

УДК 625.717.02

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ МОНОЛІТНИХ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ

Запропоновано удосконалений метод визначення несучої здатності цементобетонного аеродромного покриття з урахуванням зміни температури впродовж доби та року.

Improvement of method of airport pavement strength is offered for concrete airfield pavement subject to temperature variations during the day and year.

Ключові слова: цементобетонне аеродромне покриття, повітряне судно, основна опора, коефіцієнт накопичення руйнувань від втоми, пора року

Несуча здатність монолітних цементобетонних аеродромних покриттів визначається як здатність покриття витримувати навантаження, що прикладене від основних колісних опор повітряних суден.

В аеродромній практиці для отримання даних про несучу здатність покриттів використовується метод ICAO (International Civil Aviation Organization) ACN-PCN [1]. Суть оцінки експлуатаційної придатності покриттів полягає у співставленні класифікаційного числа PCN (Pavement Classification Number), що характеризує несучу здатність конструкції покриття, з класифікаційними числами повітряних суден – ACN (Aircraft Classification Number) при визначеній категорії міцності ґрунтової основи.

Класифікаційне число покриття PCN – це число, що виражає несучу здатність аеродромного покриття для експлуатації повітряного судна без обмежень (10000 злітних операцій за рік) при відповідній стандартній міцності ґрунтової основи.

Суть вітчизняного нормативного методу [2] визначення величини PCN, розробленого на основі рекомендацій ICAO, полягає у визначенні величини допустимого нормативного навантаження на чотириколісну стандартну опору, параметри якої встановлено чинними нормами [3], і числа PCN за графіком для необхідного коду міцності природної ґрунтової основи.

Новий нормативний документ AC 150/5335-5C Федеральної Авіаційної Адміністрації (ФАА) США [4], що набув чинності у 2014 р., запроваджує удосконалення методу визначення числа PCN, основна суть якого полягає у розгляді не одного розрахункового повітряного судна чи умовної опори, а розрахункового списку повітряних суден, що експлуатуються. Із цього списку вибирається одне повітряне судно (критичне) з найбільшим навантаженням на колесо ос-



О.В. Родченко

доцент кафедри комп'ютерних технологій будівництва Національного авіаційного університету, к.т.н., доцент

новної опори, а решта повітряних суден враховується шляхом перетворення їх кількості злітних операцій у еквівалентну кількість злетів критичного повітряного судна. Процедура визначення числа PCN реалізована у вигляді програми COMFAA 3.0 та базується на концепції руйнування від втоми.

У роботі Габріеля Базі [5] пропонується удосконалення методу визначення класифікаційного числа PCN шляхом урахування зміни несучої здатності природної ґрунтової основи впродовж року та урахування дії основних опор повітряного судна із найбільшим числом ACN або всіх повітряних суден із розрахункового списку, але поодиночі.

Варто зазначити, що у нормах AC 150/5335-5C [4] та роботі [5] при визначенні числа PCN не враховується вплив коливань температури впродовж доби та пір року на монолітне цементобетонне аеродромне покриття. У зв'язку з чим виникає необхідність у подальшому удосконаленні методу визначення числа PCN, що забезпечуватиме раціональне використання монолітних цементобетонних аеродромних покриттів та їх безпечну експлуатацію.

Метою дослідження є розроблення теоретичних основ визначення класифікаційного числа монолітних цементобетонних аеродромних покриттів з урахуванням зміни температури впродовж доби та пір року.

Для досягнення цієї мети були вирішені наступні задачі:

1. Удосконалено формулу для визначення коефіцієнта накопичення руйнувань від втоми при врахуванні дії нормативного навантаження від чотириколісної стандартної опори та зміни температури впродовж доби і пір року.

2. Отримано формулу для визначення кількості допустимих проходів чотириколісної стандартної опори до моменту відмови покриття за критерієм розтягувального напруження у крайовій зоні на нижній поверхні цементобетонної плити від дії колісних навантажень та температури.

3. Встановлено вплив розподілу злітних операцій літака з чотириколісною стандартною опорою за часом доби та порами року на число PCN.

