

УДК625. 717.02 (045)

Беятинський А.О., д-р техн. наук, **Першаков В.М.**, д-р техн. наук,
Близнюк Т.В.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕРТОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ

Анотація. В статті наведено основні типи покриттів вертодромів. Розглянуто традиційні типи покриттів (цементобетонне покриття збірне, монолітне та асфальтобетонне). Окрім цього розглянуто використання специфічних типів покриттів з металевих плит. Запропонована конструкція вертолітного майданчика у вигляді балочної кліти.

Ключові слова: вертодром, вертолітний майданчик, цементобетонне покриття, балочна кліть, збірно-розбірні покриття.

Аннотация. В статье приведены основные типы вертодромных покрытий. Рассмотрены традиционные типы покрытий (цементобетонное сборное, монолитное или асфальтобетонное). Кроме этого рассмотрено использование специфических типов покрытий из металлических плит. Предложена конструкция вертолётной площадки в виде балочной клетки.

Ключевые слова: вертодром, вертолётная площадка, цементобетонное покрытие, балочная клетка, сборно-разборные покрытия.

Annotation. The article gives most common types of helipad pavements. Traditional pavements (such as concrete or flexible pavements) are discussed. Issues related to the use of specific pavement of metal slabs are also given. Design of rooftop helipad in the form of beam cage is proposed.

Keywords: heliport, helipad, concrete pavement, beam cage, dismountable pavement.

Вступ

З кожним роком вертолітна тематика стає дедалі перспективнішою. На противагу літакам, вертольоти дешевші в обслуговуванні та не потребують особливих умов для експлуатації. На відміну від бізнес-авіації, їм не потрібні великі обладнані аеродроми, достатньо невеликого майданчика.

Ці та інші привабливі особливості вертольотів стали причиною постійного розширення спектра їх використання. І якщо раніше вертольоти мали військову або спеціальну «прописку», то нині вони впевнено опановують цивільний сектор використання [1].

Наведені тенденції яскраво проявилися під час масштабного вертолітного форуму, який відбувся в 2012 році у Москві. V Міжнародна виставка вертолітної індустрії HeliRussia-2012 представила весь спектр продукції та послуг вертолітної індустрії не тільки Росії, але й СНД, дальнього зарубіжжя. У виставці HeliRussia-2012 взяла участь 201 компанія: 150 російських і 51 компанія з 17 країн світу: України, Білорусі, США, Великобританії, Франції, Німеччини, Канади, Швейцарії, Швеції, Італії, Іспанії, Індії, Фінляндії, Польщі, Колумбії, Чехії, Литви. Нагадаємо: на першій виставці свої експозиції представляли 129 компаній з 10 країн світу, тобто зростання інтересу, а відповідно, і обсягів вертолітної індустрії відчутне навіть за кількістю учасників цього міжнародного вертолітного форуму.

Розміри сучасних літаків продовжують збільшуватись, ціни на них зростають, відповідно зростає і вартість їх технічного обслуговування на землі. У зв'язку із цим зростає використання вертольотів, особливо в корпоративній авіації, медицині (для швидкого транспортування пацієнтів), для евакуації людей та ін.

Постановка завдання

Розвиток сучасної держави неможливий без розвитку та постійного удосконалення транспортної системи. Завдяки можливості вертикального зльоту та посадки, а також можливості посадки на обмежені за розмірами площадки вертольоти в останній час набувають все більше значення в цивільній авіації. Вертольоти більш універсальні ніж літаки, тому можуть бути використані при виконанні найрізноманітніших видів робіт: в сільському

господарстві, при будівництві, евакуації населення, для розвідки, при проведенні інженерних вишукувань, для транспортних перевезень та ін.[2].

