсть та

жорсткiсть такої конструкції є достатньою для сприйняття навантаження від розрахункового вертольоту (рис.3).

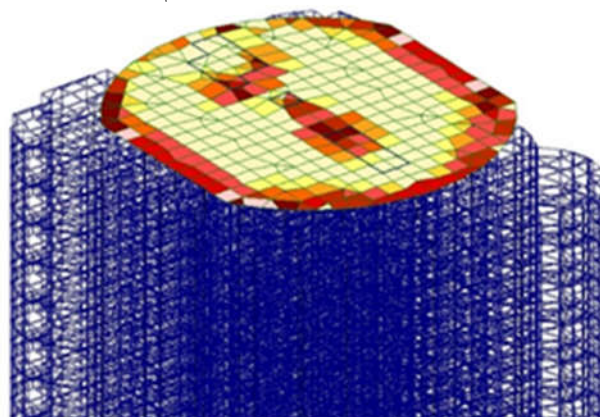


Рис. 3. Результат розрахунку вертолiтного майданчика в ПК ЛІРА САПР
Fig. 3. The result of the helipad calculation in LIRA CAD SP

Розглядаючи сумісну роботу багатопверхової споруди та вертолiтного майдан-

чика, слід враховувати одночасну дію таких факторiв як вiтрове навантаження, власна

вага споруди та динамічна посадка вертольоту. Кут, під яким здійснюється посадка можна прийняти приблизно рівним 90° .

із урахуванням вітрового завантаження, рис. 4.

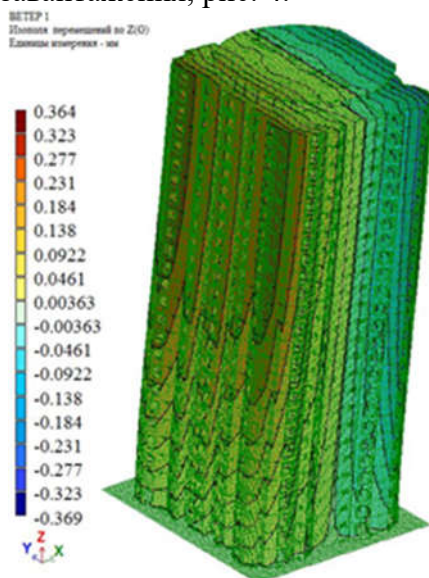


Рис. 4. Результат розрахунку вертолітного майданчика на вплив вітру

Fig. 4. The result of the helipad calculation for the wind impact

Перед посадкою швидкість вертольоту в горизонтальному напрямку знижується практично до 0 км/год. Через це посадка не завдає значного впливу на відхилення багатоповерхівки від вертикалі.

Конструктивні рішення прийняті при проектуванні вертолітного майданчика. Розрахунковим вертольотом для вертолітного майданчика на даху будівлі обрано Мі-8 як найбільш поширений вертоліт в межах України. Окрім цього, за геометричними та ваговими характеристиками Мі-8 можна порівняти із більшістю вертольотів бізнес-класу закордонного виробництва. Тому вертолітний майданчик, розрахований під Мі-8 буде придатний для здійснення злітно-посадочних операцій переважної більшості вертольотів (за виключенням категорії важких машин).

Стосовно розмірів самого майданчика та його елементів слід відзначити наступне [5,7]:

- розміри зони кінцевого заходу на посадку (FATO) повинні дорівнювати як мінімум $1D$ головного гвинта розрахункового вертольоту;

- зона приземлення та відриву (TLOF) для вертольотних майданчиків, піднятих над землею співпадає із розмірами та хара-

Жорстка посадка вертольоту на дах майже не впливає на відхилення осі споруди від вертикалі

ктеристиками зони FATO. Вимоги по міцності покриття висуваються аналогічні до покриття зони FATO;

- навколо зони FATO розташовується зона безпеки, розміри якої теж залежать від розмірів головного гвинта вертольоту. Згідно із [12] оскільки зона безпеки має чотирикутну форму, то з кожної сторони її розміри повинні на $0,25 D$ перевищувати розміри ділянки FATO та TLOF.

- по периметру зони безпеки передбачено улаштування металевої огорожувальної сітки, яка встановлена під кутом 45° та перильне огороження.

Окрім захисної функції металева сітка перешкоджає проникненню висхідних повітряних потоків на вертолітний майданчик.

Враховуючи те, що вертолітний майданчик окрім пасажирських перевезень може використовуватись і для евакуації людей у випадку пожежі, окремо розглядалось питання вогнестійкості конструкції вертолітного майданчика.

Основною вимогою до конструкції вертолітного майданчика можна назвати те, що він не повинен сприяти розповсюдженню пожежі. А ступінь вогнестійкості елементів конструкції

повинен бути не менше ніж ступінь вогнестійкості споруди в цілому.

Вертолітний майданчик повинен бути обладнаний засобами для гасіння пожежі (автоматизованими або роботизованими). Використання води для гасіння пожеж автоматизованими та роботизованими установками небажане оскільки деякі ПММ можна загасити лише піском або піною. Більшість подібних установок використовують піну низького та середнього розширення для гасіння пожеж. Згідно із тестами передові установки здатні за 3-4 секунди вкрити вертоліт середніх розмірів 10-сантиметровим шаром піни. Для гасіння пожеж не пов'язаних із займанням ПММ можна використовувати воду. Тому необхідно забезпечити окремий пожежний трубопровід на дах будинку. Взимку потрібно забезпечити його обігрів [8].