4. Розроблено рекомендації щодо визначення допустимої інтенсивності руху повітряних суден і необхідних їй обмежень за часом доби та порами року.

При визначенні величини класифікаційного числа монолітного цементобетонного покриття (найбільш розповсюджений різновид жорсткого аеродромного покриття у вітчизняній практиці аеропортобудування) пропонується використовувати концепцію руйнування від втоми, що виражається терміном «ступінь накопичення руйнувань від втоми» Π (аналог Cumulative Damage Factor – CDF [6] та міри пошкоджень D цементобетонної плити при дії експлуатаційних навантажень [7]). Величина Π змінюються від нуля (для непошкодженого покриття) до одиниці – у випадку досягнення граничного стану. Ступінь пошкоджень визначається як відношення кількості прикладених повторень навантажень від колісних опор повітряного судна до допустимого числа їх повторень до відмови покриття. Для врахування руйнувань від втоми, що виникають у цементобетонній плиті, використовується гіпотеза лінійного додавання пошкоджень Майнера.

Ступінь накопичення руйнувань від втоми Π при визначенні класифікаційного числа аеродромного покриття пропонується визначати з урахуванням зміни температури впродовж року за формулою [8]

$$\Pi = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 \Pi_{ij}, \quad (1)$$

де i – пора року (1 – зима, 2 – весна, 3 – літо, 4 – осінь); j – час доби (1 – день; 2 – ніч).

У свою чергу доданки у формулі (1) визначаються за формулою

$$\Pi_{ij} = \frac{365 N_{ij} T}{n_i C_{ij} P(F_n)}, \quad (2)$$

де N_{ij} – кількість (інтенсивність) злітних операцій повітряного судна з чотириколісною стандартною опорою за i -ту пору року в j -й час доби; n_i – кількість днів у порі року; T – розрахунковий термін служби покриття, що становить 20 років; C_{ij} – кількість допустимих проходів чотириколісної стандартної опори до відмови покриття при використанні як розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на нижній поверхні цементобетонної плити; $P(F_n)$ – коефіцієнт, що виражає відношення кількості злетів повітряного судна з чотириколісною стандартною опорою до кількості її проходів за смугою охоплення, є аналогом коефіцієнта PCR , наведеного у чинних нормах ФАА з проектування аеродромних покриттів [6].

Кількість проходів за смугою охоплення – це кількість повторень виникнення максимального напруження у нижній зоні цементобетонного покриття. Кількість проходів за смугою охоплення повітряного судна певного типу є функцією від кількості вильотів, кількості і розташування коліс основної опори повітряного судна, ширини відбитка пневматика колеса, розподілу проходів коліс основної опори повітряного судна за шириною покриття відносно його осьової лінії [6, 9]. Основною відмінністю коефіцієнта $P(F_n)$ від PCR є те, що він не є константою для певного повітряного судна (в даному випадку для чотириколісної стандартної опори), а змінюється разом зі зміною нормативного навантаження на опору. Значення коефіцієнта $P(F_n)$ було визначено за допомогою методики Віктора ГоСанга [9].

Кількість допустимих проходів чотириколісної стандартної опори до відмови покриття за критерієм розтягувального напруження у крайовій зоні на нижній поверхні плити пропонується визначати за формулою, отриманою на основі праці [7],

$$C_{ij} = 10^{12[1-f_1]}, \quad (3)$$

де f_1 – рівень відносної напруженості, тобто відношення розрахункового напруження, що виникає на нижній поверхні цементобетонної плити, до допустимого.

Відношення f_1 визначається за допомогою наступного виразу:

$$f_1 = \frac{(\max_{T,ij} + T_{,ij})k_p}{k_r k_t \bar{R}_{28}}, \quad (4)$$

де $\max_{T,ij}$ – максимальне розрахункове розтягувальне напруження на нижній поверхні плити при дії навантажень від чотириколісної стандартної опори, МПа; $T_{,ij}$ – розтягувальне температурне напруження на нижній поверхні плити, МПа; k_p – коефіцієнт, що враховує ймовірність суми середніх значень випадкових величин $\max_{T,ij}$ та $T_{,ij}$, приймається таким, що дорівнює 0,75 згідно з [7]; k_r – поправковий коефіцієнт, що враховує групу ділянок аеродромних покриттів (для групи ділянок А приймається – 1, для Б – 1,13 та для В і Г – 1,40), групи ділянок аеродромних покриттів приймаються згідно з рекомендаціями чинних норм [3]; k_t – коефіцієнт, що враховує зростання міцності цементобетону у часі, приймається таким, що дорівнює 1,3 [7]; \bar{R}_{28} – середнє значення міцності бетону на розтяг при вигині у віці 28 діб, МПа.

