

УДК 625.717.02

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЖОРСТКИХ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ У КОМП'ЮТЕРНІЙ ПРОГРАМІ «АЕРОДРОМ 380»

Запропоновано комп'ютерну програму «Аеродром 380» для проектування жорстких аеродромних покриттів на дію основних опор повітряного судна А380-800 з урахуванням як розрахункових критеріїв розтягувальних напружень на верхній та нижній поверхнях цементобетонної плити.

«Аеродром 380» software is offered for airfield rigid pavement design under impact of A380-800 main landing gears with accounting as design factors tensile bending stresses at the top and bottom of cement concrete slab.

Ключові слова: жорстке аеродромне покриття, повітряне судно, основна опора, коефіцієнт накопичення руйнувань від втоми.

Розвиток повітряних суден цивільної авіації характеризується значним зростанням їх злітної ваги і, відповідно, навантажень на колеса шасі та збільшенням тиску у пневматиках, що призводить до необхідності збільшення загальної товщини аеродромних покриттів. Розрахункова сумарна товщина двошарових аеродромних покриттів із розділювальним прошарком між шарами, що набули найбільшого поширення, стала досягати 75 см. За наявної тенденції до збільшення навантажень на колеса основних опор літаків товщина жорстких покриттів, запроєктованих за чинними нормами, перевищить вказану величину, що призведе до збільшення матеріаломісткості та капітальних витрат на їх спорудження. Тому особливої актуальності набувають питання дослідження та вдосконалення проектування жорстких покриттів аеродромів.

Поява нових та перспективних надважких широкофюзеляжних повітряних суден із багатоколісними опорами, високим навантаженням на колеса опор та тиском у пневматиках потребує внесення відповідних змін до методики проектування монолітних цементобетонних покриттів з урахуванням характеристик нових надважких літаків.

При дії на одну цементобетонну плиту двох шестиколісних опор літака А380-800 виникає значне розтягувальне напруження на верхній поверхні плити і з'являються повздовжні тріщини в зоні між поперечними швами із штиривими з'єднаннями [1].

Товщину цементобетонної плити аеродромного покриття при дії навантаження від основних опор надважкого широкофюзеляжного літака А380-800 з використанням як розрахункових критеріїв максимальних розтягувальних напружень на нижній та верхній її поверхнях пропонується визначати під час ітераційного



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

процесу, в основу якого покладено концепцію руйнування від втоми. Руйнування від втоми цементобетонного покриття (утворення тріщини у розрахунковому перерізі плити) відбувається за умови, коли коефіцієнт накопичення руйнувань або сума пошкоджень дорівнює одиниці.

У випадку, коли не передбачається зміна товщини плити чи класу бетону, визначається прогнозований термін служби жорсткого аеродромного покриття з цементобетону як відношення допустимої кількості злітних операцій до щорічної кількості. Якщо прогнозований термін служби жорсткого аеродромного покриття визначався для двох розрахункових критеріїв, то приймається найменше значення.

Для проектування двошарових монолітних цементобетонних аеродромних покриттів на дію колісних навантажень від основних опор літака А380-800 та визначення класифікаційного числа жорсткого аеродромного покриття РСН була побудована спеціалізована комп'ютерна програма «Аеродром 380».

Комп'ютерна програма розроблена за допомогою мови програмування «Visual C++» з використанням програмного продукту «Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition» і є самостійним програмним забезпеченням, для її функціонування не потрібні інші програмні продукти.

Середовище функціонування – операційні системи сім'ї Windows.

Програмне забезпечення не потребує спеціальної процедури установки і може бути використано на будь-якому персональному комп'ютері з наступними характеристиками:

- тактова частота процесора 1,6 ГГц
- ОЗУ 512 Мб
- ПЗУ 10 Гб
- доступ до мережі Internet (не є обов'язковим).

Розроблена комп'ютерна програма дає змогу визначити товщину верхнього шару монолітних двошарових цементобетонних покриттів аеродромів та класифікаційне число PCN для запроєктованого аеродромного покриття. Всі вихідні дані вводяться безпосередньо користувачем.

За допомогою простого для розуміння інтерфейсу програмного забезпечення відбувається проектування жорсткого аеродромного покриття.

Інтерфейс комп'ютерної програми містить сім вкладок: «Довідка», «1. Карта», «2. Аеродром», «3. A380-800», «4. Покриття», «5. Розрахунок», «Допомога». Вкладка «Довідка» має шість кнопок для отримання доступу до довідкових даних (рис. 1), ознайомлення з можливостями програми та переходу на офіційну веб-сторінку літака A380-800.