Оскільки вертолітний майданчик розташовано на даху висотної будівлі, тобто вплив вітру суттєвий, необхідно враховувати переважний напрямок вітру при установці протипожежної системи. Можливе використання 2-х систем, встановлених з протилежних боків майданчика.

Матеріали, які застосовуються поблизу від вертолітного майданчика, зокрема теплоізоляційні матеріали та дах безпосередньо під майданчиком повинні відноситися до класу НГ (тобто негорючих). Окремі вимоги висуваються до системи водовідведення вертолітного майданчика.

Оскільки водовідведення виконується за допомогою ухилів поверхні вертолітного майданчика, то у випадку розливу та займання палива необхідно унеможливити розповсюдження пожежі на сам будинок.

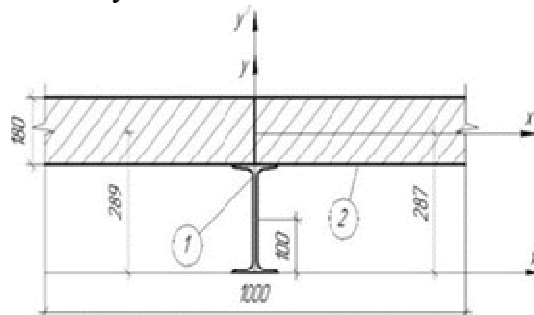


Рис. 5. Приведення бетонного покриття (рис.1) до прямокутного приведенного перерізу
Fig. 5. Bringing the concrete covering (Fig. 1) to a rectangular reduced section

Водовідведення забезпечують 2 стоки в межах вертолітного майданчика, тому для забезпечення цієї вимоги необхідно обладнати їх заслінками. Завдяки цьому навіть у випадку розливу та займання ПММ безпосередньо на майданчику пожежу буде локалізовано.

Оскільки на вертолітному майданчику не передбачається довгострокове базування вертольотів, то він не обладнується якірними кріпленнями. Однак через ухил поверхні покриття та вплив вітру можливе викочування вертольоту за межі майданчика. Для унеможливлення цього по периметру майданчика влаштовується невеликий (висотою 30 см) бортик (комінгс). Для забезпечення безпеки пасажирів та технічних працівників по периметру майданчика встановлюється захисна сітка.

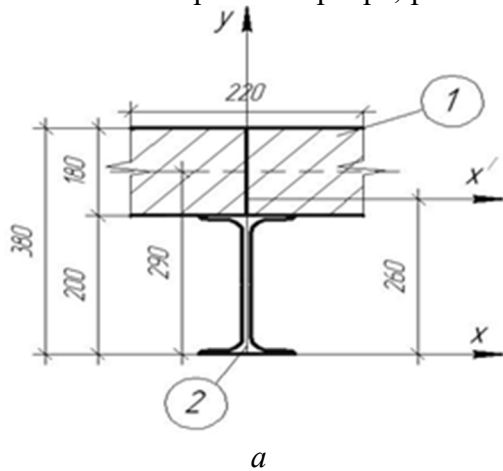
Також для запобігання викочуванню вертольоту за межі майданчика рекомендується використовувати башмаки, які підкладаються під колеса вертольоту на стоянці [5].

Моделювання вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР.

Для того, щоб змоделювати обрану конструкцію вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР, необхідно привести конструкцію до еквівалентного перерізу. Через доволі складну конструкцію, приведення до еквівалентного перерізу виконувалось в декілька етапів.

На першому етапі до прямокутного перерізу приводився бетон, залитий в опалубку з профнастилу, рис. 5.

Після цього необхідно визначити параметри ребристої плити для подальшого розрахунку. Спочатку розглядається сумісна робота плити покриття та ребра, рис. 6 (яке



моделює балки настилу в реальній конструкції).

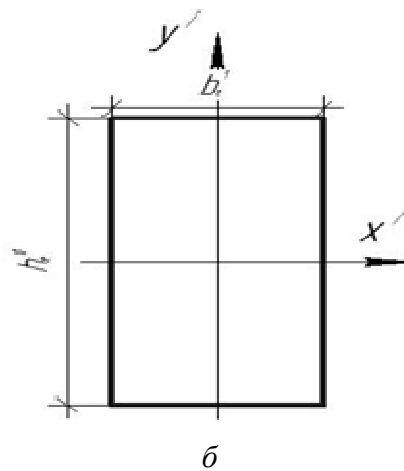


Рис. 6. Схема до визначення розмірів ребра, що моделює балки настилу:
a - вихідна конструкція;
б - приведений переріз

Fig. 6. Scheme for determining the rib size, modeling the floor beams:
a - original structure;
b - reduced cross section

На останньому етапі було обчислено розміри ребра, яке моделює головні балки.

При цьому враховувалось те, що сполучення головних балок та балок настилу виконувалось на одному рівні, рис. 7.