Для денного періоду доби температурні напруження на нижній поверхні цементобетонної плити у зоні її крайових ділянок визначаються за розрахунковою формулою, отриманою на основі формул Л.І. Горецького [10],

$$t_{n,il} = 1,18 E t_{n,il}^m (0,04 - 0,29 \ln h), \quad (5)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення цементобетону (приймається $0,00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$); E – модуль пружності цементобетону, МПа; $t_{n,il}^m$ – максимальне відхилення від середнього значення температури на поверхні покриття вдень, $^\circ\text{C}$.

Максимальне відхилення $t_{n,il}^m$ для січня та липня визначається за формулами, отриманими на основі рекомендацій праць [10, 11],

$$t_{n,11}^m = t_{A,1} + \frac{k_{\Pi} I_1 k_3}{3}; \quad (6)$$

$$t_{n,31}^m = t_{A,3} + \frac{k_{\Pi} I_3 k_3}{3}, \quad (7)$$

де $t_{A,1}$, $t_{A,3}$ – середня добова амплітуда температури січня та липня відповідно (табл. 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), $^\circ\text{C}$; k_{Π} – коефіцієнт поглинання, для нового сухого покриття, приймається таким, що дорівнює 0,76 відповідно до рекомендацій Л.І. Горецького [10]; I_1 – інтенсивність прямої сонячної радіації у січні, що надходить на горизонтальну поверхню за ясного неба в годинний інтервал з 13 до 14 год (табл. 10–13

ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), $\text{Вт}/\text{м}^2$; I_3 – інтенсивність прямої сонячної радіації у липні, що надходить на горизонтальну поверхню за ясного неба в годинний інтервал з 13 до 14 год (табл. 14–17 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), $\text{Вт}/\text{м}^2$; k_3 – коефіцієнт ослаблення радіації за рахунок забруднення повітря над аеродромом, приймається 0,60 згідно з рекомендаціями Л.І. Горецького [10]; k_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні цементобетонної плити, для практичних розрахунків приймається таким, що дорівнює $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ [12].

Максимальне відхилення від середнього значення температури на поверхні покриття вдень $t_{n,il}^m$ у квітні та жовтні визначається за формулами:

$$t_{n,21}^m = t_{A,2} + 1,037 \frac{S_{IV} k_{\Pi} k_3}{3}; \quad (8)$$

$$t_{n,41}^m = t_{A,4} + 1,237 \frac{S_X k_{\Pi} k_3}{3}, \quad (9)$$

де $t_{A,2}$ та $t_{A,4}$ – середня добова амплітуда температури квітня та жовтня відповідно (табл. 2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), $^\circ\text{C}$; S_{IV} – середня місячна сума прямої сонячної радіації (табл. 7 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), що надходить на горизонтальну поверхню за ясного неба у квітні, $\text{МДж}/\text{м}^2$; S_X – середня місячна сума прямої сонячної радіації (табл. 7 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), що надходить на горизонтальну поверхню за ясного неба у жовтні, $\text{МДж}/\text{м}^2$.

Вночі відбувається зниження температури поблизу крайових та кутових ділянок цементобетонної плити аеродромного покриття, в цьому випадку температурне напруження є стискувальним і його не потрібно враховувати у формулі (4), в якій у зв'язку з цим коефіцієнт k_p приймається таким, що дорівнює одиниці.

Руйнування від втоми цементобетонного покриття (розвиток тріщини у розрахунковому перерізі плити) відбувається, коли ступінь накопичення руйнувань від втоми P цементобетонної плити при дії експлуатаційних навантажень (колісних та температурних) дорівнює одиниці [6, 7].

