

БУДІВНИЦТВО КРАЇНИ

2'2011



З 1959 р. до 1993 р. журнал "Промышленное строительство и инженерные сооружения"
Видається з 1993 р.

Засновники: Мінрегіонбуд України,
ПАТ "КиївЗНДІЕП", УДНДІ "Діпромісто", ДП "Укрархбудінформ",
Академія будівництва України, Творча науково-технічна спілка будівельників України

ЗМІСТ

УПРАВЛІННЯ ТА ЕКОНОМІКА

М.П. Денисенко, С.Л. Кувшиннікова

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ
ПІДПРИЄМСТВ 2

О.В. Колесников

ЦІНОВІ СТРАТЕГІЇ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ 5

ПРОЕКТУВАННЯ

В.В. Куцевич

ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРНОГО БЕЗБАР'ЄРНОГО СЕРЕДОВИЩА
ДЛЯ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ 6

РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

В.В. Страшко, В.С. Кулагіна

РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОАКТИВНОЇ БУДІВЛІ 19

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Д.Ю. Колесник, Л.О. Шейнич, О.М. Файнлейб, В.І. Сахно

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ В ЦЕМЕНТНОМУ КАМЕНІ, ПРОСОЧЕНОМУ
СИЛІКОНАМИ ТА ОПРОМІНЕНОМУ ПРИСКОРЕНИМИ ЕЛЕКТРОНАМИ 27

ПРОГНОЗНИЙ ПЛАН

випуску Державних будівельних норм (ДБН)

і Державних стандартів України (ДСТУ) станом на 01.01.2011 р. 31

НАУКА – БУДІВНИЦТВУ

П.Т. Матченко

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДОВГОВІЧНОСТІ НАРІЗНИХ З'ЄДНАНЬ
КРІПІЛЬНИХ ВИРОБІВ ІЗ ВУГЛЕЦЕВОЇ І ЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ 36

**А.В. Мішин, Е.А. Головаш, Є. Г. Горбатенко,
Ю.М. Маслачков, В.А. Бурлай**

ВЗАЄМОДІЯ ХВИЛЬ ІЗ СКЛАДНИМИ СПОРУДАМИ 39

О.В. Родченко, М.В. Зирянова

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЖОРСТКИХ АЕРОДРОМНИХ
ПОКРИТТІВ ПРИ ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ ВІД ОПОРИ ЛІТАКА
ПО КРАЮ ПЛИТИ 45

На 1-й та 4-й стор. обкладинки: Міжвузівська бібліотека по вул. Жовтисвій, 9 у м. Суми – переможець конкурсу "Кращі будівки і споруди, збудовані та прийняті в експлуатацію в Україні у 2009 р." у номінації "Об'єкти освіти, виховання та підготовки кадрів".

- * Передрук матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції.
- * Редакція може не поділяти точки зору авторів.
- * Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори.
- * За зміст реклами відповідає рекламодавець.
- * Журнал "Будівництво України" віднесено ВАКом України до видань, у яких можуть публікуватися основні результати дисертаційних робіт.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЖОРСТКИХ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ ВІД ОПОРИ ЛІТАКА ПО КРАЮ ПЛИТИ

О.В. Родченко, к.т.н., М.В. Зарянова

Київ

При розрахунку аеродромних покриттів за методикою чинних норм¹ використовуються перехідні нормативні коефіцієнти, що збільшують центральний згинальний момент для врахування навантаження по краю плити. Для бетонних та армобетонних покриттів при наявності стикових з'єднань між плитами перехідний коефіцієнт приймається рівним 1,2; при відсутності стикових з'єднань – 1,5.

Перехідні коефіцієнти цих норм не враховують схему шасі літака (кількість смуг, тиск у пневматиках коліс). Пропонуються нові значення перехідних коефіцієнтів при наявності стикових з'єднань між плитами на основі методу скінченних елементів для сучасних літаків B737-900ER, B747-8, B767-400ER, B777-300ER, B787-9, A380-800, A380-800F.

