

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Академія будівництва України
Інженерна академія України

В. М. Першаков, А. О. Белятинський,
Т. В. Близнюк

**ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТОДРОМНИХ
ПОКРИТТІВ**

Монографія

За редакцією
д.т.н., проф. Першакова В. М.

Київ – 2016

УДК 629.735.45: 656.71 (02)

ББК О 513.8

П 279

Автори: В. М. Першаков – д-р техн. наук, проф.;
А. О. Белятинський – д-р техн. наук, проф.;
Т. В. Близнюк – магістр з будівництва.

Рецензенти:

Є. Б. Угненко – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрою вишукувань та проектування доріг і аеродромів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету;

А. І. Білеуш – д-р техн. наук, проф., головний науковий співробітник Інституту Гідромеханіки Національної академії наук України;

К. В. Краюшкіна – канд. техн. наук, доцент кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Національного авіаційного університету.

Рекомендовано до друку вченою радою Національного авіаційного університету (протокол №6 від 22.06.2016 р.)

Першаков В. М.

П 279 Проектування вертодромних покриттів: монографія / В. М. Першаков, А. О. Белятинський, Т. В. Близнюк; за ред. д.т.н., проф. В. М. Першакова. – К.: НАУ, 2016. – 138 с.

У монографії наведено загальні принципи проектування вертодромних покриттів у різних умовах. Увагу приділено використанню сучасних матеріалів в якості заміни традиційного цементобетонного покриття. Наведені конструкції дозволять із мінімальними витратами часу та коштів зводити вертолітні майданчики у складному рельєфі та на дахах будівель.

Для наукових та інженерно-технічних фахівців, співробітників науково-дослідних, проектних, будівельних, автодорожніх і аеродромних організацій, а також аспірантів і студентів вищих навчальних закладів і факультетів.

УДК 629.735.45: 656.71 (02)

ББК О 513.8 П 279

© Першаков В. М., Белятинський А. О., Близнюк Т. В., 2016

© НАУ, 2016

| | |
|--------------------|---|
| ВСТУП | 6 |
|--------------------|---|

| | |
|--|---|
| РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ РОЗРАХУНКУ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРТОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ | 8 |
|--|---|

| | |
|---|----|
| 1.1. Історія розвитку проектування жорстких покриттів аеродромів та вертодромів..... | 8 |
| 1.2. Основні елементи вертодрому. Визначення геометричних параметрів вертолітного майданчика..... | 12 |
| 1.3. Класифікація вертольотів за впливом на покриття..... | 17 |
| 1.4. Аналіз існуючих методів розрахунку жорстких вертодромних покриттів..... | 23 |
| 1.5. Типи вертодромних покриттів..... | 32 |
| 1.6. Підходи до удосконалення існуючої методики розрахунку..... | 34 |
| 1.7. Основні положення проектування вертодромів..... | 36 |
| 1.8. Маркування вертолітних майданчиків..... | 41 |
| 1.9. Освітлення вертолітного майданчика..... | 46 |
| 1.10. Висновки за розділом 1..... | 47 |

| | |
|---|----|
| РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ | 49 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| 2.1. Моделювання одношарового покриття в ПК ЛИРА САПР..... | 49 |
| 2.2. Моделювання одношарового покриття в FEAFAA..... | 51 |
| 2.3. Розрахунок цементобетонного покриття..... | 56 |
| 2.4. Тимчасові покриття з металевих плит..... | 61 |
| 2.5. Диференційне рівняння вигнутої поверхні мембрани..... | 68 |
| 2.6. Висновки за розділом 2..... | 71 |

| | |
|--|----|
| РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТОДРОМНИХ МАЙДАНЧИКІВ, ПРИПІДНЯТИХ НАД РІВНЕМ ЗЕМЛІ | 73 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| 3.1. Вимоги до вертолітних майданчиків, припіднятих над рівнем землі..... | 73 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| 3.2. Конструкція вертолітного майданчика, припіднятого над земною поверхнею..... | 74 |
| 3.3. Моделювання вертолітного майданчика у вигляді балочної кліті, припіднятого над рівнем земної поверхні..... | 76 |
| 3.4. Перевірка на міцність та жорсткість..... | 81 |
| 3.5. Конструкція плити покриття вертолітного майданчика розташованого на даху будівлі..... | 82 |
| 3.6. Конструктивні рішення, прийняті при проектуванні вертолітного майданчика..... | 84 |
| 3.7. Моделювання вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР..... | 87 |
| 3.8. Розрахунок багатоповерхової будівлі із вертолітним майданчиком на даху..... | 90 |
| 3.9. Характеристики вертолітного майданчику на даху будівлі..... | 92 |
| 3.10. Висновки за розділом 3..... | 95 |

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ПРОЕКТУ- ВАННЮ ВЕРТОЛІТНИХ МАЙДАНЧИКІВ.....

| | |
|---|-----|
| 4.1. Основні положення щодо проектування вертолітних майданчиків..... | 97 |
| 4.2. Використання цементобетону для покриття вертолітного майданчика..... | 97 |
| 4.3. Проектування мобільних вертолітних майданчиків..... | 103 |
| 4.4. Вертолітні майданчики під легкі вертольоти..... | 106 |
| 4.5. Покриття для здійснення посадки на заболоченій місцевості..... | 108 |
| 4.6. Проектування вертолітних майданчиків на дахах будівель..... | 110 |
| 4.7. Рекомендовані типи покриттів вертолітних майданчиків... .. | 113 |
| 4.8. Висновки за розділом 4..... | 115 |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....

ВСТУП

Розвиток сучасної держави неможливий без розвитку та постійного удосконалення транспортної системи. Пріоритетне значення в цьому питанні віддається повітряному транспорту. За часів СРСР пасажирські авіаперевезення між населеними пунктами були загальнодоступними. На початку 50-х років в сільському господарстві для перевезення різноманітних вантажів та пасажирів у важкодоступні місця, почали використовувати вертольоти різних типів (Mi-1, Mi-2, Mi-4, Ka-15, Ka-18), дещо пізніше в експлуатацію надійшли вертольоти Mi-6, Mi-8, Mi-10, Ka-26.

З початком економічного зростання вертолітні перевезення займають в комерційній авіації особливе місце. Маневреність, невелика посадкова площа і здатність в потрібні моменти обходитися без аеродрому дозволяють вертольотам вирішувати задачі недоступні для інших видів повітряного транспорту.

На даний момент, у всьому світі вертолітні перевезення є невід'ємною частиною ділової авіації, особливо це стосується мегаполісів. Так, згідно із статистикою Київської асоціації аеронавтики на даний момент в Україні експлуатується лише декілька сотень вертольотів. В той же час в країнах ЄС загальна кількість приватних та корпоративних вертольотів вимірюється десятками тисяч. Відповідно і інфраструктура розвинена, наприклад, в Нью-Йорку збудовано близько 300 вертолітних майданчиків. Але в Україні, як і в інших країнах колишнього СРСР, цей напрямок перевезень ще недостатньо розвинений – основною причиною цього є заборона на польоти над мегаполісами, відсутність достатньої кількості аеродромів, відсутність сучасної нормативної документації, яка б враховувала конструктивні особливості сучасних типів вертольотів, недостатня кількість повітряних суден потрібного типу.

В останні роки в питанні вертолітних перевезень намітився суттєвий прогрес і об'єм перевезень збільшується щорічно. Стосовно України слід відзначити, що авіакомпанія Utair-Ukraine (Utair – найбільша в світі авіакомпанія за розміром вертолітного флоту, експлуатується понад 300 вертольотів різни моделей) планує активно розвивати вертолітний бізнес в нашій країні. Для вирішення

транспортної проблеми мегаполісів, в першу чергу будуть збудовані вертодроми в найбільших містах, а замовниками будуть виступати корпораційний сектор, не виключена можливість здійснення екскурсійних, транспортних польотів та ін.

На сьогоднішній день в столиці України було збудовано лише один сучасний вертолітний майданчик – «Дніпро-1», відкриття якого відбулося 6 червня 2012 року. А Києву потрібно як мінімум 19 вертолітних майданчиків розташованих таким чином, щоб знизити транспортне завантаження автомобільних доріг та надати можливість евакуації населення у випадку надзвичайної ситуації [1].

РАЗДЕЛ 1.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ РОЗРАХУНКУ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРТОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ

1.1. Історія розвитку проектування жорстких покриттів аеродромів та вертодромів

Із моменту підйому першого вертольоту у повітря (вертоліт братів Бреге та професора Рише) пройшло вже більше 100 років, але початок практичного вертолітобудування слід віднести до 40-х років ХХ ст. Для історії розвитку цього типу повітряного судна характерні періоди збільшення та ослаблення інтересу до цього типу літальних апаратів, що пояснюється виникаючими проблемами, протиріччями та успіхами у їх вирішенні, а також великою наукоємністю виробництва.

Серед закономірностей розвитку методів проектування вертольоту однією з головних є зв'язок проектування із наукою. Значимість досягнень вертолітобудування знаходиться в прямій залежності від ступені участі науки. Це одна з найбільш наукоємних галузей машинобудування [50, 54].

Через це існує ще одна закономірність в початку масового використання вертольоту – слідування його проектування за проектуванням літака. Відносна простота конструкції останніх ставить їх по відношенню до вертольоту в положення експериментальних зразків для накопичення теоретичного, практичного та організаційного досвіду проектування. Те ж саме стосується проектування вертодромів (генеральний план, склад будівель і споруд та ін.) і розрахунку покриттів під вертольоти. Масове використання вертольотів в світі припадає на другу половину ХХ ст. і на цьому етапі розвитку вони базувались на аеродромах цивільної та військової авіації. Тобто не існувало необхідності відокремлення методики проектування вертодромного покриття від аеродромного.

Перші цементобетонні покриття на аеродромах були збудовані ще в 20-х 30-х роках минулого сторіччя, тоді ніякого розрахунку на міцність не виконувалося, а їх товщина призначалася виходячи із

міркувань здорового глузду, покриття вертодромів також на міцність не розраховувалося [46].

До початку 50-х рр. удосконалення покриттів йшло за шляхом поступового збільшення їх товщини. Наступний бурхливий розвиток теорії розрахунку покриттів був обумовлений, в першу чергу, появою на авіалініях важких літаків, не було окремої методики розрахунку покриттів під вертолітні навантаження, оскільки, на той момент, цей вид повітряного транспорту ще не був достатньо розвинений. На цьому етапі були розроблені теоретичні основи розрахунку жорстких покриттів (одно- та двошарових) на вплив експлуатаційних навантажень [46]. Також значна увага стала приділятися натурним вишукуванням плит покриття, тобто питання розрахунку аеродромного покриття почало розглядатися всебічно, з урахуванням всіх факторів, які впливають на покриття протягом його строку служби (як експлуатаційні, так і кліматичні). Починаючи із 60-х років минулого сторіччя почало зростати використання аеродромних гладких збірних плит (ПАГ) для будівництва покриттів як аеродромів, так і вертодромів.

В результаті цих досліджень була розроблена єдина теорія розрахунку аеродромних покриттів [47], основні її положення можна сформулювати наступним чином:

- розрахунок покриття ведеться на дію статичного навантаження;

- в якості математичної моделі покриття прийнята плита Кірхгофа-Вінклера на пружній основі, яке відповідає гіпотезі Вінклера [55, 56];

- враховуючи сезонні зміни опору ґрунтів навантаженням протягом року, розрахункові характеристики ґрунтової основи приймають відносно до періоду найменшої міцності покриття (весняне танення), тобто значення коефіцієнту постелі приймають найменшим із всіх можливих для кожного типу ґрунту в конкретних інженерно-геологічних умовах ;

- плита вважається безкінечною в плані, а крайове навантаження враховується за допомогою перехідного коефіцієнту (залежить від конструкції покриття) і приймається згідно із [129], але бажано (особливо для двошарових покриттів) його визначати на основі натурних вишукувань за формулою

$$K = \frac{E_b \cdot t^3 \cdot \rho}{12 \cdot (1 - \mu_b) \cdot \left[f(d) + \sum_{i=2}^n \overline{m_{x(y)i}} \right] \cdot F_d} \quad (1.1)$$

де E_b – модуль пружності бетону;

t – товщина плити покриття;

ρ – кривизна деформованої поверхні під дією сили F_d ;

μ_b – коефіцієнт Пуассона бетону;

$f(d)$ – функція, значення якої приймається за СНиП 2.05.08-85;

$\overline{m_{x(y)i}}$ – одиничні моменти в плиті під навантаженням, визначаються згідно із [129];

– для залізобетонних покриттів враховується перерозподілення внутрішніх зусиль;

– при розрахунку багат шарових покриттів передбачається сумісна робота шарів покриття;

– температурні напруження, які виникають в плитах покриття під впливом коливань температурно-вологісного режиму, а також зростання міцності бетону із часом враховують введенням в розрахунок відповідних коефіцієнтів умов роботи жорсткого покриття.

Покриття вертолітних майданчиків, місць стоянки та руліжних доріжок виконується лише одношаровим, як правило із ПАГ [114-117]. Тому велике значення для напружено-деформованого стану плит має їх об'єднання між собою. Чисельні теоретичні розрахунки, експериментальні вишукування, а також практика експлуатації жорстких аеродромних покриттів доводять, що наявність швів в покриття призводить до значного зменшення несучої здатності крайових та кутових ділянок покриття у порівнянні із центральною зоною.

В наш час на практиці використовуються різні типи стикових об'єднань плит. А здатність стикових об'єднань передавати навантаження через стик з плити на плиту визначається як теоретично, так і експериментально. При цьому для оцінки якості передачі зусиль швах часто використовується формула Сутерленда-Теллера [46], яка може бути використана для розрахунку плит із урахуванням податливості стикових об'єднань

$$W = \frac{2 \cdot w_c}{w_c + w_H}, \quad (1.2)$$

де w_c – прогин грані суміжної плити;

W – ефективність передачі навантаження;

де w_H – прогин грані напруженої плити.

На рис.1.1 в якості прикладу наведено графік залежності перехідного коефіцієнту від жорсткості пружних зв'язків у швах покриття. Розрахунок було виконано для наступних даних: плити 7x7 м, товщина 240 мм, модуль пружності бетону $3,3 \cdot 10^4$ МПа, коефіцієнт Пуассона 0,15, коефіцієнт постелі пружної основи – 63 МН/м³.

Як видно з рис. 1.1, при відсутності зв'язку між плитами покриття згинальний момент при крайовому навантаженні на 84% більше ніж при центральному завантаженні, при умові поєднання плит за допомогою ідеального шарніру перевищення крайового моменту над центральним становить лише 13%.

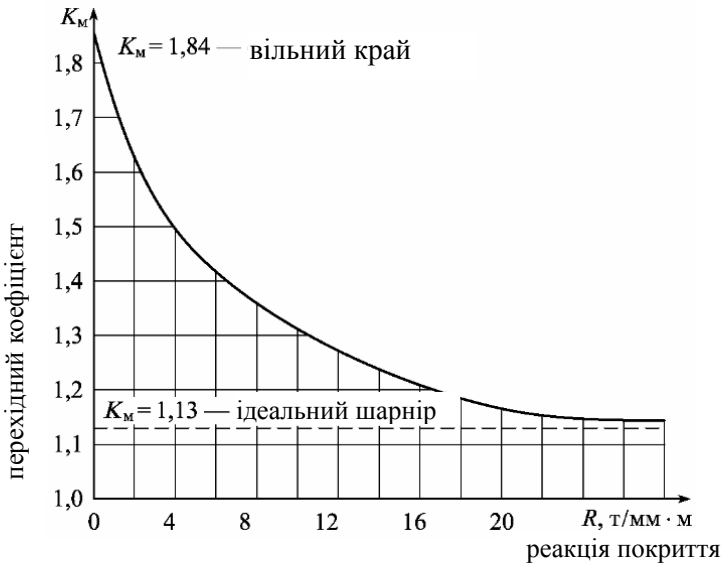


Рис. 1.1. Вплив жорсткості стикового об'єднання на несучу здатність покриття

Також при розрахунку бажано використовувати реальну схему шасі розрахункового вертольоту (враховуючи кількість опор, кількість коліс, тиск в шинах, відстань між головними опорами, розподілення злітної ваги вертольоту між опорами). Шасі вертольоту багато в чому схоже із шасі літака, воно виконує ті ж самі функції (забезпечує стоянку вертольоту на землі, його рух при зльоті, переміщення вертольоту при рулінні та його транспортуванні). Існує 4 основних види шасі вертольоту (рис. 1.2), також не виключені комбінації типів шасі із нижченаведених [44].

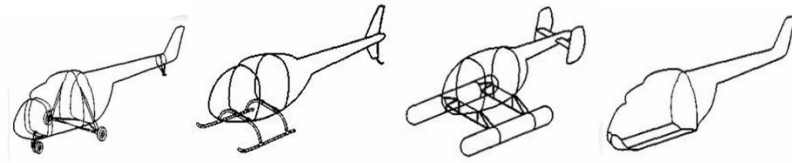


Рис.1.2. Основні типи шасі вертольотів:
1 – колісне шасі; 2 – полозкове; 3 – поплавковий тип;
4 – за типом «човен»

Вертоліт із колісним шасі на стоянці має три опорні точки (триколісне шасі) або чотири точки (чотириколісне шасі). Як правило, у вертольотах із 4 опорними точками влаштовуються дві носові опори. Полозкове шасі має більш просту конструкцію, меншу масу та аеродинамічний опір, однак такий тип шасі використовується лише на легких вертольотах, оскільки він не дозволяє виконати посадку (зліт) вертольоту із розбігом, унеможлиблює руління. Поплавковий тип шасі та шасі за типом «човен» використовуються у випадку необхідності посадки вертольоту на воду. Найбільш поширеним типом є колісне шасі, яке використовується на всіх транспортних вертольотах всіх вагових категорій [5, 42].

1.2. Основні елементи вертодрому. Визначення геометричних параметрів вертолітного майданчика

Вертодром (вертолітна станція) – земельна (водна) ділянка або спеціально підготована площа (наприклад, на даху будівлі), яка має комплекс споруд та обладнання, які забезпечують зліт та приземлення (із використанням або без використання повітряної подушки), руління, зберігання та обслуговування вертольотів. Верто-

літний (посадковий) майданчик – це спеціально підготована ділянка для здійснення регулярних або нерегулярних зльотів та приземлень вертольотів. Згідно із діючими нормами, покриття розраховується без урахування повітряної подушки. Вона складається із робочої площі, яка забезпечує стоянку, відрив та приземлення вертольоту, та полос безпеки розташованих по периметру робочої площі [16, 33, 127].

В склад вертодрому зазвичай входять наступні будови та споруди: пасажирський павільйон із пероном, при віддаленні вертодрому від аеровокзалу аеропорту більше ніж на 100 м, або будь-яка інша споруда, яка захищає пасажирів від атмосферних опадів та повітряного потоку, який створює гвинт вертольоту; льотна смуга чи злітно-посадочна смуга (ЗПС) із відкритими підходами; місця стоянки вертольотів; руліжні доріжки; пішохідна алея, яка поєднує пасажирський павільйон із аеровокзалом аеропорту; швартовочний майданчик (створюється лише в тому випадку, якщо вертольоти в даному аеропорту не базуються). Основні елементи вертодрому показані на рис. 1.3.

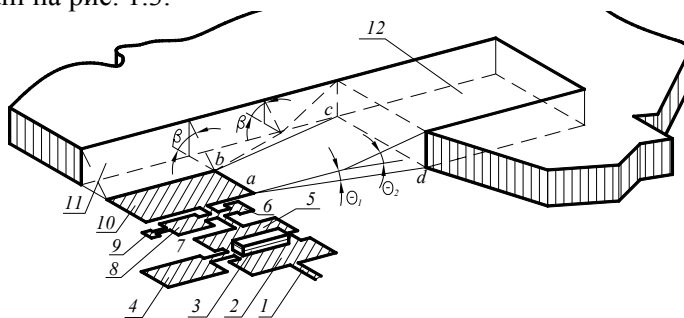


Рис.1.3. Основні елементи вертодрому:

1 – під’їзна автомобільна дорога; 2 – привокзальна площа; 3 – аеровокзал (пасажирський павільйон); 4 – службово-технічна територія; 5 – перон; 6 – індивідуальне місце стоянки вертольоту (МС); 7 – руліжні доріжки; 8 – групове МС; 9 – швартовочний майданчик; 10 – ґрунтова льотна смуга або злітно-посадочна смуга (ЗПС); 11 – бокова площина обмеження перешкод; 12 – площина обмеження перешкод в смузі повітряних підходів

На рис. 1.4 показані основні елементи посадочного майданчику вертодрому.

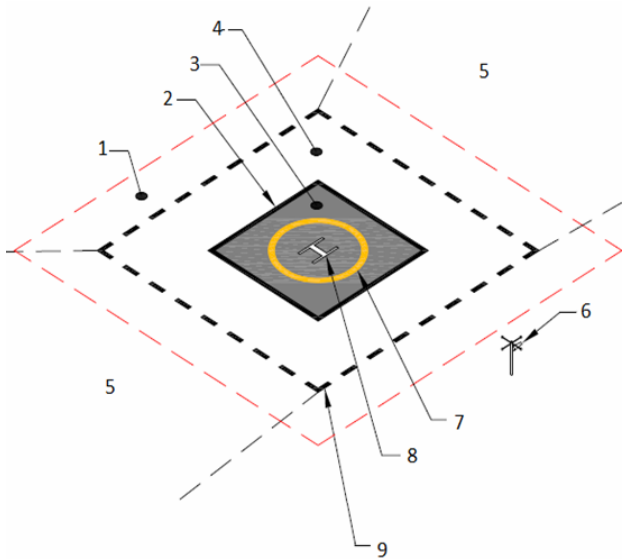


Рис. 1.4. Основні елементи посадочного майданчика згідно із [122]:

1 – Safety Area – зона безпеки; 2 – TLOF Perimeter Marking – маркування периметру зони зльоту та посадки; 3 – TLOF (touchdown and lift-off area) – зона зльоту та посадки; 4 – FATO (final approach and take-off area) – зона кінцевого підходу та зльоту; 5 – Approach/Departure Surface – зона в якій здійснюється підхід вертольоту при посадці та набір висоти при відбутті; 6 – Wind Cone – вказівник напрямку вітру у вигляді конуса; 7 – TDPC (Touchdown/Positioning Circle) Marking – маркування обмеження зони приземлення вертольоту; 8 – Heliport Identification Marking – маркування посадкового майданчика; 9 – In-Ground FATO Edge Marking – маркування периметру зони підходу та зльоту.

Згідно вимогам ICAO [122] маркування слід виконувати зеленим кольором, але не виключається можливість використання жовтого кольору для розмітки [121].

Сучасні вертодроми поділяються на *базові* та *оперативні*. Базові вертодроми складаються з наступних основних елементів: злітно-посадочна смуга (посадковий майданчик), система руліжних доріжок (РД), місця стоянки вертольотів (МС), комплекс засобів технічного обслуговування вертольотів. На базових вертодромах розміщується велика кількість вертольотів (до 100–150 шт). Це призводить до великих площ землевідведення під вертодром в ці-

лому і під штучні покриття вертодрому (майданчики для зльоту та посадки, місця стоянки, руліжні доріжки, перони).

Оперативні вертодроми являють собою, як правило, злітно-посадковий майданчик зі штучним покриттям, руліжні доріжки і одне або декілька місць стоянки вертольотів [9, 10, 16].

На ширину руліжної доріжки (РД) та розміри місця стоянки (МС) в плані впливають тільки геометричні та руліжні характеристики різних типів вертольотів (колія шасі, відхилення вертольоту при русі по РД від її осі), тому ці розміри можна чітко визначити для будь-якого типу вертольоту. Відкритим залишається питання про визначення оптимальних розмірів штучного покриття посадочного майданчика. Навіть зараз немає наукового підходу, який би враховував всі фактори, які впливають на розміри посадочної ділянки в плані. Розміри ділянок визначають виходячи з габаритів вертольотів (загальна довжина вертольоту, діаметр несучого гвинта) та льотної кваліфікації льотна-підйомного складу.

При виконанні злітно-посадочних операцій велике значення має вид здійснення зльоту вертольотом (із використанням так званої «повітряної подушки» або без її використання – по вертолiтному). При використанні повітряної подушки вертолiт набирає горизонтальну швидкість в межах дії подушки (тобто на висоті 1,5 – 2 м). У випадку зльоту «по вертолiтному» вертолiт набирає висоту, яка перевищує висоту перешкод на 10 м, а вже потiм набирає швидкість [23, 45].

У разі посадки з використанням впливу «повітряної подушки» вертолiт знижується до висоти висiння, зависає над майданчиком або над межею льотного поля, потiм перемiщається до центру майданчика і вертикально знижується до поверхні майданчика. При посадці можливі відхилення осі від центра посадкового майданчика (рис.1.5). Аналізуючи ці фактори, можна констатувати, що деякі з них, які впливають на розмір майданчика, обумовлені конструктивними особливостями і визначені для кожного типу вертольоту, а саме: характеристика шасі вертольоту, мінімально допустима відстань від кромки штучного покриття площадки до коліс шасі.

Основним фактором, який впливає на розмір штучного покриття майданчиків, є відхилення осі несучого гвинта вертольоту від осі майданчика в момент торкання колесами вертольоту покриття. Як видно зі схеми (рис.1.5), даний фактор залежить від низ-

ки величин, вплив яких на величину відхилення носить імовірнісний характер і залежить від ряду випадкових факторів [24].

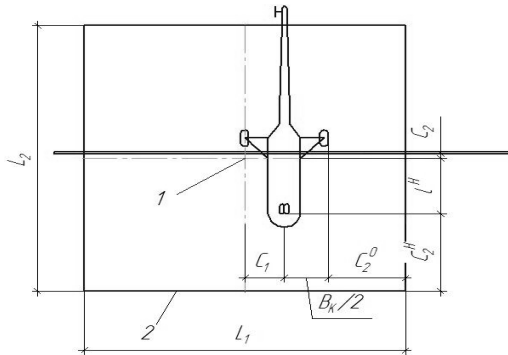


Рис. 1.5. Схема до визначення розмірів посадочних майданчиків для вертольотів:

1 – центр посадочної ділянки, 2 – межа штучного покриття

В даний час не встановлено відхилення коліс шасі від кромки штучного покриття, а також на яку величину відхиляється вертоліт в момент торкання поверхні. Мінімальні розміри майданчика можна обчислити за наступними залежностями [24]:

$$L_1 = B_k + 2(C_1 + C_2), \quad (1.3)$$

$$L_2 = 2(l_H + C_1 + C_2), \quad (1.4)$$

де L_1 – розмір сторони ділянки при максимальному наближенні коліс основного шасі вертольоту до кромки штучного покриття;

B_k – колія шасі вертольоту по зовнішнім пневматикам;

C_1 – відхилення осі гвинта вертольоту від центру майданчика;

C_2 – мінімально припустима відстань від кромки штучного покриття до коліс вертольота;

L_2 – розміри ділянки майданчика при максимальному наближенні колеса носового шасі вертольоту до кромки покриття;

l_H – база шасі вертольота.

Час, який витрачає пілот вертольоту на виконання посадочних операцій залежить від розмірів майданчика із штучним покриттям. Так, наприклад, для майданчиків менших розмірів потрібний біль-

ший час на маневрування для виконання більш точного приземлення, а відповідно, збільшуються льотні витрати, вірна і зворотна залежність. Слід відзначити, що вартість льотного часу сучасних вертольотів значна і залежить від конкретного типу вертольоту. Так для вертольоту типу Agusta AW139 при виконанні авіаперевезень (без урахування витрат на паливе) вартість льотної години становить близько 10800 грн, для вертольоту Agusta A109C – 6400 грн.

Оскільки при збільшенні розмірів ділянки зростають витрати на будівництво, експлуатацію, оптимальні розміри ділянок можуть бути обчислені за допомогою функції $S_{\text{зар}} = f(L)$. В загальному вигляді цей графік матиме такий вигляд (рис. 1.6)

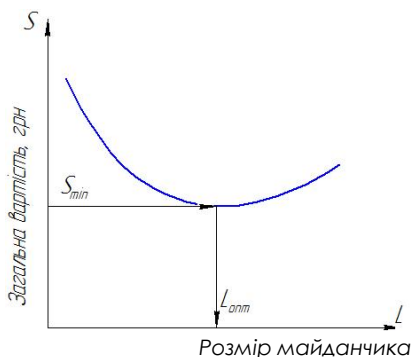


Рис. 1.6. Залежність загальної вартості будівництва від розміру майданчика

Підсумовуючи вищесказане слід відзначити, що при визначенні параметрів вертодромів в плані необхідно враховувати не тільки експлуатаційні характеристики, а й вартісні, які для сучасного транспорту набувають великого значення [32]. Зокрема розмір вертолітного майданчика повинен мати мінімальну вартість, при цьому не повинен збільшуватись час на маневрування.

1.3. Класифікація вертольотів за впливом на покриття

При розрахунку покриття на міцність коефіцієнти динамічності та розвантаження приймаються згідно табл. 1.1 [129].

Таблиця 1.1

Значення коефіцієнтів динамічності та розвантаження для різних груп ділянок

| Група ділянок аеродромних покриттів | Коефіцієнт розвантаження, γ_f | Коефіцієнт динамічності k_d при внутрішньому тиску повітря в пневматиках, МПа (кгс/см ²) | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|-----------------|
| | | 1 (10) та менше | від 1,0 (10) до 1,5 (15) | більше 1,5 (15) |
| А | 1 | 1,2 (12) | 1,25 (12,5) | 1,3 (13) |
| Б | 1 | 1,1 (11) | 1,15 (11,5) | 1,2 (12) |
| В та Г | 0,85 | 1,1 (11) | 1,1 (11) | 1,1 (11) |

Конструкції (ферми, балки, прогони та ін.) вертолітних злітно-посадкових майданчиків, які розташовані на бурових платформах, будівлях та інших спорудах, слід розраховувати на зосереджене навантаження від максимальної злітної ваги вертольоту з коефіцієнтом перевантаження 1,5.

Покриття вертодромів розраховуються за методом граничних станів на вплив вертикальних навантажень від повітряних суден як конструкції, що лежать на пружній основі. При розрахунку згідно із [129] використовується така класифікація навантажень (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

**Класифікація вертольотних навантажень згідно
СНиП 2.05.08-85**

| Категорія вертольотів за злітною масою | Нормативне навантаження F_n на основну (умовну) опору, кН (тс) | Внутрішній тиск повітря в пневматиках коліс p_a , МПа (кгс/см ²) |
|--|--|--|
| Важкі | 170 (17) | 0,7 (7) |
| Середні | 60 (6) | 0,6 (6) |
| Легкі | 20 (2) | 0,4 (4) |

Причому враховується, що в якості основної опори приймається одноколісна опора, а також той факт, що навантаження від важких вертольотів (злітна маса понад 17 т) прирівнюються до III категорії нормативного навантаження (табл. 1.3), середні (злітна вага від 5 до 15 т) – до V категорії, легкі (менше 6 т) – до VI категорії.

Таблиця 1.3

**Класифікація нормативних навантажень згідно із
СНиП 2.05.08-85**

| Категорія нормативного навантаження для аеродромів | Нормативне навантаження F_n на основну (умовну) опору МПа, (кг/см ²) | Внутрішній тиск повітря в пневматиках коліс p_a , МПа (кгс/см ²) | Основна опора |
|--|--|--|-----------------|
| В/к | 850 (85) | 1,0 (10) | Чотирьохколісна |
| I | 700 (70) | | |
| II | 550 (55) | | |
| III | 400 (40) | | |
| IV | 300 (30) | | |
| V | 80 (8) | 0,6 (6) | Одноколісна |
| VI | 50 (5) | 0,4 (4) | |

Класифікація вертольотів за кордоном суттєво відрізняється від тієї, яка була запропонована за часів СРСР. Так, наприклад, згі-

дно із класифікацією Міжнародної організації цивільної авіації (International Civil Aviation Organization) далі – ІКАО запропоновано розділення літаків та вертольотів на 4 окремі класи в залежності від злітної ваги (табл. 1.4) [75, 122].