На даний момент, у всьому світі вертолітні перевезення є невід'ємною частиною ділової авіації, особливо це стосується мегаполісів. На даний момент вертолітний транспорт в Україні ще недостатньо розвинений, однак об'єм перевезень вертольотами постійно збільшується, тому можна очікувати, що він займе своє місце в системі міського транспорту. Основна перевага вертольотів як засобів транспорту полягає у високій швидкості пересування, що досягає 200-300 км/год, незалежності напрямку руху від системи вулиць, а також великій маневреності, простоті і відносно невеликій вартості будівництва посадочних майданчиків. Недоліки вертолітного транспорту пов'язані з високою вартістю проїзду, малою провізною здатністю (до 500 - 600 пас/год), утворенням значного шуму й істотною залежністю від погодних умов [3].

Універсальність і маневреність вертольотів дозволяють використовувати їх в умовах забудови. 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 становить близько 300 тис., в США – до 600 тис. вертольотів, в Нью-Йорку збудовано близько 300 вертолітних майданчиків. Що ж стосується України, то навіть у Києві існує лише декілька вертолітних майданчиків – на даху будинку «Центра Серця» та вертодром «Дніпро-1» (президентський вертодром). Ці факти свідчать про те, що обраний напрямок дослідження є актуальним для нашої країни. Однак, унікальний потенціал вертольотів не може бути повністю використаний до тих пір, поки не буде створена мережа вертодромів. Однак в Україні цьому перешкоджає відсутність нормативної літератури яка б в повній мірі враховувала всі фактори, які впливають на роботу вертодрому. Зокрема відсутні рекомендації по проектуванню та розрахунку різних типів покриттів під конкретні вагові категорії вертольотів.

Покриття вертодромів

В загальному випадку, при проектуванні вертодрому повинні бути проаналізовані наступні фактори [3]:

1. Клас та розташування вертодрому.

2. Зручність для користувачів.
3. Повітряні перешкоди.
4. Узгодження з рухом інших повітряних суден.
5. Напрямок переважаючих вітрів.
6. Шумове забруднення навколишнього середовища та вплив на оточуючих.
7. Турбулентність.
8. Видимість.

Особливістю вертодрому є те, що для улаштування його покриття можуть бути використані найрізноманітніші матеріали, а також те, що він вимагає набагато меншої площі. Для цілорічної експлуатації вертольотів при недостатній несучій здатності ґрунту або його сильній пилуватості посадочні майданчики повинні мати штучні покриття, розраховані на навантаження від заданого типу вертольота. До конструкцій штучних покриттів пред'являються наступні основні вимоги: міцність і довговічність при експлуатації розрахунковими типами вертольотів, рівність, зносостійкість і шорсткість поверхні, що створює хороше зчеплення пневматика з покриттям; стійкість при впливі експлуатаційних і кліматичних факторів, водонепроникність і відсутність пилуватості; ерозійна та хімічна стійкість проти механічного впливу повітряних струменів від несучих гвинтів, а також впливу пролитого палива, авіаційних масел та інших спеціальних рідин. Штучні покриття зазвичай складаються з декількох конструктивних шарів: несуче покриття, штучна і природна основа. Штучна основа забезпечує передачу навантажень на природний ґрунт і виконує морозозахисну, дренажну та інші функції.

Штучні покриття класифікують за характером опору несучого шару дії навантажень від ваги вертольотів, а також по терміну служби та капітальності. У випадку вертодромних покриттів окрім традиційних жорстких та нежорстких типів можуть бути використані металеві плити, дерев'яні настили та ін.

Нежорсткі покриття включають несучий шар з різних матеріалів (переважно щебених і гравійних), зазвичай оброблених в'язучими, і захисний шар, що сприймає зусилля від коліс і атмосферних чинників. Нежорсткі покриття слабо чинять опір вигину, працюють в основному на стиск. У нежорстких покриттях матеріали для улаштування конструктивних шарів можуть бути малої міцності і значною деформованості, тому експлуатаційним

показником таких покриттів служить гранично допустимий прогин (деформація) під навантаженням.

Капітальні покриття розраховані на тривалий термін служби. Їх доцільно застосовувати при експлуатації важких вертольотів. Такі покриття влаштовують з бетону, залізо-і асфальтобетону. Враховуючи незначні розміри посадочних майданчиків, доцільно використовувати збірні покриття з попередньо напруженого і звичайного ненапруженого залізобетону.