Вкладки «1. Карта», «2. Аеродром», «3. A380-800» та «4. Покриття» призначені для задання вихідних даних (рис. 2).

Розглянемо ефективність роботи комп'ютерної програми для наступних вихідних даних: географічне положення 48° північної широти; аеродромне покриття магістральної руліжної доріжки – монолітне цементобетонне двошарове; клас цементобетону верхнього шару за міцністю на розтяг при згині $B_{btb}4,4$, товщина – 0,45 м; клас пісного бетону нижнього шару на розтяг при згині $B_{btb}1,6$ (M100), товщина – 0,30 м; штучна основа завтовшки 0,25 м із піскоцементу (змішування в установці); ґрунт природної основи покриття – суглинок природного залягання з коефіцієнтом постелі 60 МН/м³; розрахунковий тип літака A380-800 WV008 (вага 577 т); число операцій за рік 5000. Результати розрахунку наведено на рис. 3.

Здійснено порівняння отриманих розтягвальних напружень з результатами скінченно-елементного моделювання в ПК «ЛИРА-САПР» для наведених вище вихідних даних, але на дію основних опор повітряного судна A380-800 WV000 (вага 562 т). Дослідження проведено для коефіцієнтів постелі природної ґрунтової основи 40, 50 та 60 МН/м³.



Рис. 1. Головне вікно комп'ютерної програми «Аеродром 380»



Рис. 2. Вкладка «3. A380-800»

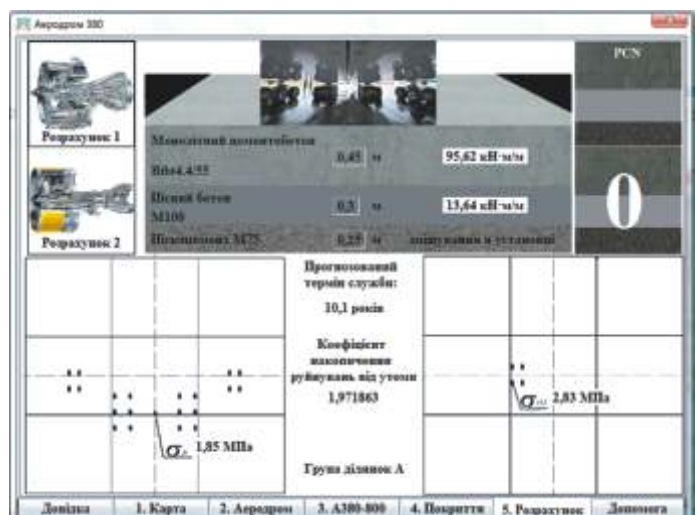


Рис. 3. Вкладка «5. Розрахунок»

У програмі «Аеродром 380» розтягувальні напруження на нижній поверхні цементобетонної плити визначаються при дії однієї чотириколісної опори повітряного судна А380-800 (див. рис. 3), а розтягувальні напруження на верхній поверхні, що виникають при дії всіх основних опор А380-800, визначаються за допомогою емпіричної формули

$$B_{sup} = H1_{sup}(0,048 \ln K_s + 0,457),$$

де $H1_{sup}$ – розтягувальні напруження на нижній поверхні цементобетонної плити, МПа; K_s – коефіцієнт постелі природної основи, МН/м³.

Розрахунок у ПК «ЛИРА-САПР» виконано з урахуванням дії всіх основних опор повітряного судна А380-800 на двошарове жорстке аеродромне покриття (покриття магістральної руліжної доріжки завширшки 22,5 м) при розташуванні двох шестиколісних опор на одній плиті [2], що призводить до значного руйнування аеродромного покриття відповідно до результатів експериментальних досліджень, проведених на полігоні Федеральної авіаційної адміністрації (ФАА) США NARTF (National Airport Pavement Test Facility) [3, 4] і повномасштабних досліджень жорстких покриттів «А380 Pavement Experimental Program. Rigid Phase» [5], та на дію лише чотириколісної опори.

Розходження між отриманими результатами становить 0,5–2,6 % для розтягувальних напружень на верхній поверхні та 1–2,3 % для розтягувальних напружень на нижній поверхні

цементобетонної плити (табл. 1).

Також проведено порівняльний розрахунок із програмою FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design), що відповідає новій редакції стандарту Федеральної Авіаційної Адміністрації (ФАА) США [6]. Вона враховує дію нових конфігурацій основних опор літаків та збільшення умов навантаження на покриття. Для проектування жорстких аеродромних покриттів використовується скінченно-елементна модель. До складу FAARFIELD входять дві підпрограми: LEAF та NIKE3D_FAA, перша використовується для розрахунку нежорстких аеродромних покриттів, друга – для розрахунку тривимірної скінченно-елементної моделі жорсткого аеродромного покриття. Передача навантаження від колеса на жорстке покриття розподіляється за площею прямокутника, що забезпечує прийнятну апроксимацію передачі навантаження за площею еліпса. Властивість цементобетонної плити описується міцністю бетону на розтяг при згинанні, коефіцієнтом Пуассона та товщиною; властивості шарів штучної основи – модулем пружності, коефіцієнтом Пуассона та товщиною; властивості ґрунтової основи – модулем пружності [7].