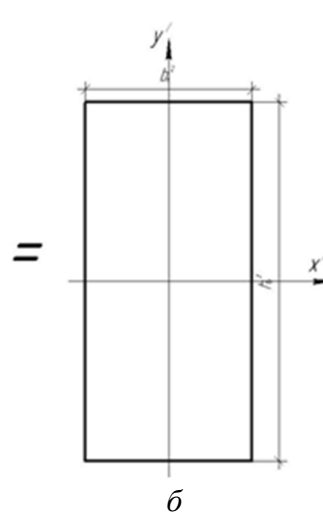
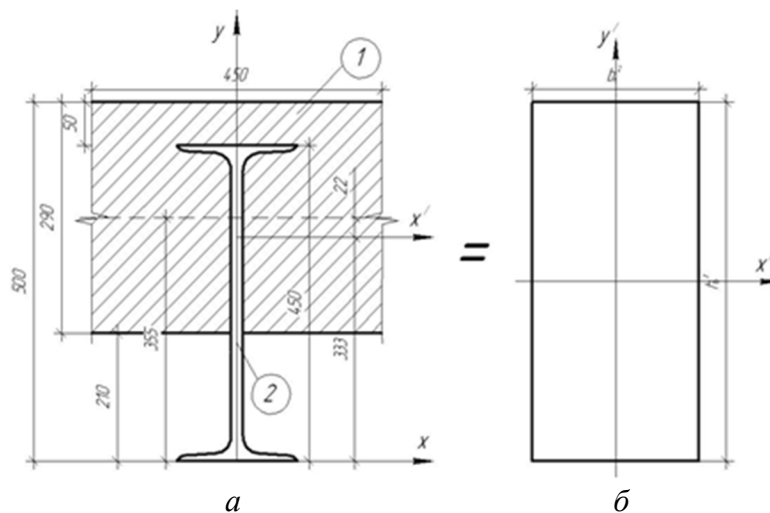


Рис. 7. Схема до визначення розмірів ребра, яке моделює головні балки:
a - вихідна конструкція;
б - приведений переріз

Fig. 7. Scheme for determining the rib size, modeling the main beams:
a - original structure;
b - reduced cross section.

Після всіх перетворень конструкцію вертолїтного майданчика, яка зображена на

рис. 1, можна представити у вигляді ребристої плити, рис. 8. Це дає можливість за-

проектувати доволі складну вихідну кон-
струкцію в ПК ЛИРА САПР та виконати не-

обхідні розрахунки.

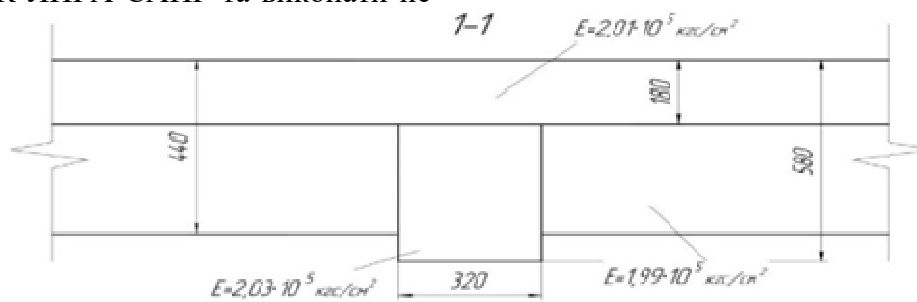


Рис. 8. Розміри еквівалентного перерізу вертолiтного майданчика
Fig. 8. Dimensions of the helipad equivalent cross section

Параметри елементiв наведеної констру-
кції:

1. Для пластини: товщина $h_e = 18,0$ см; модуль пружності $E_e = 2,01 \cdot 10^5$ кгс/см²; коефіцієнт Пуассона $\nu_e = 0,23$.

2. Для ребер, які моделюють друго-
рядні та головні балки в реальній констру-
кції: модуль пружності $E_e = 2,03 \cdot 10^5$ кгс/см²; коефіцієнт Пуассона $\nu_e = 0,22$.

Приведення реальної конструкції до ек-
вівалентної дає можливість змоделювати її
в ПК ЛИРА САПР. Оскільки увага була
придiлена саме розрахунку вертолiтного
майданчика, то при його моделюванні в ПК
ЛИРА САПР колони вважались абсолютно
жорсткими тiлами. Після моделювання вер-
толiтного майданчика в ПК ЛИРА САПР
конструкція виглядатиме наступним чином,
рис. 9