Перехідні покриття. Типовими представниками полегшених і перехідних штучних покриттів майданчиків є конструкції, які реалізуються шляхом використання щебених і гравійних матеріалів, а також гравійно-піщаної суміші, оброблених органічними в'язучими (бітумами, дьогтями, бітумними емульсіями і т.д.). Обробку мінеральних матеріалів в'язучими рекомендується виконувати способами глибокого або полегшеного просочення, а також у пересувній установці. Цей тип покриттів може бути використаний для вертолітних майданчиків призначених для нерегулярних перевезень. До переваг цього типу покриття слід віднести відсутність запилення при виконанні злітно-посадочних операцій вертольотом.

Обробку в'язучим гравію або ґрунтів для штучної основи виконують перемішуванням складових у спеціальних машинах з подальшим пошаровим ущільненням котками. Перемішування може бути безпосередньо на місці зведення покриття або в стаціонарних (пересувних) змішувальних установках. Такими способами можна приготувати матеріал для будь-яких нежорстких покриттів ті їхніх штучних основ, включаючи штучні основи жорстких покриттів. Мінімальну товщину конструктивного шару (після ущільнення) приймають рівною 8-15 см, але не менше 1,5 см від розміру найкрупнішої фракції інертної частинки.

Тимчасові збірні і збірно-розбірні покриття влаштовують для короткострокової роботи авіації в періоди бездоріжжя. Улаштування таких покриттів слід передбачати, як правило, на майданчиках, призначених для короткочасного базування вертольотів. Вони застосовуються в тих випадках, коли будівництво покриттів інших типів неможливо через брак часу, обмежені строки використання майданчика, а також за відсутності необхідних будівельних матеріалів або належних погодних та природних умов. Тимчасові збірні і збірно-розбірні покриття можуть бути зібрані в короткі терміни, в будь-

яких погодних умовах і при будь-якому стані верхніх шарів попередньо підготовленої ґрунтової основи. В якості тимчасових покриттів, в першу чергу, можуть застосовуватися металеві покриття, а також дерев'яні настили й щити. В даний час для забезпечення базування авіації на польових аеродромах під час бездоріжжя застосовують сталеві штамповані плити типу К-1 і К-1Д. На відміну від застосовуваних раніше перфорованих аеродромних плит плита К-1Д відрізняється підвищеною жорсткістю профілю, відсутністю перфорації, простотою і надійністю стику. Такі конструкції неперфорованих металевих плит можуть бути застосовані для збірно-розбірних покриттів площадок під середні і легкі вертольоти. Металеві покриття збирають з окремих плит, які з'єднують за допомогою стикових з'єднань різної конструкції. Металеві плити укладають, як правило, на сплановане і ретельно ущільнену ґрунтову основу. Кращими є основи з супіщаних і суглинистих ґрунтів з дерновим покривом. Способи укладання металевих плит залежать від їх конструкції, розмірів і типів з'єднання між собою.

Покриття з дерев'яних щитів або колод. Покриття з дерев'яних щитів заводського виготовлення доцільно застосовувати в районах, багатих лісом, з розвинутою лісопереробною промисловістю, а також в районах, куди доставка інших матеріалів утруднена. Дерев'яне покриття являє собою суцільний настил, що укладається на природню ґрунтову або штучну основу з шару піску 5-10 см. Щити настилу влаштовують з дощок 5x10 (12) см на ребро, що з'єднуються між собою цвяхами. Розміри щита застосовуються уніфікованими 1x2 або 1x3 м з вагою в межах до 100-150 кгс. Щити при укладанні розташовують в плані зі зміщенням на півплити і скріплюють між собою нагелями чи іншими засобами, які передбачені проектом. Для підвищення опору деревини шкідливим впливам атмосфери та ґрунтових факторів її обробляють антисептиком, наприклад, просочують креозотом. Для виготовлення щитів використовується деревина різних порід, яка відповідає технічним вимогам. Покриття з дерев'яних щитів рекомендуються під середні та легкі вертольоти.