Таблиця 1.4

Класифікація літаків та вертольотів в залежності від злітної ваги згідно ІКАО

| Клас повітряного судна | Літаки | Вертольоти |
|------------------------|----------------|----------------|
| 1 | 75 т та більше | 10 т та більше |
| 2 | 30 – 75 т | 5 – 10 т |
| 3 | 10 – 30 т | 2 – 5 т |
| 4 | до 10 т | До 2 т |

Міжнародна федерація аеронавтики (FAI) розробила та запровадила власну, більш детальну класифікацію повітряних суден в залежності від злітної ваги. Згідно цієї класифікації всі вертольоти віднесені до класу E-1, а для більш точного урахування конструктивних особливостей введені додатково підкласи, таким чином класифікація вертольотів згідно із FAI виглядає так (табл. 1.5)

Таблиця 1.5

Класифікація вертольотів в залежності від злітної ваги згідно FAI

| Клас вертольоту | Злітна вага вертольота |
|-----------------|------------------------|
| E-1a | до 0,5 т |
| E-1b | 0,5 т – 1 т |
| E-1c | 1 т – 1,75 т |
| E-1d | 1,75 т – 3 т |
| E-1e | 3 т – 4,5 т |
| E-1f | 4,5 т – 6 т |
| E-1g | 6 т – 10 т |
| E-1h | 10 т – 20 т |
| E-1j | 30 т – 40 т |

Параметри найпоширеніших в країнах колишнього СРСР вертольотів приведені в [5, 42]. В таблиці 1.6 наведено характеристики найбільш розповсюджених на території СНД вертольотів вітчизняного виробництва. Враховуючи те, що сектор вертолітних перевезень в нашій країні тільки починає своє відродження в таблиці 1.6 наведено характеристики більшої частини вертольотів, які використовуються в Україні.

Також наведені характеристики закордонних вертольотів таких виробників як: Eurocopter, Bell, Robinson, Agusta. В таблиці також містяться характеристики квадрокоптеру Bell Boeing Quad Tilt Rotor – одного з найбільших апаратів в світі, хоча його серійний випуск ще не налагоджено [92] та вертоліт В-12 запроєктований за часів СРСР, який не випускається серійно.

Таблиця 1.6

**Технічні характеристики сучасних вертольотів
(за класами навантаження)**

| Тип повітряного судна | Максимальна злітна вага, т | Тип основної опори | Тиск в шинах коліс основної опори, МПа | Навантаження на основну опору, кН | Навантаження на одне колесо, кН | Рік вступу в експлуатацію |
|---------------------------|----------------------------|--------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| В - 12 | 105,00 | Двоколісна | 0,8 | 420,00 | 210,00 | - |
| Мі - 26 | 56,00 | Двоколісна | 0,6 | 224,00 | 112,00 | 1978 |
| Мі - 38 | 15,60 | Одноколісна | 0,55 | 63,96 | 63,96 | - |
| Мі - 8 | 13,00 | Одноколісна | 0,5 | 52,00 | 52,00 | 1964 |
| Ка - 27 | 12,00 | Одноколісна | 0,5 | 46,80 | 46,80 | 1981 |
| Мі - 24 | 11,50 | Одноколісна | 0,45 | 47,15 | 47,15 | 1971 |
| Ка - 29 | 11,50 | Одноколісна | 0,55 | 46,58 | 46,58 | 1987 |
| Ка - 32 | 11,00 | Одноколісна | 1,1 | 44,00 | 44,00 | 1986 |
| Ка - 62 | 6,50 | Одноколісна | 0,50 | 26,00 | 26,00 | - |
| Мі - 2 | 3,55 | Одноколісна | 0,40 | 13,20 | 13,20 | 1966 |
| BellQuad TiltRotor | 45,00 | Двоколісна | 0,7 | 180,00 | 90,00 | - |
| Bell V- 22 Os- prey | 27,44 | Двоколісна | 0,6 | 110,00 | 55,00 | 2005 |
| AW101 | 15,60 | Одноколісна | 0,6 | 64,00 | 64,00 | 2000 |

| | | | | | | |
|---------------------|-------|----------------|-----|-------|-------|------|
| EC225 | 11,00 | Одноколісна | 0,6 | 44,00 | 44,00 | 2000 |
| Agusta AW139 | 6,40 | Одноколісна | 0,5 | 25,60 | 25,60 | 2003 |
| EC155 B1 | 4,95 | Полозкове шасі | | | | 2002 |
| EC145 | 3,59 | Полозкове шасі | | | | 1999 |
| Bell 429 | 3,18 | Полозкове шасі | | | | 2007 |
| Agusta AW 109 Power | 2,85 | Полозкове шасі | | | | 1997 |
| EC120 B | 1,72 | Полозкове шасі | | | | 1997 |
| R66 Turbine | 1,23 | Полозкове шасі | | | | 2010 |

На основі наведених типів вертольотів побудовано діаграму розподілення їх по класам навантаження згідно з класифікацією ICAO, (рис 1.8).

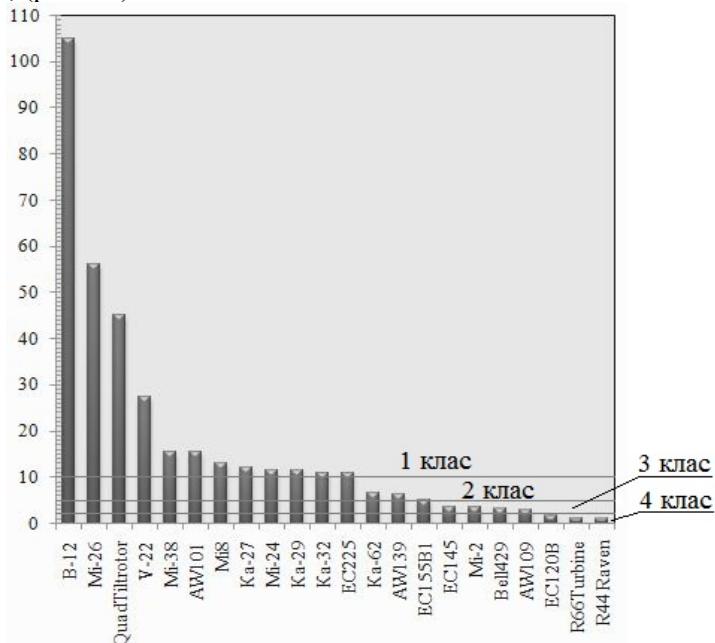


Рис. 1.8. Класифікація вертольотів за злітною вагою згідно ICAO

На даний момент існують великі розбіжності при класифікації вертольотів за злітною вагою. Так, згідно із [122] виділяється тільки три вагові категорії, нормується максимальна вага, яка припадає на головну опору. Деякі з існуючих надважких вертольотів виходять за межі класифікації запропонованої діючим нормативним документом (наприклад, Мі – 26 [7]). Закордонні класифікаційні системи розділяють вертольоти на 4 вагові категорії (ІСАО) та 9 категорій (FAI), причому в якості головної класифікаційної ознаки виступає повна злітна вага вертольоту, а не навантаження на головну опору.

Через існуючі розбіжності в системах класифікації ускладняється завдання визначення впливу вертольоту на покриття. Тому постає необхідність в розробці та обґрунтуванні сучасної системи класифікації, яка б враховувала особливості вертолітобудування.

1.3. Аналіз існуючих методів розрахунку жорстких вертодромних покриттів

Як було зазначено вище, штучні покриття набули широкого використання, як на території колишнього СРСР, так і в інших країнах світу в середині 30-х років минулого сторіччя. На початковому етапі розвитку будівництво цементобетонних покриттів повністю копіювало дорожнє будівництво, а визначення несучої здатності покриттів та оцінка впливу повітряних суден на покриття не виконувались, оскільки злітна вага була незначною, а тиск в шинах становив 0,3 – 0,4 МПа [34, 88].

Втім, в післявоєнний період з'являються багатоколісні шасі, починаючи з цього часу активно почало розвиватися вертолітобудування, що обумовило необхідність розробки методики оцінки міцності покриттів за впливом на них окремих типів повітряних суден. Вплив вертольотів на покриття вважався і оцінювався за тією ж методикою, що і вплив літаків.

На сьогоднішній день питанню розрахунку покриттів аеродромів та вертодромів приділяється значна увага. Питання розрахунку одного багатоповітряного покриттів (із розділяючим прошарком чи без нього) розглядається в працях [66-71].

Першим та найпростішим методом класифікації впливу повітряного судна на покриття була його оцінка із урахуванням ваги літака.

Так в післявоєнні роки на двох сесіях ІКАО була прийнята умова згідно із якою категорія навантаження визначається тільки величиною припустимої повної ваги вертольоту [2]. На III сесії ІКАО було вирішено класифікувати всі навантаження за допомогою 7 кодових номерів (табл. 1.7), кожен із яких представляв собою поєднання еквівалентного одноколісного навантаження та тиску в шинах авіаколіс [75].

Таблиця 1.7

Кодові номери індикації навантажень згідно ІКАО

| Кодові номери навантажень | I | II | III | IV | V | VI | VII |
|--|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Еквівалентне навантаження, тис. фунт/тон | $\frac{100}{45,6}$ | $\frac{77}{35,0}$ | $\frac{60}{27,2}$ | $\frac{45}{20,5}$ | $\frac{30}{13,6}$ | $\frac{15}{6,8}$ | $\frac{4,5}{2,0}$ |
| Тиск в шинах, кг/см ² | 8,5 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 | 2,5 |

На V сесії ІКАО було розглянуто та опубліковано у 1960 р. удосконалення системи класифікації навантажень на покриття. Ця удосконала система отримала назву LCN (Load Classification Number). Основою LCN є крива класифікації навантажень числові характеристики якої наведено в табл. 1.8.

Класифікаційні номери представляли собою функцію еквівалентного одноколісного навантаження та тиску в шинах. Залежність між тиском в шинах та колісним навантаженням була прийнята на основі «умовного» або «середнього покриття». Воно, в свою чергу, було прийняте за результатами руйнуючих досліджень покриттів різної товщини та на різних ґрунтових основах статичними навантаженнями.

Таблиця 1.8

Числові характеристики кривої класифікації навантажень

| Колісне навантаження | | Тиск в пневматику | | Ординати кривої класифікації навантаження LCN |
|----------------------|--------|--------------------|------------------------|---|
| т | фунт | кг/см ² | фунт/дюйм ² | |
| 45,4 | 100000 | 8,44 | 120 | 100 |
| 40,8 | 90000 | 8,09 | 115 | 90 |

| | | | | |
|------|-------|------|-----|----|
| 36,3 | 80000 | 7,74 | 110 | 80 |
| 31,8 | 70000 | 7,38 | 105 | 70 |
| 27,2 | 60000 | 7,03 | 100 | 60 |
| 22,7 | 50000 | 6,68 | 95 | 50 |
| 18,1 | 40000 | 6,33 | 90 | 40 |
| 13,6 | 30000 | 5,98 | 85 | 30 |
| 9,1 | 20000 | 5,62 | 80 | 20 |
| 4,5 | 10000 | 5,27 | 75 | 10 |

У випадку, коли конфігурація реальної опори не відповідала табличним значенням (опори вертольотів, нових літаків) для приведення еквівалентного навантаження від такої опори до стандартної кривої класифікації вводилась поправка, яка обчислювалась за формулою [129]

$$\frac{F_e}{F_s} = \left(\frac{p_e}{p_s} \right)^{0,785}, \quad (1.5)$$

де F_e та F_s — навантаження на колесо відповідно реальної опори та опори за кривою класифікації;

p_e та p_s — тиск в шинах відповідно реальної опори та опори за стандартною кривою класифікації.

В результаті подальших досліджень взаємодії опор повітряних суден із покриттям, в стандарті ІКАО [126], який було видано в 1977 р., було внесені зміни стосовно класифікації навантажень. Так показник в формулі (1.5) було змінено з 0,785 на 0,37. Такий показник ступеня більш точно характеризує взаємодію опор із покриттями більшої товщини. Також на VI Аеронавігаційній конференції ІКАО у 1974 р. була прийнята класифікація повітряних суден за групами (LCG), кожна група охоплює діапазон класифікаційних номерів навантаження як показано в табл. 1.9.

Таблиця 1.9

Розподілення повітряних суден за класами навантаження

| Класифікаційна група навантаження (LCG) | Класифікаційний номер навантаження (LCN) |
|---|--|
| I (вища) | 101 – 120 |
| II | 76 – 100 |
| III | 51 – 75 |
| IV | 31 – 50 |
| V | 16 – 30 |
| VI | 11 – 15 |
| VII (нижча) | 10 та менше |

Еквівалентне одноколісне навантаження в методиках LCN та LCG визначалось в залежності від виду покриття (жорстке чи нежорстке) наступним чином:

– у випадку жорсткого покриття обчислюється напруження при вигині від дії всіх коліс опори та зворотнім розрахунком від цього напруження обчислюється еквівалентне одноколісне навантаження ESWL;

– у випадку нежорсткого покриття в якості еквівалентного одноколісного навантаження ESWL береться навантаження, яке створює в основі те ж вертикальне напруження, що і багатоколісна опора.

В колишньому СРСР широке використання набула методика оцінки несучої здатності покриттів за допомогою приведеного. Від дії цього навантаження в безкінечній плиті еталонного покриття виникає вигинаючий момент, який дорівнює максимальному вигинаючому моменту від впливу реальної опори в тих же умовах, але з урахуванням коліс опори, які проходять по одному сліду. Недоліком методу приведеного навантаження є те, що його неможливо використовувати для тих жорстких покриттів, конструкція яких відрізняється від класичних одношарових.

Із 1983 р. ІКАО ввела в практику експлуатації аеродромів метод представлення даних про вплив повітряних суден та міцності покриттів, який отримав назву «ACN – PCN» (Aircraft Classification Number – Pavement Classification Number) [13]. Власне ACN та PCN – це набори кодів [6, 14], які характеризують відповідно вплив опори літака (вертольота) на покриття та несучу здатність покриття.

Якщо виконується умова $ACN \leq PCN$, то експлуатація покриття для даного повітряного судна припустима. В даному методі особливе значення надається не оцінці покриття, як працюючої конструкції, а оцінці номінального навантаження, яке викликане повітряними суднами (число ACN). Також за даним методом дані про міцність покриття представляються у вигляді номінального навантаження від повітряного судна, яке може прийняти покриття без будь-яких обмежень (число PCN). Міцність ґрунтової основи встановлена стандартом [122] та наведена в табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Коди міцності ґрунтової основи

| Код основи | Категорія міцності | Коефіцієнт постелі для жорсткого покриття, МН/м ³ | |
|------------|--------------------|--|------------|
| | | Стандарт | Діапазон |
| A | Висока | 150 | Більше 120 |
| B | Середня | 80 | 60 – 120 |
| C | Низька | 40 | 25 – 60 |
| D | Дуже низька | 20 | Менше 25 |

Для жорстких покриттів значення числа PCN визначається як подвоєне еквівалентне одноколісне навантаження в тонах при тиску в шинах 1,25 МПа. Значення PCN визначається як подвійне еквівалентне одноколісне навантаження з тиском у шині відповідно до категорії тиску (табл. 1.11).

Таблиця 1.11

Коди тиску у пневматиках (ІКАО)

| Код тиску | Категорія тиску | Межі зміни тиску в шинах, МПа |
|-----------|-----------------|-------------------------------|
| W | Високий | Без обмежень |
| X | Середній | 1,01 – 1,5 |
| Y | Низький | 0,51 – 1,0 |
| Z | Дуже низький | Менше 0,5 |

Порядок розрахунку класифікаційного числа ACN наступний [1]:

– формуються вихідні дані для розрахунку (навантаження на основну опору, тиск в шинах коліс, кількість та координати коліс основної опори, площа та розміри великої та малої на півосей еліптичного відбитку шини);

– визначаються розрахункові товщини жорсткого покриття на основах стандартної міцності; вплив розрахункової опори повинен викликати в покритті вигинаючи напруження із максимальним значенням, яке дорівнює стандартному (2,75 МПа);

– для розрахункових товщин покриттів на основі із різними кодами міцності визначаються числа ACN повітряного судна.

При розрахунку числа ACN повітряного судна на жорсткому покритті вважається, що слід від контакту із поверхнею плити має форму еліпса чи овалу. Згідно рекомендаціям ІКАО центральна зона місця стоянки вертольоту, яка повинна витримувати статичне навантаження від вертольота, а також навантаження обумовлене рухом при рулінні вертольотів дорівнює:

– діаметром не менше $0,83D$ найбільшого вертольота, для обслуговування якого призначено цей майданчик;

– у випадку місця стоянки вертольота, призначеного для виконання наскрізного руління по землі, однакової ширини із руліжною доріжкою.

Втім, існуючі рекомендації ІКАО [120, 122] не дають чіткого уявлення про методику розрахунку товщини жорстких вертодромних покриттів, в [120] значна увага приділяється геометричним розмірам в плані, розмітці, розташуванню та орієнтації вертодрому. В той же час розрахунок покриття на міцність не відокремлюється від розрахунку аеродромних покриттів.

При розрахунку жорстких покриттів за традиційною методикою необхідно забезпечити виконання головної умови

$$m_d \leq m_u, \quad (1.6)$$

де m_d – розрахунковий вигинаючий момент в перерізі плити;

m_u – граничний вигинаючий момент в перерізі плити.

Причому при виконанні розрахунку міцності перехід від напружено-деформованого стану при навантаженні біля краю до стану при центральному завантаженні здійснюється за допомогою пе-

рехідного коефіцієнту [128, 129], який залежить від типу покриття, так для бетонних та армобетонних покриттів без стикових покриттів та крайового армування плити він дорівнює 1,5; для бетонних та армобетонних покриттів із крайовим поєднанням та крайовим армуванням – 1,2; для збірних покриттів із попередньо-напружених залізобетонних плит – 1,0; для залізобетонних покриттів із ненапруженою арматурою визначається згідно [129].

Розрахунок полягає в тому, щоб максимальне можливе, із урахуванням динаміки та перевантаження, зусилля в конструкції покриття було не більше її мінімальної несучої здатності (із урахуванням можливої зміни міцності матеріалу). Розходження між значеннями двох моментів не повинно перевищувати 5%.

Організація FAA (Federal Aviation Administration) [130] також не виокремлює розрахунок покриттів вертодромів від розрахунку аеродромних покриттів. Згідно із п. 509 цього документу розрахунок покриттів вертодромів слід виконувати в тому ж порядку, що і аеродромних покриттів (покриття, які проектуються під літаки із злітною вагою до 13,8 т). При розрахунку під таке навантаження в покритті не виділяються критичні перерізи. Що ж стосується самої методики розрахунку та конструкції жорсткого покриття на вертолітному майданчику, то згідно із п. 505 [130] покриття повинно складатися із шару цементобетону, підстилаючого шару та підготованого земляного полотна. Для підбору необхідної товщини конструктивних шарів покриття слід використовувати програму FAARFIELD скорочено від FAA Rigid and Flexible Iterative Layer Design, втім, при розрахунку покриття для обслуговування легких повітряних суден (а саме до цього класу [130] відносить вертольоти) використання програми не є обов'язковим. При проектуванні покриття під повітряні судна із злітною вагою до 5,67 т допускається приймати товщину цементобетонного покриття 4 дюйми (101,6 мм) без розрахунку, якщо злітна вага коливається в межах 5,67 – 13,6 кг, то товщина покриття збільшується до 6 дюймів (152,4 мм). У випадку проектування покриття під важкі повітряні судна (злітна вага більша ніж 13,607 т) слід користуватися рекомендаціями п. 3 вказаних рекомендацій. В цьому випадку розрахунок та підбір товщини слід виконувати із використанням програми FAARFIELD. Ця програма може використовуватися для розрахунку жорстких та нежорстких покриттів, для оцінки міцності існуючих покриттів, для розрахунку посилення вже існуючих

покриттів. При розрахунку жорстких покриттів FAARFIELD використовує максимальні горизонтальні напруження на нижній грані плити в якості основного показника строку служби покриття.

Згідно із [130] при проектуванні покриття вертолітного майданчика необхідно враховувати короткочасне (тривалість 0,2 сек) перевантаження за допомогою коефіцієнта 1,5 у випадку «жорсткого» приземлення (рис. 1.9).

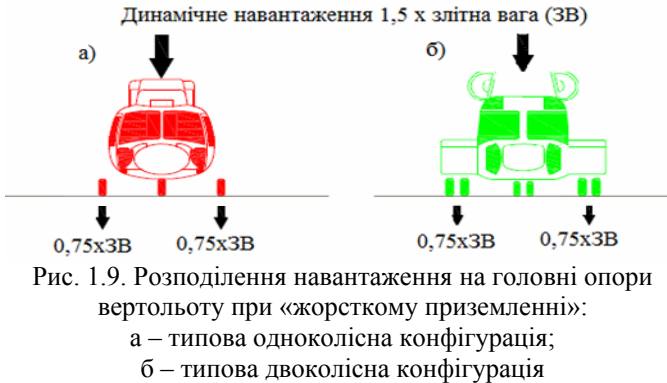


Рис. 1.9. Розподілення навантаження на головні опори вертольоту при «жорсткому приземленні»:
а – типова одноколійна конфігурація;
б – типова двоколійна конфігурація

Однією з основних відмінностей проектування покриттів під вертольоти від покриттів для обслуговування літаків полягає у динаміці здійснення злітно-посадочних операцій (рис. 1.10).

Якщо літаку необхідно розвинути певну швидкість для відриву від землі, то вертоліт злітає з місця, у певних умовах із використанням «повітряної подушки». При посадці і вертольотів і літаків спостерігається явище динамічного удару.

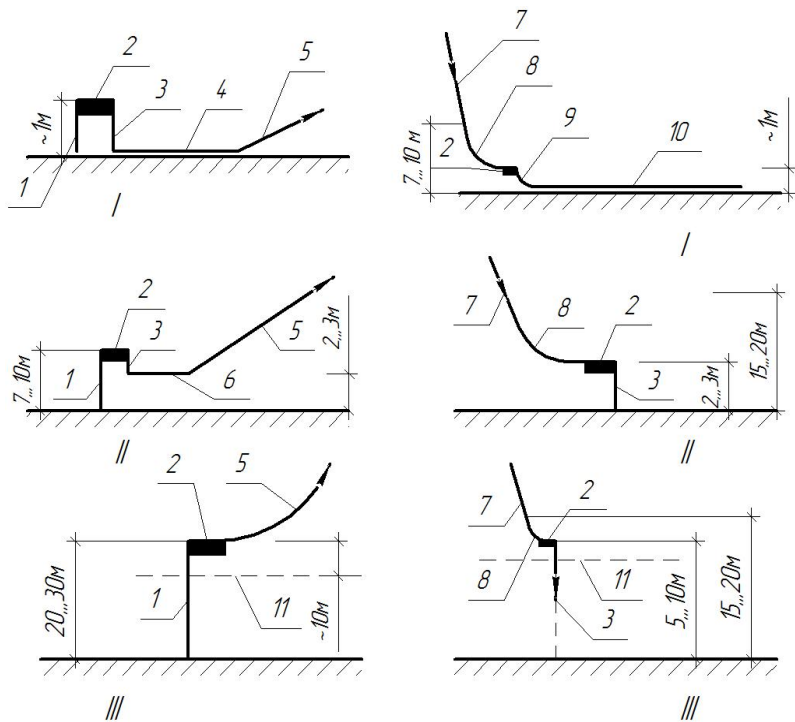


Рис. 1.10. Схема здійснення злітно-посадочної операції вертольотом: а – зліт; б – посадка; I – по літаковому, II – по вертолітному з використанням ефекту повітряної подушки; III – те ж, але без використання ефекту ПП; 1 – вертикальний зліт; 2 - контрольне висіння; 3 – вертикальне приземлення або знижування; 4 – розбіг; 5 – розгін з набором висоти по похилій траєкторії; 6 – майже горизонтальний розгін до швидкості 20-30 км/год; 7 – уповільнене знижування з постійним нахилом траєкторії; 8 – вирівнювання з інтенсивним зменшенням швидкості; 9 - приземлення із швидкістю 30-40 км/год; 10 – пробіг із гальмуванням коліс; 11 – навколишні перешкоди

У випадку, якщо точна вага вертольоту невідома, використовується поняття умовного вертольоту в залежності від класу вертодрому. Тобто припускається, що на основну опору умовного вертольоту припадатиме 75% максимальної злітної ваги (в умовах «жорсткого» приземлення).

Програма FAARFIELD підбирає товщину цементобетонної плити покриття виходячи з припущення крайового завантаження,

головна опора повітряного судна розташовується або в поздовжньому, або в поперечному напрямку відносно кромки плити покриття. В якості розрахункового напруження приймається більше напруження в нижній частині плити отримане із двох установок навантаження. Величина напруження зменшується на 25% для урахування передачі напруження через штирьові з'єднання [15].

При роботі із програмою FAARFIELD в якості вхідних даних виступають: міцність бетону на розтяг при згині, проектний строк служби (в роках), дані стосовно структурних шарів покриття (модуль пружності, товщина, коефіцієнт Пуассону), склад руху повітряних суден і модуль пружності земляного полотна (використовується саме модуль пружності E , а не коефіцієнт постелі, оскільки в розрахунку використовується модель пружного напівпростору). Між значенням коефіцієнту постелі k та модулем пружності земляного полотна існує залежність вигляду

$$E_{SG} = 1,26 \cdot k^{1,284}, \quad (1.7)$$

де E_{SG} – модуль пружності ґрунтової основи, psi (фунти на квадратний дюйм);

k – коефіцієнт постелі, psi.

Перевивши одиниці виміру в систему СІ (кгс/см²) отримаємо

$$E_{SG} = 0,9546 \cdot k^{1,284}. \quad (1.8)$$

При переведенні одиниць вимірювання було враховано, що: для модуля пружності 1 psi дорівнює 0,0069 МН/м², а для коефіцієнта постелі 1 psi дорівнює 0,272 МН/м³ [44].

Програма розраховує лише товщину бетонного покриття, товщини решти шарів користувач задає вручну. Слід відзначити, що покриття в програмі FAARFIELD моделюється плитами розміром 9x9 м [130]. Для визначення напружено деформованого стану плит покриття бажано використовувати програмний комплекс FEAFAA (Finite Element Analysis Federal Aviation Administration).

До недоліків вищевказаної методики слід віднести те, що наведені рекомендації по проектуванню покриттів лише для вертольотів із злітною вагою більше 13,6 т. Тобто розрахунок покриттів під легкі та середні вертольоти не розглядається зовсім, а під важкі вертольоти пропонується використовувати ту ж саму методику, що і для аеродромних покриттів.

В цілому ж, існує багато методів розрахунку різних конструкцій жорстких покриттів, як вітчизняних [26, 30, 53, 67], так і закордонних [103, 130, 131]. Втім, жоден з запропонованих підходів не враховує повністю особливості роботи вертодромних покриттів.

1.5. Типи вертодромних покриттів

Обмеження по розташуванню вертолітних майданчиків практично відсутні, вони можуть бути: мобільні; на пересіченій місцевості; наземні; на дахах будівель і споруд; на понтонах; на морських або річкових суднах і яхтах; на морських бурових платформах; за індивідуальними проектами. Окремо слід виділити будівництво вертолітних майданчиків в містах.

Як правило, вертолітний транспорт широко використовується у великих містах, через брак вільного місця злітно-посадочні майданчики часто влаштовуються на дахах будівель. В цьому випадку використання традиційних матеріалів в якості покриття небажане оскільки призведе до значного додаткового навантаження на несучі елементи споруди. В останні роки для будівництва таких споруд широко стали використовуватись рішення з готових блоків (табл. 1.12).

PORTAPAD – алюмінієві майданчики, що збираються з стандартного набору попередньо виготовлених модулів (збірку виконують дві людини протягом двох годин).

Установка вертолітного майданчика PORTAPAD не вимагає ні спеціальної підготовки ґрунту, ні фундаменту, ні бетонних подушок. Вона може бути також встановлена і на похилій поверхні.

Вертолітний майданчик PORTAPAD може приймати вертольоти вагою до 7 т, вони випускаються в квадратній конфігурації розмірами 6х6 і 9х9 м і можуть бути укомплектовані приставними сходами.

Таблиця 1.12

**Панелі, які використовуються для збірних
вертодромних покриттів**

| Опис конструкції | Вид панелі | Вид майданчика |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Алюмінієві майданчики PORTAPAD. Набір модулів для швидкої збірки і розбирання мобільних майданчиків (протягом двох годин). |  |  |
| Алюмінієві майданчики SOLOY. Готові до установки мобільні майданчики для пересіченій місцевості. |  |  |
| Алюмінієві конструкції HELOMAT. Панелі, призначені для установки майданчиків на рівні поверхні (наземні майданчики). |  |  |
| Алюмінієві конструкції HELISLAT. Панелі, призначені для установки майданчиків, піднятих над поверхнею (на дахах будівель, на морських судах, бурових платформах та ін.). |  |  |
| Композитні конструкції HELISTOP. Панелі універсального призначення для установки майданчиків, піднятих над поверхнею. |  |  |

SOLOY – є готовими до установки мобільними майданчиками на пересіченій місцевості. Незамінні для прийому вертольотів у

важкодоступній місцевості. Є три типорозміру для прийому вертольотів від 2,7 до 5,7 т.

HELOMAT (алюмінієві конструкції) – цей вид конструкцій (панелей) призначений для будівництва вертолітних майданчиків на рівні поверхні (на будь-якій щільній поверхні або звичайному ґрунті) і успішно замінюють бетонні. Також застосовуються для реконструкції зношених та пошкоджених бетонних вертолітних майданчиків на дахах будинків і в інших вертодромних модифікаціях. Дані алюмінієві конструкції можуть встановлюватися безпосередньо на бетонне покриття.

HELISLAT – (алюмінієві конструкції) – даний вид конструкцій (панелей) є ідеальним рішенням для обладнання вертолітних майданчиків на дахах будинків та за спеціальними та індивідуальними проектами (на морських і річкових суднах, на морських бурових платформах і т. д.).

До переваг блочних конструкцій слід віднести високу технологічність, швидкість виконання робіт, можливість перебазування, стійкість до хімічних речовин, високу ремонтпридатність. Але переважно такі конструкції використовуються для вертольотів 3-4 класу (за класифікацією ІСАО), тобто невідома їх поведінка при використанні таких вертольотів, як наприклад Мі-8. Також серйозною перешкодою їх масового використання є відсутність відповідної нормативної документації. На даний момент СНиП 2.05.08-85 втратив чинність і до затвердження нового нормативного документу слід використовувати нормативну документацію ІСАО. Втім рекомендації по проектуванню та розрахунку припіднятих вертолітних майданчиків відсутні і там.

1.6. Підходи до удосконалення існуючої методики розрахунку

Аналіз вищенаведених даних свідчить про те, що на даний момент ні вітчизняні ні закордонні нормативні документи [120-122, 128-130] не наводять цілісну методику розрахунку вертодромних покриттів (табл. 1.13). В Україні ситуація ускладнюється тим, що дія СНиП 2.05.08-85, розробленого ще за часів Радянського союзу зупинена, натомість новий нормативний документ знаходиться на стадії розробки. При проектуванні покриттів вертолітних майданчиків пропонується використовувати рекомендації ІСАО.

Для порівняння існуючих методик проектування та розрахунку вертодромних покриттів було виконано аналіз рекомендацій ІСАО та рекомендацій FAA. Результати аналізу наведено в табл. 1.13.