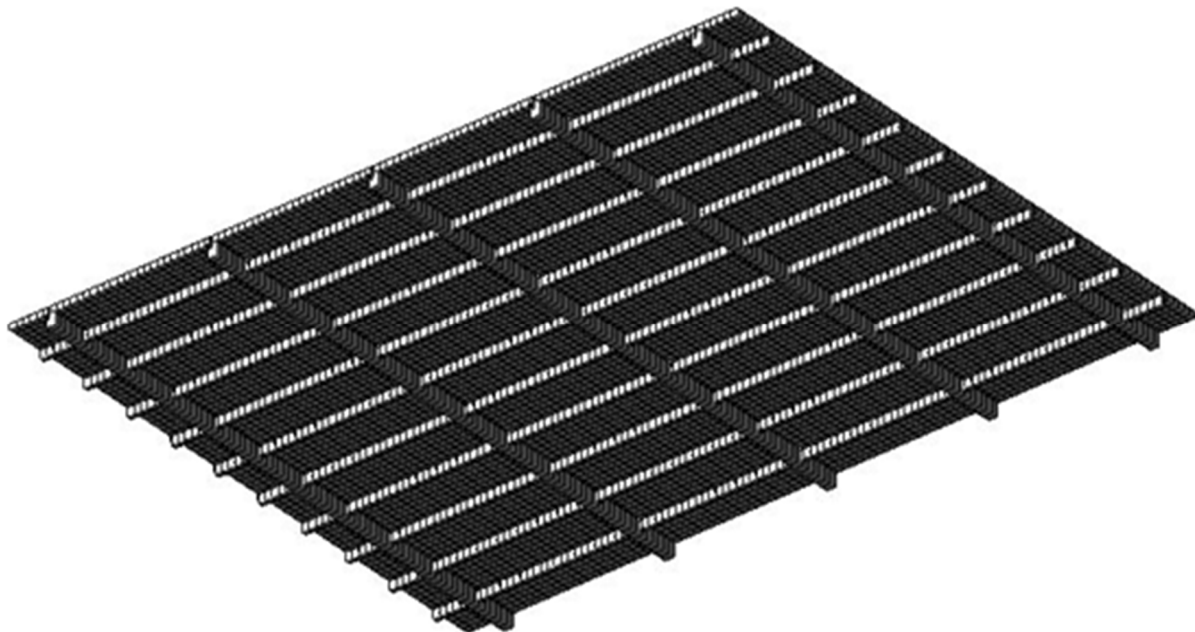


Рис. 9. Схема вертолiтного майданчика в ПК ЛИРА САПР
Fig. 9. The helipad scheme in the LIRA CAD SP

При розрахунку необхідно установити
яке положення вертольоту є найбільш небез-
печним. Тобто при якому його розташу-
ванні в елементах конструкції виникають
найбільші внутрішні зусилля.

Розглядалось декілька варіантів заван-
таження конструкції:

– симетричне розташування опор вер-
тольоту Мі-8;

– розміщення вертольоту із зміщенням, головна опора розташовується точно по центру між колонами розміщення голо-

вних опор вертольоту безпосередньо над нерозрізними головними балками;

– Найбільш небезпечну схему завантаження з точки зору міцності наведено на рис 1.

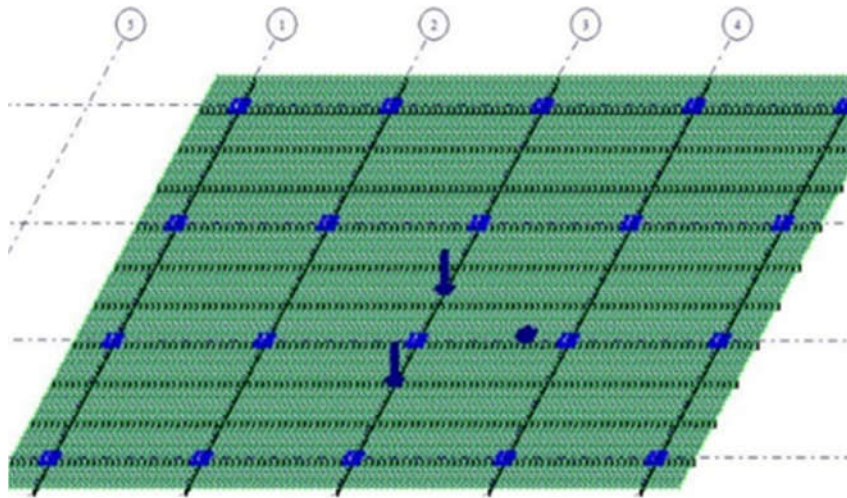


Рис. 10. Небезпечне розташування вертольоту на вертолітному майданчику
Fig. 10. Dangerous location of the helicopter on the helipad

В якості основних критеріїв пошуку небезпечного завантаження виступали: міцність головних та другорядних балок, міцність бетонного шару та жорсткість конструкції (максимальний прогин).

При завантаженні вертолітного майданчика враховувалася так звана «жорстка» посадка вертольоту.

Згідно із [7] при цьому максимальна злітна вага збільшується в 1,5 рази. Максимальний згинальний момент для цього варіанту завантаження становить 181,3 кН·м, рис. 11