Дослідження проведено для одношарового жорсткого аеродромного покриття на штучній основі, не обробленій в'язучим при дії одно-, дво-, чотири- та шестиколісних опор повітряних суден.

Конструктивні шари аеродромного покриття наступні:

- цементобетон V_{btb} 4,8 завтовшки 45 см;
- щебінь з природного каменя з межею міцності при стиску 100 МПа завтовшки 25 см;
- середньозернистий пісок завтовшки 15 см.

Розміри плит аеродромного покриття у плані 7,5×7,5 м. Передбачено штирьові з'єднання у поперечних швах та шпунтові у поздовжніх.

Аеродромне покриття розташоване у II дорожно-кліматичній зоні, тип гідрогеологічних умов – II, широта розташування – 50°, група ділянок аеродромних покриттів – А. Грунт природної

основи – дрібний пісок місцями з прошарками та лінзами сугілля, суглинів із тонкими прошарками піску. Еквівалентний коефіцієнт постелі становить 41,5 МН/м³.

Розрахунок проводився за методикою СНиП 2.05.08-85 та за допомогою програми FEAFAA.

Програма FEAFAA (Finite Element Analysis – Federal Aviation Administration) була розроблена FAA Airport Technology R&D Branch як єдиний засіб для розрахунку об'ємними та плоскими скінченними елементами та аналізу роботи плит жорстких аеродромних покриттів та шарів посилення. FEAFAA призначено для визначення напружень, зусиль та деформацій конструкцій жорстких аеродромних покриттів під певну опору літака².

Головними особливостями FEAFAA є наступні:

- покриття моделюється дев'ятьма з'єднаними між собою плитами;
- можна задавати до шести конструктивних шарів;
- нескінченна модель ґрунтової основи;
- моделювання навантаження від опори літака по центру та краю плити;
- моделювання шару посилення;
- наявність бібліотеки повітряних суден та можливість її доповнення та редагування.

У FEAFAA об'ємна скінченноелементна модель аеродромного покриття складається з дев'яти плит, розташованих у вигляді матриці 3×3 та з'єднаних лінійними пружинами.

При цьому використовуються два розрахункові процесори:

- NIKE3D – для скінченноелементного розрахунку;
- предпроцесор INGRID – для генерації скінченноелементної сітки. Вихідні дані INGRID отримує від FEAFAA (програмний модуль для введення вихідних даних).

У моделі жорсткого аеродромного покриття використовується чотири типи скінченних елементів для конструктивних шарів:

- плити моделюються чотиривузловими пластинами, що мають п'ять ступенів свободи у вузлі; взаємозв'язок із штучною основою визначається контактною поверхнею в нижній площині плити (поверхня "раб" – slave) та поверхнею шару штучної основи (поверхня "господар" – master);

¹ СНиП 2.05.08-85. Аеродромы. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 59 с.

² NIKE3D – A Nonlinear, Implicit, Three-Dimensional Finite Element Code for Solid and Structural Mechanics. User's Manual / Bradley N. Maker, Robert M. Ferencz, John O. Hallquist. – Methods Development Group, Mechanical Engineering Department, 2000. – 24 p.

- шари штучної основи (у програмі закладена можливість задання до чотирьох шарів штучної основи, кожний шар штучної основи поділяється на чотири підшари) та частина ґрунтової основи моделюються континуальними восьмивузловими скінченними елементами із трьома ступенями свободи у вузлі;
- самий нижній шар елементів у ґрунтовій основі складається з восьмивузлових нескінченних елементів; використання нескінченноелементної основи дозволяє моделювати з використанням невеликої кількості скінченних елементів;
- скінченний елемент, що моделює пружний зв'язок у вертикальному напрямку, використовується для моделювання штирьових з'єднань між сусідніми плитами.

Вихідними даними для моделювання штирьових з'єднань є діаметр штирів, відстань між ними, товщина шва між плитами, спосіб влаштування штирьових з'єднань (за допомогою віброзанурювачів; влаштування у просвердлених отворах).