Основні характеристики розробленої програми «Аеродром 380», програми FAARFIELD та чинної нормативної методики [8] наведено у таблиці 2.

Таблиця 1

Результати розрахунку, отримані за допомогою ПК «ЛИРА-САПР» та КП «Аеродром 380»

Коефіцієнт постелі ґрунтової основи, K_s , МН/м ³	Розтягувальні напруження у плиті верхнього шару (ПК «ЛИРА-САПР»)		$\frac{B}{H1}$	Розтягувальні напруження у плиті верхнього шару (програма «Аеродром 380»)		$\frac{B}{H1}$
	на верхній поверхні, B_{sup} , МПа	на нижній поверхні, $B_{sup,H1}$, МПа		на верхній поверхні, $B_{sup,B}$, МПа	на нижній поверхні, $B_{sup,H1}$, МПа	
40	1,92	3,04	0,63	1,97	3,11	0,63
50	1,87	2,90	0,65	1,89	2,93	0,65
60	1,83	2,79	0,65	1,82	2,79	0,65

Таблиця 2

Порівняння методик проектування жорстких аеродромних покриттів

Методика	Розрахунковий критерій – розтягувальне напруження		Розрахункова концепція	
	на нижній поверхні плити	на верхній поверхні плити	розрахункове повітряне судно	руйнування від втоми
СНІП 2.05.08-85	Так	Ні	Так	Ні
FAARFIELD	Так	Ні	Ні	Так
Аеродром 380	Так	Так	Так	Так

Проведено порівняльний розрахунок двох варіантів конструктивного рішення двошарового жорсткого аеродромного покриття:

1-й варіант – є аналогічним розглянутому вище і для нього порівнювалися прогнозовані терміни служби та товщина верхнього шару покриття, отримані в програмах «Аеродром 380» (два розрахункових критерії – розтягувальне напруження на нижній та верхній поверхнях плити) та FAARFIELD (розрахунковий критерій – розтягувальне напруження на нижній поверхні плити);

2-й варіант – географічне положення 50°23 північної широти; аеродромне покриття магістральної руліжної доріжки – монолітне цементобетонне двошарове; клас цементобетону верхнього шару за міцністю на розтяг при згині $V_{btb}4,4$, товщина – 0,45 м; клас пісного бетону нижнього шару на розтяг при згині $V_{btb}1,6$ (M100), товщина – 0,30 м; штучна основа завтовшки 0,15 м із ґрунтоцементу; ґрунт природної основи покриття – суглинок природного залягання з коефіцієнтом постелі 40 МН/м³; розрахунковий тип літака А380-800 WV007 (вага 492 т); число операцій за рік 5000; порівнювалися прогнозований термін служби та товщина верхнього шару покриття, отримані в програмах «Аеродром 380» (один розрахунковий критерій – розтягувальне напруження на нижній поверхні плити) та FAARFIELD (розрахунковий критерій – розтягувальне напруження на нижній поверхні плити).

Результати розрахунку для двох варіантів двошарового жорсткого покриття наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати розрахунку, отримані за допомогою програм FAARFIELD та «Аеродром 380»

Прогнозований термін служби, рік		Визначення товщини цементобетонної плити, мм		
Аеродром 380	FAARFIELD	Аеродром 380	FAARFIELD	
			розрахункова	проектна
10,1	15,7	450	455,9	460
23,9	22,7	450	447,0	450

Варто зазначити, що в програмі «Аеродром 380» товщина цементобетонної плити верхнього шару аеродромного покриття визначається в межах 310–450 мм, влаштування плити завтовшки понад 450 мм є технологічно неможливим.

Товщина плити, визначена в програмі «Аеродром 380», є кратною 10 мм, а програма FAARFIELD визначає товщину з точністю до 0,1 мм, і вже інженер повинен округлити її в більшу сторону, щоб товщина плити була кратною 10 мм.

Результати розрахунку, отримані за допомогою FAARFIELD та розробленої програми «Аеродром 380», при використанні як розрахункового критерію розтягувального напруження на нижній поверхні плити майже однакові, що свідчить про достовірність запропонованої методики. При використанні як розрахункового критерію розтягувального напруження на верхній поверхні плити термін служби покриття менше, ніж при використанні як розрахункового критерію розтягувального напруження на нижній поверхні (див. табл. 3).