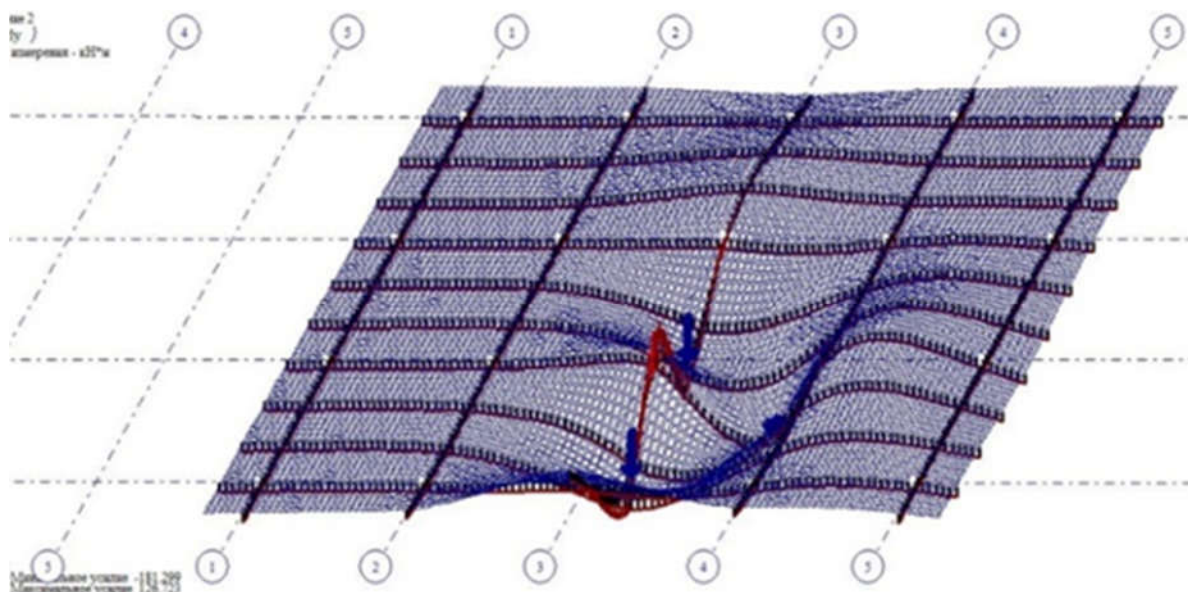


Рис. 11. Результати розрахунку вертолітного майданчика в ПК ЛИРА
Fig. 11. The results of the helipad calculation in the LIRA CAD SP

В конструкції вертолітного майданчика в якості головних балок використовувався двотавр №36 (момент опору становить 743 см³). Головні балки виготовлені із сталі С46/33 для якої R становить 290 МПа

Епюру згинальних моментів в головній балці №3 (див. рис. 11) наведено на рис. 12.

В результаті аварійної (або жорсткої) посадки вертольоту максимальне напруження в балці не перевищує

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

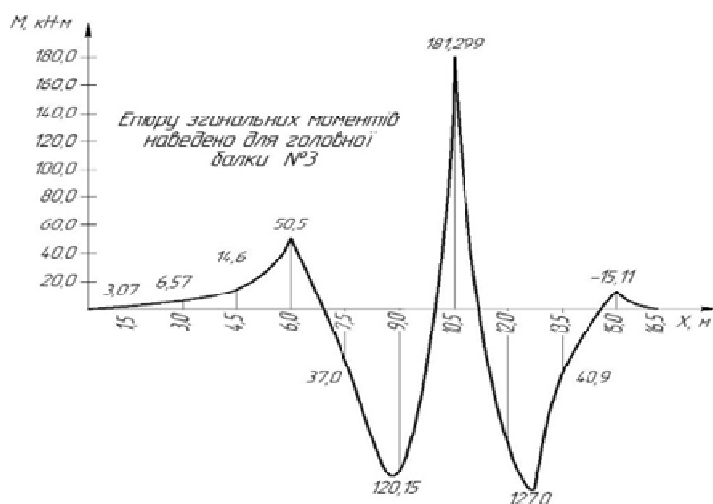


Рис. 12. Епюра згинальних моментів для головної балки
Fig. 12. Bending moment diagram for the main beam

Наведені епюри відображають ефект від динамічної посадки вертольоту. При статичному навантаженні значенні прогинів та внутрішніх зусиль знижується на 40 – 50%.

Розрахунок багатоповерхової будівлі із вертолітним майданчиком на даху.

Розрахункова модель просторової схеми конструкцій каркасу висотного житлового будинку виконана в підсистемі (ПС)

«КОМПОНОВКА» програмного комплексу (ПК) «Мономах-САПР» і експортована в програмний комплекс ПК «ЛИРА-САПР».

Розрахунок виконаний по МКЕ на сумарні постійні, тривалі, короточасні і вітрові навантаження по ПК «ЛИРА-САПР» при коефіцієнті надійності по відповідальності 1.1. Характеристики будівлі наведено в табл.1

Табл. 1. Характеристики багатоповерхової будівлі
Table. 1. Characteristics of a multi-storey building

№ з/п	Матеріал, конструктивні розміри	Бетон класу:
1	2	3
1	Фундаментні плити, ростверки, посилення фундаментів, палі діаметр 62 см	„В30” „В30” „В30”;
2	Плити перекриття (покриття), стіни, пілони, колони, балки	„В30”
3	Арматура класів:	A-500С, A240С
4	Товщина фундамент-них плит 1 та 2 секції	1,5м;
5	Палі: діаметр 62 см, довжина 22 м	R _{расч} =210тс; R _{max} =250тс

Продовження табл. 1
Continuation of the table. 1

1	2	3
6	Товщина плит перекриття підвальних поверхів	0,2 м;
7	Товщина плит підсилення перекриття підвалу	0,2 м;
8	Товщина плит перекриття типових поверхів та покриття	0,2 м;
9	Товщина плити покриття	0,4 м, 0,3 м, 0,2 м, 0,3 м
10	Товщина стін, діафрагм поверхів	0,4 м
11	Товщина діафрагм підсилення	0,5 м
12	Несучі пілони типових поверхів	0,8 м
13	Несучі колони підвалу, 1 та 2 поверхи	4,6 м
14	Висота підземних поверхів	4,6 м
15	Висота надземних поверхів	3,3 м

При розрахунку використовувались такі розрахункові вертикальні навантаження:

1. Власна вага несучих конструкцій збирається і враховується автоматично виходячи з об'ємного ваги залізобетону - $2.50 \times 1.1 = 2.75 \text{ тс/м}^3$ (модуль Юнга - $3.0 \times 10^6 \text{ тс/м}^2$).