При розрахунку у програмі FEAFAA вибирається з бібліотеки літаків опора необхідного повітряного судна. У програмі передбачено функцію доповнення та зміни бібліотеки літаків: за координатами вводиться положення коліс опори, потім злітна вага літака, відсоток ваги, який припадає на головну опору, кількість опор, тиск у пневматиках коліс шасі.

Передача навантаження від колеса на жорстке аеродромне покриття розподіляється у програмі FEAFAA за площею квадрата чи прямокутника. У дослідженні передача навантаження від колеса моделювалася у вигляді прямокутника. Розміри прямокутної площі передачі навантаження розроблені Асоціацією портландцементу і вони становлять $0,8712L \times 0,6L^3$, довжина еквівалентної еліптичної площі (L), що визначається за формулою:

$$L = \sqrt{A / 0,5227},$$

де A – контактна площа, m^2 .

$$A = N / P,$$

де N – навантаження на колесо, кН; P – тиск у пневматиках, МПа.

Контактна площа у вигляді прямокутника забезпечує прийнятну апроксимацію передачі навантаження за площею еліпса.

Для конструкції покриття та шарів штучної основи вводиться для кожного шару модуль пружності, коефіцієнт Пуассона та товщина шару; для ґрунтової основи – еквівалентний модуль пружності та коефіцієнт Пуассона. Коефіцієнт Пуассона цементобетону приймався 0,15; щебіня – 0,27, середньозернистого піску – 0,29, суглинку – 0,35 відповідно до^{4,5}.

Розв'язання системи лінійних рівнянь у розрахунковому процесорі NIKE3D здійснюється ітераційним методом – метод сполучених градієнтів із оговоренням, що є більш ефективним, ніж прямий метод. Використання цього методу пояснюється великою кількістю рівнянь, що для задач FEAFAA становить понад 40 тисяч.

У програмі FEAFAA для розглянутих опор літаків проведено розрахунки розташування опори по центру плити (рис. 1, а) та опори паралельно до краю плити (рис. 1, б).

Результати розрахунку наведено у табл. 1.

У випадку дії на покриття шестиколісної опори відповідно до результатів розрахунку, отриманих за допомогою програми FEAFAA, перехідний коефіцієнт k_{yd} менше 1 при розташуванні опор паралельно краю плити аеродромного покриття (див. табл. 1).

У зв'язку з цим проведено дослідження дії навантажень від дво-, чотири- та шестиколісних основних опор літаків при їх розташуванні паралельно та перпендикулярно до краю цементобетонної плити аеродромного покриття (рис. 2).

Результати розрахунку за допомогою програми FEAFAA для шестиколісної опори літака B777-300ER, чотирьохколійної опори B747-8, двохколійної (навантаження на одне колесо 346 кН, тиск у пневматиках 1,52 МПа, відстань між колесами 1,40 м) наведено у табл. 2.

³ Development of Advanced Computational Models for Airport Pavement Design, Final Report DOT/FAA/AR-97/47, FAA / David R. Brill. - Washington : FAA, 1998. - 89 p

⁴ Поляков А.В. Аэродромные покрытия / Поляков А.В. - Л. : ВИКИ, 1968. - 456 с.

⁵ Аэродромные покрытия. Современный взгляд / [Кульчицкий В.А., Макагонов В.А., Васильев Н.Б. и др.]. - М.: Физико-математическая литература, 2002. - 528 с.