Величина нормативного навантаження на чотириколісну стандартну опору визначається в ході ітераційного процесу за емпіричною формулою, отриманою на основі графічних даних [2],

$$F_n = 46,522 \text{ PCN}_C^{0,673} - 40,8751, \quad (10)$$

де PCN_C – число PCN для коду міцності ґрунтової основи C .

У разі якщо ступінь накопичення руйнувань від втоми цементобетонного аеродромного покриття P більше одиниці, то необхідно зменшити величину PCN, менше одиниці – збільшити.

Проведено тестове визначення величини класифікаційного числа жорсткого аеродромного покриття за запропонованим методом.

Вихідні дані: дорожньо-кліматична зона – IV; тип гідрогеологічних умов – 2; аеродромне покриття магістральної руліжної доріжки (МРД) – цементобетонне двошарове; клас цементобетону верхнього шару за міцністю на розтяг при згинанні $V_{btb} 4,4$, середнє значення міцності цементобетону на розтяг при згинанні у віці 28 днів $\bar{R}_{28} = 5,76$ МПа, середнє значення модуля пружності $E_{sup} = 35300$ МПа, товщина верхнього шару 0,45 м; клас пісного бетону нижнього шару на розтяг при згинанні $V_{btb} 1,6$, товщина – 0,20 м, середнє значення міцності пісного бетону на розтяг при згинанні у віці 28 днів $\bar{R}_{28} = 2,09$ МПа, середнє значення модуля пружності $E_{inf} = 17000$ МПа; штучна основа – ґрунтоцемент зі змішуванням в установці завтовшки 0,15 м із модулем пружності $E_f = 4810$ МПа; ґрунт природної основи – суглинок пілуватий природного залягання з коефіцієнтом постелі 50 МН/м³.

Розподіл злітних операцій повітряного судна з чотириколісною стандартною опорою за порами року та часом доби наведено у таблиці 1. Вибрано найбільш несприятливий варіант, коли більшість злітних операцій здійснюється вдень, а тривалість виконання злетів становить 12 год за добу.

Для зими та літа середня тривалість дня приймається на основі даних для січня та липня (табл. 10-17 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), не враховуючи дві години після сходу і дві години до заходу сонця для січня місяця та чотири години після сходу і три до заходу сонця для липня, тобто середня тривалість дня приймається як го-

динний інтервал, на який припадає 95 % добової сонячної радіації. Для весни та осені середня тривалість дня (для квітня та жовтня відповідно) може бути визначена на основі рекомендацій, наведених у праці Дмитрієва М.М. [13]. Від отриманої розрахункової тривалості дня необхідно відняти 5 годин.

Таблиця 1

Кількість злітних операцій повітряного судна з чотириколісною стандартною опорою за порами року та часом доби

Пора року	Час доби	Кількість злітних операцій
Зима	День	1235
	Ніч	1235
Весна	День	1680
	Ніч	840
Літо	День	2310
	Ніч	210
Осінь	День	1660
	Ніч	830
Всього за рік		10000

Дані про зміну температури, інтенсивність прямої сонячної радіації у годинний інтервал з 13 до 14 години та середню місячну суму прямої сонячної радіації, що надходить на горизонтальну поверхню за ясного неба, впродовж року прийнято відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 і наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Кліматичні дані

№	Пора року (місяць)	$t_A, ^\circ\text{C}$	$I, \text{Вт/м}^2$	$S, \text{МДж/м}^2$
1	Зима (січень)	6,3	183	-
2	Весна (квітень)	9,9	-	485
3	Літо (липень)	11,2	637	-
4	Осінь (жовтень)	8,8	-	282

Результати розрахунку наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати розрахунку за розробленим методом