2. Розрахункове навантаження на фундаментну плиту на - 3,0 м (постійне 100 кг/м^2 + довгострокове навантаження 100 кг/м^2 + короткочасне навантаження 100 кг/м^2).

3. Розрахункове навантаження на плиту над підвалом, першого і другого поверхів: (відм. 0,000 м, + 4,2 м, + 7,20 м): постійне 200 кг/м^2 + довгострокове навантаження 200 кг/м^2 + короткочасне навантаження на перекриття $350 \text{ кг/м}^2 - 0,750 \text{ тс/м}^2$.

4. Розрахункове навантаження від конструкцій підлоги, перегородок і корисного навантаження на плити типового перекриття - вага конструкцій підлоги 200 кг/м^2 + довгострокове навантаження 50 кг/м^2 (додаткове навантаження штамп - 100 кг/м^2) + короткочасне навантаження на перекриття 150 кг/м^2 (додаткове в ліфтових шахтах = 100 кг/м^2) - $0,40 \text{ тс/м}^2$.

5. Розрахункове навантаження від зовнішніх стін на плити 1-2-го поверхів - $0,7 \text{ тс/п.м.}$; від зовнішніх стін на плити типових поверхів - $1,2 \text{ тс/п.м.}$

6. Розрахункове навантаження від закритих балконів на плити типових поверхів - $0,4 \text{ тс/п.м.}$; від відкритих балконів на

плити перекриття типових поверхів - $0,2 \text{ тс/п.м.}$;

7. Розрахункове навантаження на плиту покриття: снігове $0.05 \cdot 1.4 \cdot 3 = 0.2$ + конструкція даху $0,2 - 0,4 \text{ тс/м}^2$.

8. Корисні короткочасні навантаження в ліфтових шахтах - 250 кг/м^2 ;

Характеристики вертолiтного майданчику на даху будiвлi. Вертолiтний майданчик призначається для забезпечення зльоту i посадки вертольоту (без використання повітряної подушки) з метою доставки в район надзвичайної ситуації (НС) рятувальників i фахівців загону. Також він може використовуватись к проміжний пункт при здійсненні екскурсійних польотів.

Польоти виконуються цілодобово, епізодично в простих i складних метеоумовах. Умови польотів - за правилами візуальних польотів. На майданчику не передбачається постійне базування вертольоту. Технічне обслуговування виконується в обсязі тимчасової стоянки i підготовки до повторного вильоту.

Стаціонарні системи запуску двигунів та електропостачання бортової мережі не встановлюються. Заправка вертольоту паливом та ПММ на вертолiтному майданчику не виконується. Не передбачається наявність спеціальної техніки, що забезпечує усунення обмерзання вертольоту i підігріву основних агрегатів в зимовий час.

В якості розрахункового вертольоту було обрано Мі-8, його характеристики: мак-

симальна злітна вага – 12,0 т; вага порожнього вертольоту – 7,0 т; діаметр несучого гвинта – 21,3 м; головна опора – однокольна.

Конструкція вертолітного майданчика виконана з монолітного бетону та залізобетонних балок, що спираються на випуски колон каркаса і стін діафрагми будівлі над дахом на висоті 3 м. Для видалення (розтоплення) снігу та запобігання зледеніння поверхні покриття необхідно передбачити закладку в конструкції покриття вертолітного майданчика системи електропідігріву [8, 9].

Водовідвід атмосферних опадів з поверхні покриття вертолітного майданчика ор-

ганізувати в водовідвідну систему, прийняту в будівельній частині проекту будівлі.

Вертолітний майданчик розташований на даху житлового висотного будинку. Потрапити на майданчик можна через сходи, ними облаштовані 2 сторони майданчика (рис. 13).

Усі будівельні конструкції на даху, в тому числі сходові марші та огорожі, виконані з негорючих матеріалів. Всі виступаючі над поверхнею покриття вертолітного майданчика споруди не виходять за площини обмеження висотних перешкод [7].

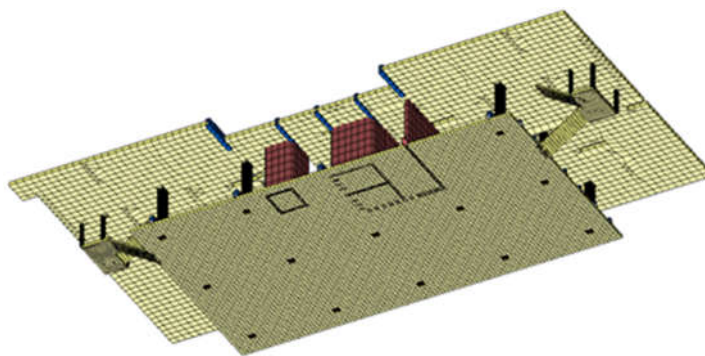


Рис. 13. Фрагмент кінцево-елементної схеми каркасу (зображено вертолітний майданчик та плита покриття)

Fig. 13. Fragment of the finite-element frame scheme (helipad and covering slab are shown).