Виконано порівняльний розрахунок величини класифікаційного числа аеродромного покриття PCN (для наведених вище двох варіантів жорсткого аеродромного покриття) за допомогою розробленої комп'ютерної програми, програми COMFAA [9] та чинних норм [8, 10] (табл. 4).

Таблиця 4

Результати визначення величини PCN, отримані за допомогою програм COMFAA, «Аеродром 380» та чинних норм

Аеродром 380	Величина PCN	
	COMFAA	МОС НГЗА, СНиП 2.05.08-85
93	94,4	93
78	76,3	81


Висновки.

1. Для врахування дії основних опор повітряних суден А380-800 на жорсткі аеродромні покриття доцільно використовувати два розрахункових критерії: максимальне розтягувальне напруження на нижній та верхній поверхнях цементобетонної плити.

2. Для проектування жорстких покриттів аеродромів на дію різних вагових варіантів (WV) повітряного судна А380-800 та визначення величини класифікаційного числа аеродромного покриття PCN розроблено комп'ютерну програму «Аеродром 380».

3. Врахування розтягувальних напружень на верхній поверхні цементобетонної плити дає змогу більш точно визначити термін служби покриття при дії навантажень від основних опор повітряного судна А380-800.

- [1] Родченко О. В. Вдосконалення проектування жорстких аеродромних покриттів на дію навантажень від опор літаків типу А380 // Будівництво України. – 2010. – № 5. – С. 40–43.
- [2] Rodchenko O. Computer technologies of finite element modeling of airfield rigid pavement / O. Rodchenko // 16th Conference of Young Scientists of Lithuania «Science – Lithuania's Future. TRANSPORT», 8th of May 2013: Proceedings. – Vilnius, 2013. – P. 65–70.
- [3] Analysis of NAPTF Traffic Test Data for the First-Year Rigid Pavement Test Items / Edward H. Guo, Gordon F. Hayhoe, David R. Brill // 2002 FAA Airport Technology Transfer Conference, Atlantic City, New Jersey, 2002. – Atlantic City, 2002. – 14 p.
- [4] Analysis of HWD Data from CC2 Traffic Tests at the National Airport Pavement Test Facility [Електронний ресурс] / Lia Ricalde // 2007 FAA Airport Technology Transfer Conference, Atlantic City, New Jersey, April, 2007. – Atlantic City, 2007. – 12 p. – Режим доступу: <http://www.airporttech.tc.faa.gov/naptf/att07/2007/Papers/PO7048%20Ricalde.pdf>
- [5] A380 Pavement Experimental Programme / Rigid Phase / C. Fabre, J. M. Balay, A. Mazars // 2004 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference. Atlantic City, New Jersey, April, 2004. – Atlantic City, 2004. – 21 p.
- [6] Advisory Circular 150/5320-6E. Airport Pavement Design and Evaluation, US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2009. – 124 p.
- [7] FAARFIELD – New FAA Airport Thickness Design Software [Електронний ресурс] / Izydor Kawa, David R. Brill, Gordon F. Hayhoe // 2007 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference. Atlantic City, New Jersey, April, 2007. – Atlantic City, 2007. – 15 p. – Режим доступу: <http://www.airporttech.tc.faa.gov/naptf/att07/2007/Papers/PO7077%20Kawa%20et%20al.pdf>
- [8] СНиП 2.05.08-85. Аэродромы. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 59 с.
- [9] Advisory Circular 150/5335-5C. Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCN, US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2014. – 90 p.
- [10] Методика оценки соответствия нормам годности и эксплуатации в СССР ГА (МОС ИГЭА СССР), 1992. – 144 с.

Надійшла 15.12.2014 р. 

ОФІЦІЙНА ІНФОРМАЦІЯ

В АКАДЕМІЇ БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ

26 лютого 2015 року відбулось засідання президії Академії будівництва України, на якому новим президентом АБУ одностайно було обрано Назаренка Івана Івановича – завідувача кафедри машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва та архітектури, доктора технічних наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України.

Віце-президентами були обрані – Беркута А.В., Агріанов В.П., Микитась М.В., Куліков П.М., Захарченко П.В., Єфимчук В.В.

Члени президії висловили щиру подяку колишньому президенту Академії будівництва України Злобіну Геннадію Карповичу, який очолював її від дня заснування та вніс значний особистий внесок у створення, становлення та розвиток Академії. Члени президії одностайно обрали Геннадія Карповича Злобіна почесним членом Академії будівництва України.