У випадках влаштування тимчасових посадкових площадок на ділянках зі слабкими ґрунтами можна влаштовувати настил із колод діаметром не менше 18 см, міцно скріплених між собою, причому колоди верхнього накату повинні укладатися впоперек поздовжньої осі вертольота. Настил для важких

вертольотів влаштовується не менш ніж у два накати, а для середніх вертольотів – в один накат.

Льодове покриття. не виключена можливість використання в зимовий час в якості тимчасових посадкових майданчиків крижаного покриву озер і річок. Для цих цілей підбирають ділянки замерзлої водної акваторії з льодом достатньої товщини, що забезпечує необхідну несучу здатність крижаного покриття, а також з рівною поверхнею без тріщин, ополонки і тріщин. Потрібну товщину льоду для прісноводного водоймища слід розраховувати в залежності від температури навколишнього середовища:

1) при середній температурі повітря нижче -10°C

$H = 16\sqrt{G}$ — для вертольотів на колесах;

$H = 12\sqrt{G}$ — для вертольотів на полозах;

2) при середній температурі повітря від -10 до 0°C

$H = 22\sqrt{G}$ — для вертольотів на колесах;

$H = 17\sqrt{G}$ — для вертольотів на полозах,

де H – потрібна товщина льоду, см; G – максимальна злітна вага вертольота, т.

Можливе посилення існуючого льодяного покриву шляхом пошарового замороження льоду водою, при цьому товщина нарощуваного шару не повинна перевищувати половини товщини природного льоду.

Покриття з металевих плит. 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 літака. Завдяки невеликій вазі плити, вони легко збираються, легко упаковуються в зв'язки і пачки, що забезпечує їх добру транспортабельність. Простота укладання і збирання плит дозволяє проводити роботу по улаштуванню покриття цілодобово, використовуючи найпростіші інструменти[4, 5]. В будівництві застосовуються металеві плити ПМП-1-53 та К-1Д. Крім того, іноді використовуються плити АСП-4. Характеристики плит наведені в табл. 1

Позитивними якостями сталевих плит є:

- практично достатня несуча здатність для експлуатації різних типів воєнних літаків;

- мала вага (в порівнянні з вагою матеріалів, потрібних для будівництва інших покриттів ЗПС);

- швидкість укладання ЗПС (2-3 доби) і її розбирання (1-2 доби);

- забезпечення швидкого висихання основи.

Однак металеві збірно-розбірні покриття мають і низку недоліків:

- необхідність проведення рекогносцировки району напередодні розгортання ЗПС з подальшою

- вертикальним плануванням ґрунтової ділянки значної площі і, отже, залучення відповідної інженерної техніки;

- недостатня надійність і безпека зльоту та посадки літальних апаратів (ЛА) в період бездоріжжя: утворюються просідання основи під покриттям, заповнені водою, викликають фонтани бруду при наїзді на них пневматика, тим самим створюючи небезпеку засмоктування її в двигун ЛА. Крім того, в таких місцях на плитах можлива поява залишкових деформацій, що виключає їх повторне використання;

- недовговічність і одноразове використання покриття. Деформування замків кріплення і самих плит ускладнює або зовсім виключає можливість демонтажу плит з наступним їх використанням;

- велика вартість у зв'язку з великою витратою металу;

- велика вага повного комплексу, для перевезення якої потрібно більше 300 залізничних платформ;

- залучення декількох видів транспорту для доставки комплектів покриття;

- час і термін розгортання ЗПС знаходиться в прямій залежності від: стану автомобільних доріг та під'їздів до майданчика будівництва; від кліматичних показників і пори року. Виключається можливість зведення ЗПС із збірно-розбірних металевих плит у зимовий період осінньої (весняної) бездоріжжя. Відсутність торцевих закріплень і ненадійність фіксації плит.