Розрахунковий параметр	Пора року та час доби							
	Зима		Весна		Літо		Осінь	
	день	ніч	день	ніч	день	ніч	день	ніч
$\sigma_{max}, \text{МПа}$	3,188	3,188	3,188	3,188	3,188	3,188	3,188	3,188
$\sigma_{T,ij}, \text{МПа}$	0,410	-0,330	2,248	-1,807	2,696	-2,167	1,778	-1,429
C_{ij}	47378167	7795053	293189	7795053	84927	7795053	1076756	7795053
P_{ij}	0,001	0,004	0,154	0,003	0,730	0,001	0,042	0,003
P	0,937							

Відповідно до результатів розрахунку за запропонованим методом (див. табл. 3) ступінь накопичення руйнувань P становить близько одиниці (0,937) при величині нормативного навантаження на чотириколісну стандартну опору 809,4 кН, що відповідає класифікаційному числу PCN жорсткого аеродромного покриття 75 (при числі PCN 76 ступінь накопичення руйнувань P дорівнює 1,014). Повний код PCN матиме наступний вигляд: PCN 75/R/C/X/T. При розрахунку за допомогою нормативного методу [2] величина PCN дорівнює 72.

Результати розрахунку величини класифікаційного числа жорсткого аеродромного покриття, отримані на основі методу [2], комп'ютерної програми «Аеродром 380» [14, 15], програми COMFAA [4] та розробленого методу, наведено у таблиці 4.

Таблиця 4
Порівняльний розрахунок числа PCN

Метод	PCN
МОС НГЭА	72
КП «Аеродром 380»	72
COMFAA (AC 150/5335-5C)	76
Розроблений метод	75

За допомогою програми COMFAA визначається величина PCN для цементобетонної плити, що знаходиться на ґрунтовій основі. У зв'язку з тим, що у вихідних даних задана двошарова конструкція покриття на укріпленій штучній основі, необхідно визначити приведений коефіцієнт постелі для шару природного ґрунту, укріпленої основи та нижнього шару покриття. Приведений коефіцієнт постелі відносно верхній нижнього шару двошарового жорсткого аеродромного покриття та шару штучної основи, укріпленої в'язучим, визначено за отриманою емпіричною формулою

$$K_C = K_s - 179,33 - 3,66 e^{t_f} + 2,66 \ln E_f + 68,28 e^{t_{inf}} + 8,93 \ln E_{inf},$$

де K_s – коефіцієнт постелі природної ґрунтової основи, MN/m^3 ; t_f – товщина шару укріпленої штучної основи (ґрунтоцементу), м; E_f – модуль пружності шару штучної основи, МПа; t_{inf} – товщина нижнього шару (пісного бетону) двошарового жорсткого покриття, м; E_{inf} – модуль пружності нижнього шару двошарового жорсткого покриття, МПа. Величина приведенного коефіцієнта постелі становить $59,4 \text{ MN/m}^3$.

Якщо спланувати злітні операції тільки на день з однаковою погодинною інтенсивністю для будь-якої пори року, то величина PCN складатиме 71 (табл. 5). Для цього варіанта приймаємо умовну назву «день».

При цілодобовому здійсненні злітних операцій повітряних суден величина PCN становитиме 85. Якщо значну частку злітних операцій спланувати з весни та осені на літо і зиму, то величина PCN складатиме 69. Для цього варіанта приймаємо умовну назву «сезон». Наведену у стовпцях 3–6 таблиці 5 інтенсивність злітних операцій повинні мати повітряні судна, класифікаційні числа ACN яких відповідають величині PCN, визначеній за розробленим методом або на 10 % менше її.

Таблиця 5
Вплив розподілу злітних операцій за порами року та часом доби на класифікаційне число PCN

Пора року	Час доби	Інтенсивність злітних операцій для PCN величиною			
		71	75	85	69
		«день»	«стандарт»	«цілодобово»	«сезон»
1	2	3	4	5	6
Зима	День	1790	1235	617	2600
	Ніч	0	1235	1849	0
Весна	День	2440	1680	736	1630
	Ніч	0	840	1784	0
Літо	День	3355	2310	1012	4160
	Ніч	0	210	1510	0
Осінь	День	2415	1660	728	1610
	Ніч	0	830	1764	0
Всього за рік		10000	10000	10000	10000

У випадках, коли величина PCN менше числа повітряного судна ACN, згідно з рекомендаціями [2] вводяться обмеження на інтенсивність злітних операцій на добу (10 операцій на добу при відношенні PCN/ACN, що знаходиться в інтервалі 0,85–1,00; 2 операції на добу при відношенні PCN/ACN в інтервалі 0,80–0,84; 1 операція на добу при відношенні PCN/ACN в інтервалі 0,75–0,79). Обмеження [2] було адаптовано до розробленого методу і наведено у таблиці 6.