При розрахунку опори вертольоту розміщувались по центру плити вертолітного майданчика. Результати розрахунку до-

водять, що жорсткість та міцність вертолітного майданчика забезпечено, рис. 14.

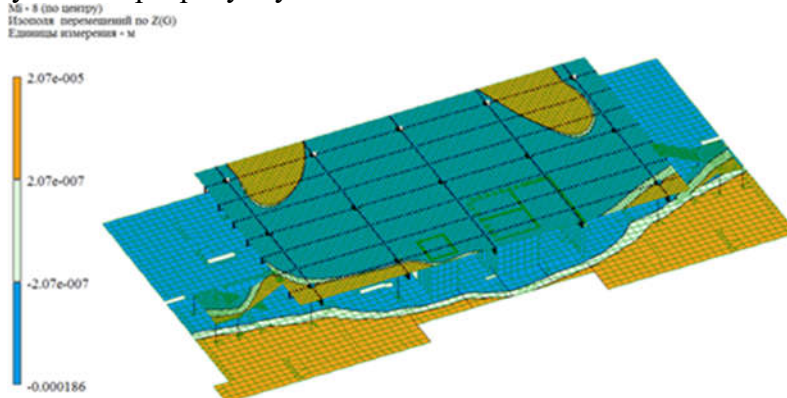


Рис. 14. Ізополя переміщень по осі Z (короткочасне навантаження на головну опору і на кожне колесо носової опори з урахуванням динамічного впливу сідаючого вертольоту)

Fig. 14. Isofields of movements along the Z axis (short-term loading on the main landing gear and each nose gear wheel with the landing helicopter dynamic impact taken into account)

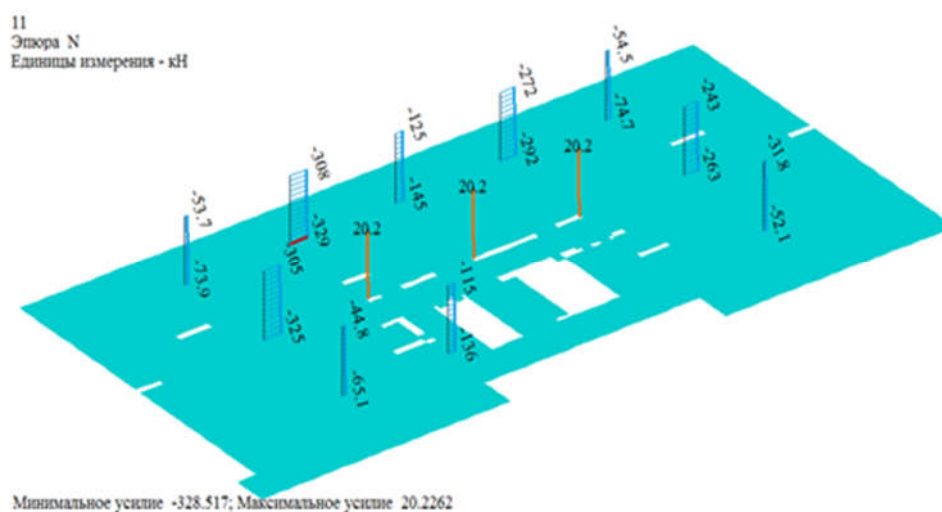


Рис.15. Поздовжня сила N, кН в колонах вертолітного майданчика (постійне, довготривале навантаження і короточасне навантаження на головну опору і на кожне колесо носової опори з урахуванням динамічного впливу сідаючого вертольоту)

Fig. 15. N longitudinal force, kN in the helipad columns (constant long-term loading and short-term loading on the main landing gear and each nose gear wheel, with the landing helicopter dynamic impact taken into account)

За результатами розрахунку виявлено, що максимальне осідання споруди із урахуванням власної ваги не перевищує 6,8 см. При цьому максимальний прогин вертолітного майданчика при посадці вертольоту дорівнює

0,18 см. Максимальне зусилля в стійці дорівнює 329 кН. Прийняті розміри елементів майданчика забезпечують необхідну міцність та жорсткість конструкції.

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Запропоновано конструкцію вертолітного майданчику із використанням профнастилу в якості незйомною опалубки для посадки вертольоту на дах будівлі. Коефіцієнт запасу міцності головної балки становить 1,20.