Вищенаведені типи покриттів підходять для улаштування вертодрому на рівні земної поверхні. Однак при створенні мережі вертодромів в містах проектувальники неодмінно зіткнуться із проблемою браку вільного місця, особливо в центральній частині мегаполісу. Це питання вирішується шляхом улаштування вертодрому на даху будівлі. При такому інженерному рішенні

окрім забезпечення вимог безпеки, акустичного забруднення та ін. важливих питань, необхідно передбачити сприйняття значного додаткового навантаження несучими елементами будівлі. На етапі проектування цей факт легко передбачити шляхом посилення несучих елементів, однак при будівництві на даху вже існуючої споруди, проект якої не передбачував значного додаткового навантаження, використання традиційного типу покриття стає неможливим. Постає питання вибору найбільш економічного варіанту конструкції майданчика, оскільки традиційний варіант (бетонне покриття товщиною більше 20 см) призведе до значного збільшення навантаження на несучі елементи будівлі. Виходячи з цього основні вимоги до вертолїтного майданчика на даху наступні: порівняно невелика власна вага, достатня жорсткість та міцність, технологічність та високий рівень механізації будівельних робіт.

Таблиця 1 - Характеристика металевих покриттів

Характеристика плит	Тип плит		
	ПМП-1-3	К-1Д	АСП-4
Габаритні розміри, м			
довжина	3042	3080	2000
ширина	411	482	408
Укладочні розміри, м			
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 комплекту в упаковці, т	4500	7012	1379
Кількість напівплит в комплекті, тис. шт.	24	16	26

Вищенаведеним вимогам в повній мірі відповідає конструкція вертолїтного майданчика у вигляді балочної кліті [6] (рис. 1).

Це інженерне рішення має наступні переваги: металеві елементи можуть сприймати значні навантаження при відносно невеликих площах поперечного перетину за рахунок великої міцності металів, за рахунок виготовлення окремих елементів конструкції на заводах досягається високий рівень

технологічності та механізації виконання будівельних робіт, при розрахунках метали розглядаються як однорідні, ізотропні та суцільні матеріали, це дозволяє дуже точно описати їх роботу. В роботі представлено конструкцію покриття вертолітного майданчика у вигляді залізобетонної ребристої плити з використанням опалубки, що не знімається.