У таблиці 7 наведено основні характеристики удосконаленого методу визначення несучої здатності аеродромного покриття, чинного нормативного вітчизняного (МОС НГЭА [2]) та закордонного COMFAA (AC 150/5335-5C [4]) методів. Практичну цінність запропонованого методу наведено у таблиці 8 на основі вихідних даних розглянутого вище прикладу.

Таблиця 6

Обмеження інтенсивності руху літаків

Пора року	Час доби	Інтенсивність злітних операцій на добу для варіантів											
		«день»			«стандарт»			«цілодобово»			«сезон»		
		1	2	10	1	2	10	1	2	10	1	2	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Зима	День	1	2	10	1	1	5	–	–	2	1	2	10
	Ніч	–	–	–	–	1	5	1	2	8	–	–	–
Весна	День	1	2	10	1	1	7	–	–	2	1	2	10
	Ніч	–	–	–	–	1	3	1	2	8	–	–	–
Літо	День	1	2	10	1	2	9	–	1	4	1	2	10
	Ніч	–	–	–	–	–	1	1	1	6	–	–	–
Осінь	День	1	2	10	1	1	7	–	–	3	1	2	10
	Ніч	–	–	–	–	1	3	1	2	7	–	–	–

Таблиця 7

Методи визначення класифікаційного числа жорсткого аеродромного покриття

Метод	Розрахунковий критерій – розтягувальне напруження у крайовій зоні на нижній поверхні плити	Урахування кількості злітних операцій повітряного судна за порами року та часом доби	Урахування зміни температури впродовж року	Урахування еквівалентної кількості злетів критичного повітряного судна	Розрахункова концепція	
					розрахункове повітряне судно	руйнування від втоми
МОС НГЭА	Так	Ні	Ні*	Ні	Так	Ні
СОМРАА	Так	Ні	Ні	Так	Ні	Так
Розроблений метод	Так	Так	Так	Ні	Так	Так

Примітка. * – Коефіцієнт умов роботи враховує дію на аеродромне покриття ряду чинників (зміна температурних напружень, зростання міцності бетону з часом), які ще не в повній мірі враховуються при розрахунку.

Таблиця 8

Допустима інтенсивність руху повітряних суден

Ділянка покриття	Величина PCN покриття			ACN літака при злітній вазі, т	Інтенсивність, операцій/ добу		
	МОС НГЭА	Розроблений метод			МОС НГЭА	Обмеження МОС НГЭА при значеннях PCN, визначених за розробленим методом	
		«сезон»	«цілодобово»			«сезон»	«цілодобово»
МРД	72/R/C/X/T	69/R/C/X/T	85/R/C/X/T	A330-200 (231)72	Без обмежень	10	Без обмежень
				A380-800 (562) 88	2	1	10
				A350-1000 (309) 93	1	Не допускається	10

Висновки.

1. Удосконалено формулу для визначення коефіцієнта накопичення руйнувань від втоми при врахуванні дії колісного навантаження від чотириколісної стандартної опори і зміни температури впродовж доби та пір року.

2. Отримано формулу для визначення кількості допустимих проходів чотириколісної стандартної опори до моменту відмови покриття за критерієм розтягувального напруження у крайовій зоні на нижній поверхні цементобетонної плити від дії колісних навантажень та зміни температури.

3. Встановлено вплив розподілу злітних операцій умовного повітряного судна з чотириколісною стандартною опорою за часом доби та порами року на число PCN і запропоновано варіанти розподілу. Число PCN залежно від варіанта може бути на 4,2 % менше або на 18,1 % більше, ніж при розрахунку за чинним нормативним методом [2] та у комп'ютерній програмі «Аеродром 380», та на 9,2 % менше або на 11,8 % більше у порівнянні з COMFAA (AC 150/5335-5C) [4].