Таблиця 1.13

Порівняння існуючих методик розрахунку покриттів, їх недоліки

| № з/п | Згідно із рекомендаціями FAA (США) | Згідно із рекомендаціями ІСАО (Європейський Союз) |
|-------|---|--|
| 1 | Для легких та середніх вертольотів пропонується влаштовувати покриття без розрахунку, що призводить до неекономічного використання матеріалу. | В рекомендаціях ІСАО значна увага приділяється визначенню параметрів вертодрому в плані, його розташуванню, маркуванню основних зон, але питання міцності покриття та його розрахунку не розглядається окремо від аеродромних покриттів. |
| 2 | Не розглядається проектування та розрахунок вертолітних майданчиків, припіднятих над рівнем землі. | Вертодромні покриття не відокремлюються від аеродромних, тобто розглядаються лише цементобетонні покриття. |
| 3 | Не розглядається використання блочних вертолітних майданчиків під легкі та середні вертольоти. | Відсутні рекомендації по проектуванню та розрахунку покриттів під легкі та середні вертольоти. |

Аналізуючи таблицю 1.13 слід відзначити наступне:

1. Жодна з представлених методик не відокремлює розрахунок покриттів вертодромів від аеродромних покриттів;

2. Представлені методики не розглядають використання новітніх матеріалів (композитні конструкції покриття) для створення вертолітних майданчиків для легких та середніх вертольотів (на рівні землі або припідняті над землею);

3. Наведені методики розглядають тільки колісну опору вертольота. Вплив полозкових опор не розглядається зовсім;

4. FAA рекомендує приймати товщину покриття без розрахунку у випадку злітної ваги вертольоту до 13,6 т. Такий підхід, не

обґрунтований розрахунком та визначенням силового впливу вертольоту на покриття, не дає можливості визначити ефективність роботи покриття в кожному конкретному випадку.

1.7. Основні положення проектування вертодромів

Головними елементами вертодромів і посадочних майданчиків є льотна смуга і смуги повітряних підходів; вертодроми, крім того, включають руліжні доріжки і місця стоянок вертольотів. Льотна смуга складається з робочої площі, кінцевих і бічних смуг безпеки. Робоча площа призначена для зльотів і посадок вертольотів розрахунковим способом. Кінцеві та бічні смуги безпеки передбачаються на випадок виходу вертольота за межі робочої площі. Якщо несуча здатність ґрунту в передбачуваний період експлуатації майданчика може виявитися недостатньою для забезпечення базування вертольотів, в центральній частині льотної смуги влаштовують злітно-посадочні смуги або майданчики зі штучним покриттям. Смугами повітряних підходів називають ділянки місцевості, що примикають до вертодрому або посадочного майданчика, над якими проводиться набір висоти при зльоті та зниження при посадці. Руліжні доріжки – спеціально підготовлені шляхи для руління і буксирування вертольотів. Місця стоянки – підготовлені майданчики для зберігання та технічного обслуговування вертольотів.

У відповідності із вимогами ІСАО для зони кінцевого етапу заходу на посадку і зльоту FATO встановлюються наступні поверхні обмеження перешкод:

- поверхня набору висоти при зльоті – похила поверхня, комбінація площин або, у випадку розвороту, складна поверхня, яка спрямована вгору від кінця зони безпеки та розташовані симетрично відносно їх осьової лінії, яка проходить через центр зони FATO;

- поверхня заходу на посадку – це похила площина або комбінація площин, які спрямовані вгору від межі зони безпеки та розташовані симетрично до їх осьової лінії, яка проходить через центр зони FATO (рис. 1.11);

- перехідна поверхня – складна поверхня, яка розташована вздовж бокової границі зони безпеки та частини бокової границі поверхні заходу на посадку, спрямована вверх та вбік до внутрішньої горизонтальної поверхні чи встановленої попередньо відносною висоти;

– кінчна поверхня – поверхня, яка спрямована вгору в напрямку від границі внутрішньої горизонтальної поверхні або від верхньої границі перехідної поверхні, якщо не забезпечено внутрішню горизонтальну поверхню.

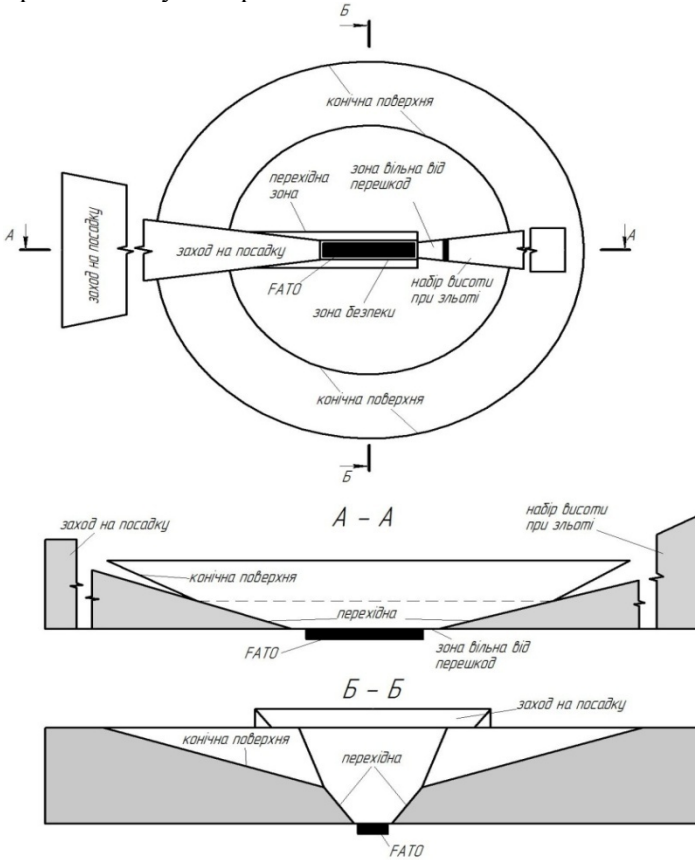


Рис. 1.11. Поверхні обмеження перешкод

З умов безпечної експлуатації вертольотів ухили ґрунтової льотної смуги не повинні перевищувати 3 % на постійних аеродромах (посадкових майданчиках) та 5 % на тимчасових, а ухили злітно-посадкових смуг (майданчиків) зі штучним покриттям – 2 %.

Вимоги до розмірів зон повітряних підходів і обмеженню висоти перешкод в їх межах наведено в табл. 1.14.

Таблиця 1.14

Розміри елементів вертолітних майданчиків та вертодромів

| Спосіб зльоту (посадки) | Елементи вертодромів і посадочних майданчиків | Типи вертольотів | | | | |
|-----------------------------|---|------------------|--------|--------|--------|-------------|
| | | Мі-6, Мі-10К | Мі-8 | Мі-4 | Мі-2 | Ка-26, Ми-1 |
| По літако-вому | Злітна полоса, м: | | | | | |
| | довжина | 250 | 180 | 150 | 150 | 120 |
| | ширина | 100 | 60 | 60 | 45 | 40 |
| | В тому числі робоча площа: | | | | | |
| | довжина | 200 | 150 | 120 | 130 | 100 |
| | ширина | 50 | 30 | 30 | 25 | 20 |
| | Злітно-посадкова смуга зі штучним покриттям, м: | | | | | |
| довжина | 200 | 120 | 90 | 110 | 80 | |
| ширина | 50 | 30 | 30 | 25 | 20 | |
| По вертолітному | Злітна полоса, м: | | | | | |
| | - довжина | 200/80 | 120/40 | 120/40 | 120/26 | 100/26 |
| | - ширина, | 100/80 | 60/40 | 60/40 | 45/26 | 40/26 |
| | в тому числі робоча площа: | | | | | |
| | - довжина | 150/30 | 90/10 | 90/10 | 100/6 | 80/6 |
| | - ширина. | 50/30 | 30/10 | 30/10 | 25/6 | 20/6 |
| | Злітно-посадкова смуга зі штучним покриттям, м: | | | | | |
| довжина × ширина | 22x22 | 10x10 | 10x10 | 6x6 | 6x6 | |
| ширина руліжної доріжки, м. | 15 | 8 | 8 | 6 | 6 | |
| Радіус сполучення РД, м. | 28 | 16 | 16 | 12 | 12 | |

Примітка. В чисельнику вказані розміри елементів при зльоті (посадці) з використанням впливу повітряної подушки, в знаменнику – без її використання.

Мінімальні розміри злітно-посадкових майданчиків зі штучним покриттям, наведені в табл. 1.15, визначені з урахуванням забезпечення безпеки при зльотах і посадках вертольотів. Однак час, що витрачається пілотом на виконання посадочних операцій, зале-

жить від розмірів майданчика зі штучним покриттям. Тому для майданчика менших розмірів потрібен більший час маневрування при підльоті і, отже, збільшені льотні експлуатаційні витрати.

Вимоги до зон повітряних підходів та висоти перешкод поблизу від вертодрому наведено в табл. 1.15.

Таблиця 1.15

Вимоги до розмірів зон повітряних підходів та обмеження висоти перешкод

| Показники | Типи вертольотів | | | | |
|---|------------------|------|------|------|----------------|
| | Мі-6, Мі-10К | Мі-8 | Мі-4 | Мі-2 | Ка-26, Ми-1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Мінімальні розміри елементів зон повітряних підходів l_1, l_2, b_1, b_2 і максимальні величини тангенсів кутів нахилу умовних площин обмеження перешкод у їх межах $\tan \theta_1, \tan \theta_2, \text{ і } \tan \beta$, при зльотах і посадках: по-літаковому і по-вертолітному з використанням впливу повітряної подушки: | | | | | |
| $l_1, \text{ м}$ | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| $l_2, \text{ м}$ | 1160 | 1120 | 1160 | 1160 | 1150 |
| $\tan \theta_1$ | 1:20 | 1:20 | 1:20 | 1:20 | 1:15 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| $\tan \theta_2$ | 1:8 | 1:8 | 1:8 | 1:8 | 1:8 |
| $\tan \beta$ | 1:2 | 1:2 | 1:2 | 1:2 | 1:2 |
| b_1 , м | 150 | 100 | 100 | 85 | 80 |
| b_2 , м | 700 | 660 | 660 | 645 | 640 |
| по-вертолітному без використання впливу повітряної подушки: | | | | | |
| l_1 , м | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| $\tan \theta_1$ | 1:2 | 1:2 | 1:2 | 1:2 | 1:2 |
| $\tan \beta$ | 1:1 | 1:1 | 1:1 | 1:1 | 1:1 |
| Максимально допустима висота перешкод у зоні повітряних підходів до посадкової площадки, м | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |

Місця стоянки вертольотів на аеродромах розташовують на ділянках, віддалених від льотної смуги на відстань не менше трьох діаметрів несучого гвинта розрахункового (більш важкого) типу вертольоту, наміченого для базування. При двосторонньому напрямку зльотів і посадок місця стоянки повинні розташовуватися поза зонами повітряних підходів. На рис. 1.12 показано принципову схему розташування вертольотів на груповому місці стоянки.

Поздовжні осі місць стоянок бажано орієнтувати в напрямку пануючих вітрів. Відстань між осями місць

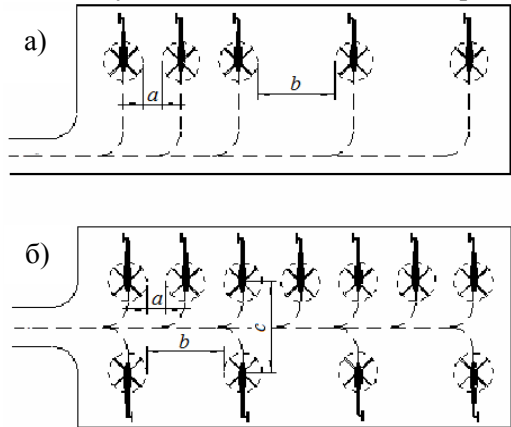


Рис. 1.12. Групові місця стоянки вертольотів (a , b , c – відстані, які приймаються в залежності від діаметру гвинта вертольоту): a – однорядна розстановка вертольотів; b – дворядна розстановка

стоянки повинні бути не менше двох діаметрів несучого гвинта розрахункового типу вертольота. Ділянки, вибрані під місця стоянок вертольотів, повинні мати хороший дерновий покрив. При відсутності дернового покриття, наявності піщаних пилуватих ґрунтів в районі місць стоянки повинні проводитися знепилування й зміцнення поверхневого шару ґрунту від видування повітряними потоками несучого гвинта вертольота.

На рис. 1.13 показано основні відстані між елементами вертодрому, розміри наведено в діаметрах несучого гвинта вертольота.

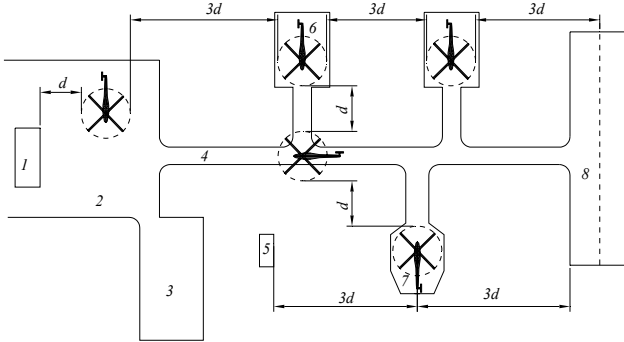


Рис. 1.13. Принципова схема взаєморозташування основних будівель і споруд вертодрому (d – діаметр гвинта вертольота):

1 – аеровокзал (пасажирський павільйон); 2 – перон; 3 – групові МС; 4 – рульова доріжка; 5 – будівля технічних служб; 6 – індивідуальне МС; 7 – швартовочний майданчик; 8 – льотна смуга або ЗПС

1.8. Маркування вертолітних майданчиків

Робоча площа постійних вертодромів (ЗПС, ЛП) посадочних майданчиків повинна мати маркування, що полегшує пілотові впізнання їх з повітря і виконання злітно-посадкових операцій. До складу маркування наземних вертодромів входять:

- знак обмеження місця приземлення при посадці по-вертолітному;
- прикордонні знаки (кутові і рядкові на прямокутних льотних смугах і тільки рядкові – за круглої форми робочої площі);
- стартова лінія.

Склад маркування вертолітного майданчика також залежить від категорії розрахункового вертольота. На рис. 1.14 зображено маркування для важких вертольотів, наприклад, Мі-26.

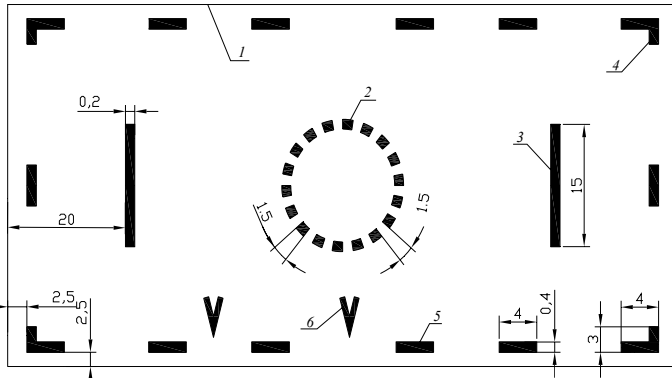


Рис. 1.14. Маркування ЗПС наземних вертодромів для важких вертольотів (розміри в м):

1 – кордон робочої площі; 2 – знак обмеження ділянки приземлення при посадці по вертолітному; 3 – стартова лінія; 4 – кутовий прикордонний знак; 5 – рядковий знак; 6 – знак вказівки перешкод

Розміри елементів маркування дещо відрізняються для категорії середніх вертольотів рис. 1.15.

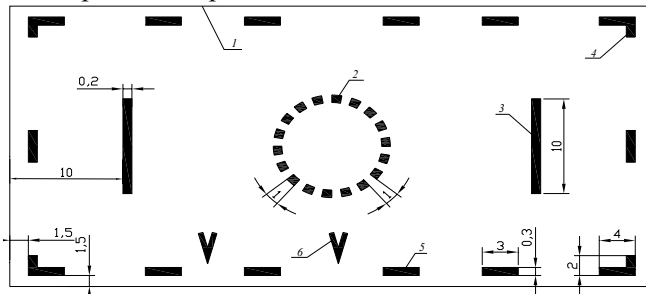


Рис. 1.15. Маркування ЗПС наземних вертодромів для середніх вертольотів (розміри в м):

1 – кордон робочої площі; 2 – знак обмеження ділянки приземлення при посадці по-вертолітному; 3 – стартова лінія; 4 – кутовий прикордонний знак; 5 – рядковий знак; 6 – знак вказівки перешкод

Найменшими є розміри елементів маркування для легких вертольотів рис. 1.16.

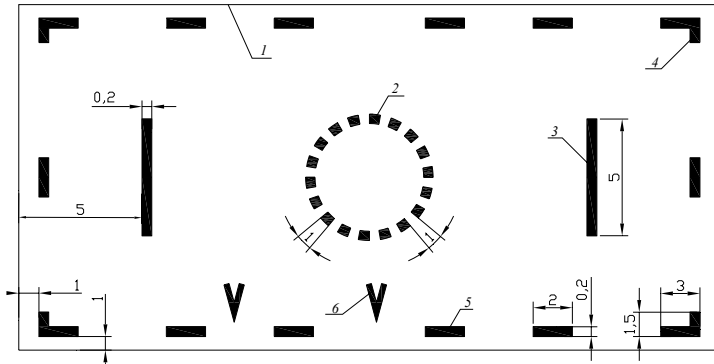


Рис. 1.16. Маркування ЗПС наземних вертодромів для легких вертольотів (розміри в м):

1 – кордон робочої площі; 2 – знак обмеження ділянки приземлення при посадці по-вертолітному; 3 – стартова лінія; 4 – кутовий прикордонний знак; 5 – рядковий знак; 6 – знак вказівки перешкод

У випадку розташування вертодромного майданчику на даху будівлі або припіднятій платформі маркування виконується більш докладним, рис. 1.17.

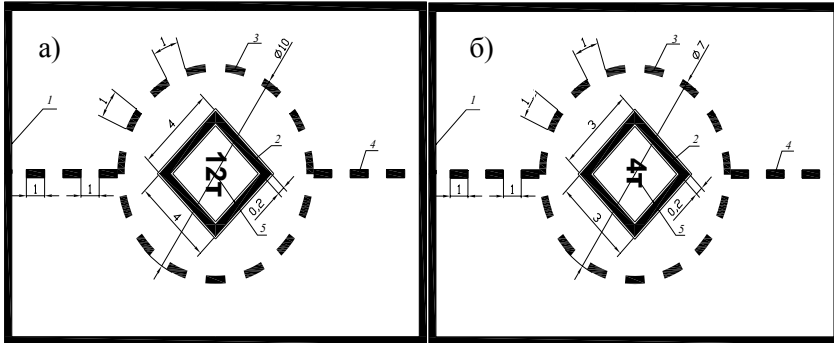


Рис. 1.17. Маркування вертодромів на дахах будівель і піднятих платформах: а) для середніх вертольотів; б) для легких вертольотів;

1 – кордон робочої площі; 2 – розпізнавальний знак; 3 – знак обмеження ділянки приземлення при посадці по-вертолітному; 4 – осьова лінія; 5 – цифра обмеження ваги

Основні розміри маркувальних знаків також наведено в табл. 1.16.

Таблиця 1.16

Розміри маркувальних знаків

| № з/п | Найменування маркувальних знаків | Розміри маркувальних знаків для вертольотів (м) | | |
|-------|---|---|----------|---------|
| | | важких | середніх | легких |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Опізнавальний знак | 7×7 | 4×4 | 3×3 |
| 2 | Цифра обмеження ваги | 2,5×1,0 | 1,5×0,7 | 1,0×0,4 |
| 3 | Знак обмеження місця приземлення при посадці по-вертолітному: | | | |
| | – зовнішній діаметр, | 18 | 10 | 7 |
| | – розрив між пунктирами, | 1,5 | 1,0 | 1,0 |
| | – довжина пунктиру. | 1,5 | 1,0 | 1,0 |
| 4 | Поздовжньо-осьова лінія: | | | |
| | – довжина пунктиру, | 1,5 | 1,0 | 1,0 |
| | – розрив між пунктирами | 1,5 | 1,0 | 1,0 |
| 5 | Стартова лінія: | | | |
| | – довжина, | 15 | 8 | 5 |
| | – ширина, | 0,20 | 0,15 | 0,10 |
| | – відстань від торцевої кордону штучного покриття. | 20 | 10 | 5 |
| 6 | Кутовий пограничний знак. | 6×3 | 4×2 | 3×1,5 |
| 7 | Лінійний пограничний знак | 4 | 3 | 2 |
| 8 | Ширина лінії маркувальних знаків (без стартової та пограничної лінії) | 0,30 | 0,20 | 0,20 |
| 9 | Ширина лінії, яка позначає межу робочої площі | 0,20 | 0,20 | 0,20 |

Примітки: а) розміри маркувальних знаків приймаються за найбільшою ваговою категорією вертольота, експлуатованого на даному вертодромі;

б) у разі розташування наземних вертодромів поблизу небезпечних місць (ущелина, гора, неприпустимі ухили рельєфу), на ЗПС (ЛП) наносяться знаки вказівки перешкод у вигляді гострих кутів (30°) білого кольору, звернених до перешкод. Довжина сторін кута 2 м, ширина лінії 0,2 м. Знаки повинні розташовуватися на відстані 1 м від кордону ЗПС або ЛП;

в) стартові лінії наносяться тільки по робочій площі ЗПС, що має форму витягнутого прямокутника;

г) розриви між бічними прикордонними знаками приймаються:

- 17-30 м – для важких вертольотів;
- 10-20 м – для середніх вертольотів;
- 6-10 м – для легких вертольотів;

д) в торцях ЗПС (ЛП) наноситься по одному лінійному прикордонному знаку;

е) наносити прикордонні знаки слід на відстані 2,5 м і 1,0 м від кордону штучного покриття (відповідно для важких середніх і легких вертольотів);

ж) за круглої форми робочої площі розриви між малими прикордонними знаками рівні їх довжині. Якщо робоча площа має форму квадрата, довжина сторін кутових, прикордонних знаків приймаються однаковою.

1.9. Освітлення вертолiтного майданчика

Для забезпечення польотів вертольотів у нічний час на постійних вертодромі і ПП рекомендується встановлювати наступне світлосигнальне обладнання (рис 1.18, 1.19) [86, 178]:

– вогні наближення (ВН) білого кольору для позначення напрямку на центр ПП. Систему вогнів наближення встановлюють на вертодромі, якщо необхідно і практично можливо вказувати пілотів бажаний напрямок заходу на посадку вночі;

– обмежувальні вогні (ОВ) червоного кольору для позначення контуру ПП;

– посадочні вогні (ПВ) білого кольору для забезпечення виходу вертольота на центр ПП;

– пульт керування;

– автономне джерело живлення;

– загороджувальні вогні червоного кольору для позначення об'єктів, висота яких дорівнює або виходить за межі площин обмеження перешкод у районі розташування вертодрому.

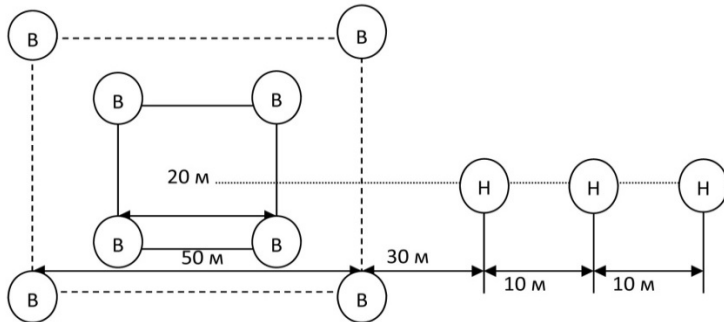


Рис. 1.18. Світлосигнальне обладнання вертолітного майданчика При вільних повітряних підходах обладнання старту може бути виконано в чотирьох напрямках.

Колір вогнів наближення повинен бути таким, щоб можна було легко відрізнити їх від інших

аеронавігаційних і сторонніх вогнів (у системі «Синева» – білі, зелені, помаранчеві, залежно від комплектації).

Перевищення посадкових вогнів над поверхнею робочої площі не повинно бути більше 0,5 метра. Сила світла вогнів повинна бути не менше 30–50 кандел. Електроживлення комплекту світлосигнального обладнання повинно здійснюватися від місцевої електромережі з резервом від автономного електроагрегату.

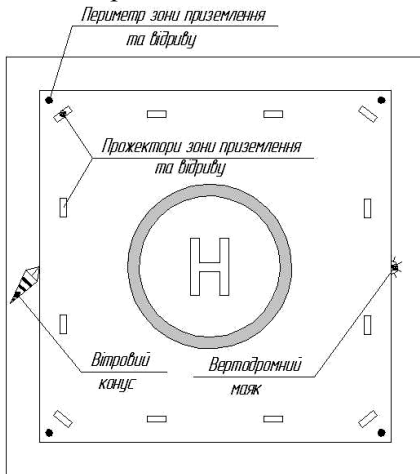


Рис. 1.19. Світлосигнальне обладнання вертолітного майданчика

На ПП з обмеженими повітряними підходами,

тимчасових ПП, експлуатованих вночі, встановлюються тільки посадкові вогні білого кольору і обмежувальні вогні червоного кольору. На ПП, де можливе утворення снігового або пилового вихору встановлюються додаткові обмежувальні вогні червоного ко-

льору по кутах робочої площі на відстані не більше 3-х метрів від посадкових вогнів.

1.10. Висновки за розділом 1

1. Вертолітна тематика стає дедалі більш актуальною. Так, в найближчі роки експерти галузі оцінюють обсяг ринку колишнього СРСР приблизно в 12000 вертольотів. Причому тільки 7% з цього обсягу буде приходиться на важкі вертольоти, решта – на середні та легкі. В той же час нормативна література, як закордонна (ІСАО, рекомендації FAA), так і вітчизняна (СНиП 2.05.08-85) не зосереджують увагу на будівництві вертолітних майданчиків саме під легкі та середні вагові категорії вертольотів. З огляду на це актуальною є необхідність підвищення науково-технічного рівня проектування вертодромних покриттів.

Окремо слід відзначити поширеність вертольотів в міських умовах, в Нью-Йорку, наприклад, використовується більше 300 вертолітних майданчиків, в Сан Паулу – більше 200, в той же час в Києві лише планується створення мережі вертолітних майданчиків.

2. Було проведено аналіз існуючих методик проектування та розрахунку (ІСАО, FAA, СНиП 2.05.05-85) вертодромних покриттів. Встановлено, що із часів початку масового використання вертолітного транспорту питання підбору покриття для посадочного майданчика не відокремлюється від аеродромних покриттів. Нормативи не розглядають питання проектування, підбору конструкції та розрахунку покриттів на дахах будівель та майданчиків, припіднятих над рівнем землі.

3. Встановлено, що вага сучасних вертольотів змінюється в дуже широкому діапазоні (від декількох центнерів до 50 – 60 т у випадку Мі-26). Також існують певні розбіжності в класифікації повітряних суден. Так, за часів СРСР вертольоти поділялись за навантаженням на головну опору на 3 категорії: легкі – до 2 т на 1 опору, середні – до 6 т та важкі – до 17 т. В той же час ІСАО пропонує дещо іншу класифікацію, поділяючи вертольоти на 4 вагові категорії за злітною вагою (1 – до 2 т, 2 – від 2 до 5 т, 3 – від 5 до 10 т, 4 – понад 10 т), американська асоціація авіації взагалі виділяє 8 вагових категорій (до 0,5 т; 0,5-1,0 т; 1,0-1,75 т; 1,75-3,0 т; 3,0-4,5 т; 4,5-6,0 т; 6,0-10,0 т; 10,0-20,0 т; 30,0-40,0 т).

4. В результаті аналізу нормативних документів (ІСАО, FAA та СНиП 2.05.08-85) - встановлено, що в якості матеріалу покриття вертолітного майданчика рекомендується використовувати цементобетон. Це пояснюється якраз тим, що в нормативній документації не приділяється увага засобам малої авіації. Розглядається лише варіант сумісного базування на аеродромі літаків та вертольотів, в такому випадку використання цементобетонного покриття є виправданим.

5. З огляду на те, що вага вертольотів змінюється у великому діапазоні, встановлено, що під різні вагові категорії потрібно використовувати різні типи покриттів (починаючи від конструкцій, припіднятих над рівнем землі під легкі та середні вертольоти та закінчуючи цементобетонними покриттями під важкі вертольоти).

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ

2.1. Моделювання одношарового покриття в ПК ЛИРА САПР

В ПК ЛИРА САПР [48, 49] покриття моделювалось у вигляді матриці з 9 плит, між плитами передбачено пружний зв'язок за допомогою штирів (або, у випадку використання плит ПАГ – зварюванням скоб сусідніх плит). Використання однієї плити неприпустимо, оскільки в такому випадку не буде враховано взаємодію між плитами покриття.

Моделювання зв'язку між плитами за допомогою штирів виконувалось за допомогою кінцевих елементів № 55 в ПК ЛИРА САПР. Цей тип кінцевого елемента працює лінійно на розтяг та стиск до «безкінечності» із заданою жорсткістю R . Він використовується для урахування податливості між вузлами моделі покриття, елемент дозволяє спроектувати як лінійну, так і кутову податливість зв'язку відносно осей X , Y та Z в глобальній системі координат (рис. 2.1).

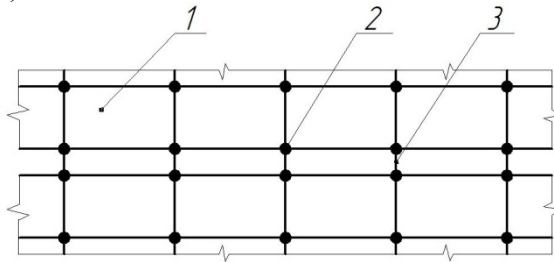


Рис. 2.1. Штирєві з'єднання між плитами покриття в ПК ЛИРА:
1 – скінченний елемент пластина; 2 – вузол; 3 – скінченний елемент
№55 (моделює пружний зв'язок між плитами покриття)

Жорсткість штирєвого з'єднання плит покриття визначається за формулою (2.1) згідно із [86, 87].

$$k = \frac{D}{\xi}, \quad (2.1)$$

де s – крок штирів;

D – коефіцієнт, значення якого обумовлюється зчепленням штиря із бетоном (обумовлює вертикальну жорсткість) та жорсткістю, яка викликана вигином плити. Визначається за формулою

$$D = \frac{1}{\frac{1}{DCI} + \frac{1}{12C}} \quad (2.2)$$

де DCI – взаємодія штиря із бетоном плити покриття. Визначається, виходячи з припущення, що штир являє собою балку на пружній основі за формулою.

$$DCI = \frac{4\beta^3}{2 + \beta w} E_d I_d \quad (2.3)$$

де E_d – модуль Юнга, МПа;

I_d – момент інерції перерізу штиря, м⁴;

w – ширина шва, м;

β – коефіцієнт, який визначається за формулою, м⁻¹

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{Kd}{4E_d I_d}} \quad (2.4)$$

де K – коефіцієнт, який характеризує зчеплення штиря із бетоном покриття, МН/м³;

d – діаметр штиря, м.

Значення коефіцієнта K залежить від способу улаштування штиря, для способу занурення K дорівнює $4,07 \cdot 10^5$ МН/м³ [86].

Змінна C у рівнянні (2.2) визначається за формулою

$$C = \frac{E_d I_d}{w^3 (1 + \phi)} \quad (2.5)$$

де ϕ – коефіцієнт, який визначається за формулою

$$\phi = \frac{12E_d I_d}{G_z A_z w^2} \quad (2.6)$$

де A_z – ефективна площа стержня, приймається на 10 % менша ніж реальна площа стержня, м²

$$A_z = 0,9A_d = 0,9 \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.7)$$

E_d – модуль зсуву стержня, МПа. Визначається за формулою

$$G_d = \frac{E_d}{2(1 + \mu_d)} \quad (2.8)$$

де μ_d – коефіцієнт Пуасона штиря, МПа.