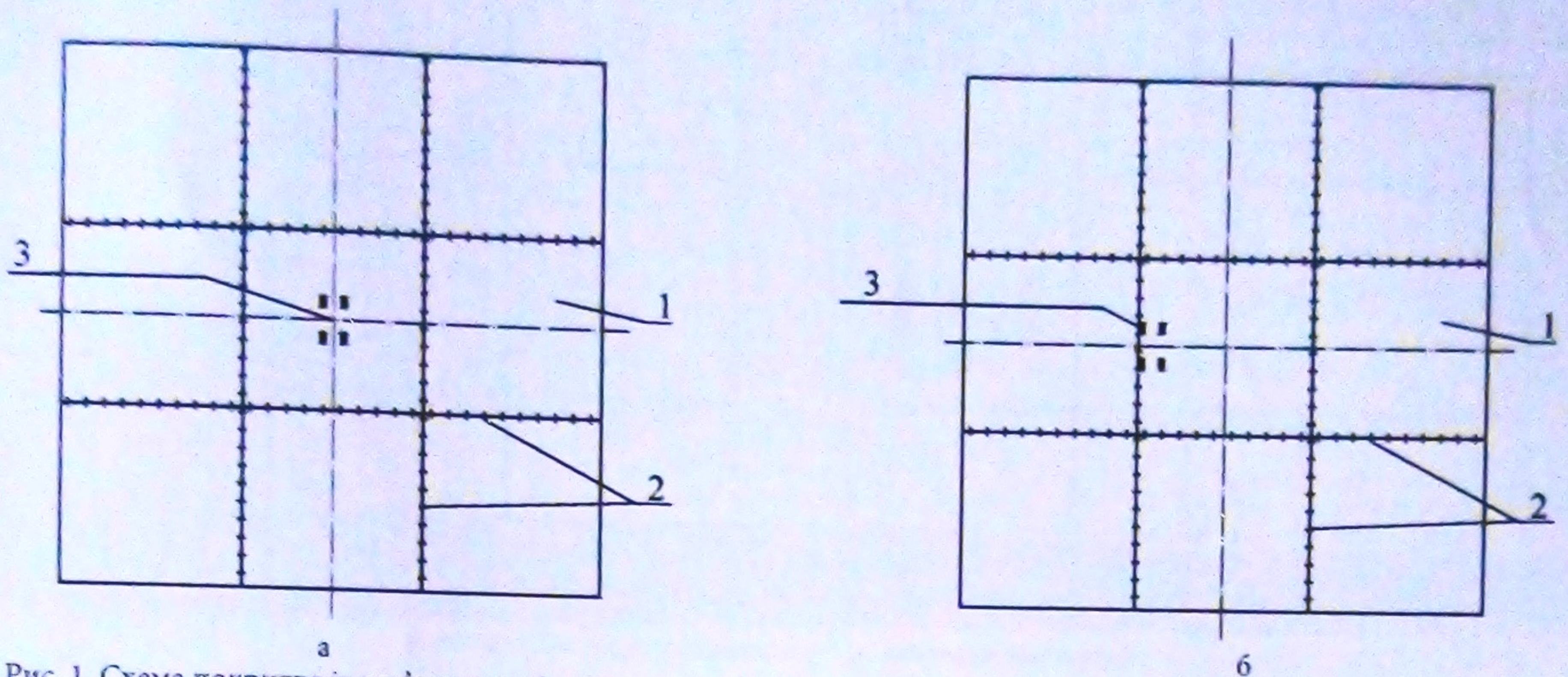


Рис. 1. Схема покриття із дев'яти плит із опорою літака, розміщеною по центру плити (а) та паралельно її краю (б): 1 - плита жорсткого аеродромного покриття; 2 - стикові з'єднання між плитами; 3 - навантаження (опора повітряного судна).

Таблиця 1

Результати порівняльного розрахунку

Літак	Кількість коліс в основній опорі	Розрахунковий згинальний момент у залежності від розташування основної опори літака				
		за СНиП 2.05.08-85		за допомогою FEAFAA		
		по центру $M_{c, \max} \cdot k_N$, кН·м/м	перехідний коефіцієнт k	по центру $M_{c, \max}$, кН·м/м	по краю M_d , кН·м/м	$k_{уд}$
ESWL-45	1	107,757	1,20	105,575	126,127	1,19
B737-900ER	2	80,895	1,20	79,301	97,396	1,23
A380-800	4	96,624	1,20	113,211	124,330	1,10
A380-800F	4	100,760	1,20	116,567	127,117	1,09
B747-8	4	102,601	1,20	118,831	130,309	1,10
B767-400ER	4	99,140	1,20	112,115	123,493	1,10
B787-9	4	103,292	1,20	118,373	132,675	1,12
A380-800	6	106,513	1,20	132,227	124,293	0,94
A380-800F	6	111,155	1,20	135,117	127,010	0,94
B777-300ER	6	118,934	1,20	138,585	130,270	0,94