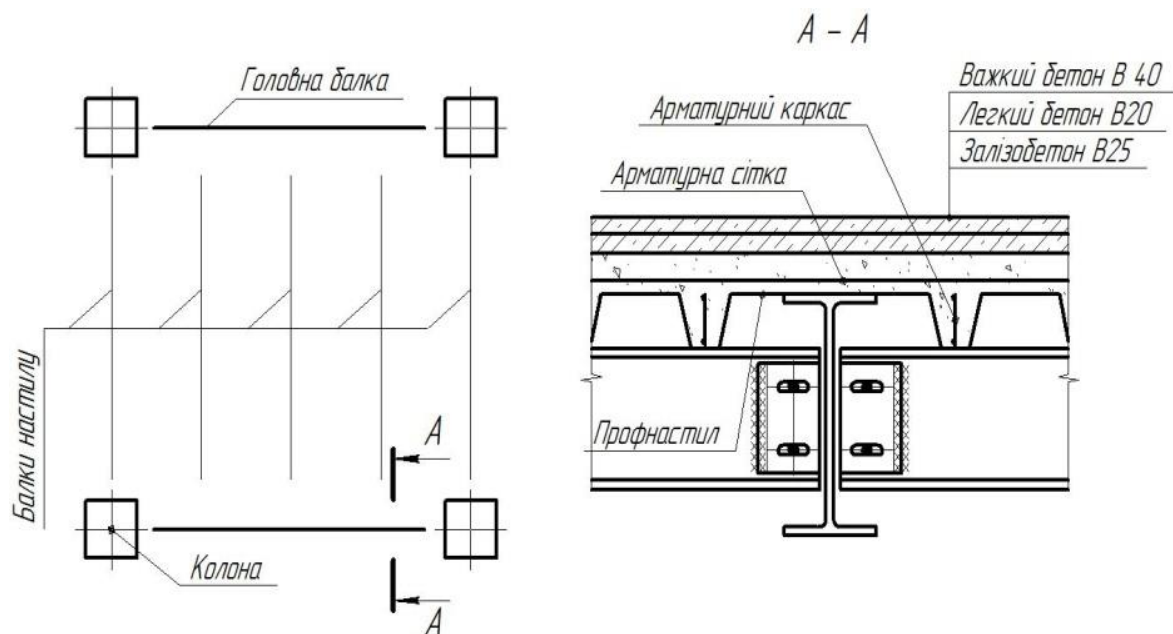


Рисунок 1 - Схема балочної кліті

В конструкцію верхніх шарів покриття вмонтовано систему електрообігріву по типу «тепле покриття». Дана система антизледеніння представляє собою змієвик, який рівномірно розміщений по поверхні плити та підключений до системи електроживлення. Така конструкція, окрім необхідної міцності та жорсткості, не створює значного додаткового навантаження та пришвидшує будівництво за рахунок механізації виконання робіт.

Висновки

В цілому ж аналізуючи особливості проектування вертодромних покриттів слід відзначити наступне:

1. На відміну від аеродромів при проектуванні вертодрому можуть бути використані найрізноманітніші покриття – починаючи від традиційних (збірні чи монолітні цементобетонні покриття) і закінчуючи льодовими або покриттями у вигляді дерев'яних настилів.

2. Як правило, в центрі великих міст відсутня вільна площа під будівництво, це питання можна вирішити розміщуючи вертодроми на дахах

високих будівель. Але при розташуванні вертодрому на даху будівлі зазвичай не вистачає вільного місця для здійснення зльоту «по типу літака» (із набором швидкості в зоні дії повітряної подушки). Тому ще на стадії вибору місця розташування вертодрому та при його проектуванні необхідно враховувати потужність вертольотів, які будуть використовуватися.

3. На даний момент в Україні розробляються сучасні норми, які будуть враховувати всі тонкощі проектування та розрахунку вертодромних покриттів. Старі норми, які були прийняті ще за часів СРСР втратили чинність. До моменту набуття чинності нових норм в Україні діють документи ІКАО[7].

4. Існуючі нормативні документи обмежуються розглядом традиційних типів покриттів, тобто жорстких (збірних, монолітних цементобетонних) та нежорстких (асфальтобетонних). Відсутні рекомендації, порядок розрахунку, розрахункові залежності за якими можна було б визначити параметри покриттів наприклад із металевих плит.

5. В подальшому, для вирішення вищенаведених недоліків необхідно приділити увагу в першу чергу новим типам покриттів вертодромів, розглянути можливість використання блочних конструкцій. Розробити концепцію «типового покриття», тобто для кожної вагової категорії вертольоту запропонувати конкретні типи покриттів. Такий підхід сприятиме широкому впровадженню вертолітного транспорту в майбутньому.

Література

1. VijayAgalar. ModernHeliport Design. A design guide complies to international standards for every engineer. / Vijay Agalar. – Lambert Academic Publishing. 2012 – 72 p.
2. Эксплуатация и ремонт вертолетов за рубежом / [Кручинский Г. А., Павловский Н.И., Суриков Н.Ф., Серебряков А.В.]. – М.: Транспорт, 1977. –136 с.
3. Airport engineering: planning, design and development of 21st century airports / Norman J. Ashford, SalehMumayiz, Paul H. Wright. – 4th edition. 2011. – 769 p.
4. Першаков В.М. Військові аеродроми. Металеві аеродромні покриття. / В.М. Першаков, О. К. Луценко, Б. О. Плужніков, І. В. Чекед. – Київ, 2004 р. – 58 с.
5. United States. Federal Aviation Administration. Airports Service. Heliport Design Guide. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Airports Service, 1969. – 76 p.
6. Евдокимцев О.В. Проектирование и расчет стальных балочных клеток: учеб.пособие / О.В. Евдокимцев, О.В. Умнова. Тамбов : Изд-воТамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 136 с.
7. Приложение 14 к Конвенции о международной авиации. Аэродромы. Том II Вертодромы // Рекомендации международной организации гражданской авиации. (ИКАО), 2009. – 110 с.