Підставивши значення для параметра ϕ , формула (2.6) та вираз для ефективної поперечної площі арматурного штиря (2.7) у вираз (2.5), отримаємо наступну залежність [87]

$$C = \frac{0,9G_d E_d I_d A_d}{0,9G_d A_d w^3 + 12E_d I_d w} \quad (2.9)$$

Вираз для визначення величини зчеплення штиря із бетоном плити покриття (2.2), із урахуванням виразу (2.9) набуде вигляду [87]

$$D = \frac{1}{\frac{w}{0,9G_d A_d} + \frac{w^3}{12E_d I_d} + \frac{2+\beta w}{4\beta^2 E_d I_d}} \quad (2.10)$$

Із урахуванням виразу (2.10) формула для обчислення жорсткості штирьового з'єднання набуде вигляду

$$k = \frac{1}{s \left(\frac{w}{0,9G_d A_d} + \frac{w^3}{12E_d I_d} + \frac{2+\beta w}{4\beta^2 E_d I_d} \right)} \quad (2.11)$$

Враховуючи те, що по довжині з'єднання плит встановлюється декілька штирів з певним кроком, жорсткість одного штиря визначатиметься за формулою [86, 87]

$$R = \frac{1}{s(n-1) \left(\frac{w}{0,9G_d A_d} + \frac{w^3}{12E_d I_d} + \frac{2+\beta w}{4\beta^2 E_d I_d} \right)} \quad (2.12)$$

де n – кількість вузлів по довжині з'єднання.

Для вузлів, які розташовані на краю плити жорсткість зменшується наполовину.

Такий підхід дозволяє спроектувати передачу навантаження між плитами. В ПК ЛИРА САПР отримане значення використовується як жорсткість кінцевих елементів №55 у вертикальному напрямку, за допомогою яких моделюється зв'язок між плитами.

2.2. Моделювання одношарового покриття в FEAFAA

Програмний комплекс FEAFAA (Finite Element Analysis Federal Aviation Administration), був розроблений департаментом США Airport Technology R&D Branch в якості самостійного інструменту для розрахунку жорстких аеродромних покриттів (та посиленних покриттів) за допомогою методу скінчених елементів [11, 130]. Ця програма використовується для точного визначення

значень напружень, деформацій та відхилень плит жорсткого покриття під дією головної опори конкретного повітряного судна.

Основні особливості FEAFAA [130]:

- покриття моделюється 9-ма плитами, зв'язок між плитами забезпечено введенням металевих штирів;
- в розрахунку може використовуватися до 6 шарів;
- безкінечна модель земляного полотна;
- моделювання центрального та крайового завантаження покриття;
- моделювання та розрахунок шару підсилення;
- розміри плит задаються користувачем;
- гнучка бібліотека повітряних суден.

При розрахунку програма використовує такі препроцесори як: NIKE3D (використовується для скінченна елементного аналізу) та INGRID (генерує скінченна елементну сітку). INGRID отримує вихідні дані безпосередньо від FEAFAA.

Тривимірна модель аеродромного покриття складається з 9 плит розташованих у вигляді матриці 3×3 та поєднаних за допомогою лінійних пружних швів. Дискретні вертикальні елементи (пружини) об'єднують сусідні плити в ключових точках та забезпечують передачу зусилля через шов, номінальне значення міцності становить 100000 фунтів/дюйм на кожен дюйм довжини шва.

Моделювання жорсткого покриття в програмі FEAFAA засновано на таких положеннях:

- основний тип скінченого елемента в FEAFAA – це восьми вузловий шестигранний зв'язний елемент. Модель використовує тільки один тип елемента для всіх структурних шарів. Порівняно із стандартним шестигранним елементом, восьми вузловий елемент має відмінність при роботі на вигин;

- через відмінну роботу на вигин, кожен структурний шар складається з одного елемента по товщині. Використання такого підходу дає можливість точно моделювати покриття використовуючи мінімальну кількість елементів;

- напруження в елементах розраховуються у восьми інтеграційних точках. Для елементів, які переважно піддаються вигину, значення середнього напруження буде близьким до 0. В такому випадку рекомендується використовувати середнє значення напру-

жень в чотирьох інтеграційних точках в розтягнутій зоні та в чотирьох точках в стиснутій зоні;

– в загальному випадку для кожної плити покриття можуть бути визначені дві контактні поверхні. Перша – площина між нижньою поверхнею плити та верхньою поверхнею шару основи, друга – площина між верхньою поверхнею покриття та нижньою поверхнею шару посилення. Якщо шар посилення відсутній, то визначається тільки одна контактна поверхня. При моделюванні вважається, що шари покриття працюють без взаємного ковзання;

– нижній шар скінчених елементів земляного полотна складається з восьми вузлових «безкінечних» елементів. Як і стандартні елементи, безкінечні елементи представляють собою восьми вузлові шестигранники. Однак, безкінечні елементи мають спеціальну функцію відображення яка математично моделює восьми вузлову геометрію в напів безкінечному просторі. Таким чином, FEAFAA моделює жорстку структуру покриття на безкінечній пружній основі;

– безкінечні елементи вимагають додаткового параметру який визначає напрямок безкінечності в одному з шести головних напрямків в локальній системі координат;

– штирєві з'єднання плит моделюються окремими скінченими елементами. Для моделювання використовується елемент у вигляді одно направленої пружини. В загальному випадку сила, яку передає пружина в i -му напрямку визначається за формулою [130]

$$F_i = k\Delta_i, \quad (2.13)$$

де F_i – сила, яку передає пружина в i -му напрямку;

k – жорсткість пружини;

Δ_i – деформація пружини в i -му напрямку.

Вважається, що сила зсуву лінійно пропорційна відносному вертикальному зміщенню між плитами. Шов характеризується таким параметром як еквівалентна жорсткість при зсуві k_{joint} , виражена в одиницях сили по відношенню до вертикального зміщення на одиницю довжини шва.

При моделюванні штирєвих з'єднань вводяться такі дані як: діаметр штирів, крок через який встановлюються штирі, товщина шва між плитами, а також спосіб улаштування з'єднань. Пропонується два способи улаштування з'єднань: у свіжому бетоні (за до-

помогою віброзанурювачів) та їх влаштування у просвердлених отворах.

Вузлова модель використана із метою більш точного урахування явища зсуву при вигині. Принципові відмінності роботи звичайного зв'язного елемента та вузлового елемента показані на рис. 2.2.

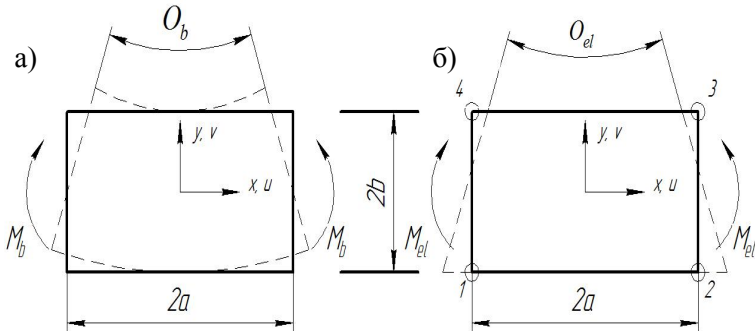


Рис.2.2. Деформація елемента при вигині:

а) звичайний елемент; б) запропонований восьми вузловий елемент

На рис. 2.2 а показана робота елемента (вертикальні та горизонтальні переміщення) при чистому вигині. Очевидно, що деформації зсуву відсутні або близькі до нуля. Однак, коли в розрахунок вводиться чотирьох вузловий елемент в плані (рис. 2 б), то видно, що спостерігаються лише горизонтальні переміщення вузлів. Вертикальні деформації дорівнюють нулю або мають дуже невеликі значення, тож елемент відображає зсув, а не вигин. Так званий хибний зсув і обумовлює жорсткість елемента. Вплив хибного зсуву можна нівелювати введенням рівняння квадратичної моделі деформації. Це рівняння додається до стандартної функції [130]

$$u(\xi, \eta) = \sum_{i=1}^4 N_i(\xi, \eta) u_i + \sum_{i=5}^6 N_i(\xi, \eta) a_i, \quad (2.14)$$

де $N_{1...4}$ – функції пов'язані із стандартною білінійною функцією, яка описує положення вузлів;

$N_{5,6}$ – функції пов'язані із додатковими типами функцій, які описують положення вузлів. Визначаються за формулами:

$$N_5(\xi, \eta) = 1 - \xi^2, \quad (2.15)$$

$$N_6(\xi, \eta) = 1 - \eta^2, \quad (2.16)$$

a_i – представляє кількість ступенів свободи у вузлі, оскільки не може бути пов’язано із жодним вузлом, то вважається, що це «внутрішня» кількість ступенів свободи елемента;

u_i – переміщення вузла.

Використання цих несумісних моделей поведінки дає хороший результат при вигині навіть у випадку коли при моделюванні передбачено лише один елемент по товщині шару. Таким чином, для восьми вузлового зв’язного елемента загальне зміщення вузла можна обчислити як суму його переміщень при двох несумісних моделях поведінки (рис. 2.2 а, б).

$$u = \sum N_i u_i + (1 - \xi^2) a_1 + (1 - \eta^2) a_2 + (1 - \xi^2) a_7, \quad (2.17)$$

$$v = \sum N_i v_i + (1 - \xi^2) a_3 + (1 - \eta^2) a_4 + (1 - \xi^2) a_8, \quad (2.18)$$

$$w = \sum N_i w_i + (1 - \xi^2) a_5 + (1 - \eta^2) a_6 + (1 - \xi^2) a_9. \quad (2.19)$$

де u , v – переміщення плити в горизонтальній площі у напрямку x та y відповідно;

w – вертикальне переміщення у напрямку осі z .

Робота в програмі починається із вибору розрахункового повітряного судна. FEAFAA містить бібліотеку повітряних суден, в якій є більшість з існуючих серійних пасажирських, транспортних та військових повітряних суден. В програмі також передбачена можливість редагування запропонованих конфігурацій шасі та збереження результату в стандартній бібліотеці. Вводиться положення коліс літака, розподілення ваги в відсотках між головною та основними опорами, кількість опор та тиск в пневматиках коліс шасі.

При розрахунку можливо два способи передачі навантаження від колеса на покриття – по площі квадрата та по площі прямокутника. Квадратний відбиток колеса зазвичай використовується при використанні колового навантаження (програма LEAF). Площа прямокутного відбитка колеса визначається за рекомендаціями Асоціації Портландцементу [103, 105] (Portland Cement Association - PCA). Розміри відбитка становлять: $0,8712L \times 0,6L$, де L – довжина еквівалентного еліптичного відбитка колеса, визначається за формулою: $L = (A/0,5227)^{0,5}$. Обґрунтованість використання прямокутної площі відбитка колеса доведена PCA при розробці проектних графіків для жорстких аеродромних покриттів.

Порівнюючи розрахункові комплекси FEAFAA та ПК ЛИРА САПР слід відзначити гнучкість останнього. FAA орієнтована на розрахунок традиційних конструкцій аеродромних покриттів.

Програмний комплекс відзначається легкістю введення інформації та інтегрованою базою характеристик найпоширеніших пасажирських та військових літаків. Однак користувач не має змоги задати для розрахунку покриття довільних розмірів, в базі повітряних суден відсутні характеристики будь-яких вертольотів. До того ж не передбачена можливість урахування положкових опор.

В ПК ЛИРА САПР, змінюючи розміри скінченних елементів, можна розрахувати покриття будь-яких розмірів. Крім цього програмний комплекс дає можливість задати як навантаження від колісних опор, так і від положкових. Саме через це для подальших розрахунків було використано ПК ЛИРА САПР.

2.3. Розрахунок цементобетонного покриття

Для перевірки достовірності результатів розрахунку за допомогою ЛИРА САПР було виконано тестовий розрахунок. Покриття завантажувалась однією головною опорою по центру плити.

Для тестового розрахунку було обрано наступну конструкцію покриття: цементобетонне покриття товщиною 0,2 м, модуль пружності бетону E становить $3,24 \cdot 10^4$ МПа. Розмір плит – 5,0x5,0 м, ширина шва – 6 мм, передача навантаження між плитами здійснюється за допомогою штирів (крок – 0,5 м, діаметр 20 мм, довжина 0,5 м), вертодром розташовано в II дорожньої кліматичній зоні, ґрунт основи – суглинок пілуватий (коефіцієнт постелі становить 40 МН/м^3). Еквівалентний коефіцієнт постелі визначається згідно із [129] та становить для цього випадку $86,5 \text{ МН/м}^3$.

В якості розрахункового вертольоту обрано Мі-8. Навантаження на основну опору становить 5,2 т, тиск в пневматику 0,5 МПа, головна опора одноколійна. Радіус відбитку колеса становить 0,199 м. При розрахунку покриття на вплив вертольоту Мі-26 його товщину було збільшено до 0,3 м [77, 125, 127].

Для контролю розрахунку в ПК ЛИРА були виконані обчислення за наступними залежностями табл. 2.1

Таблиця 2.1

Розрахункові залежності для визначення згинального моменту в плиті покриття

| № з/п | Назва | Розрахункова залежність |
|-------|---|--|
| 1 | Вітчизняна методика розрахунку [129] | $m_{с,мак} = f(\alpha)F_d$ |
| 2 | Навантаження розподілене по колу, розташовується по центру плити | $M = \frac{3F_d(1 + \mu)}{12\pi} \left[\ln\left(\frac{2l}{R_e}\right) + 0,5 - \gamma \right]$ |
| 3 | За формулою [80] | $\frac{F_d}{4\pi} (1 + \mu) \left[\ln\left(\frac{l}{R_e}\right) + 0,616 \right]$ |
| 4 | За формулою [80], навантаження розподілене за площею скінченного елемента | $\frac{F_d}{4\pi} (1 + \mu) \left[\ln\left(\frac{l}{a}\right) + 1,177 \right]$ |

де μ – коефіцієнт Пуассона,

F_d – розрахункове навантаження на колесо, кН;

l – пружна характеристика;

R_e – радіус відбитка колеса, м;

a – сторона скінченного елемента, м.

Результати розрахунку за умови центрального завантаження плити покриття однією опорою вертольоту наведено в табл. 2.2

Таблиця 2.2

Результати тестового розрахунку покриття (Mi-8)

| № з/п | Розрахункова залежність | Значення згинального моменту | Похибка у порівнянні із ПК ЛИРА, % |
|-------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | За вітчизняною методикою | 10,98 | 2,46 |
| 2 | За формулою Вестергарда | 10,969 | 2,36 |

Продовження таблиці 2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|--------|------|
| 3 | За формулою [80] | 10,97 | 2,37 |
| 4 | За формулою [80] для навантаження розподіленого за площею скінченного елемента | 10,948 | 2,17 |
| 5 | Результат в ПК ЛИРА | 10,71 | 0,00 |

Максимальне розходження результатів розрахунку із допомогою ПК ЛИРА САПР та наведеними залежностями становить 2,46 %, що свідчить про точність моделювання завантаження покриття. Схема розбиття плити покриття (для тестового розрахунку) на скінченні елементи наведено на рис. 2.3.

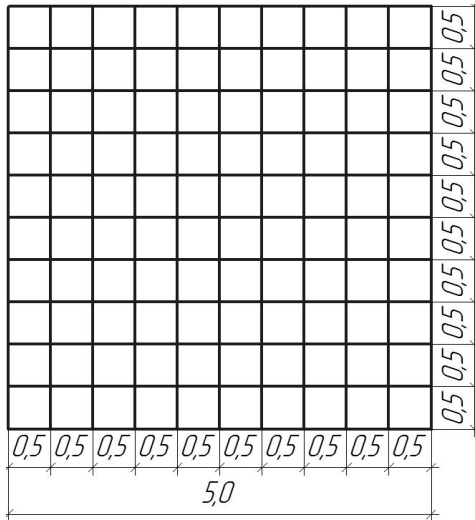


Рис. 2.3. Схема розбиття плити покриття на скінченні елементи (м)

Результати тестового розрахунку цементобетонного покриття показано у вигляді мозаїки згинальних моментів на рис. 2.4.

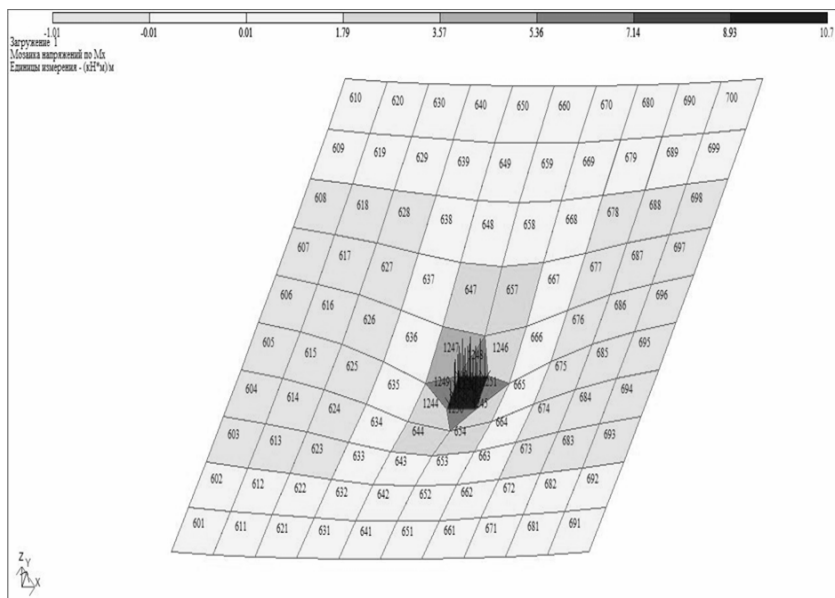


Рис. 2.4. Мозаїка напружень при центральному завантаженні плити покриття однією опорою вертольоту Мі-8

Для подальшого дослідження впливу опор вертольотів на жорстке покриття були використані вертольоти Мі-26, Мі-38, AgustaAW-139 та EC 155B1 (полозкове шасі). У зв'язку із порівняно невеликим навантаженням на опору використовувалось лише одношарове покриття.

При визначенні внутрішніх зусиль в плитах покриття моделювалось два випадки навантаження. Опори вертольоту зміщувались до краю покриття, у другому випадку, обчислювались внутрішні зусилля від дії центрального завантаження. Оскільки нормативна методика не дає можливості врахувати вплив всіх опор одночасно, розрахунок виконувався тільки в ПК ЛИРА.

Граничний момент для покриття визначається за формулою

$$m_u = \gamma_c R_{btb} \frac{t^2}{6} k_u \quad (2.20)$$

де m_u – граничний момент, кН·м/м;

γ_c – коефіцієнт умов роботи покриття;

R_{btb} – розрахунковий опір бетону розтягу при згині, МПа;

t – товщина покриття, м;

k_u – коефіцієнт, який враховує кількість прикладення навантажень.

Для цементобетонного покриття товщиною 20 см значення граничного моменту становить 27,44 кН·м/м, для 30-сантиметрового покриття $m_u = 57,88$ кН·м/м. Результати розрахунку наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Результати розрахунку покриття

| Тип вертольота | Цементобетонне покриття, кН·м/м | | Покриття з ПАГ, кН·м/м | |
|----------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| | Центральне завантаження | Крайове завантаження | Центральне завантаження | Крайове завантаження |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ЕС-155В1 | 0,795 | 1,23 | 0,651 | 0,738 |
| AW-139 | 5,07 | 4,95 | 4,11 | 4,95 |
| Мі-38 | 10,70 | 10,20 | 8,17 | 8,33 |
| Мі-26 | 36,2 | 48,8 | 23,81 | 28,90 |

Запас міцності для покриття визначався як відношення граничного згинального моменту до отриманих максимальних значень моментів.

Для монолітного цементобетонного покриття запас міцності становить відповідно: для ЕС-155В1 – 22,31; AW-139 – 5,41; Мі-38 – 2,57; Мі-26 – 1,19. У випадку використання плит ПАГ-14 запас міцності становитиме: для ЕС-155В1 – 29,74; AW-139 – 4,43; Мі-38 – 2,64. Для вертольоту Мі-26 використовувались плити ПАГ-18, запас міцності в цьому випадку становить 1,26. Виходячи з отриманих результатів можна стверджувати, що цементобетонні покриття доцільно використовувати для категорії важких вертольотів, для інших вагових груп використання типових цементобетонних покриттів веде до нераціонального використання ресурсів матеріалу.

2.4. Тимчасові покриття з металевих плит

Окрім традиційної конструкції покриття слід виділити металеві покриття [44, 51], які можуть бути використані для улаштування покриття на тимчасових вертодромах в період бездоріжжя або у випадку базування вертодрому в болотистій місцевості. Як правило, металеві покриття укладають безпосередньо на підготовлену природну основу.

Металеві покриття відносяться до типу збірно-розбірних покриттів, вони збираються з окремих металевих плит, які скріплюються між собою спеціальними замковими з'єднаннями. Тимчасові збірно-розбірні покриття споруджуються збиранням окремих елементів, які були попередньо заготовлені на стороні. Беззаперечною перевагою цих покриттів є можливість спорудження в короткі строки ЗПС, РД, МС з міцною поверхнею і достатньо малим опором руху коліс. Завдяки невеликій вазі плити, вони легко збираються, легко упаковуються в зв'язки і пачки, що забезпечує їх добру транспортабельність та легкість укладання, рис. 2.5.

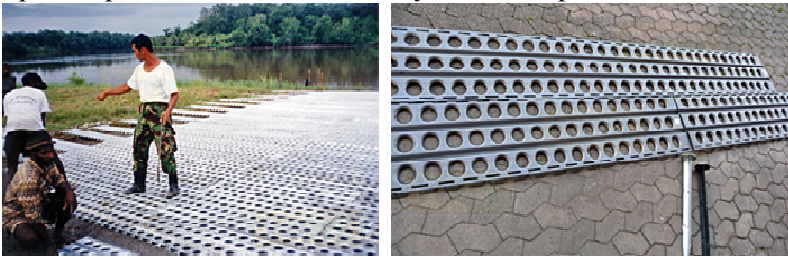


Рис. 2.5. Укладання та загальний вигляд плит PSP

В поперечному напрямку для поєднання плит використовуються спеціальні торцеві планки.

Основна причина з якої використання подібних покриттів суттєво знизилось в наші дні криється в тому, що досі не виконувався аналіз деформовано-напруженого стану плит під навантаженням. Через це при використанні таких покриттів спостерігалась велика кількість пошкоджень. Окрім того, що при пошкодженнях на поверхні покриття з'являлись ями, виправити ситуацію можна було лише за допомогою зварювального апарату [51].

В наш час доволі популярними є плити типу К-1Д із наскрізними отворами. Схеми поєднання цих плит в поздовжньому та поперечному напрямку наведено на рис. 2.6.

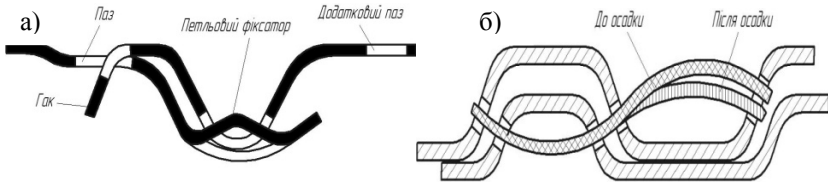


Рис. 2.6. Стики плит: а) поздовжній; б) поперечний

Для зазначених покриттів можуть бути використані гнучкі оболонки з композитних матеріалів, які працюють спільно з ґрунтовою основою і відрізняються наявністю значних прогинів і деформацій. Розрахунок на міцність таких покриттів пов'язаний з дослідженням процесу нелінійного деформування тонких мембранних оболонок на пружній основі з урахуванням одnobічних зв'язків.

Гіпотеза Вінклера замінює реальне пружне тіло (основу) низкою не пов'язаних між собою пружин – пружно-податливих стержнів [55]. Вважаючи реакцію основи пропорційною прогину, знайдемо, що розподілена безперервним чином за площею мембрани реакція визначається за формулою

$$q = -cv, \quad (2.21)$$

де c – коефіцієнт пропорційності системи;

v – прогин у даній точці за нормаллю до оболонки.

Спрощена математична модель пружної основи досить добре відображає властивості ґрунту, який і не може вважатися пружним тілом: зв'язність між його частинками набагато менша, ніж у суцільному пружному тілі.

В якості пружини, яка впливає на дану точку і дискретну область мембранної оболонки, приймаємо призматичний стержень заввишки з товщину деформованого шару $h(x)$, яка враховується, і площею поперечного перерізу $F(s)$. Тоді величина коефіцієнта пропорційності реакції основи може бути визначена за формулою [55]

$$c = -\frac{E_{(0)}F(s)}{h(x^\alpha)}, \quad (2.22)$$

або, в окремому випадку, для області поширення деформацій (тиску) в ґрунті основи у вигляді півкола:

$$c = -\frac{2\sqrt{2}}{b}E_{(0)}F(s), \quad (2.23)$$

де b – напів прогін мембранної оболонки.

Величину $E_0/h(x^\alpha)$ прийнято називати коефіцієнтом постелі або модулем основи. Цей коефіцієнт має розмірність кгс/см³. Реакція основи визначається за формулою:

$$q = -\frac{2\sqrt{2}}{b}E_{(0)}F(s)\upsilon. \quad (2.24)$$

Враховуючи приєднання пружини основи за нормаллю до деформованої поверхні мембрани, реакція основи при розкладенні нормалі n у базисі визначається компонентами у глобальному базисі за формулами [55]:

$$Q'_{(0)} = -\frac{2\sqrt{2}}{b}(E_{(0)}F(s))_{(N)}n^{i'}_{(N)}\upsilon, \quad (2.25)$$

$$Q'_{(0)} = -F_N^{(0)}n^{i'}_{(N)}\beta\upsilon, \quad (2.26)$$

де $n^{i'}_{(N)}$ – компоненти вектору одиничної нормалі до поверхні оболонки у вузлі N.

Прогін оболонки за нормаллю через вузлові переміщення визначається як скалярний добуток:

$$\upsilon = u_{(M)} \cdot n_{(M)} = u_{(M)}^{k'} n_{(M)}^{k'}. \quad (2.27)$$

З урахуванням формули 2.27 маємо:

$$Q'_{(0)} = -F_{(N)}^{(0)}n_{(N)}^{i'}n_{(M)}^{k'}u_{(M)}^{k'}. \quad (2.28)$$

Після неявного інтегрування отримаємо наступні рекурентні формули для оболонки на пружній основі:

$$\begin{aligned}
& \left[K_{(NL)}^{i'j'(n)} + \frac{c_{(N)}^{(n)} n_{(N)}^{(i')} n_{(M)}^{(j')}}{\delta^{i'j'} \delta_{(NL)}} \right] \Delta \left\{ u_{i+l}^{j'(n+l)} \right\} = \\
& = \left\{ Q_{(N)}(u_i^{i'(n+l)}) \right\} - \left\{ R_{(N)}(u_i^{i'(n+l)}) \right\} - \underline{Q}_{(N)(0)}^{i'}; \\
& \left\{ u_{i+l}^{i'(n+l)} \right\} = \left\{ u_i^{i'(n+l)} \right\} + \Delta \left\{ u_{i+l}^{i'(n+l)} \right\},
\end{aligned} \tag{2.29}$$

де $n_{(N)}^{i'}$ – компоненти вектора одиничної нормалі у вузлах оболонки;

$c_{(N)}^{(n)}$ – приведений коефіцієнт пропорційності реакції основи;

$Q_{(N)(0)}^{i'}$ – компоненти реакцій основи.

Підкреслені члени у формулі 2.29 зумовлюють вплив основи при взаємодії з оболонкою [55].

При розв'язуванні задач нелінійного деформування оболонки на пружній основі з контактними або зосередженими впливами необхідно враховувати одноосний напружений стан мембранної оболонки. Для задачі, що розглядається, необхідно виконувати аналіз однобічних зв'язків у тангенціальній площині моделі оболонки та за напрямом переміщень за нормаллю, що зумовлює суттєву нелінійність поведінки оболонки у процесі деформування [83].

Для перевірки достовірності розробленої методики [107] розв'язувалася модельна задача взаємодії мембранної оболонки на пружній основі з жорстким плоским штампом круглої форми у плані. Розрахункова схема оболонки на пружній основі при взаємодії зі штампом наведена на рис.2.7 а. Діаметр штампа складає 358 мм. Максимальний зсув штампа доводився до 50 мм. Розміри сіткової області скінченна елементної моделі оболонки складають 2×13×17, що відповідає системі із 442 нелінійних рівнянь. Край оболонки навантажений рівномірно-розподіленими силами величиною 150 кг/м², що моделює анкетування мембранної оболонки у пружній основі. В якості матеріалу оболонки використовується полімер завтовшки 12,6 мм, модуль пружності якого $E = 3600$ кгс/см². Модуль пружності основи прийнятий $E_{(0)} = 25$ кгс/см², коефіцієнт пропорційності реакції основи визначається за формулою 2.24. На рис. 2.8 б наведений графік залежності змінювання реакції основи від зсуву штампа.

Встановлено середнє значення коефіцієнта пропорційності реакції основи з модулем $E_{(0)}=25 \text{ кгс/см}^2$ як величину тангенса нахилу дотичної (див. пунктирну лінію на рис. 2.7 б до кривої залежності реакції штампа від зсуву).

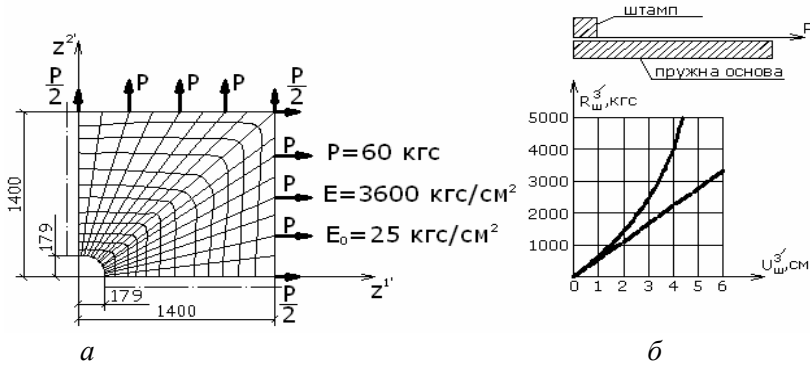


Рис. 2.7. Розрахункова схема і результати розв’язування задачі взаємодії тонкої оболонки на пружній основі з жорстким штампом: а – розрахункова схема оболонки на пружній основі при взаємодії зі штампом; б – графік залежності змінювання реакції основи від зсуву штампа

Розроблена методика та результати чисельних експериментів на модельних задачах з визначення параметрів для функції реакції основи дозволяють поширити цю методику на обчислювальний комплекс для проведення розрахунків на міцність реального покриття злітно-посадової смуги з урахуванням значень коефіцієнта постелі реальної ґрунтової основи злітної смуги.

Представимо нескінченно малий елемент мембрани, на поверхні якої діє рівномірно – розподілене навантаження інтенсивністю $p = p(x, y)$ (рис. 2.8).

Покажемо напруження в точках k і k_1 перерізів паралельних площинам YZ і XZ відповідно. Точки k і k_1 розташовані на відстані z від серединної площини мембрани. Для кожного дотичного напруження перший індекс відповідає напрямленню нормалі до перерізу, по якому діє напруження, а другий індекс вказує на напрямок дії напруження. Відповідно закону парності дотичних напружень $\tau_{xy} = \tau_{yx}$. Розглядаємо дію навантаження, яке нормальне до серединної площини. Тому рівнодіючі всіх зусиль, які визначаються напруженнями σ_x , σ_y і τ_{xy} рівні нулю і відповідні зусилля, які обчислю-

ються за цими напруженнями, приводяться тільки до моментів. Напруження σ_x зводиться до моменту M_x а напруження σ_y – до моменту M_y (рис. 2.9). Всі зусилля (і моменти) обчислюємо як результуючі напружень на одиницю довжини.

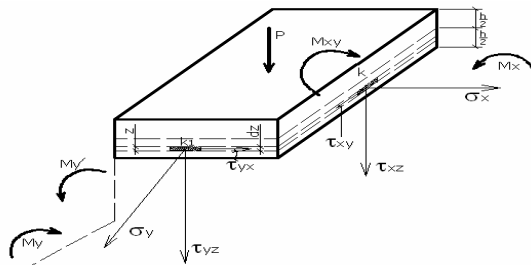


Рис.2.9. Нескінченно малий елемент мембрани

Напруження σ_x, σ_y дадуть згинальні моменти [55]:

$$M_x = \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \sigma_x z dz; \quad M_y = \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \sigma_y z dz; \quad (2.30)$$

Момент M_x діє в площині XZ , а момент M_y – в площині YZ . Напруження τ_{xy} і τ_{yx} приводяться до крутних моментів, які визначаються за формулою

$$M_{xy} = M_{yx} = \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \tau_{xy} z dz; \quad (2.31)$$

Крутний момент M_{xy} діє в площині ZY . Вертикальні дотичні напруження τ_{xz}, τ_{yz} дадуть поперечні зусилля:

$$Q_x = \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \tau_{xz} dz, \quad Q_y = \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \tau_{yz} dz; \quad (2.32)$$

На рис. 2.10 представлений виділений елемент – елемент мембрани $d_x \times d_y$, і показані позитивні напрямлення зусиль $Q_x, Q_y, M_x, M_y, M_{yx}, M_{xy}$.