2. Встановлено, що при сумісній роботі вертолітного майданчика та багатоповерхової будівлі вертоліт не завдає значного впливу на напружено деформований стан споруди. Аналіз напружено-деформованого стану споруди під власною вагою та із урахуванням впливу вертолітного навантаження показує, що максимальне переміщення

споруди під впливом власної ваги становить 6,87 см, а прогин самої плити вертолітного майданчика – під власною вагою та впливом вертольоту – лише 0,18 см.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Кузнецов Г. И.** Взлет по вертикали / Г. И. Кузнецов, В. А. Касьяников. – *Полигон-пресс, 2008.* – 216 с.
2. **ЛИРА 9.4** Примеры расчета и проектирования. Приложение к учебному пособию ЛИРА 9.2 / [Гензерский Ю.В., Куценко А.Н., Марченко Д.В., Слободян Я.Е., Титок В.П.]. – К.: НИИАСС, 2006. 124 с.
3. **Матвеев Е. С.** «Вертолеты в городе: за и против» – 2011.09.23 [Электронный ресурс] // *Режим доступа:* <http://www.ato.ru/content/vertolety-v-gorode-za-i-protiv>.
4. **Особливості проектування вертолітного майданчика на даху будівлі** / В. М. Першаков, Т. В. Близнюк // *Будівництво України.* – 2014. – №5. – С. 15-16.
5. **Першаков В. М.** Вертодроми: Монографія / В. М. Першаков, А. О. Белятинський, Т.В. Близнюк, Н.Г. Семироз. – К.: *Вид-во НАУ,* 2014.–370 с.
6. **Першаков В. М.** Проектування вертодромів в умовах міської забудови / В. М. Першаков,

Т. В. Близнюк / *Вісник Інженерної Академії України*. – К. : 2013. – № 1. – С. 270–274.

7. **Першаков В. М.** Проектування аеродромних покриттів. Монографія. / В. М. Першаков, Хе Юйлін, А. О. Белятинський, Т. В. Близнюк, за ред. д.т.н., проф. В. М. Першакова. 2-е вид. – К. : ТОВ НВФ «Славутич-Дельфін», 2019. – 140 с.
8. **Helideck design considerations.** *Civil Aviation Authority*, 2009. – 48 p.
9. **Jaroslav J. Hajek.** Common Airport Pavement Maintenance Practices. / Jaroslav J. Hajek, Jim W. Hall, David K. Hein – *Transportation Research Board*, 2011. – 103 p.
10. **Kalita A.A.** High-rise building with helipad. Master's work, K.: NAU, 2014.–127p.
11. **Modern Heliport Design.** LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 72 p.
12. **Конвенции о международной авиации. Аэродромы.** Том I Проектирование и эксплуатация аэродромов. //Рекомендации междуна-родной организации гражданской авиации. (ИКАО), 2009. – 360 с.

REFERENCES

1. **Kuznetsov G. I.** *Vzlet po vertikali / G. I. Kuznetsov, V. A. Kasianikov.* – Poligon-press, 2008. – 216 с.
2. **LIRA 9.4** Primery rascheta i proekti-rovania. Prilozhenie k uchebnomu posobiu LIRA 9.2 / [Genzerskiy Yu..V., Kutcenko A.N., Marchenko D.V., Slobodian Ia.E., Titok V.P.]. – K.: NI-IACC, 2006. 124 с.
3. **Matveev E. S.** «Vertolyoty v gorode: za i protiv» – 2011.09.23 [Elektronniy Resurs] // *Rezhym dostupa:* <http://www.ato.ru/content/vertolety-v-gorode-za-i-protiv>.
4. **Osoblyvosti proektuvanniya vertolitnogo maidanchyka na dahu budivli / V. M. Pershakov, T. V. Blyzniuk // Budivnytstvo Ukrainy.** – 2014. – №5. – С. 15-16.
5. **Pershakov V. M.** Vertodromy: Monographia / V. M. Pershakov, A.O. Bieliatynskiy, T.V. Blyzniuk, N.G. Semyroz. – K.: Vyd-vo NAU, 2014.–370 с.

6. **Pershakov V. M.** Proektuvanniya vertodromiv v umovah miskoi zabudovy / V. M. Pershakov, T. V. Blyzniuk / *Visnyk Inzhenernoї Akademii Ukrainy*. – К. : 2013. – № 1. – С. 270–274.

7. **Pershakov V. M** Proektuvanniya aerodromnyh pokryttiv. Monographia. / V. M. Pershakov, He Yulinn, A.O. Bieliatynskiy, T.V. Blyzniuk, za red. d.t.n., prof. V. M. Pershakov. 2-e vyd. – K. : TOV NVF «Slavutych-Delfin», 2019. – 140 с.
8. **Helideck design considerations.** *Civil Aviation Authority*, 2009. – 48 p.
9. **Jaroslav J. Hajek.** Common Airport Pavement Maintenance Practices. / Jaroslav J. Hajek, Jim W. Hall, David K. Hein – *Transportation Research Board*, 2011. – 103 p.
10. **Kalita A.A.** High-rise building with helipad. Master's work, K.: NAU, 2014.–127p.
11. **Modern Heliport Design.** LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 72 p.
12. **Konventcii o mezhdunarodnoy aviacii. Aerodromy.** Tom I Proektirovanie i ekspluatacia aerodromov.// Rekomendacii mezhdunarodnoi organizacii grazhdanskoї aviacii. (IKAO), 2009. – 360 с.

Helipad on the building roof design features

Valerii Pershakov, Andrii Bieliatynskiy,
Oleksandra Akmaldinova,

Summary. The following items are considered: requirements, constructive decisions for helipads; covering plate design of the helipad located on the building roof; helipad modeling in LIRA CAD SP; calculation of a multi-storey building with a helipad on the roof, check for strength and rigidity; characteristics of the helipad on the building roof.

Keywords. Constructive decisions for helipads; helipad modeling in the “LIRA CAD”SP; calculation of a multi-storey building with a helipad on the building roof.