Примітки:

1. ESWL - еквівалентна одноколісна опора із величиною навантаження 45 т.
2. k_N - коефіцієнт, що враховує накопичення залишкових прогинів в основі із матеріалів, не оброблених в'яжучим, приймається рівним 1,1 для ділянок групи А¹.
3. $k_{уд}$ - новий (удосконалений) перехідний коефіцієнт, визначений як відношення згинального моменту (FEAFAA M_d) при дії навантаження від опори по краю плити до згинального моменту (FEAFAA $M_{c, \max}$) при дії опори по центру плити аеродромного покриття, тобто $k_{уд} = M_d / M_{c, \max}$.
4. Літаки типу A380 мають по одній чотириколійній опорі під крилами та дві шестиколійні опори під фюзеляжем.

Розрахунковий згинальний момент при розташуванні опори паралельно краю плити більше при дії двоколійної опори; при розташуванні опор перпендикулярно до краю плити більше при дії шестиколійної опори. Висновок співпадає із результатами експериментальних досліджень, про-

ведених на полігоні FAA NAPTf (National Airport Pavement Test Facility).

Перехідні коефіцієнти при розташуванні шестиколійних опор літаків A380-800, A380-800F та B777-300ER перпендикулярно до краю плити наведено у табл. 3.

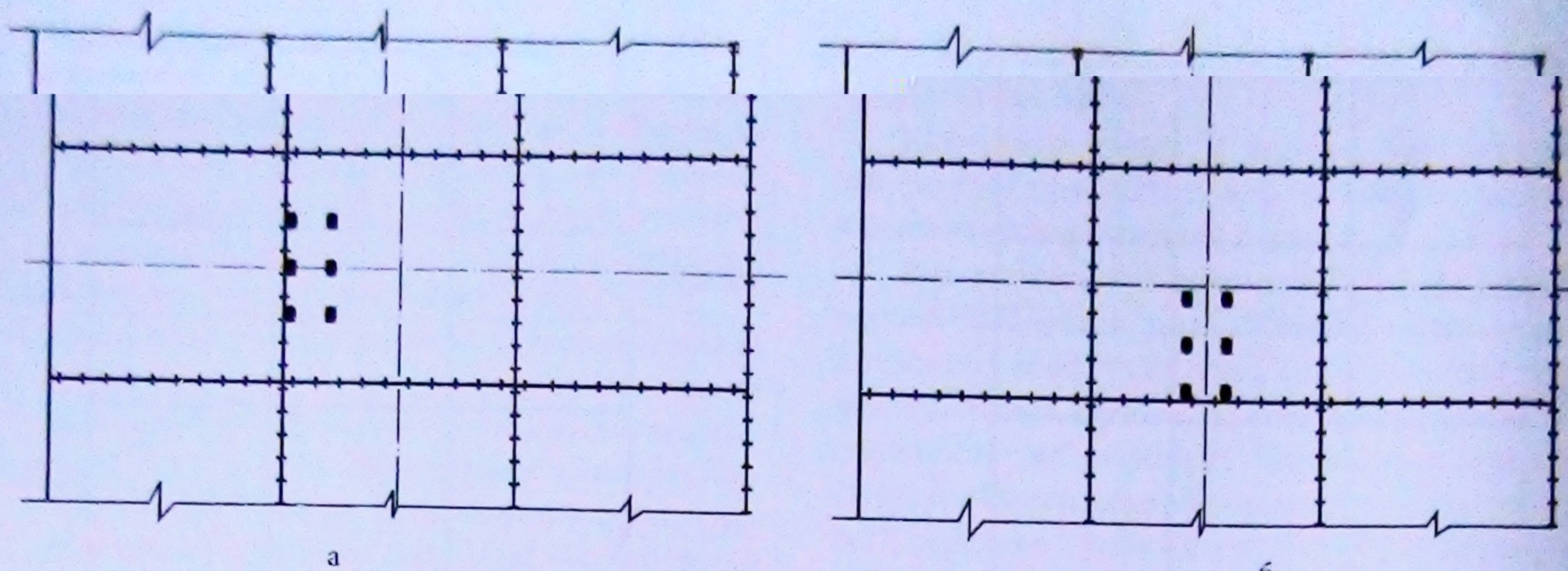


Рис. 2. Схеми розташування шестиколісної опори по краю плити жорсткого аеродромного покриття:
а – паралельно краю плити; б – перпендикулярно до краю плити.

Таблиця 2

Результати розрахунку при дії на покриття шести-, чотири- та двоколісної опори, отримані за допомогою програми FEAFAA

Тип опори	Розташування опори відносно краю плити	Розрахунковий згинальний момент, кН·м/м
Шестиколісна	Паралельно	130,270
Чотириколісна		130,309
Двоколісна		137,030
Шестиколісна	Перпендикулярно	142,346
Чотириколісна		114,672
Двоколісна		104,143