Проектуючи всі сили, прикладені до елемента мембрани на вертикальну вісь Z отримаємо за умовою рівноваги

$$p dx dy + \frac{\partial Q_x}{\partial x} dx dy + \frac{\partial Q_y}{\partial y} dy dx = 0, \quad (2.33)$$

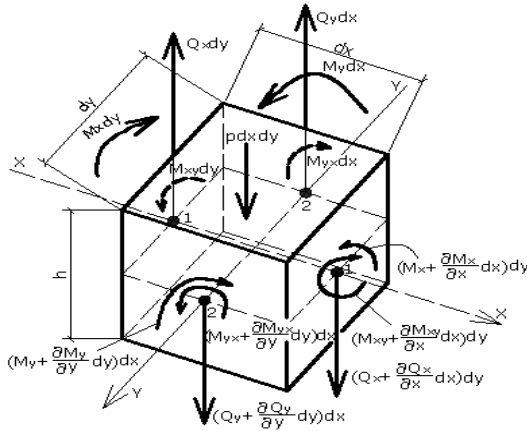


Рис. 2.10. Виділений елемент мембрани з показом всіх компонентів зусиль

Складаючи умови рівноваги в формі суми моментів відносно осей 1 і 2, паралельних осям X і Y, отримуємо:

$$\left(\frac{\partial M_{xy}}{\partial x} dx \right) dy + \left(\frac{\partial M_y}{\partial y} dy \right) dx - (Q_y dx) dy - \left(\frac{\partial Q_y}{\partial y} dy dx \right) \frac{dy}{2} = 0. \quad (2.34)$$

$$\left(\frac{\partial M_{yx}}{\partial y} dy \right) dx + \left(\frac{\partial M_x}{\partial x} dx \right) dy - (Q_x dy) dx - \left(\frac{\partial Q_x}{\partial x} dx dy \right) \frac{dx}{2} = 0. \quad (2.35)$$

Нехтуючи малими другого порядку і маючи на увазі, що $M_{yx} = M_{xy}$, отримаємо замість 2.34 та 2.35:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial M_y}{\partial y} - Q_y &= 0; \\ \frac{\partial M_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial M_x}{\partial x} - Q_x &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.36)$$

Звідси виразимо Q_y і Q_x

$$\left. \begin{aligned} Q_y &= \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial M_y}{\partial y}; \\ Q_x &= \frac{\partial M_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial M_x}{\partial x}. \end{aligned} \right\} \quad (2.37)$$

Вносимо вирази Q_y і Q_x в умову рівноваги отримуємо:

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = -p; \quad (2.38)$$

Для визначення трьох моментів M_x , M_y і M_{xy} одного рівняння (2.38) недостатньо і для вирішення задачі необхідно розглянути деформації мембрани, виразивши моменти через другі похідні від прогину. Це дасть можливість оцінити напружено-деформований стан металевої пластини.

2.5. Диференційне рівняння вигнутої поверхні мембрани

Для тонких пластинок вводимо наступні припущення [55]:

1. Вважаємо, що всі точки пластини, які лежать одна навпроти одної по вертикалі, отримують однаковий прогин, який не залежить від координати z , тобто $w = w(x, y)$. Взаємним стисненням шарів мембрани нехтуємо.

2. Нормалі до серединної площини мембрани ($c-c$) залишаються після деформації перпендикулярними до викривленої поверхні (рис. 2.11).

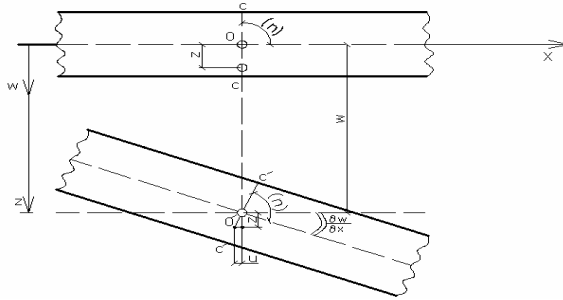


Рис. 2.11. Фрагмент мембрани до і після деформації

3. Нехтуємо нормальним напруженням σ_z порівняно із σ_x і σ_y . Тому відносні деформації ε_x і ε_y записуємо у формі

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\sigma_y); \\ \varepsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_x), \end{aligned} \right\} \quad (2.39)$$

де ν – коефіцієнт Пуассона.

Вирішуючи рівняння (2.29) і (2.28) відносно напружень, отримуємо

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \nu \frac{\partial v}{\partial y} \right); \\ \sigma_y &= \frac{E}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \nu \frac{\partial u}{\partial x} \right); \\ \tau_{xy} &= \frac{E}{2(1+\nu)} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right). \end{aligned} \right\} \quad (2.40)$$

Користуючись 1-м і 2-м припущеннями, виразимо переміщення v та u через w та координату z . З рис. 2.11 можна записати:

$$u = -z \frac{\partial w}{\partial x}, \quad v = -z \frac{\partial w}{\partial y}. \quad (2.41)$$

Вносячи ці вирази в формули (2.30), отримуємо наступні остаточні співвідношення між напруженнями і прогином пластинки

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= -\frac{Ez}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right); \\ \sigma_y &= -\frac{Ez}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right); \\ \tau_{xy} &= -2Gz \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = -\frac{Ez}{1+\nu} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \end{aligned} \right\} \quad (2.42)$$

В останнє співвідношення підставлено вираження G через E . Після перетворень вирази для визначення моментів M_x , M_y і M_{xy} набудуть вигляду:

$$\left. \begin{aligned} M_x &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right); \\ M_y &= -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right); \\ M_{xy} &= -(1-\nu)D \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}, \end{aligned} \right\} \quad (2.43)$$

Жорсткість мембрани визначається за формулою

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}. \quad (2.44)$$

Вирази для визначення поперечних сил набудуть вигляду

$$\left. \begin{aligned} Q_x &= -D \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = -D \frac{\partial}{\partial x} (\Delta w); \\ Q_y &= -D \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) = -D \frac{\partial}{\partial y} (\Delta w), \end{aligned} \right\} \quad (2.45)$$

де Δw – лінійний диференціальний оператор з частковими похідними другого порядку

$$\Delta w = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}. \quad (2.46)$$

Таким чином, всі зусилля виражені через похідні від прогину пластинки w . Диференціальне рівняння зігнутої поверхні мембрани матиме вигляд

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \Delta \Delta w = \frac{p}{D}. \quad (2.47)$$

Це і є відоме диференціальне рівняння зігнутої серединної поверхні мембрани, яке отримане Софі Жермен. Спрощено воно виглядатиме так

$$\Delta \Delta w = \frac{p}{D}, \quad (2.48)$$

де в лівій частині маємо бігармонічний оператор над w .

Застосовуючи рівняння (2.48), ми стикаємося з труднощами в знаходженні відповідного рішення, яке повинне задовольняти умовам закріплення пластинки по краям, так званим крайовим умовам [55]. Для вирішення цієї проблеми необхідні натурні експерименти із завантаженням металевого покриття вертолітною опорою, суто аналітичних методів в цьому випадку недостатньо.

2.6. Висновки за розділом 2

1. Для моделювання покриття використовувався програмний комплекс ПК ЛИРА САПР. Це дозволило врахувати вплив на покриття колісних опор вертольоту, також враховувався вплив полозкових опор.

2. Було виконано чисельне моделювання та розрахунок вертодромних покриттів з традиційних матеріалів (монолітні цементобетонні та збірні покриття з плит ПАГ) на вплив всіх опор вертольоту. Отримано такі результати: для монолітного покриття максимальні згинальні моменти становлять 1,23 кН·м/м (ЕС 155В1), 4,95 кН·м/м (АВ-139), 10,20 кН·м/м (Мі-38), 48,8 кН·м/м (Мі-26), для збірного покриття з ПАГ величини внутрішніх зусиль становлять 0,738 кН·м/м (ЕС 155В1); 4,95 кН·м/м (АВ-139); 8,33 кН·м/м (Мі-38); 28,90 кН·м/м (Мі-26). Небезпечним є крайове завантаження покриття.

3. Встановлено, що використання цементобетонного покриття приводить до завищеного запасу міцності. Для монолітного по-

криття коефіцієнт запасу міцності покриття становить для ЕС-155В1 – 22,31; АW-139 – 5,41; Мі-38 – 2,57; Мі-26 – 1,19. Для збір-ного покриття запас міцності дорівнює для ЕС-155В1 – 29,74; АW-139 – 4,43; Мі-38 – 2,64; Мі-26 – 1,26. Для обох типів покриття коефіцієнт запасу міцності завищений. Враховуючи ці дані, цементобетонні покриття можна рекомендувати лише для категорії важких вертольотів.

4. Встановлено, що для тимчасових вертолітних майданчиків можна використовувати металеві плити в якості покриття. Наведено залежності, що описують напружено-деформований стан металевої плити під вертолітним навантаженням. Це дає можливість дослідити поведінку плит покриття під навантаженням. В подальшому наведені залежності можуть бути використані при проектуванні мобільних покриттів під військову авіацію.

РОЗДІЛ 3.

ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТОДРОМНИХ МАЙДАНЧИКІВ, ПРИПІДНЯТИХ НАД РІВНЕМ ЗЕМЛІ

3.1. Вимоги до вертолітних майданчиків, припіднятих над рівнем землі

Посадочні майданчики розташовані над рівнем землі можна розділити на такі групи:

- майданчики, які розташовані на рівні даху будівлі;
- посадочні майданчики, які спираються на колони та ферми, які передають навантаження на несучі колони та стіни будівлі;
- майданчики, які піднімаються над рівнем землі на невелику висоту через особливості рельєфу або імовірність короткочасного підтоплення території [74].

В залежності від типу розрахункового вертольоту та ступеня капітальності вертодрому різняться і матеріали, з яких виконується саме покриття майданчика. Наприклад, для майданчиків, розташованих на рівні даху будівлі використовується традиційна конструкція покриття. Але для різнорівневих дахів будівель використовують посадочні майданчики, які спираються на несучі колони та стіни будівлі.

Виходячи з конструктивних особливостей припіднятих майданчиків можна сформулювати основні вимоги до них [45, 52]:

- 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 [58].

3.2. Конструкція вертолітного майданчика припіднятого над землею поверхнею

У випадку необхідності влаштування тимчасового вертолітного майданчика у віддаленій місцевості використання традиційного цементобетонного матеріалу для покриття може бути надмірно ускладненим. Окрім цього, жорстке покриття не може бути демонтоване після того, як посадковий майданчик перестане бути необхідним. З огляду на це доцільно використовувати збірно-розбірні (мобільні) покриття. На ефективність альтернативних типів покриттів вказують і невеликі габарити злітно-посадкових майданчиків. Згідно із [122] для припіднятих майданчиків розміри зони кінцевого етапу заходу на посадку та зльоту (FATO) і зони приземлення та відриву (TLOF) співпадають. Розміри зони визначаються діаметром головного гвинта найбільшого вертольоту, який буде експлуатуватися:

- у випадку, якщо вага вертольоту перевищує 3175 кг, то мінімальний розмір зон становитиме 1D несучого гвинта;
- при вазі вертольоту менше 3175 кг, мінімальний розмір становитиме 0,83D несучого гвинта.

З огляду на швидкість монтажу та ефективність використання матеріалу найбільш доцільним варіантом є конструкція вертолітного майданчика у вигляді балочної кліті. Оскільки обмеження по будівельній висоті відсутні, то сполучення головних балок та балок настилу можна передбачити поперковим. Це значно спрощує будівельний процес та пришвидшує будівництво в цілому [61, 62].

Покриття майданчика представляє собою сталеві або алюмінієві листи, які настиляються поверх балок настилу та прикріплюються до них, щоб унеможливити зсув при навантаженні.

З огляду на невелику вагу в якості настилу вертолітного майданчика пропонується використовувати алюмінієві плити. На рис. 3.1 показано вид мобільного вертолітного майданчика в плані.

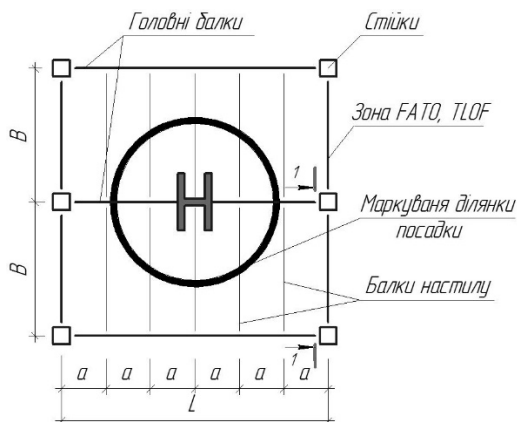


Рис. 3.1. Загальний вигляд балочної кліти (вид в плані)

При розрахунку елементів конструкції майданчика навантаження, яке передається через опори вертольоту слід збільшити на 50%. Це дозволить змоделювати умови жорсткої посадки вертольоту (посадка із 1 непрацюючим двигуном або в жорстких метеумовах, рис. 3.2).

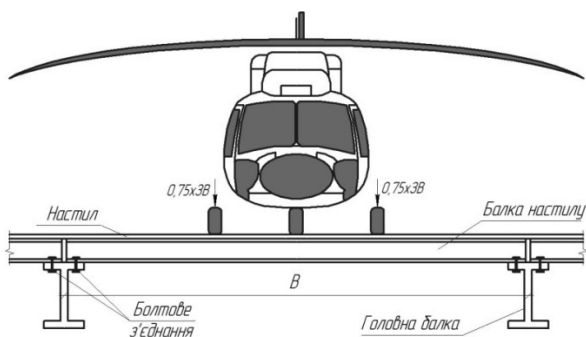


Рис. 3.2. Поперечний переріз вертолітного майданчика

В якості головних балок та балок настилу використовується двотавр із базальто-пластикового композитного матеріалу. У порівнянні із іншими матеріалами він володіє низкою переваг. Порівняльні характеристики базальто-пластикового композиту та інших будівельних матеріалів наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристики склопластикового композиту

| Характеристика | Склопластик | ПВХ | Дерево | Алюмінієві сплави | Нержавіюча сталь |
|--|-------------|----------|---------|-------------------|------------------|
| Щільність, кг/м ³ | 1,6-1,9 | 1,3-1,43 | 0,3-0,7 | 2,7 | 7,7-7,9 |
| Модуль пружності, МПа | 17-22 | 2,0-2,7 | 7-12 | 70 | 210 |
| Межа міцності, МПа | 170-227 | 4-7 | 130 | 100 | 200-226 |
| Коефіцієнт лінійного термічного розширення, Вт/К·м | <0,46 | 50 | 2,7-5 | 19,6-26,9 | 11,9-15 |

Для головних балок використовувався двотавр №25, для балок настилу – № 18.

Однією з головних переваг склопластикового композиту є невелика вага. Завдяки цьому навіть невеликий вертоліт може доставити будівельний матеріал на місце майбутнього майданчика.

3.3. Моделювання вертолітного майданчика у вигляді балочної кліті, припіднятій над рівнем земної поверхні

Традиційний спосіб розрахунку та проектування ребристих конструкцій передбачає збір навантаження з плити покриття, розрахунок другорядних балок та передачу навантаження на головні балки.

На перший погляд при моделюванні конструкції вертолітного майданчика у вигляді балочної кліті не повинно виникати жодних проблем. Достатньо лише передбачити розташування базових точок кінцева-елементної сітки плити по лініях балок та задати навантаження на саму плиту. Основні складності пов'язані із стиковою елементів різної мірності в скінченна-елементній моделі, а головне питання полягає в тому, як призначити жорсткість балки.

Існує декілька варіантів моделювання:

- із введенням стержнів в скінченна-елементну модель плити (вузли якої розташовуються на серединній поверхні), рис. 3.3 б;
- в схему, зображену на рис. 3.3 б, можливе введення балки таврового перерізу (ширина полки повинна становити 6 – 15 товщин плити покриття). До недоліків такого способу моделювання можна віднести те, що робота плити враховується двічі, але це припустимо оскільки полка балки моделює мембранну групу зусиль, а кінцеві елементи плити – згинальну групу зусиль, рис. 3.3 в;
- допускається введення абсолютно жорстких вставок. В цьому випадку стержні підвішуються до вузлів скінченна-елементної моделі плити за допомогою жорстких вставок, рис. 3.3 г.

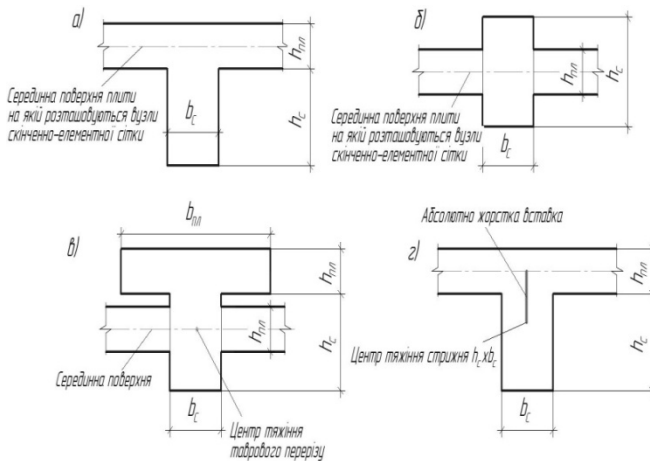


Рис. 3.3. Способи моделювання ребристих конструкцій:
 а) при традиційному розрахунку; б) із введенням стержнів;
 в) із використанням таврового перерізу;
 г) із використанням абсолютно жорстких вставок

Моделювання за останнім способом теж дозволяє доволі точно визначити внутрішні зусилля в елементах конструкції, хоча і занижує результат на 5-7%. У порівнянні з іншими варіантами моделювання використання такого підходу збільшує кількість ступенів свободи до 5. Це пов'язано із тим, що скінченні елементи плити окрім згину також підлягають впливу мембранної групи зусиль [35]. Стержневий елемент до того ж піддається впливу нормальної сили.

При моделюванні конструкції вертолітного майданчику в ПК ЛИРА САПР сполучення головних балок, балок настилу та плит покриття виглядатиме наступним чином, рис. 3.4.

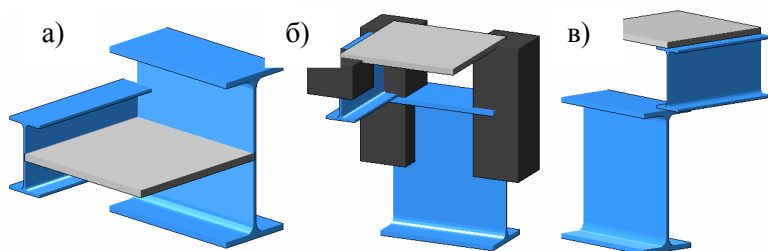


Рис. 3.4. Сполучення головних балок, балок настилу та плит покриття: а) із використанням стержнів; б) із жорсткими вставками; в) із використанням таврового перерізу

Для тестового розрахунку використовувалась головна опора вертольоту AW-139 (навантаження на неї становить 25,6 кН). При моделюванні вертолітного майданчика використовувались всі способи наведені на рис. 3.5. Опора розміщувалась по центру вертолітного майданчика.

В якості розрахункового використовувався вертоліт AgustaAW 139. При розрахунку досліджувався силовий вплив опор вертольоту при декількох різних його положеннях на вертолітному майданчику. В якості критеріїв виступали: міцність головної балки, міцність балки настилу, плит покриття та жорсткість запропонованої конструкції (максимальний прогин).

Максимальний згинальний момент в головній балці виникає при симетричному розташуванні опор вертольоту безпосередньо над головною балкою, епюру згинальних моментів наведено на рис. 3.6.

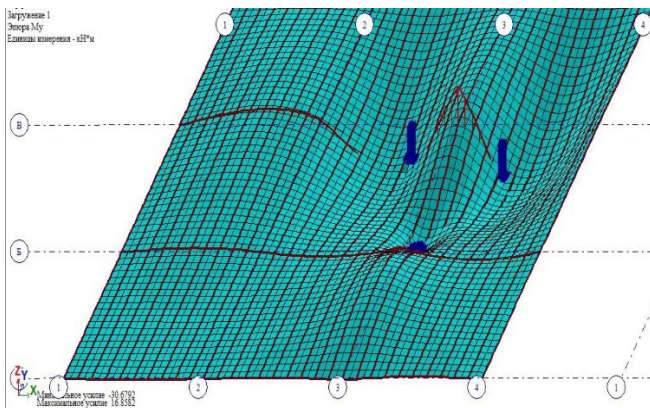


Рис. 3.5. Схема завантаження та конструкція в деформованому вигляді

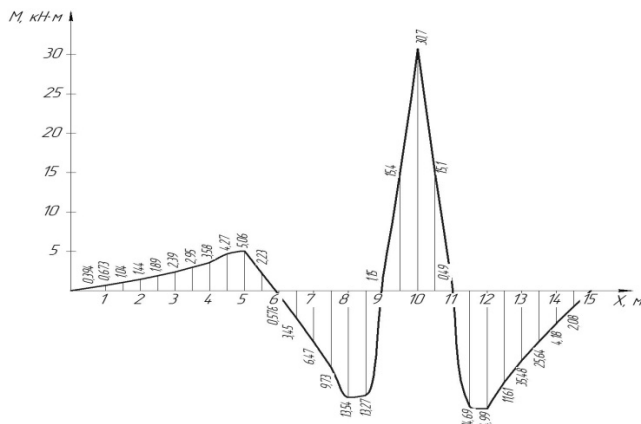


Рис. 3.6. Епюра згинальних моментів в головній балці

З представленою графіку видно, що максимальний згинальний момент не перевищує 30,7 кН·м. Небезпечний переріз розташовується над стійкою. Небезпечним є положення вертолітних опор над головною балкою, симетрично відносно опорної стійки. В прольотах згинальні моменти зменшуються до 13,54 та 14,99 кН·м.

Максимальний згинальний момент для в балках настилу виникає при завантаженні вертолітного майданчика, яке зображено на рис. 3.7 та 3.8.

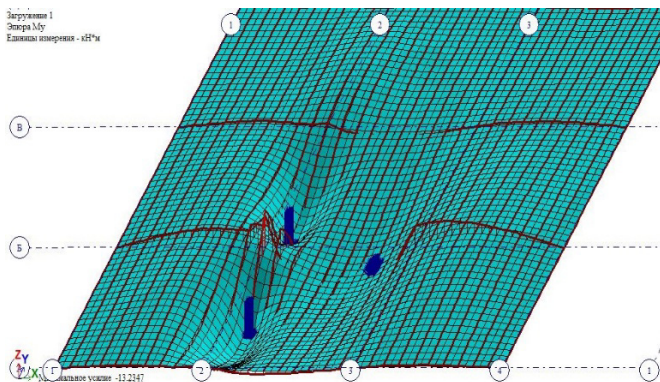


Рис. 3.7. Схема завантаження та конструкція в деформованому вигляді

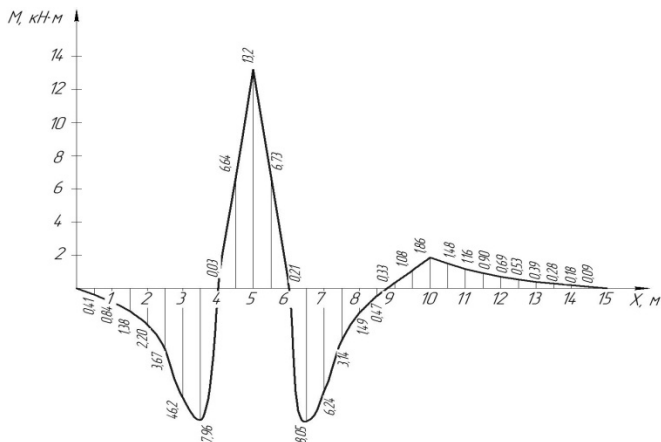


Рис. 3.8. Максимальний згинальний момент в балці настилу:
а) схема завантаження; б) еюра згинальних моментів

Наведені еюри відповідають динамічному завантаженню. При нормальній посадці вертольоту, внутрішні зусилля та прогини зменшуються на 40-50%. З графіку очевидно, що найбільш небезпечним є симетричне положення вертолітних опор над балкою настилу відносно стійки. Максимальний згинальний момент становить 13,2 кН·м.

3.3. Перевірка на міцність та жорсткість

При розрахунку основним критерієм виступали такі параметри як:

- міцність головної балки;
- міцність балок настилу;
- міцність плит покриття із алюмінієвих сплавів;
- максимальний прогин конструкції.

Згідно із виконаними розрахунками максимальний згинальний момент в головній балці вертолітного майданчика при найбільш не вигідному розташуванні вертольоту становить 32,64 кН·м. Для головної балки використовувався двотавр №24 для якого момент інерції дорівнює 3533,99 см⁴, момент опору – 294,50 см³.

Максимальне напруження в головній балці становить

$$\sigma_{г.б.} = \frac{M}{W} = \frac{32,64 \cdot 10^{-3}}{294,5 \cdot 10^{-6}} = 110,83 \text{ МПа.}$$

Для склопластику міцність у напрямку вздовж волокон становить 170-227 МПа, тож міцність головної балки забезпечено.

При найбільш не вигідному завантаженні вертолітного майданчика максимальний згинальний момент в балці настилу становить 13,2 кНм. Для балок настилу використовувався двотавр №18 для якого момент інерції становить 2292,66 см⁴, а момент опору – 254,74 см³.

Максимальне напруження в балці настилу становитиме

$$\sigma_{в.н.} = \frac{13,2 \cdot 10^{-3}}{254,74 \cdot 10^{-6}} = 77,91 \text{ МПа.}$$

Максимальний прогин в конструкції вертолітного майданчика спостерігається у випадку коли головна опора вертольоту знаходиться по центру між стійками. Епюру прогинів для цього випадку завантаження наведено на рис. 3.9.

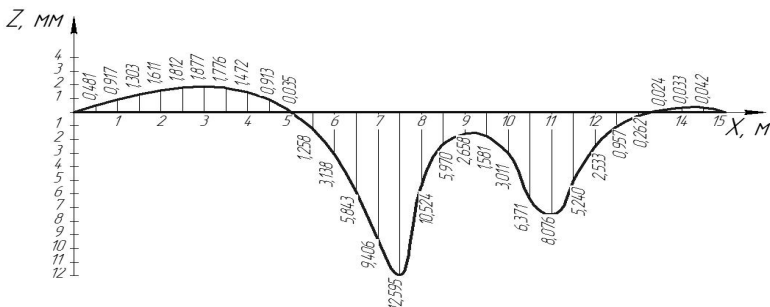


Рис. 3.9. Еюра прогинів покриття вертолітного майданчика

Максимальний прогин становить 12,6 мм, ця величина відповідає умовам жорсткої посадки, тобто такої посадки, при якій розрахункове навантаження від вертольоту збільшується на 50%. В цьому випадку максимальне напруження в плиті покриття становить 80 МПа, що менше межі міцності 100 МПа. Тож міцність конструкції забезпечено.

3.5. Конструкція плити покриття вертолітного майданчика розташованого на даху будівлі

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

- металеві балки кліті 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 незнімна 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 сталевго листа при цьому складає 1 мм.

Переріз плити покриття наведено на рис. 3.10.

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.

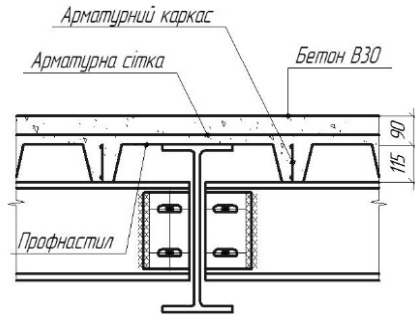


Рис. 3.10. Поперечний переріз плити покриття вертолітного майданчика на даху будівлі

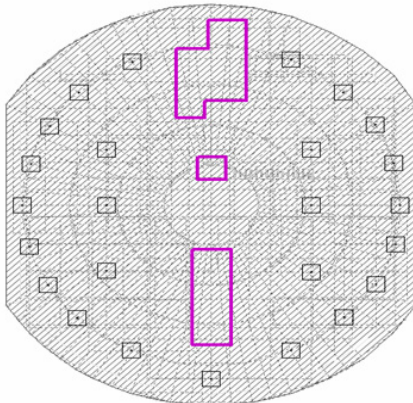


Рис. 3.11. Вигляд вертолітного майданчика в плані

В роботі [107] конструкція даху дозволила автору використати цементобетон в якості основного матеріалу для будівництва плити вертолітного 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 вертолітного майданчика як збірної (в цьому випадку на

підготовлену основу укладались плити ПАГ), так і монолітної. Для улаштування монолітної плити необхідно спорудження опалубки.

В плані вертолітний майданчик [100] виглядає наступним чином, рис. 3.11.

На рисунку 3.12 наведено результат моделювання конструкції в МОНОМАХ САПР. Схематично зображено розташування колон та допоміжних елементів.

Розглядаючи сумісну роботу багатоповерхової споруди та вертолітного майданчика, слід враховувати одночасну дію таких факторів як вітрове навантаження, власна вага споруди та динамічна посадка вертольоту. Кут, під яким здійснюється посадка можна прийняти приблизно рівним 90° .

Жорстка посадка вертольоту на дах майже не впливає на відхилення осі споруди від вертикалі із урахуванням вітрового завантаження, рис. 3.12.

Перед посадкою швидкість вертольоту в горизонтальному напрямку знижується практично до 0 км/год [93]. Через це посадка не завдає значного впливу на відхилення багатоповерхівки від вертикалі.

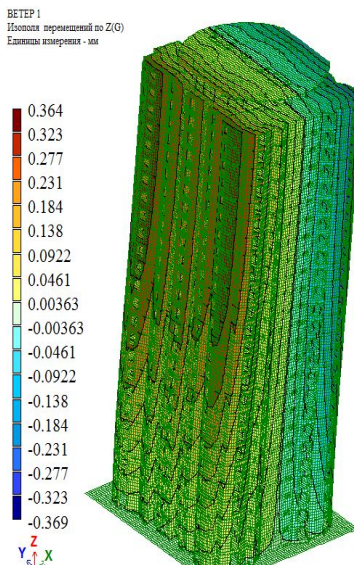


Рис. 3.12. Результат розрахунку вертолітного майданчика на вплив вітру

3.6. 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 [12]. 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:

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

- зона приземлення та відриву (TLOF) для вертольотних майданчиків, припіднятих над землею співпадає із розмірами та характеристиками 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 [122] 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 металеві 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 [94].

Оскільки вертолiтний майданчик розташований 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. Конструкцію водостiчної воронки показано на рис. 3.13.

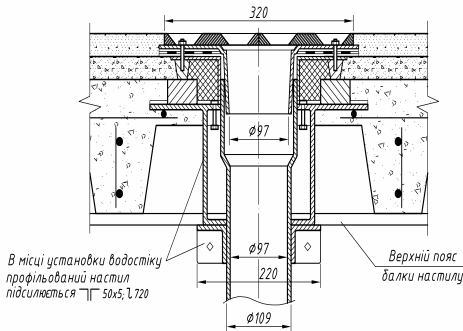


Рис. 3.13. Конструкція водостiчної воронки

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

Оскільки водовiдведення виконується за допомогою ухилів поверхні вертолiтного майданчика, то у випадку розливу та займання палива необхідно унеможливити розповсюдження пожежі на сам будинок. Водовiдведення забезпечують 2 стоки в межах вертолiтного 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 вертолiтному 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 (комiнгс). Для забезпечення безпеки пасажирів та технічних працівників по периметру майданчика встановлюється захисна сітка рис. 3.14.