4. Отримано емпіричну формулу для визначення приведеного коефіцієнта постелі відносно поверхні нижнього шару двошарового цемент-

тобетонного аеродромного покриття та шару штучної основи, укріпленої в'язучим.

5. Розроблено рекомендації щодо визначення допустимої інтенсивності руху повітряних суден і необхідних її обмежень за часом доби та порами року і на прикладі проілюстровано їх практичну цінність: у випадку визначення числа PCN за чинним нормативним методом [2] експлуатація літака A350-1000 допускається з обмеженням до 1 операції на добу, при використанні розробленого методу для варіанта розподілу злітних операцій за часом доби та порами року «сезон» експлуатація не допускається, а для варіанта «цілодобово» допускається 10 операцій на добу.

- [1] Руководство по проектированию аэродромов. Часть 3. Покрyтия // Рекомендации Международной организации гражданской авиации (ИКАО). Doc №9184. – 1983. – 348 с.
- [2] Методика оценки соответствия нормам годности и эксплуатации в СССР ГА (МОС НГЭА СССР), 1992. – 144 с.
- [3] СНиП 2.05.08-85. Аэродромы. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 59 с.
- [4] Advisory Circular 150/5335-5C. Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCN [Електронний ресурс], US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2014. – 113 p. – Режим доступу: http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5335-5c.pdf
- [5] Gabriel Bazy Mechanistic-Empirical PCN Procedure [Електронний ресурс]/Gabrial Bazy//Airport Pavement Working Group Meeting. Atlantic City, April, 2012. – Atlantic City, 2012. – 34 p. – Режим доступу: <http://www.airporttech.tc.faa.gov/conference/2012.asp>
- [6] Advisory Circular 150/5320-6E. Airport Pavement Design and Evaluation, US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2009. – 122 p. – Режим доступу: http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5320_6e.pdf
- [7] Степушин А.П. К обоснованию сроков службы жёстких аэродромных покрытий из цементобетона/А.П. Степушин // Проектирование, строительство и эксплуатация сооружений аэропортов: сб. науч. трудов МАДИ (ТУ). – М., 2001. – С. 12–28.
- [8] Родченко О.В. Теоретичні основи проектування жорстких аеродромних покриттів з урахуванням зміни температури впродовж року/Родченко О.В., Товстоляк О.І. // Будівництво України. – 2013. – № 5. – С. 6–12.
- [9] Field Survey and Analysis of Aircraft Distribution on Airport Pavements. Report No. FAA-RD-74-36 [Електронний ресурс] / Victor A. HoSang. – Washington : Systems Research and Development Service Airport Division, 1975. – 286 p. – Режим доступу: <http://www.airporttech.tc.faa.gov/Pavement/Downloads/rd74-36.pdf>
- [10] Горецкий Л.И. Теория и расчёт цементобетонных покрытий на температурные воздействия/Л.И. Горецкий – М.: Транспорт, 1965. – 284 с.
- [11] Глушков Г.И. Жёсткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог / Глушков Г.И., Бабков В.Ф., Медников И.А. – М.: Транспорт, 1987. – 255 с.
- [12] ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будівель та споруд. Теплоізоляція будівель. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства УКРАЇНИ, 2007. – 44 с.
- [13] Дмитрієв М.М. Визначення крайових умов на поверхні аеродромного покриття для постановки завдання моделювання його теплового поля/М.М. Дмитрієв, О.М. Папченко, О.Б. Деркачов, І.А. Рутковська // Вісник НАУ. – 2008. – №1. – С. 161–164.
- [14] Родченко О.В. Особливості проектування жорстких аеродромних покриттів в комп'ютерній програмі «Аеродром 380»/О.В. Родченко//Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2015. – №1. – С. 9–13.
- [15] А. с. Україна. Комп'ютерна програма «Аеродром 380»/Родченко О.В. (Україна). – № 57948; дата реєстр. 30.12.14.

Надійшла 15.06.2015 р.