Таким чином, при скінченноелементному розрахунку жорстких аеродромних покриттів шестиколісні опори літаків варто розташовувати перпендикулярно до краю плити, а дво- та чотириколісні – паралельно до її краю.

Таблиця 3

Перехідний коефіцієнт k_{y0} для шестиколісних опор повітряних суден

Літак	Розрахунковий згинальний момент, кН·м/м		k_{y0}
	по центру $M_{c, max}$	по краю M_d	
A380-800	132,227	138,838	1,05
A380-800F	135,117	141,872	1,05
B777-300ER	138,585	145,514	1,05

Величина перехідного коефіцієнта, як показало дослідження, залежить від кількості коліс в опорі повітряного судна і змінюється в межах від 1,05 до 1,23.

Редакційна колегія: Т.І. Лукашевич (відповідальний секретар), В.П. Адріанов, В.А. Баженов – д.т.н., В.С. Балицький – д.т.н., В.І. Большаков – д.т.н., Є.В. Бондаренко – д.е.н., Д.Ф. Гончаренко – д.т.н., М.П. Денисенко – д.е.н., Г.К. Злобін, О.С. Слєпцов – д-р архіт., Л.М. Ковальський – д-р архіт., П.В. Кривенко – д.т.н., В.В. Куцевич – д-р архіт., І.І. Назаренко – д.т.н., С.О. Пічугін – д.е.н., К.І. Проценко, Ю.Г. Рєпін – д-р архіт., А.І. Сухоруков – д.е.н., М.Ф. Тимчук – д.е.н., А.М. Тугай – д.т.н., В.Г. Федоренко – д.е.н., Г.М. Хавхун – канд. архіт., Л.А. Хмара – д.т.н., Т.О. Шарапова, В.М. Шахнова – к.т.н., О.В. Шимановський – д.т.н., В.Г. Штолько – д-р архіт.

Рекомендовано до друку вченою радою ПАТ "КиївЗНДІЕП" (протокол № 1 від 25.01.2011 р.)
Реєстраційне свідоцтво КВ № 5349 від 01.08.2001 р.

◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆

Макетування та комп'ютерна верстка – В.Б. Чукашкіна

Адреса редакції: вул. М. Кривоноса, 2А, корп. 3, Київ-37, 03037. Тел. 249-36-60, chukavb@ukr.net

Підписано до друку 11.04.2011 р. Формат 60x84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-др.арк. 8,1.

Віддруковано ТОВ "Лазурит-Поліграф"

04080, м. Київ, вул. Костянтинівська, 73, тел. (044) 417-21-70