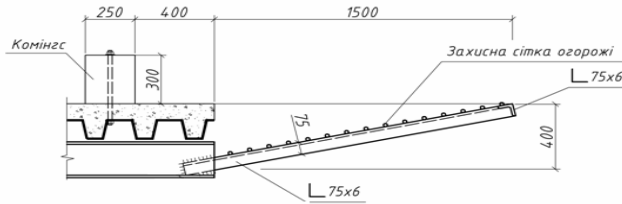


Рис. 3.14. Схема розташування захисної сітки та комінесу

Також для запобігання викочуванню вертольоту за межі майданчика рекомендується використовувати башмаки, які підкладаються під колеса вертольоту на стоянці [59].

3.7. Моделювання вертолiтного майданчика в ПК ЛІРА САПР

Для того, щоб змоделювати обрану конструкцію вертолiтного майданчика в ПК ЛІРА САПР, необхідно привести конструкцію, наведену на рис. 3.9 до еквівалентного перерізу. Через доволі складну конструкцію, приведення до еквівалентного перерізу виконувалось в декілька етапів.

Після всіх перетворень конструкцію вертолiтного майданчика, яка зображена на рис. 3.10, можна представити у вигляді ребристої плити, рис. 3.15. Це дає можливість запроєктувати доволі складну вихідну конструкцію в ПК ЛІРА САПР та виконати необхідні розрахунки.

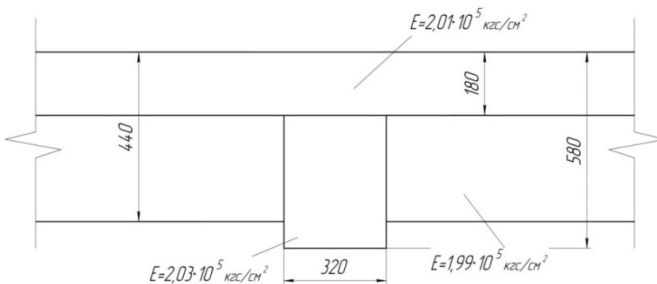


Рис. 3.15. Розміри еквівалентного перерізу вертолiтного майданчика

Параметри елементів наведеної конструкції:

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 другорядні та головні балки в реальній конструкції

– модуль пружності $E_e = 2,03 \cdot 10^5$ кгс/см²;

– коефіцієнт Пуассона $\nu_e = 0,22$.

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

Оскільки увага була приділена саме розрахунку вертолітного майданчика, то при його моделюванні в ПК ЛИРА САПР колони вважались абсолютно жорсткими тілами.

Після моделювання вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР конструкція виглядатиме наступним чином, рис. 3.16.

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

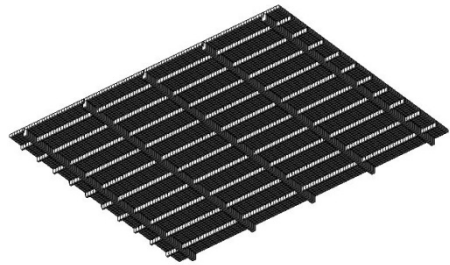


Рис. 3.16. Схема вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР

Розглядалось декілька варіантів завантаження конструкції:

– симетричне розташування опор вертольоту Мі-8;

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

– розміщення головних опор вертольоту безпосередньо над нерозрізними головними балками.

Найбільш небезпечну схему завантаження з точки зору міцності наведено на рис 3.17.

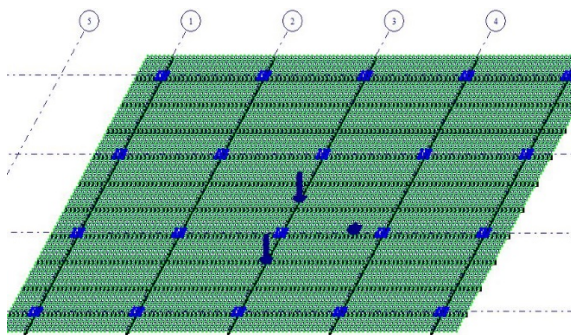


Рис. 3.17. Небезпечне розташування вертольоту на вертолітному майданчику

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 [122] при цьому максимальна злітна вага збільшується в 1,5 рази. Максимальний згинальний момент для цього варіанту завантаження становить 181,3 кН·м, рис. 3.18.

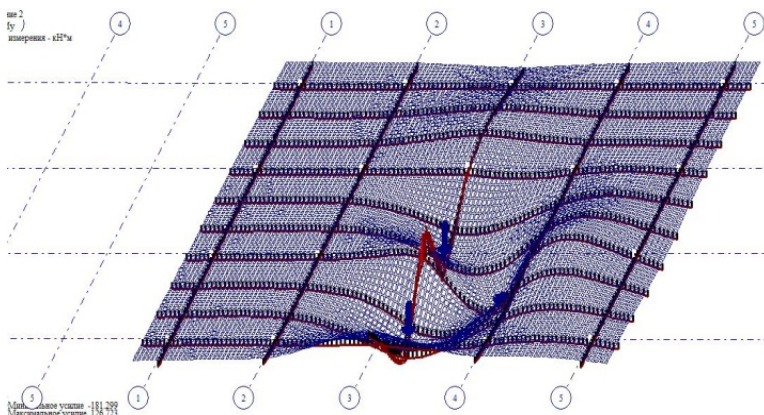


Рис. 3.18. Результати розрахунку вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР

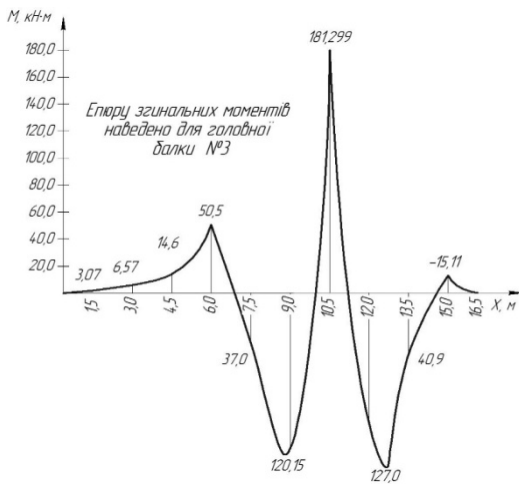


Рис. 3.19. Епюра згинальних моментів для головної балки № 3 в оалці не перевищує

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

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

3.8. Розрахунок багатоповерхової будівлі із вертолітним майданчиком на даху

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

Розрахунок виконаний по МКЕ на сумарні постійні, тривалі, короткочасні і вітрові навантаження по ПК «ЛИРА-САПР» при коефіцієнті надійності по відповідальності 1.1. Характеристики будівлі наведено в табл. 3.2

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. 3.19) наведено на рис. 3.19.

В результаті аварійної (або жорсткої) посадки вертольоту максимальне напруження

Таблиця 3.2

Характеристики багатоповерхової будівлі

| № з/п | Матеріал, конструктивні розміри | Бетон класу: |
|-------|---|---------------------------------------|
| 1 | Фундаментні плити, ростверки підсилення фундаментів, палі, діаметр 62см | „В30” „В30” „В30” |
| 2 | Плити перекриття (покриття), стіни, пілони, колони, балки | „В30” |
| 3 | Арматура класів: | A-500С, A240С |
| 4 | Товщина фундаментних плит 1 та 2 секції | 1,5м; |
| 5 | Палі: діаметр 62 см, довжина 22 м | $R_{расч}=210тс$; $R_{max}=250тс$ |
| 6 | Товщина плит перекриття підвальних поверхів | 0,2м; |
| 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, 0,2м, 0,3м |
| 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, + 4,2м, + 7,20м): 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. Корисні короткочасні навантаження в ліфтових шахтах - 250 кг/м^2 ;

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

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

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

9. Розрахункове навантаження від відкритих балконів на плити перекриття типових поверхів - $0,2 \text{ тс/п.м.}$;

10. Розрахункове навантаження на плиту покриття: снігове $0,05 \cdot 1,4 \cdot 3 = 0,2$ + конструкція даху $0,2 - 0,4 \text{ тс/м}^2$.

3.9. Характеристики вертолітного майданчику на даху будівлі

Вертолітний майданчик призначається для забезпечення зльоту і посадки вертольоту (без використання повітряної подушки) з метою доставки в район надзвичайної ситуації (НС) рятувальників і фахівців загону. Також він може використовуватись як проміжний пункт при здійсненні екскурсійних польотів.

Польоти виконуються цілодобово, епізодично в простих і складних метеумовах. Умови польотів - за правилами візуальних польотів. На майданчику не передбачається постійне базування

вертольоту. Технічне обслуговування виконується в обсязі тимчасової стоянки і 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 і підігріву основних агрегатів в зимовий час.

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

- максимальна злітна вага – 12,0 т;
- вага пустого вертольоту – 7,0 т;
- діаметр несучого гвинта – 21,3 м;
- головна опора – одноколісна.

Конструкція вертолiтного 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 вертолiтного майданчика системи електропідігріву [94, 98].

Водовідвід атмосферних опадів з поверхні покриття вертолiтного майданчика організувати в водовідвідну систему, прийняту в будівельній частині проекту будівлі.

Вертолiтний майданчик розташований на даху житлового висотного будинку. Потрапити на майданчик можна через сходи, ними облаштовані 2 сторони майданчика (рис. 3.20).

Усі будівельні конструкції на даху, в тому числі сходові марші та огорожі, виконані з негорючих матеріалів. Всі виступаючі над поверхнею покриття вертолiтного майданчика споруди не виходять за площини обмеження висотних перешкод [122].

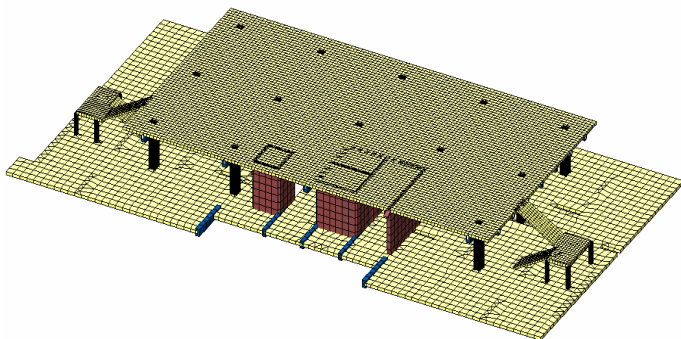


Рис. 3.20. Фрагмент кінцева-елементної схеми каркасу (зображено вертолiтний майданчик та плита перекриття)

При розрахунку опори вертольоту розміщувались по центру плити вертолiтного майданчика. Результати розрахунку доводять, що жорсткiсть та мiцнiсть вертолiтного майданчика забезпечено, рис. 3.21.

Мi - 8 (по центру)
 Ізополя перемiщень по Z(с)
 Единиця вимiрення - м

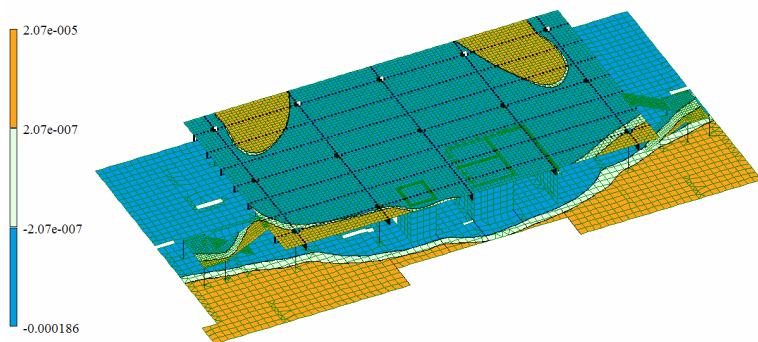
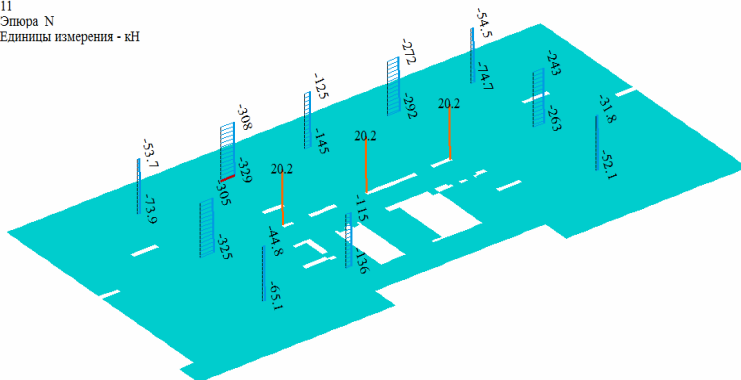


Рис. 3.21. Ізополя перемiщень по осi Z (короткочасне навантаження на головну опору i на кожне колесо носової опори з урахуванням динамiчного впливу сiдаючого вертольоту)

Епюри внутрiшнiх зусиль в стiйках наведено на рис. 3.22.



Минимальное усилие -328.517; Максимальное усилие 20.2262

Рис. 3.22. Поздовжня сила N, кН в колонах вертолітного майданчика (постійне, довготривале і короточасне навантаження на головну опору і на кожне колесо носової опори з урахуванням динамічного впливу сідаючого вертольоту)

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.

3.10. Висновки за розділом 3

В розділі розглянуто два типи конструкцій припіднятих вертолітних майданчиків: ті, що розташовані на невеликій відстані від земної поверхні та майданчики на дахах будівель. Результати розрахунків дозволяють зробити наступні висновки.

1. Встановлено, що з точки зору міцності та жорсткості конструкції для майданчиків, які призначені для здійснення нерегулярних вертолітних перевезень, доцільно використовувати збірно-розбірні конструкції покриття. Для майданчиків, припіднятих над рівнем земної поверхні, перспективною є конструкція у вигляді балочної кліті. Для цього в якості елементів балочної кліті пропонується використовувати двотавр з композитних матеріалів.

2. Встановлено, що міцність та жорсткість конструкцій достатня для забезпечення посадки вертольоту в жорстких метеумовах

(при цьому злітна вага збільшується в 1,5 рази). При впливі на вертолітний майданчик вертольоту Agusta AW139 (навантаження на головну опору 25,6 кН) максимальний згинальний момент в головній балці та балці настилу становить відповідно 32,64 та 13,2 кН·м. Коефіцієнт запасу по міцності для головної балки становить 1,55, а для балки настилу – 1,25.

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

4. 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.

РОЗДІЛ 4.

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ПРОЕКТУВАННЮ ВЕРТОЛІТНИХ МАЙДАНЧИКІВ

4.1. Основні положення щодо проектування вертолітних майданчиків

Основною особливістю вертолітного транспорту є те, що вертоліт у випадку гострої необхідності може сісти на будь-яку горизонтальну поверхню, яка володіє достатньою несучою здатністю. Однак, для здійснення регулярних та сезонних перельотів необхідно створення відповідної інфраструктури – в першу чергу майданчика відповідного розміру [52].

Порівняно із літаками вертолітний транспорт відзначається невеликою вагою. Переважна більшість моделей вертольотів відноситься до середньої вагової категорії, тобто їх вага не перевищує 10-15 т. Винятком можна вважати лише декілька моделей важких вертольотів, наприклад, максимальна злітна вага вертольоту Мі-26 становить 56 т. За часів СРСР також було створено прототип вертольоту В-12, вага якого разом із вантажем становила понад 100 т. В США ведеться розробка літального апарату вертикального зльоту та посадки Quad Tilt Rotor із максимальною злітною вагою 44 т.

Втім важкі вертольоти використовуються переважно для вирішення специфічних вузькоспеціалізованих задач. Для виконання пасажирських перевезень, екскурсійних польотів, доставки пасажирів в лікарню тощо, використовуються лише легкі (злітна вага 2-5 т) та середні (5-10 т) вертольоти. Сектор приватної авіації представлений головним чином легкими вертольотами.

Для вирішення проблеми швидкого створення інфраструктури, потрібної для широкого запровадження вертолітного транспорту, основна увага була приділена альтернативним конструкціям вертолітних майданчиків [59, 59].

4.2. Використання цементобетону для покриття вертолітного майданчика

Цементобетон користується популярністю через свою міцність, жорсткість та довговічність. Існуюча нормативна документація (розроблена ще за часів СРСР) недостатньо уваги приділяє проектуванню вертодромних покриттів майже не відокремлюючи їх від покриттів аеродромів. Результати розрахунків свідчать про недосконалість такого підходу. Інструкції по проектуванню вертодромів рекомендують для якості покриття вертолітного майданчика використовувати монолітний цементобетон товщиною не менше 20 см. Допускається використання збірного покриття, для категорії важких вертольотів слід застосовувати ПАГ-18, для решти вертольотів – ПАГ-14.

Вивчення впливу на цементобетонне покриття вертольотів різних вагових категорій доводить, що лише важкі вертольоти викликають значні згинальні моменти в плиті покриття, решта ж вертольотів не викликає виникнення значних внутрішніх зусиль в покритті. На рис. 4.1 наведено внутрішні зусиллі в плиті покриття вертолітного майданчика.

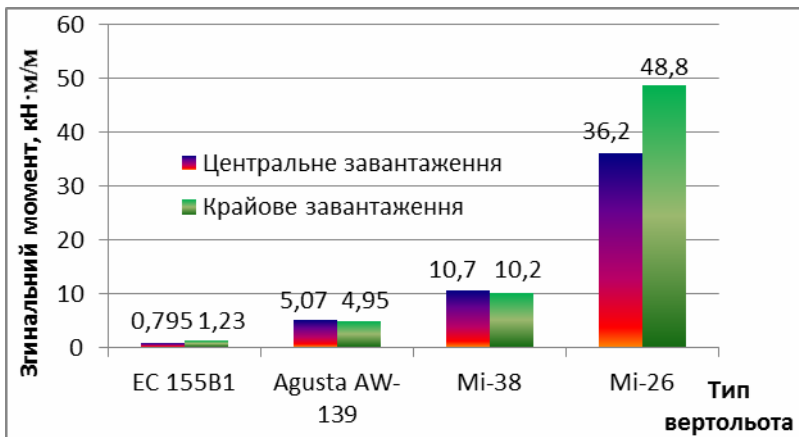


Рис. 4.1. Максимальне значення згинальних моментів при завантаженні монолітного цементобетонного покриття

На рис. 4.2 показано максимальні згинальні моменти в плиті ПАГ збірного покриття вертолітного майданчика.

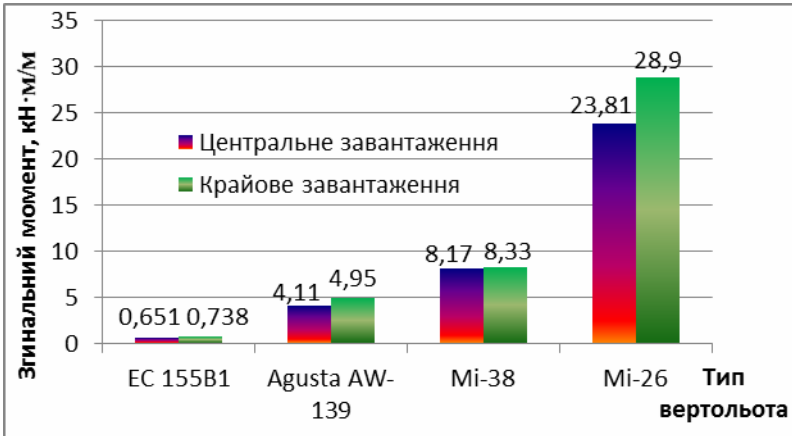


Рис. 4.2. Максимальне значення згинальних моментів при завантаженні збірного вертодромного покриття з ПАГ

На рис. 4.3 показано коефіцієнти запасу міцності для двох типів покриття від впливу 4 вертольотів різних вагових категорій.

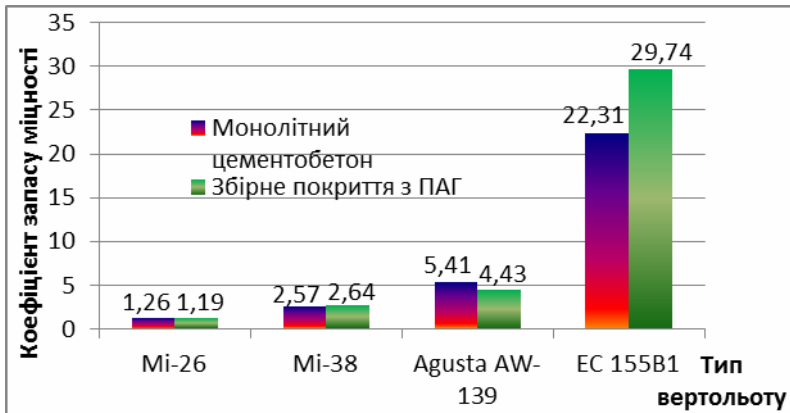


Рис. 4.3. Коефіцієнти запасу міцності

Про доцільність використання цементобетонного покриття можна судити по коефіцієнту запасу міцності. Цей показник обчислюється як відношення граничного допустимого згинального моменту до максимального який виникає в плиті покриття під навантаженням.

З рис. 4.3 видно, що лише для важких вертольотів (при дослідженні ця категорія вертольотів була представлена Мі-26) виправданним є улаштування покриття з цементобетону. Однак навіть у цьому випадку покриття такого типу бажано використовувати лише при будівництві стаціонарних вертодромів призначених для виконання регулярних польотів. Основна причина такого обмеження – значні витрати часу та ресурсів на спорудження бетонного покриття [107]. До того ж у випадку перебазування стає неможливим вторинне використання будівельних матеріалів. В екстрених випадках навіть допускається посадка вертольотів навіть на непідготовлену основу, якщо виконуються вимоги по рівності.

До переваг цементобетонного покриття можна віднести високу міцність, жорсткість та довговічність. Навіть при жорсткій посадці важкого вертольоту Мі-26 максимальний прогин покриття не перевищує 0,8 мм [57]. Епюру прогинів наведено на рис. 4.4.

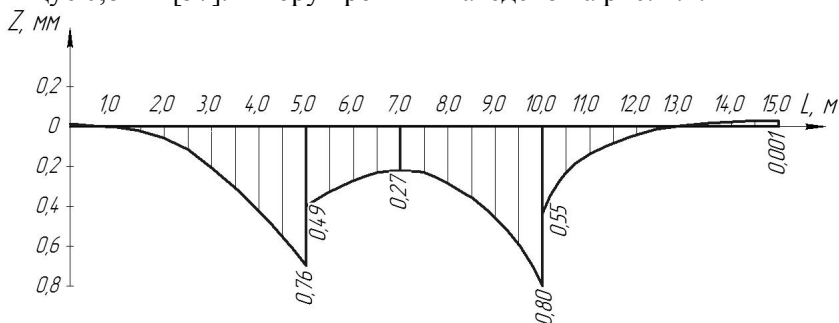


Рис. 4.4. Епюра прогинів монолітного цементобетонного покриття товщиною 30 см від впливу важкого вертольоту Мі-26

До позитивних моментів використання цементобетону також слід віднести можливість улаштування освітлення безпосередньо в товщі цементобетону, а також нанесення необхідної розмітки.

Однак цементобетон можна рекомендувати лише для будівництва потужних вертодромів, а вертолітний транспорт в нашій країні розвинений недостатньо для цього. Також слід відзначити, що цементобетонні покриття зазвичай використовуються при спорудженні вертолітних майданчиків на рівні землі, а в цьому випадку необхідно передбачити відведення значної площі земельної ділянки. Приблизну площу землевідводу [118] наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

**Розміри земельної ділянки в залежності від класу
вертолітної станції**

| Спосіб зльоту та посадки | Площа земельної ділянки в залежності від класу вертолітної станції, га | | |
|--|--|-----|-----|
| | I | II | III |
| По літаковому чи по вертолітному із використанням «повітряної подушки» | 10 | 2,5 | 1,5 |
| По вертолітному без використання «повітряної подушки» | 5 | 1,5 | 1 |

Більше детальні розміри елементів вертодрому в залежності від способу виконання злітно-посадочних операцій наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Розміри елементів вертолітних майданчиків та вертодромів

| Розрахунковий спосіб зльоту посадки | Елементи вертодромів і посадочних майданчиків | Типи вертольотів | | | | |
|-------------------------------------|---|------------------|------|------|------|----------------|
| | | Ми-6, Ми-10К | Ми-8 | Ми-4 | Ми-2 | Ка-26, Ми-1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| По-літаковому | Злітна полоса, м: | | | | | |
| | -довжина, | 250 | 180 | 150 | 150 | 120 |
| | -ширина. | 100 | 60 | 60 | 45 | 40 |
| | В тому числі робоча площа: | | | | | |
| | -довжина, | 200 | 150 | 120 | 130 | 100 |
| | -ширина. | 50 | 30 | 30 | 25 | 20 |

Продовження таблиці 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------------|---|-------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | Злітно-посадкова смуга зі штучним покриттям, м: -довжина, -ширина. | 200 50 | 120 30 | 90 30 | 110 25 | 80 20 |
| По-вертоліт-ному | Злітна полоса, м: -довжина, -ширина. | 200/80 100/80 | 120/40 60/40 | 120/40 60/40 | 120/26 45/26 | 100/26 40/26 |
| | В тому числі робоча площа: -довжина, -ширина | 150/30 50/30 | 90/10 30/10 | 90/10 30/10 | 100/6 25/6 | 80/6 20/6 |
| | Злітно-посадкова смуга зі штучним покриттям, м: -довжина × ширина, -ширина руліжної доріжки, м. Радіус сполучення РД, м. | 22x22 15 28 | 10x10 8 16 | 10x10 8 16 | 6x6 6 12 | 6x6 6 12 |

Примітка. В чисельнику вказані розміри елементів при зльоті (посадці) з використанням впливу повітряної подушки, в знаменнику – без її використання.

В межах міста доволі часто виділити необхідну площу неможливо, в такому випадку вертодром зазвичай розташовують за межами міста [19, 99]. Але таке вирішення проблеми розташування знижує економічну ефективність вертолітного транспорту, збільшує час перельоту та витрату палива.

Таким чином, для ефективної роботи вертолітного транспорту необхідне створення мережі вертолітних майданчиків безпосередньо

в межах міста, що можливе тільки за умови їх розташування на дахах будівель.

4.3. Проектування мобільних вертолітних майданчиків

Доволі часто виникає необхідність в спорудженні тимчасового вертолітного майданчика для здійснення разових перельотів або його використання в певну пору року.

Завдання ускладнюються тим, що місця передбачуваного розташування таких майданчиків унеможливають використання цементобетону в якості основного матеріалу. До того ж в цих місцях може бути відсутня необхідна інфраструктура для доставки необхідної техніки та будівельних матеріалів. В такій ситуації можливим вирішенням ситуації може бути використання мобільних вертолітних майданчиків.

Згідно із [118, 127] у випадку, якщо немає можливості створення постійно діючого вертолітного майданчика у віддаленій місцевості, вертольоту дозволяється сідати безпосередньо на поверхню землі. Необхідну розмітку при цьому можуть замінити добре видимі з повітря об'єкти. В зимовий період дозволяється межі зони посадки позначити по кутах гілками дерев. Звісно, такі заходи можливі лише при виконанні разових польотів, до того ж значні обмеження виникають у зв'язку із часом польоту – оскільки необхідне освітлення забезпечити неможливо, то польоти можуть виконуватись лише в денний час. В зимовий період це скорочує можливість роботи вертолітного транспорту до декількох годин на добу.

Основним критерієм для улаштування вертолітного майданчика на землі є міцність ґрунту. Цей показник повинен перевищувати 6 кгс/см^2 , також бажано, що ділянка мала міцний дерновий покрив, це значно зменшить запилення майданчика при посадці вертольоту. При міцності ґрунту менше вказаної величини необхідне улаштування настилу. Для цього допускається використовувати дерев'яні колоди діаметром не менше 180 мм [118].

Для вертольотів середньої та важкої вагової категорії влаштовується майданчик з настилем з колод діаметром не менше 180 мм в один накат. Колоди настилу повинні укладатися безпосередньо на ґрунт впоперек прийнятого старту і зв'язуватися між собою скобами. При недостатній рівності поверхні настилу з колод для експлуатації

вертольотів класу В необхідно будівництво дощатого настилу з мінімальними розмірами в плані 10 x 10 м. Дошки, товщиною 50 мм, повинні бути зв'язані між собою дрютяної стяжкою. Якщо колоди підібрані за діаметром, чим забезпечується рівність поверхні, дощатий настил необов'язковий (рис. 4.5).

Для надважких вертольотів (наприклад, Мі-26 із злітною вагою 56 т) майданчики з настилом з колод влаштовуються з колод діаметром не менше 180 мм в два накату. Колоди настилу укладаються на ґрунт і зв'язуються між собою скобами. Причому колоди верхнього настилу вкладаються впоперек нижніх і напрямку прийнятого старту, рис. 4.5. По периметру такого настилу потрібно розмістити бортики (комінгси) висотою 0,3 м [16].

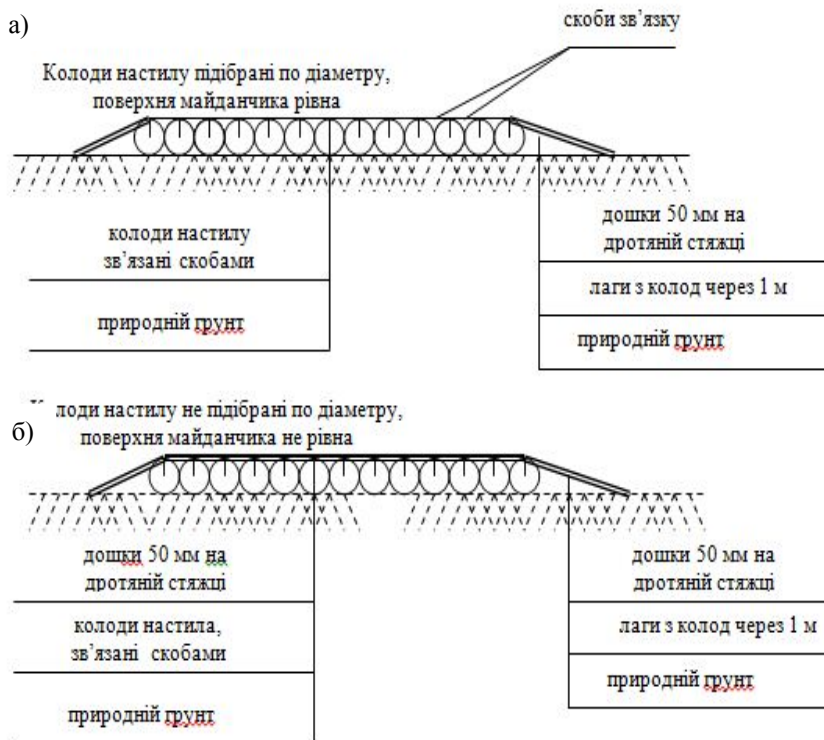


Рис. 4.5. Улаштування настилу з дерев'яних колод:
а) колоди підібрані за діаметром; б) непідібрані

На заміну таким конструкціям з підручних матеріалів пропонуються мобільні вертолiтні майданчики. Термін «мобільні» означає, що iснує можливість вторинного використання будiвельних матеріалів. До того ж конструкція вертолiтного майданчика дозволяє компенсувати ухил земної поверхні за рахунок стійок змінної висоти. У випадку використання, наприклад, використання цементобетону необхідно виконання значного обсягу земляних робіт, що значно підвищує витрати часу та ресурсів.

В якості несучої конструкції пропонується використовувати балочну кліть. Оскільки обмеження по висоті конструкції відсутні, то сполучення головних балок та балок настилу пропонується поперек. Необхідно забезпечити максимальне полегшення несучих елементів, тому для спорудження вертолiтного майданчика можна використовувати профілі з композитних матеріалів. В якості матеріалу для покриття допускається використовувати плити товщиною 18 мм з алюмінієвих сплавів.

Це дозволить значно скоротити строк будiвництва майданчика та кінцеву вартість конструкції. Важливо те, що доставку будiвельних матеріалів та працівників може здійснити один вертолiт [45, 50, 54].

Використання композитних матеріалів в якості елементів балочної кліть дозволяє забезпечити необхідну міцність та жорсткість конструкції. При дослідженні основна увага приділялась вертольотам, які відносяться до легкої вагової категорії (до 5 т). Навіть за умови жорсткої посадки максимальний прогин та напруження в елементах конструкції не перевищують максимально допустимі.

При жорсткій посадці вертольоту AW-139 на запропоновану конструкцію максимальний прогин не перевищує 12 мм, епюру максимальних прогинів для головної балки та балки настилу наведено на рис. 4.6. При посадці в звичайних умовах максимальні прогини зменшуються приблизно в 1,5 рази [58, 59].

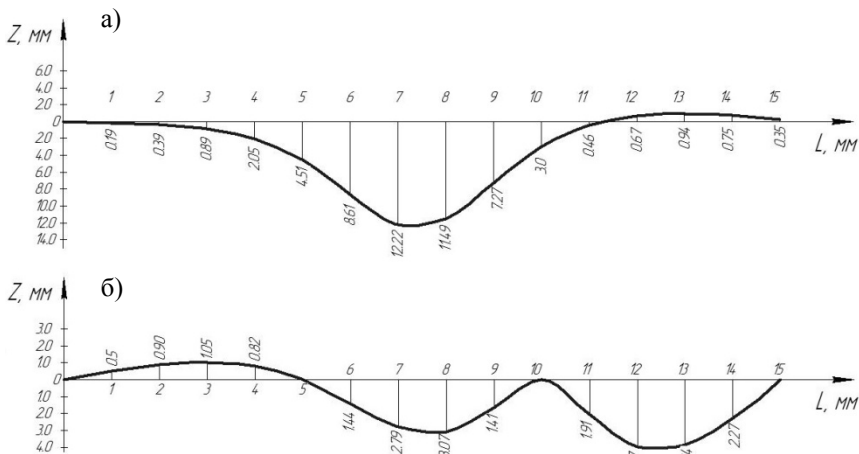


Рис. 4.6. Епюри прогинів: а) для балки настилу; б) для головної балки

На рис. 4.6 показано найбільший прогин балки настилу при розташуванні вертольоту AW 139 по центру вертолітного майданчика. Прогини головної балки показано для випадку розташування вертольоту симетрично відносно стійки (основні опори розташовано над головною балкою).

Результати розрахунку доводять, що конструкція вертолітного майданчика у вигляді балочної кліті володіє достатньою міцністю та жорсткістю.

4.4. Вертолітні майданчики під легкі вертольоти

Узагальнюючи до категорії легких вертольотів можна віднести всі категорії літальних апаратів вертикального зльоту вагою до 2 т. Як правило, із злітною вагою в межах 1 – 2 т випускаються вертольоти для приватного використання. Інколи вони можуть використовуватись для здійснення екскурсійних польотів, але не дуже часто. Основною перешкодою на шляху до використання їх, наприклад, в медичинській галузі є низька підйомна сила та бажання виробника максимально зменшити злітну вагу літального апарата.

Через це такі вертольоти можуть взяти на борт максимум 2-3 чоловік. Однак малі габарити мають свої переваги, зокрема для подібних літальних апаратів взагалі не потребується спорудження вертолітного майданчика як окремої структури. Для здійснення польо-

тів достатньо лише мінімальної розмітки для позначення місця посадки вертольоту. Такі елементи як вітравакзівник, освітлення, диспетчерська тощо не є обов'язковими. На рис. 4.7 наведено приклад вертолїтного майданчика під легкі вертольоти [74, 78, 79].



Рис. 4.7. Вертолїтний майданчик на землі

Єдиною вимогою можна назвати зв'язність ґрунту, незв'язні частки можуть видуватись повітряним струменем. Саме через це часто влаштовуються дощаті настили, або настили з полімерних матеріалів.

Альтернативою нанесення розмітки безпосередньо на поверхню землі може стати використання резинових покриттів, які просто розстилаються на порівняно невеликій площі.

Таке покриття порівняно тонке, представляє собою монолітний шар, який не рветься від впливу опор вертольотів. Використання резинових покриттів має низку переваг:

- верхній шар володіє високою шорсткістю навіть в зимовий період;
- через нього не проростають рослини, тому відпадає необхідність в періодичному поновлюванні розмітки;
- таке покриття може бути використане для вертолїтних майданчиків будь-якої форми;
- оскільки матеріал покриття пружний, то при жорсткій посадці вертольоту він виступає в ролі амортизатора;
- для очистки покриття достатньо струменя води;
- із часом кольори покриття не вигорають.

На рис. 4.8 наведено приклад приватного майданчика із резиновим покриттям.

В наведеному прикладі по периметру майданчика вмонтовано елементи освітлення, що також можна назвати перевагою резинового покриття для вертолітних майданчиків.

Таким чином можна стверджувати, що для приватної легкої авіації та майданчиків, призначених для здійснення нерегулярних злітно-посадочних операцій, рекомендованими є саме резинові покриття. Вони не володіють високою міцністю, але в цьому випадку вона і не потрібна, оскільки навантаження на головну опору вертольоту не перевищують 2-3 т.



Рис. 4.8. Вертолітний майданчик із резиноним покриттям

4.5. Покриття для здійснення посадки на заболоченій місцевості

В середині минулого сторіччя було випущено декілька типів металевих плит для розгортання польових аеродромів у стислий проміжок часу. В майбутньому потреба у випуску таких плит практично відпала, ці плити можна використовувати в якості покриття вертолітного майданчику [51, 119].

Металеві плити можна порадити для використання на перезволоженій місцевості для посадки та тимчасової стоянки вертольоту. Для цього достатньо лише розстелити плити на поверхні землі та з'єднати їх за системою паз-шип.

Металеві покриття відносяться до типу збірно-розбірних покриттів, вони збираються з окремих металевих плит, які скріплюються між собою спеціальними замковими з'єднаннями. Тимчасові збірно-розбірні покриття споруджуються збиранням окремих елементів, які були попередньо заготовлені на стороні. Беззаперечною перевагою цих покриттів є можливість спорудження в короткі строки ЗПС, РД, МС з міцною поверхнею і достатньо малим опором руху коліс.

Завдяки невеликій вазі плити, вони легко збираються, легко упаковуються в зв'язки і пачки, що забезпечує їх добру транспорта-

бельність. Простота укладання і збирання плит дозволяє проводити роботу по улаштуванню покриття цілодобово, використовуючи найпростіші інструменти. Загальний вигляд таких плит наведено на рис. 4.9.

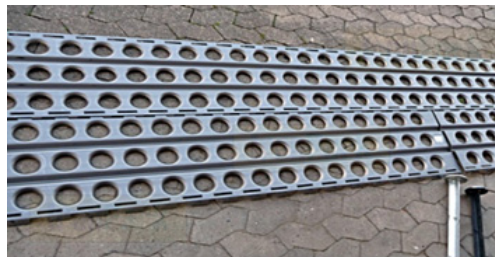


Рис. 4.9. Металеві плити для збірно-розбірних покриттів

Характеристики плит, які можна використовувати в якості покриття наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3.

Характеристики металевих плит

| Характеристика плит | Тип плит | | |
|--|----------|------|-------|
| | ПМП-1-53 | К-1Д | АСП-4 |
| Габаритні розміри, мм: | | | |
| – довжина, | 3042 | 3080 | 2000 |
| – ширина. | 411 | 482 | 408 |
| Укладочні розміри, мм: | | | |
| – довжина, | 3048 | 3000 | 2000 |
| – ширина. | 381 | 420 | 380 |
| Висота профілю, мм, | 21 | 31 | 56 |
| Корисна площа однієї плити, м ² | 1,2 | 1,26 | 0,76 |
| Вага плити, кг. | 28 | 43 | 60 |
| Кількість плит в пачці, шт | 30 | 20 | 12 |
| Вага пачки плит, кг. | 850 | 866 | 725 |
| Кількість плит в комплекті, тис. шт. | 152 | 148 | 229,8 |
| Маса комплексу в упаковці, т. | 4500 | 7012 | 1379 |

Металеві плити слід розглядати лише як вимушений варіант для короткочасного підвищення несучої здатності ґрунту основи. Ефективними вони можуть бути на підтопленій або заболоченій території.

4.6. Проектування вертолітних майданчиків на дахах будівель

В УРСР заборонялося споруджувати житлові будинки з умовною висотою (рівнем підлоги останнього житлового поверху) вище 73,5 м. Висотне будівництво почалося в кінці 1990-х років, коли закон про антивисотне будівництво було визнано недійсним і економіка держави дала змогу споруджувати будівлі великого масштабу.

Одночасно із цим постало питання розробки відповідних конструкцій вертолітних майданчиків. Однак тоді не було і немає до цього дня норм на проектування посадкових майданчиків у межах міської забудови. Є лише загальне керівництво міжнародної організації цивільної авіації ІКАО [120, 122].

Незважаючи на порівняно невелику вагу вертольотів середньої та легкої вагової категорії улаштування вертолітного майданчика слід враховувати ще на етапі проектування будівлі. Додаткові складності можуть виникнути через те, що дахи сучасних хмарочосів як правило бувають різнорівневі, тому посадка вертольоту безпосередньо на дах неможлива [88, 107].

Ще однією проблемою в цьому питанні може стати обмеження, що висуваються геометричними розмірами самої будівлі. Багато сучасних висотних об'єктів, наприклад готелі чи бізнес-центри в плані мають форму відмінну від прямокутної чи квадратної. В такому випадку вільного місця може просто не вистачити для посадки вертольоту безпосередньо на дах споруди. До того ж використання традиційних типів покриттів не завжди можливе, доволі поширені типи покриття наведено на рис. 4.10.

Виходячи з цих факторів бажано, щоб вертолітний майданчик був дещо припіднятий над дахом. Таке конструктивне рішення практично позбавлене недоліків – використання такого підходу дозволить влаштувати майданчики навіть на будівлях із різнорівневим дахом, також стане можливим їх спорудження на вже існуючих будівлях, звичайно, якщо вистачить несучої здатності.

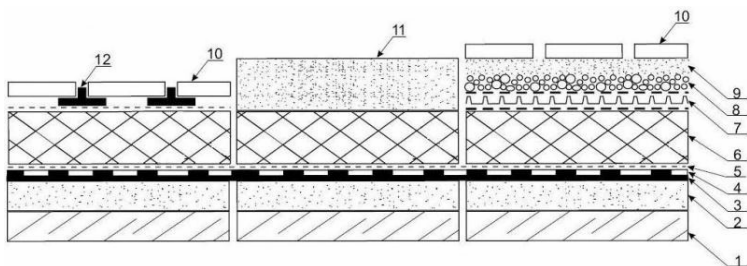


Рис. 4.10. Конструкція покриття вертолітного майданчика на даху будівлі:
 1 – основа; 2 – цементно-піщана стяжка; 3 – резитрікс комбінований;
 4 – гідроізоляційний матеріал; 5 – розділювальний шар геотекстилю;
 6 – утеплювач (піноскло); 7, 8, 9 – дренажний шар; 10 – тротуарна плитка; 11 – бетонні плити або стяжка; 12 – підставки під тротуарну плитку

За кордоном для цього використовуються різноманітні панелі з композитних матеріалів (Helomat, Helislat та ін.). Але на території країн колишнього СРСР подібні конструкції не випускаються, до того ж несуча здатність подібних панелей обмежена 10 – 12 т, цієї величини недостатньо для експлуатації таких вітчизняних вертольотів як, наприклад, Мі-8 [12].

Стосовно вертолітних майданчиків на даху слід відзначити, що вони, як правило, працюють постійно і потреба в їх перебазуванні в майбутньому навряд чи виникне. З огляду на це основну увагу слід приділити жорсткості та міцності конструкції.

При використанні запропонованої конструкції у вигляді балочної кліті із незнімною опалубкою у вигляді металевого профнастилу дозволяє одночасно скористатись перевагами таких матеріалів як сталь та бетон. До того ж значно полегшується утримання майданчика в зимовий час – для цього в шар бетону вмонтовуються спеціальні нагрівальні елементи.

Конструкція у вигляді балочної кліті дозволяє значно скоротити строки будівництва за рахунок того, що відпадає необхідність в спорудженні опалубки та її демонтажу. При цьому міцність та жорсткість конструкції достатньо високі рис. 4.11.

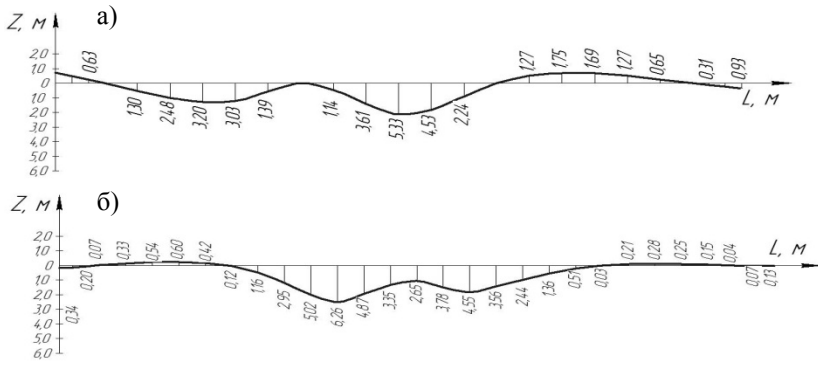


Рис. 4.11. Епюри прогинів: а) головна балка; б) балка настилу

Запропонована конструкція вертолітного майданчика дозволить в короткі строки обладнати необхідною інфраструктурою будь-яку висотну споруду. В одному лише Києві в найближчі роки планується створення цілої мережі висотних будівель, які бажано оснастити вертолітними майданчиками [78, 79]. Схему забудови столиці на наступні роки наведено на рис. 4.12.

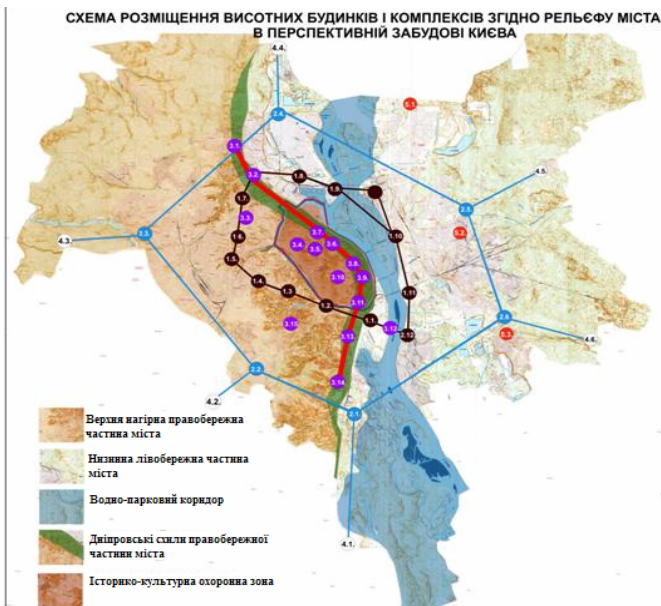


Рис. 4.12. Схема розміщення висотних будинків в м. Київ

Вертолiтнi майданчики можна назвати важливою складовою системи безпеки багатоповерхівок. Конструкцiя iз використанням в якостi незмiнної опалубки дозволяє уникнути недолiкiв, притаманних традицiйним конструкцiям покриттiв.

4.7. Рекомендованi типи покриттiв вертолiтних майданчикiв

Вертолiтнi майданчики можна класифiкувати за багатьма ознаками, наприклад, за формою, типом покриття, розмiрами, мiсцем розташування. Приклади класифiкацiї наведено в табл. 4.4 [59].

Таблиця 4.4

Класифiкацiя вертолiтних майданчикiв

| № з/п | Ознаки класифiкацiї | Показники |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | За приналежнiстю | – цивiльної авiацiї, – експериментальної авiацiї, – державної авiацiї. |
| 2 | За ступенем обладнання | – постiйнi; – тимчасовi. |
| 3 | За характером використання | – основнi; – промiжнi. |
| 4 | За мiсткiстю | – великi; – середнi; – малi. |
| 5 | За об'ємом пасажиро перевезення, пас. в рiк | I клас – понад 30 тис. чол.; II – вiд 15 тис. до 30 тис. чол.; III – до 15 тис. чол. |
| 6 | За кiлькiстю функцiй | -монофункцiональнi, -полiфункцiональнi. |
| 7 | За поверховiстю | – однорiвневi (без внутрiшнiх зв'язкiв), – багаторiвневi (яруснi, пов'язанi пасажирськими та вантажними лiфтами). |

Продовження таблиці 4.4

| 1 | 2 | 3 |
|----|-----------------------------|---|
| 8 | За типом вертольотів | <ul style="list-style-type: none"> – легкі (Мі-2, Ка-26, Ка-18) від 30 м² до 250 м²; – середні (Мі-4, Мі-8) від 250 м² до 500м²; – важкі (Мі-6, Мі-10К, Ми-26) від 1500м² і більше. |
| 9 | За конструкцією | за терміном служби (довговічність), за характером роботи під навантаженням. |
| 10 | За композиційним рішенням | <ul style="list-style-type: none"> – лінійні (з видовженою формою плану); – крапкові (з компактною формою плану); – сітьові (полігональні, зі складною формою плану). |
| 11 | За структурною організацією | <ul style="list-style-type: none"> – надбудовані (на покрівлі); – прибудовані (поруч з будівлею); – комбіновані; – окремо розташовані. |

При виборі типу покриття головним фактором є силовий вплив вертольоту, тому доцільно запропонувати оптимальні типи покриттів для різних вагових категорій вертольотів, рис. 4.13.

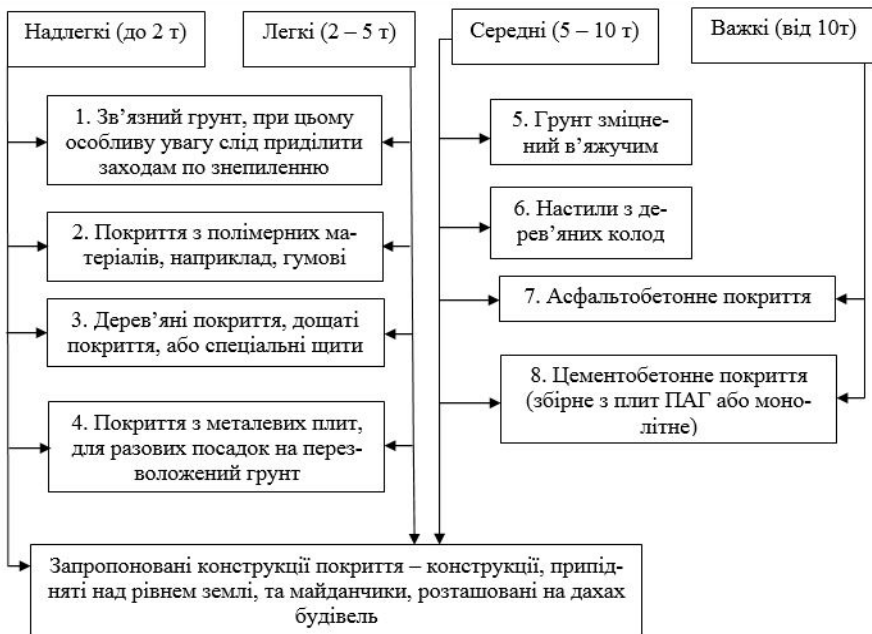


Рис. 4.13. Рекомендовані типи покриттів

4.8. Висновки за розділом 4

1. Пропонується відмовитись від використання цементобетонних покриттів для всіх без винятку типів вертольотів. Аналіз силового впливу вертольоту на покриття доводить, що цементобетон доцільно використовувати лише у випадку покриттів під важкі вертольоти (із злітною вагою більше 10 т), в інших випадках можна обмежитись полегшеними конструкціями;

2. Для категорії вертольотів від надлегких до середніх слід використовувати різні типи покриття, починаючи від ґрунту, зміцненого в'язучим, полімерних матеріалів, які просто розстилаються на підготовленій земній поверхні, та закінчуючи настилами з дерев'яних колод та дощатих щитів;

3. У випадку необхідності розміщення майданчика у важкодоступній місцевості пропонується використовувати збірну конструкцію у вигляді балочної кліті із настилом с металевих щитів.

4. Запропоновано конструкцію плити покриття майданчика на даху будівлі у вигляді балочної кліті із незнімною опалубкою з профнастилу. Це рішення дозволить скоротити час будівництва та обладнати вертолїтним майданчиком навіть різнорівневий дах.

5. Перелїк рекомендованих типів покриття наведено в таблицї 4.5.

Таблиця 4.5

Перелїк рекомендованих типів покриттів

| Тип покриття | Тип верто- льоту | Коротка характеристика по- криття |
|-----------------|---------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Ґрунтове | Легкі та середні | Ґрунтові покриття влаштовуються лише на рівнинній території для здійснення нерегулярних вертолїтних перевезень. Можливе їх використання лише для зв'язних ґрунтів, особлива увага придїляється знепиленню. |
| Ґумові покриття | Легкі та середні | Представляє собою простий ґумовий настил, що просто розстилається на землі. Використовуються переважно для приватної авіації. |
| Дощатий настил | Легкі та середні | Дощаті настили використовуються для здійснення нерегулярних польотів, також можуть використовуватись у важкодоступних місцях. Для середніх вертолїтів можливе використання покриттів вертолїтних майданчиків з дерев'яних колод. |
| Металеві плити | Легкі та середні | Плити, що використовувались для розгортання мобільних аеродромів можна використовувати |

Продовження таблиці 4.5

| 1 | 2 | 3 |
|--|-----------------------------|--|
| | | <p>вати для улаштування тимчасових вертолітних майданчиків. Використання таких плит дає можливість здійснювати посадку на заболочену територію, в інших випадка відпадає потреба в додатковому укріпленні поверхні ґрунту.</p> |
| <p>Ґрунт, укріплений в'язучим</p> | <p>Середні вертольоти</p> | <p>Такий тип покриття використовується переважно у випадку сипучих, незв'язних ґрунтів.</p> |
| <p>Покриття з дерев'яних колод</p> | <p>Середні вертольоти</p> | <p>Настил виконується із стовбурів дерев одного діаметру, скріплених скобами. Така конструкція використовується у важкодоступних місцях, зокрема в тайзі.</p> |
| <p>Асфальтобетонне покриття</p> | <p>Всі типи вертольотів</p> | <p>Використовується виключно для улаштування покриттів постійних вертодромів.</p> |
| <p>Цементобетонне збірне та монолітне покриття</p> | <p>Всі типи вертольотів</p> | <p>Сфера використання – постійно діючі вертодроми та окремі вертолітні майданчики.</p> |
| <p>Покриття у вигляді балочної кліті</p> | <p>Без обмежень</p> | <p>Запропоновані конструкції покриття не мають обмежень по області використання. Покриття у вигляді балочної кліті може бути використане для будівництва майданчика як припіднятого над рівнем земної поверхні, так і на даху будівлі.</p> |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що існуючі норми проектування не відокремлюють вертодромні покриття від аеродромних із використанням лише цементобетонного покриття для всіх типів вертольотів.

2. Встановлено, що використання традиційних типів покриття (збірний та монолітний цементобетон) призводить до надмірного запасу міцності. Зокрема, легкий вертоліт ЕС 155 В1 створює незначний силовий вплив на покриття (згинальні моменти становлять всього 1,23 кН·м/м та 0,738 кН·м/м відповідно для монолітного та збірного цементобетонного покриття, коефіцієнт запасу міцності становить 22,31 та 29,74). Виключення становить лише важкий вертоліт Мі-26, для нього коефіцієнт запасу міцності становить 1,26 та 1,19. Тому використання цементобетону можна вважати виправданим лише для улаштування майданчиків під важкі вертольоти.

3. Запропоновано використовувати конструкцію покриття вертолітних майданчиків у вигляді балочної кліті. Жорсткість та міцність запропонованої конструкції цілком достатня навіть для жорсткої посадки вертольоту. Коефіцієнт запасу міцності в головній балці та балці настилу становив відповідно 1,25 та 1,55.

Для будівництва майданчику на даху будівлі запропоновано конструкцію покриття із використанням профнастилу в якості незнімної опалубки. Конструкція може бути змонтована на будь-якому даху. Розрахунок запропонованої конструкції вівся виходячи з умов жорсткого приземлення вертольоту, жорсткість та міцність достатня. Мінімальний коефіцієнт запасу міцності становить 1,20.

4. Розроблено рекомендації по розрахунку та проектуванню вертолітних майданчиків, розташованих на рівні землі, припіднятих над рівнем землі та розташованих на дахах будівель.

5. Економічно обґрунтовано, що за рахунок зменшення товщини покриття вдається досягти зменшення витрат на будівництво. Зменшення товщини покриття з 35 см до 25 см дає економію витрат на рівні 14,23%. В середньому економія за рахунок зменшення товщини становить 1,0-1,5% на кожен сантиметр товщини покриття. На будівництві покриття одного майданчику економія становить 282,4 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Агеева Г. Н.* Влияние жесткости верхнего слоя на напряженно-деформированное состояние двухслойных аэродромных покрытий: дис. канд. техн. наук: 05.23.11 / Агеева Галина Николаевна. – К., 1993. – 194 с.
2. *Барит Ю. С.* Технический ресурс жестких аэродромных покрытий / Ю. С. Барит // Труды ГосНИИ № 252. – М.: 1986. – С. 31 – 38.
3. *Безрук В. М.* Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. – М. : Транспорт, 1971. – 245 с.
4. *Білеуш А. І.* Вплив неоднорідності ґрунтової основи на пружно-деформований стан жорсткого аеродромного покриття / А. І. Білеуш, М. В. Березівський // Тези доповіді IV Міжнародної науково-технічної конференції АВІА 2002. – К., 2002. – Т. 4. – С. – 42.17 – 42.20.
5. *Бирюлин В. И.* Вертолеты в народном хозяйстве / В. И. Бирюлин, К. Н. Макаров, А. Н. Канищев – М.: Транспорт, 1969. – 173 с.
6. *Блохин В. И.* Аэродромы гражданской авиации / В. И. Блохин, И. А. Белинский, И. В. Циприанович, А. И. Билеуш – М.: Воздушный транспорт, 1996. – 400 с.
7. *Бобков Е. А.* Тяжелый вертолёт Ми-26 / Е. А. Бобков. – Легенды авиации № 3. Приложение к журналу «Стендмастер». 2008. – 56 с.
8. *Бондаренко В. С.* О качестве строительства аэродромных покрытий // В. С. Бондаренко – Аэропорты. Прогрессивные технологии. – 1998. №1. – С. 20 – 22.
9. *Бородач А. И.* Швартовочные площадки и места стоянок для вертолетов / А. И. Бородач, С. К. Быкова. – М., 1964. – 39 с.
10. *Бурдин А. П.* Посадочные площадки для вертолетов / А. П. Бурдин, Н. В. Свиридов, В. Е. Тригопи. – М.: Транспорт, 1976. – 93 с.
11. *Ванли. Х. М.* Расчет и конструирование жестких покрытий для тяжелых самолетов: дис. канд. техн. наук. 05.23.11 / Х. М. Ванли – М., 1998 – 135 с.

12. *Васильев Н. А.* Нестареющие «восьмёрки» / Н. А. Васильев // Крылья Родины. – 1997. – №12. – С. 10.

13. *Васильев Н. Б.* Изгиб лежащих на упругом основании двухслойных полубесконечных балок, концы которых соединены упругими связями // Васильев Н. Б., Кульчицкий В. А. – Проектирование и строительство аэродромов. Науч.-техн. сб. №43. – М.: Войск. часть 44526, 1987. – С. 8 – 13.

14. *Васильев Н. Б.* Определение классификационных показателей аэродромных покрытий по результатам их испытаний / Н. Б. Васильев, Г. Ю. Муранова, Н. И. Романков // Наука и техника в дорожной отрасли. – 1997. № 3. – С. 15-19.

15. *Васильев Н. Б.* Устройство стыковых соединений в сборных покрытиях / Н. Б. Васильев, Б. И. Демин // Автомобильные дороги. – 1985. № 12. - С. 20-21.

16. *Васильева Е. И.* Пособие по проектированию вертолетных станций, вертодромов и посадочных площадок для вертолетов ГА / [Е. И. Васильева, В. Г. Гавко, В. А. Шиманский]. - М.: ГПИ и НИИ - Аэропроект, 1984. - 88 с.

17. *Ведомственные* нормы технологического проектирования аэропортов (ВНТП 1 – 85). – М.: ГПИ и НИИГА «Аэропроект», 1986. – 64 с.

18. *Верюжський Ю. В.* Проектування аеропортів: навч. посібник / Ю. В. Верюжський, О. В. Родченко, В. Ю. Гирич та ін. – К. : НАУ. 2011. – 257 с.

19. *Викторов Б. И.* Наземные сооружения аэропортов: уч. пособие [для студ. высш. учеб. зав.] / Б. И. Викторов. – М.: Транспорт, 1991. – 392 с.

20. *Виноградов А. П.* Долговечность и надежность покрытий аэродромов // А. П. Виноградов. Некоторые проблемные вопросы механики инженерных сооружений и конструкций. Науч.-техн. сб. – М.: Минобороны, 1998. – С. 109 – 125.

21. *Виноградов А. П.* Проблемы создания единой методики оценки возможности эксплуатации аэродромных покрытий // Аэропорты. Прогрессивные технологии. – 1998. №1. – С. 12-13.

22. *Виноградов А. П.* Прогнозирование силовой деструкции аэродромных покрытий / А. П. Виноградов // Проектирование и эксплуатация аэродромных покрытий. 1973. – Вып. 12. – С. 71–81.
23. *Вукан Р. Вучик.* Транспорт в городах, удобных для жизни. Серия: Территория будущего. /Изд-во: Университетская библиотека Александра Погорельского / 2011. - 576 с.
24. *Гавко В. Г.* Обоснование оптимальных планировочных решений вертодромов и посадочных площадок. / В. Г. Гавко // Труды ГосНИИ ГА. Сооружения и оборудование аэропортов. Выпуск 237, 1984. С. 3 – 10.
25. *Глушков Г. И.* Повышение научно-технического уровня проектирования покрытий аэродромов / Г. И. Глушков // Сборник научных трудов МАДИ (ТУ). Проектирование и расчет прочности конструкций и сооружений аэропортов. – 1999. – С. 12 – 18.
26. *Глушков Г. И.* Изыскания и проектирование аэродромов: Учеб. для вузов / Г. И. Глушков, В. Ф. Бабков, В. Е. Тригопи. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1992. – 462 с.
27. *Глушков Г. И.* Воздействие на покрытия аэродромов воздушных судов / Г. И. Глушков, В. Ф. Бабков, И. А. Медников // Жёсткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1987. – С. 64 – 69.
28. *Глушков Г. И.* Изыскания и проектирование аэродромов / Г.И. Глушков, В. Ф. Бабков, Л. И. Горецкий, А. С. Смирнов – М.: Транспорт, 1984. – 160 с.
29. *Глушков Г. И.* Повышение долговечности цементобетонных покрытий // Г. И. Глушков – Автомобильные дороги. 1981. № 9. - С. 23 – 25.
30. *Глушков Г. И.* Расчет сооружений, заглубленных в грунт / Г. И. Глушков. – М.: Стройиздат. 1977. - 294 с.
31. *Горецкий Л. И.* Эксплуатационные воздействия воздушных судов на аэродромные покрытия / Л. И. Горецкий, В. И. Барздо, С. М. Полосин-Никитин // Строительство аэродромов. – М.: Транспорт, 1991. – С. 64–70.

32. *Горецкий Л. И.* Эксплуатация аэродромов. / Л. И. Горецкий. // М.: Транспорт, 1986. – 280 с.
33. *Горецкий Л. И.* Проектирование и строительство вертолетных станций / Л. И. Горецкий, А. И. Бородач. – М.: Стройиздат, 1964. – 263 с.
34. *Горецкий Л. И.* Бетонные покрытия на аэродромах. / Л. И. Горецкий // -М.: Воениздат, 1950. – 200 с.
35. *Городецкий А. С.* Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров – К; Изд-во «Факт», 2005. – 344 с.
36. *Жемочкин Б. И.* Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. / Б. И. Жемочкин, А. П. Синицын. // Изд. 2-е перераб и доп. -М.: Стройиздат, 1962. – 240 с.
37. *Жустрин Г. К.* Оценка массы посадочных устройств вертолетов / Г. К. Жустрин. (Труды Центрального аэрогидродинамического института им. проф. Н. Е. Жуковского; вып. 2232). – М.: ЦАГИ, 1984. – 11 с.
38. *Запорожець В. Н.* Аеропорт: організація, технологія, безпека / В. Н. Запорожець, М. Н. Шматко. – К.: Дніпро, 2002. – 168 с.
39. *Зенкевич О. И.* Метод конечных элементов в технике / О. И. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 543 с.
40. *Иванов В. Н.* Аэропроект и аэропорты. / В. Н. Иванов – М.: Воздушный транспорт, 1998. – 264 с.
41. *Иодер Е. Д.* Принцип проектирования дорожных и аэродромных одежд. – М.: Транспорт, 1964. – 189 с.
42. *Изаксон А. М.* Советское вертолетостроение / А. М. Изаксон. – М.: Машиностроение, 1964. – 150 с.
43. *Кислоокій В. Н.* Принципи побудови ППП Парус для рішення задач статичної та динамічної нелінійної комбінованої просторової конструкції / В. Н. Кислоокій, В. К. Цыхановский, Т. А. Касилова, А. В. Мацвейко, В. Е. Боговис, М. С. Барабаш // Тезиси докл. V Междунар. конф. «Мягкие и гибкие оболочки в народном хозяйстве». – Краснодар, 1990. – С. 142-143.

44. *Кручинский Г. А.* Эксплуатация и ремонт вертолетов за рубежом / Г. А. Кручинский, Н. И. Павловский, Н. Ф. Суриков, А. В. Серебряков. – М.: Транспорт, 1977. – 136 с.
45. *Кузнецов Г. И.* Взлет по вертикали / Г. И. Кузнецов, В. А. Касьяников. – Полигон-пресс, 2008. – 216 с.
46. *Кульчицкий В. А.* Аэродромные покрытия. Современный взгляд. / В. А. Макагонов, Н. Б. Васильев, А. Н. Чеков, Н. И. Романков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 530 с.
47. *Кульчицкий В. А.* Некоторые конструктивные и технологические решения в области строительства и эксплуатационного содержания аэродромов / В. А. Кульчицкий, Н. Б. Васильев, Б. И. Демин, Л. Б. Пчелкина // Транспортное строительство. – 1996. № 9. – С. 25-27.
48. *ЛИРА 9.2* Примеры расчета и проектирования: учебное пособие / [Барабаш М. С., Гензерский Ю. В., Марченко Д. В., Титок В. П.]. – К.: Факт, 2005. – 106 с.
49. *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.
50. *Лосев Л. И.* Винтокрылая авиация в Украине / Л. И. Лосев, Л. Л. Козярчук. – Луцк.: ФОП Захарчук В. М., 2011. – 140 с.
51. *Луценко О. К.* Військові аеродроми. Металеві аеродромні покриття / О. К. Луценко, В. М. Першаков, Б. О. Плужніков, І. В. Чекед. – К.: 2004 р. – 58 с.
52. 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>.
53. *Матысик Г. П.* Проектирование искусственных покрытий для аэродромов / Г. П. Матысик. – Л.: ЛКВВИА, 1952. – 375 с.
54. *Миль М. Л.* Вертолеты: расчет и проектирование. Аэродинамика. / М. Л. Миль. – Т. 1. – М.: Машиностроение, 1966. – 454 с.

55. *Никифоров С. Н.* Сопротивление материалов / Никифоров С. Н. // 3-е изд. перераб. и доп. -М.: Стройиздат, 1964. – 368 с.
56. *Перельмутер А. В.* Модель основания «ССС» / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер // Расчётные модели сооружений и возможность их анализа. – К.: Сталь, 2002. – С. 369–377.
57. *Першаков В. М.* Жорсткі вертодромні покриття / В. М. Першаков, Т. В. Близнюк // Будівництво України. – 2014. – №5. – С. 43-45.
58. *Першаков В. М.* Особливості проектування вертолітного майданчика на даху будівлі / В. М. Першаков, Т. В. Близнюк // Будівництво України. – 2014. – №5. – С. 15-16.
59. *Першаков В. М.* Вертодроми: Монографія / В. М. Першаков, А. О. Белятинський, Т. В. Близнюк, Н. Г. Семироз. – К.: Видавництво НАУ, 2014. – 370 с.
60. *Першаков В. М.* Классификация вертолетов с учетом их конструктивных особенностей / В. М. Першаков, Т. В. Близнюк. Инженерия транспорта и организация перевозок. Сб. статей 16-ой конференции молодых учёных «Наука-будущее Литвы», 8 мая 2013 г., – Вильнюс, ЛИТВА. – С. 112–116.
61. *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.
62. *Першаков В. М.* Особливості проектування вертолітних майданчиків на дахах будівель / Першаков В. М., Близнюк Т. В. // Матеріали XI Міжнародн. наук.-техн. конференції «Авіа-2013» 21-23 травня 2013 р. – К. : НАУ, 2013. – Т. 4. – С. 25.9–25.12.
63. *Першаков В. М.* Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам. Монографія. – К. : НАУ. 2007. – 301 с.
64. *Пискунов В. Г.* Расчет конструкций дорожных и аэродромных одежд / В. Г. Пискунов, В. Е. Вериженко // Линейные и нелинейные задачи расчета слоистых конструкций. – К.: Будівельник, 1986. – С. 150 – 156.
65. Порівняльний аналіз рівня безпеки польотів та виявлення потенційних факторів аварійності з цивільними повітряними суд-

нами України за 9 місяців 2012 року. -2012.12.30 [Електронний ресурс] // Режим доступу:

<http://www.avia.gov.ua/uploads/documents/8565.pdf>.

66. *Родченко О. В.* Розрахунок двошарових жорстких аеродромних покриттів із використанням коефіцієнта накопичення руйнувань / О. В. Родченко. Будівництво України. – 2008. – №5. – С. 40–47.

67. *Родченко О. В.* Розрахунок двошарових жорстких аеродромних покриттів за допомогою програмного комплексу «ЛІРА» / О.В. Родченко // Будівництво України. – 2008. - №9. – С. 37 – 41.

68. *Родченко О. В.* Дослідження впливу опор надважких літаків на жорсткі покриття аеродромів / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2007. – № 3. –С. 25–28.

69. *Родченко О. В.* Вдосконалення методики розрахунку жорстких покриттів аеродромів у діючих нормах проектування / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2007. – № 8. – С. 31–36.

70. *Родченко О. В.* Теоретичні та практичні підходи до вдосконалення методики розрахунку плитних конструкцій будівель та споруд аеропортів / О. В. Родченко // Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель: зб. наук, праць. – К. : Київ ЗНДІЕП, 2006. – С. 180–184.

71. *Родченко О. В.* Вплив сучасних та перспективних літаків на двошарові та одношарові жорсткі покриття аеродромів / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2007. – № 9. – С. 36–40.

72. *Розин Л. А.* Задачи теории упругости и численные методы их решения / Л. А. Розин. – С-Пб.: Изд-во С-ПбГТУ, 1998. – 418 с.

73. *Свищев Г. П.* Авиация: энциклопедия / Г. П. Свищев. – М.: Большая рос. энцикл. 1994. – 736 с.

74. *Семироз Н. Г.* Факторы, влияющие на строительство вертодромов в городе Киеве / Н. Г. Семироз, Е. Г. Семироз // Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы». – 2013. №1. – С. 168-172.

75. *Смирнов А. С.* О классификации нагрузок на покрытия аэродромов международной организации гражданской авиации (ИКАО) // Строительство аэродромов. Тр. МАДИ. Вып. 57. – 1974.
76. *Современный взгляд* на проблему проектирования, строительства и эксплуатации аэродромных покрытий // Аэропорты. Прогрессивные технологии. 2003. – № 2. – С. 26-29.
77. *Соколов Н. П.* Прямой расчет аэродромных и дорожных покрытий из плит со стыковыми соединениями на статическую нагрузку/ Н. П. Соколов, Б. И. Смолка // Науч.-техн. сб. МО. № 13, 1977. – С. 3 – 19.
78. *Стратегия развития Киева до 2025 года.* [Электронный ресурс]// Режим доступа: <http://www.rbc.ua/rus/analytics/kievsovetutverdil-strategiyu-razvitiya-kieva-do-2025-g-15122011130400>
79. *Стратегії урбаністичного майбутнього* Києва: збірник громадських дискусій, статей, інтерв'ю та проєктів. Представництво Фонду ім. Гайнріха Бьоля в Україні, 2011. - 184 с.
80. *Тимошенко С. П.* Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М.: Наука, 1966. – 635 с.
81. *Тоцкий О. Н.* Рекомендации по расчету многослойных покрытий аэродромов / О. Н. Тоцкий, В. Б. Безелянский, О. Г. Тарунтаева. – М.: ГПИ и НИИГА Аэропроект, 1982. – 56с.
82. *Цыхановський В. К.* Розрахунок тонких плит на пружній основі методом скінчених елементів. / В. К. Цыхановський, С. М. Козловець, О. С. Коряк // К.: Вид-во «Сталь», 2008 – 234 с.
83. *Шимановский А. В.* Теория и расчёт сильнонелинейных конструкций / А. В. Шимановский, В. К. Цыхановский – К.: Изд-во «Сталь», 2005. – 432 с.
84. *Шкумат А. О.* Вертолітна площадка на даху адміністративно-суспільного багатоповерхового будинку. Магістерська робота. – К.: НАУ, 2010. – 135 с.
85. *Юркин Ю. А.* Аэродромы и аэропорты: учебное пособие / Ю. А. Юркин. – М.: МГТУ ГА, 2000. – 104 с.

86. *Advanced pavement design*: Finite Element modelling for Rigid Pavement Joints, Report II – Model Development, Report No. DOT/FAA/AR-97/7, FAA / Michael I. Hammons. – Washington: Federal Aviation Administration, 1998. – 180 p.
87. *Advanced Pavement Design*: Finite Element Modeling for Rigid Pavement Joints, Report III: Model Simplification and Application, Report No. DOT/FAA/AR-98/70, FAA / Michael I. Hammons, Reed B. Freeman. – Washington: Federal Aviation Administration, 2007. – 31 p.
88. *Airport Engineering*: planning, design, and development of 21st century airports / Norman J. Ashford, Saleh Mumayiz, Paul H. Wright. – 4th ed. -769 p.
89. *Airport Pavements: Solutions for Tomorrow's Aircraft*. U.S. Department of transportation Federal Aviation Administration. 1993 – 28 p.
90. *Florian I. P.*, Rely Victoria Petrescu. *New Aircraft II.* / I. P. Florian. – BoD – Books on Demand, 2012. – 138 p.
91. *General Books LLC*. Heliports in New York: Metlife Building, East 34th Street Heliport, West 30th Street Heliport, Downtown Manhattan Heliport, Southampton Heliport. General Books LLC, 2010. – 28 p.
92. *Helicopters* and other rotorcrafts since 1907. Kenneth Munson. London, Brandforf press.
93. *Helicopters*. The 25 most asked questions... And answers. Helicopter Association International, 1635 Prince Street, Alexandria VA 22314.
94. *Helideck design considerations*. Civil Aviation Authority, 2009. 48 p.
95. *IATA: Airport development reference manual*. – [9th ed.]. – Montreal-Geneva: International Air Transport Association, 2004. – 722 p.
96. *Implementation of Rigid Pavement Thickness Design for New Pavements* [Електронний ресурс]/ Izydor Kawa, Edward H. Guo, Gordon F. Hayhoe, David R. Brill // 2002 Federal Aviation Administration Airport Technology Transfer Conference. – Atlantic City, 2002. – 13 p.

97. *J. Gordon Leishman*. Principles of Helicopter Aerodynamics. Cam-bridge University Press, 2006. – 826 p.
98. *Jaroslav J. Hajek*. Common Airport Pavement Maintenance Practices. / Jaroslav J. Hajek, Jim W. Hall, David K. Hein – Transportation Research Board, 2011. – 103 p.
99. *Jesse Russell*. Tokyo Heliport. / Jesse Russell, Ronald Cohn. – Book on Demand, 2012. – 146 p.
100. *Kalita A. A.* High-rise building with helipad. Master's work, K.: NAU, 2014. – 127 p.
101. *Norbert Delatte* Concrete pavement design, construction and performance /Norbert Delatte /New York: Taylor & Francis, 2008. – 389 p.
102. *Pickett G.* Influence Charts for Concrete Pavements / G. Pickett, G. K. Ray // Transactions, American Society of Civil Engineers. – 1949. – Vol. 116. – P. 49.
103. *Portland Cement Association*. Design of Concrete Airport Pavement. Portland Cement Association, 1955. – 47 p.
104. *Robert D. S.* Heliport/vertiport Design Deliberations, / D.S Robert. – 1997-2000. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Communication, Navigation, and Surveillance, 2001. – 296 p.
105. *Runhua Guo*. Predicting In-service Fatigue Life of Flexible Pavements Based on Accelerated Pavement Testing. – ProQuest, 2007. – 158 p.
106. *Swamy R. N.*, Fibre Reinforced Cement and Concretes: Recent developments/R. N. Swamy, B. Barr. – Taylor & Francis, 2002. – 700 p.
107. *Vijay Alagar*. Modern Heliport Design. LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 72 p.
108. *Westergaard H. M.* Stresses in Concrete Runways of Airports, Proceedings, Highway Research Board, National Research Council, V. 19. 1939. -P. 199 – 200.
109. *Westergaard H. M.* New Formulas for Stresses in Concrete Pavements of Airfields, Transactions, American Society of Civil Engineers, V. 133. 1948. -P. 434.
110. *Yefim Gordon*. Mil's Heavylift Helicopters: Mi-6, Mi-10, V-12 and Mi-26 / Yefim Gordon, Dmitriï Komissarov, Sergey Komissarov. – Midland Publishing Limited, 2005. – 127 p.

Нормативні документи, інструкції та рекомендації

111. *ГОСТ 23331–78 Аэродромы.* Дневная маркировка искусственных покрытий. 1979. – 20 с.
112. *ГОСТ 25269–82 Аэродромы.* Дневная маркировка грунтовых аэродромов. 1983 – 15 с.
113. *ГОСТ 25912.4–91.* Арматурные и монтажно–стыковые изделия железобетонных плит для аэродромных покрытий. Конструкция. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1991. – 24 с.
114. *ДСТУ Б В.2.6-135:2010* Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ для аеродромного покриття. Технічні умови (ГОСТ 25912.0-91, MOD).
115. *ДСТУ Б В.2.6-136:2010* Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ-14 для аеродромного покриття. Конструкція (ГОСТ 25912.1-91, MOD).
116. *ДСТУ Б В.2.6-137:2010* Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ-18 для аеродромного покриття. Конструкція (ГОСТ 25912.2-91, MOD).
117. *ДСТУ Б В.2.6-138:2010* Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ-20 для аеродромного покриття. Конструкція (ГОСТ 25912.3-91, MOD).
118. *Инструкция* по проектированию вертолетных станций, вертодромов и посадочных площадок для вертолетов гражданской авиации. – М.: Стройиздат, 1977 – 69 с.
119. *Положение* о восстановлении аэродромов в военное время. – Винница, ВВС Украины. 1993. –26 с.
120. *Приложение 14* к Конвенции о международной авиации. Аэродромы. Том II Вертодромы.// Рекомендации международной организации гражданской авиации. (ИКАО), 2009. – 110 с.
121. *Приложение 6* к Конвенции о международной авиации. Эксплуатация воздушных суден. Часть III. Международные полеты. Вертолеты. // Рекомендации международной организации гражданской авиации. (ИКАО), 2010 – 229 с.
122. *Приложение 14* к Конвенции о международной авиации. Аэродромы. Том I Проектирование и эксплуатация аэродромов.// Рекомендации международной организации гражданской авиации. (ИКАО), 2009. – 360 с.
123. *Руководство* по вертодромам. // Рекомендации международной организации гражданской авиации. (ИКАО), 1995 – 107 с.

124. *Руководство* по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ-94). Утверждено приказом директора департамента воздушного транспорта от 19.09.94 № ДВ-98. Москва. 1994 – 125 с.
125. *Руководство* по проектированию аэродромных покрытий. – М.: Аэропроект, 1983 – 307 с.
126. *Руководство* по проектированию Аэродромов // Doc/ 9157 AN/901. Ч.3. Покрытия. ИКАО. Монреаль, 1977. – 335 с.
127. *Руководство* по проектированию вертодромов и посадочных площадок для вертолетов гражданской авиации. – М.: Аэропроект, 1970 – 29 с.
128. *СНиП 32-03-96*. Аэродромы // Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1996. – 23 с.
129. *СНиП 2.05.08.85*. Аэродромы / Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 59 с.
130. *Advisory Circular 150/5320-6E/ Airport Pavement Design and Evaluation*. – US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2009. – 116p.
131. *Airport Pavement Design and Evaluation, Advisory Circular N. 150/5320-6D*, Federal Aviation Administration, 1995. – 139 p.
132. *United States*. Federal Aviation Administration. Specification for Wind Cone Assemblies. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2004. – 9 p.
133. *Першаков В. М.* Рекомендації по використанню вертодромних покриттів /Першаков В. М., Близнюк Т. В. // Міське середовище -XXI ст. Архітектура. Будівництво. Дизайн: Тези доповідей II Міжнародного науково-практичного конгресу, м. Київ, 15-18 березня 2016 р. –К.: ЦП «Компринт», 2016. – С.45-46.
134. *Першаков В. М.* Расчет цементобетонных вертолетных площадок/ Першаков В. М., Белятинський А. О., Близнюк Т. В.// Инженерия транспорта и организация перевозок. Сб. статей 17-ой конференции молодых учёных «Наука-будущее Литвы» 8 мая 2014г., Вильнюс, ЛИТВА. -С.219-223.
135. *Першаков В. М.* Особливості проектування вертолітних майданчиків. / Першаков В. М., Близнюк Т. В.// XV Міжнародн. наук.-техн. конференція АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика». Мелітополь, 17-19 вересня 2014 р.: Матеріали конференції. – Вінниця: ГЛОБУС-ПРЕС, 2014.- С. 123-124.

136. *Першаков В. М.* Вертодроми /Першаков В. М., Белятинський А. О., Близнюк Т. В. Семироз Н. Г.// -К.: Будівництво України. - 2014.-№3. - С.35-37.
137. *Першаков В. М.* Перспективи використання вертолітного транспорту в Україні/Першаков В. М., Близнюк Т. В.//Міське середовище - ХХІ сторіччя. Архітектура. Будівництво. Дизайн: Тези доповідей І Міжнародного науково-практичного конгреса, м. Київ, 10-14 лютого 2014 р. –К.: НАУ, 2014. –Вип. 1(11). - С.119-120.
138. *Першаков В. М.* Перспективи використання вертолітного транспорту в Україні / Першаков В. М., Близнюк Т. В.// Проблеми розвитку міського середовища: Наук.- техн. збірник / - К.: НАУ, 2014.–Вип. 1(11). - С. 306-315.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Першаков Валерій Миколайович



Народився 8 травня 1943 р. у м. Мідногорську (Росія). У 1966 р. закінчив інженерно-будівельний факультет Казахського політехнічного інституту за спеціальністю „Промислове і цивільне будівництво”. З 1982 р. доцент кафедри будинків та споруд аеропортів (з 1986р. по 1992р. - декан факультету аеропортів) Київського інституту інженерів цивільної авіації (з 2000 р. – Національний авіаційний університет), з 2002 р. - доцент, з 2007 р. – професор кафедри комп’ютерних технологій будівництва, а з 2010 р. - професор кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Навчально-наукового інституту Аеропортів НАУ.

У 1973 р. захистив кандидатську дисертацію «Особливості роботи позациентрова стиснутих коротких елементів із керамзитобетону з малими величинами ексцентриситетів» за спеціальністю 05.23.01 "Будівельні конструкції, будівлі та

Професор кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Навчально- наукового інституту Аеропортів Національного авіаційного університету, зам. голови спеціалізованої вченої ради К26.062.12 НАУ, академік Академії будівництва України, академік Інженерної Академії України. доктор технічних наук, професор.

Нагороджений медалями “В пам’ять 1500-річчя Києва” (1983), “Ветеран праці” (1989), почесним знаком “Винахідник СРСР” (1985), почесною грамотою МОН України (2001), почесним знаком “Відмінник освіти України” (2003), нагрудними знаками «За сумлінну працю» (2008), "Ветеран НАУ" (2011), грамотою Солом’янської районної в місті Києві державної адміністрації (2013), лауреат премії Академії будівництва України ім. академіка М. С. Буднікова (2014), переможець конкурсу на здобуття «Великої срібної медалі» Академії будівництва України (2014), переможець конкурсу на кращий навчальний посібник НАУ (2015).

Основні опубліковані праці:

1. Bielyatynskiy A. Metal Structures in Construction / Bielyatynskiy A., Pershakov V., Ivannikova V. Монографія. Germany. Scholars Press. 2015. - P. 210.

2. Першаков В. М. Проблеми протидії конструкцій прогресуючому обваленню будівель та споруд / Першаков В. М., Барабаш М. С., Белятинський А. О., Лисницька К. М. Монографія. --К.: НАУ, 2015. - 456 с.

3. Першаков В. М. Дослідження транспортних потоків в аспекті заторових станів дорожнього руху / Першаков В. М., Белятинський А. О., Степанчук О. В., Кротов Р. В. Монографія. --К.: НАУ, 2015. -176

споруди". В 2012 р. захистив докторську дисертацію на тему: «Створення ефективних типів залізобетонних рам з несучими елементами змінного перерізу» за спеціальністю 05.23.01 "Будівельні конструкції, будівлі та споруди". Науковий консультант д.т.н., професор Барашиков А. Я., Лауреат Державної премії України.

Наукові дослідження пов'язані з вивченням теоретичних та експериментальних питань будівельних залізобетонних, металевих конструкцій промислових, цивільних, сільськогосподарських будівель та споруд, а також автомобільних доріг та аеродромів.

Автор 270 наукових праць, в том числі один підручник, два навчальних посібника з грифом МОН, 16 навчальних посібників, 13 монографії, 6 каталогів і ТУ, 18 авторських свідоцтв та патентів, 15 методичних вказівок. Учасник 50 міжнародних та регіональних наукових конгресів та конференцій.

с.

4. Першаков В. М. Вертодроми. / Першаков В. М., Белятинський А. О., Близнюк Т. В., Семироз Н. Г. Монографія. –К. : Видавництво НАУ, 2014. – 370 с.

5. Металеві конструкції. Метали і зварювання в будівництві (англ. мовою): Навчальний посібник. / Белятинський А. О., Першаков В. М., Лапенко О. І., Пилипенко О. І., Кужель Н. І., Гирич В. Ю.– К. : НАУ. – 2013. – 208 с. (Гриф МОН України. Лист № 1/11-9776 від 10.06.2013 р).

6. Англомова освіта в Національному авіаційному університеті (1999-2009рр.) / Кулик М. С., Тунік А. А., Акмадїнова О. М., Першаков В. М., Олешко Т. А. Монографія. –К.: НАУ, 2010. - 64 с.

7. Pershakov V. M. Reinforced concrete and stone structures / Залізобетонні та кам'яні конструкції: Textbook / підручник. – К. : НАУ, 2009. – 328 р. (Гриф МОН України. Лист 1.4/18-Г-79 від 10.01.2009 р).

8. Першаков В. М. Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам. Монографія. – К. : НАУ, 2007. – 301 с.

9. Першаков В. М. ПРОБЛЕМИ ПРОТИДІЇ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ. Монографія, Частина 1. Досвід проектування, будівництва та експлуатації / В. М. Першаков, А. О. Белятинський, Є. А. Бакулін, В. М. Бакуліна, Г. І. Болотов, І. О. Попович. Під заг. ред. д.т.н., проф. В. М. Першакова.– К. : НАУ, 2016. – 104 с.

**Белятинський
Андрій Олександрович**



Народився 24 грудня 1970 р. у м. Києві (Україна). У 1993 р. з відзнакою закінчив Київський автомобільно-дорожній інститут за спеціальністю "автомобільні дороги та аеродроми". У 1991-1993 рр. навчався і проходив стажування в Німеччині (м. Нюрнберг). У 1993 р. працював дорожнім майстром Гайворонської районної дорожньо-ремонтно-будівельної ділянки.

З 1993 по 1996 рр. аспірант Українського транспортного університету. Одночасно у 1996-2004 рр, старший науковий співробітник кафедри мостів та тунелів Національного транспортного університету. У 1996 р. захистив кандидатську дисертацію на тему "Дослідження місцевого розмиву біля опор мостів при їх реконструкції методами стереофотограмметрії" за спеціальністю "автомобільні шляхи та аеродроми". Доцент по кафедрі комп'ютерних технологій (2002).

Заступник директора Навчально - наукового інституту Аеропортів з наукової роботи, завідувач кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Національного авіаційного університету, голова спеціалізованої вченої ради К26.062.12 НАУ, академік Транспортної Академії України, академік Інженерної Академії України, вчений секретар Міжнародної асоціації спеціалістів промислової гідравліки і пневматики, доктор технічних наук, професор.

Нагороджений відзнаками Інституту екології та дизайну НАУ (2005), «Почесний дорожник» (Укравтодор) (2008), медаллю «За сумлінну працю» (2010), переможець конкурсу на здобуття «Великої срібної медалі» Академії будівництва України (2014), переможець конкурсу на кращий навчальний посібник НАУ (2015).

Основні опубліковані праці:

1. Металеві конструкції. Метали і зварювання в будівництві (англ. мовою): Навчальний посібник. / Белятинський А. О., Першаков В. М., Лапенко О. І., Пилипенко О. І., Кужель Н. І., Гирич В. Ю.– К. : НАУ. – 2013. – 208 с. (Гриф МОН України. Лист № 1/11-9776 від 10.06.2013р).

2. Зависимость состояния заглубленных конструкций объектов аэропортов от граничного равновесия грунтового пространства. (англ. мовою) / Белятинський А. О., Прусов Д. Е / Mokslas – Lietuvos Ateitis. Science – Future of Lithuania. Civil and Transport Engineering, Aviation Technologies. Vilnius (Lietuva): Technika, 2011, Vol. 3, № 2. – Р. 118–125.

3. Особенности функционирования автоматизированных систем управления дорожным движением в городах Украины / Белятинський А. О., Степанчук А. В., Пилипенко А. И. / Mokslas – Lietuvos Ateitis. Science – Future of Lithuania. Civil and

З 1999 по 2003 рр, докторант Національного транспортного університету. У 2003 році обраний членом-кореспондентом Транспортної Академії України. Наукові дослідження пов'язані з вивченням засобами математичного моделювання та геоінформаційних систем процесів стоку під час стихійних лих в важкодоступних гірських районах з використанням аерокосмічної інформації та стерео фотозйомки. У 2005 р. захистив докторську дисертацію на тему "Гідрологічні розвідування мостових переходів з застосуванням методів дистанційного зондування Землі" за спеціальністю 05.22.11 "автомобільні шляхи та аеродроми".

З 2006 р. заступник директора Інституту міського господарства з наукової роботи, директор Інституту міського господарства, заступник директора Інституту аеропортів з наукової роботи Національного авіаційного університету. Завідувач кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів.

Автор понад 300 наукових праць: 180 статей, 9 навчальних посібників, 7 монографій, 8 патентів. Учасник 45 міжнародних та регіональних наукових конгресів та конференцій.

Transport Engineering, Aviation Technologies. Vilnius (Lietuva): Technika, 2013, Vol. 3, № 5. – P. 118–125.

4. Experimental research into shallow flows of rainwater on the airport runways / A. Belyatynsky, I. Klimentko, O. Prentkovskis, J. Krivenko / TRANSBALTICA 2011. Proceedings of the 7th International Scientific Conference. May 5-6, 2011. VGTU, Lithuania. Vilnius: Technika, 2011. – P. 181–185.

5. The experimental study of shallow flows of liquid on the airport runways and automobile roads / A. Belyatynsky, O. Prentkovskis, J. Krivenko / Transport. Vilnius (Lietuva): Technika, 2010, № 25 (4). – P. 394–402.

6. Bielyatynskiy A. Metal Structures in Construction / Bielyatynskiy A., Pershakov V., Ivannikova V. Монографія. Germany. Scholars Press. 2015. - P. 210.

7. Першаков В. М. Проблеми протидії конструкцій прогресуючому обваленню будівель та споруд / Першаков В. М., Барабаш М. С., Белятинський А. О., Лисницька К. М. Монографія. --К.: НАУ, 2015. - 456 с.

8. Першаков В. М. Дослідження транспортних потоків в аспекті заторових станів дорожнього руху / Першаков В. М., Белятинський А. О., Степанчук О. В., Кротов Р. В. Монографія. --К.: НАУ, 2015. - 176 с.

9. Першаков В. М. Вертодроми. / Першаков В. М., Белятинський А. О., Близнюк Т. В., Семироз Н. Г. Монографія. –К. : Видавництво НАУ, 2014. – 370 с.

10. Першаков В. М. ПРОБЛЕМИ ПРОТИДІЇ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ. Монографія, Частина 1. / В. М. Першаков, А. О. Белятинський, С. А. Бакулін, В. М. Бакуліна, Г. І. Болотов, І. О. Попович. Під заг. ред. д.т.н., проф. В. М. Першакова.– К. : НАУ, 2016. – 104 с.



Близнюк Тарас Васильович

Аспірант кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів, магістр Автомобільно-дорожнього інституту Донецького національного технічного університету.

Основні останні опубліковані праці:

Народився 20 листопада 1988 року у м. Горлівка (Україна).

В 2011 році закінчив Автомобільно-дорожній інститут Донецького національного технічного університету за спеціальністю «Автомобільні дороги та аеродроми». З 2012 року – аспірант кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Національного авіаційного університету.

Основний напрям наукової діяльності – удосконалення розрахунку покриттів аеродромів та вертодромів.

Автор 13 наукових праць, учасник міжнародних та регіональних конференцій.

1. *Першаков В.М.* Особливості проектування вертолітних майданчиків на дахах будівель / В. М. Першаков, Т. В. Близнюк // Матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції «Авіа-2013». – 2013. – Т.4. – С. 9 – 12.
2. *Першаков В.М.* Классификация вертолётов с учётом их конструктивных особенностей / В.М. Першаков, Т.В. Близнюк // Материалы 16-й конференции молодых учёных «Наука – будущее Литвы». – 2013.- С.112-116.
3. *Першаков В.М.* Проектування вертодромів в умовах міської забудови / В. М. Першаков, Т. В. Близнюк // Вісник інженерної академії України. – 2013. - №1.- С. 270– 274.
4. *Першаков В. М.* Вертодроми: Монографія / В. М. Першаков, А. О. Белятинський, Т. В. Близнюк, Н. Г. Семироз. – К.: Видавництво НАУ, 2014. – 370 с.
5. *Першаков В. М.* Жорсткі вертодромні покриття / В. М. Першаков, Т. В. Близнюк // Будівництво України. – 2014. – №5. – С. 43-45.
6. *Першаков В. М.* Расчет цементобетонных вертолетных площадок / В. М. Першаков, А. О. Белятинский, Т. В. Близнюк. Инженерия транспорта и организация перевозок. Сб. статей 16-ой конференции молодых учёных «Наука-будущее Литвы», 8 мая 2014 г., – Вильнюс, ЛИТВА. – С. 219 – 223.

Наукове видання

ПЕРШАКОВ Валерій Миколайович,
БЄЛЯТИНСЬКИЙ Андрій Олександрович
БЛИЗНЮК Тарас Васильович

**ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТОДРОМНИХ
ПОКРИТТІВ**

Монографія

В авторській редакції

За редакцією
д.т.н., професора В. М. Першакова

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка
С.В. Воєводін

Дизайн обкладинки
Д.В.Семироз

Підписано до друку 14.06.16. Зам. №14-06(1)/14.
Формат 60x84/16. Обл. вид. арк. 4,6. Наклад 300 прим.
Друк «НВФ «Славутич-Дельфін».
пр-т Космонавта Комарова, 1.
Тел./факс: 406-74-41