

УДК 004.272.2:625.717.02(045)

Ю.В. Верюжський, д.т.н.
Ю.О. Дорошенко, д.т.н.
О.В. Родченко, к.т.н.**ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ
ЖОРСТКИХ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ**

Національний авіаційний університет, м. Київ, rodchenko@ukrpost.ua

Паралельні обчислення при проектуванні жорстких аеродромних покриттів зменшують час розрахунку та дозволяють врахувати одночасно декілька розрахункових факторів, таких як: дія навантаження від коліс основних опор кількох розрахункових повітряних суден, зміна коефіцієнту постелі природної ґрунтової основи впродовж року, зміна температури впродовж року та однієї доби

Ключові слова: паралельні обчислення, жорстке аеродромне покриття, коефіцієнт накопичення руйнувань, руйнування від втоми.

Вступ

Впродовж всієї історії розвитку обчислювальної техніки основною задачею є підвищення продуктивності комп'ютерів. З цією метою було розроблено чимало нових рішень в архітектурі центральних процесорів, серед яких – принцип паралельної обробки даних (паралельні обчислення). Паралельні обчислення – це форма обчислень, в яких кілька дій виконуються одночасно [1]. Ґрунтуються на тому, що великі задачі можна розділити на кілька менших, кожна з яких можна розв'язати незалежно від інших. Паралельні обчислення застосовуються вже протягом багатьох років, переважно у високопродуктивних комп'ютерних системах, але зацікавлення ним зросло тільки нещодавно, через фізичні обмеження зростання частоти процесорів. Приріст частоти процесорів був основною причиною збільшення продуктивності комп'ютерів з середини 1980-тих до 2004 року, але збільшення частоти збільшує потужність, що використовується процесором. У зв'язку з тим, що в останні роки двох- та чотирьохядерні процесори отримали досить широке розповсюдження, паралельне програмування стає домінуючим, оскільки забезпечує як зменшення часу розрахунку, так і енергоспоживання. Проектування жорстких аеродромних покриттів з урахуванням зміни температури та коефіцієнта постелі природної основи впродовж року та дії навантажень від коліс основних опор 5-15 сучасних повітряних суден є досить трудомісткою задачею, що потребує з метою пришвидчення процесу розрахунку використання паралельних обчислень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В існуючих на даний момент спеціалізованих програмах для проектування жорстких аеродромних покриттів, таких як FEAFAA, FAARFIELD [2, 3] окрім того, що не закладено можливість врахування зміни температури і коефіцієнта постелі за порами року, відсутня реалізація паралельних обчислень на будь-яких етапах розрахунку.

Постановка завдання

У чинних нормах проектування аеродромних покриттів [4] вплив температури враховується за допомогою коефіцієнту умов роботи, а значення коефіцієнта постелі ґрунтових основ дані для весіннього розрахункового періоду. Але, як показали результати теоретичних та експериментальних досліджень, їх значення змінюються впродовж року [5, 6]. При врахуванні цих факторів трудомісткість процесу проектування жорстких аеродромних покриттів суттєво збільшується, що, в свою чергу, вимагає оптимізації цього процесу шляхом використання паралельних обчислень при залученні до проектування покриттів сучасної комп'ютерної техніки.

Вирішення поставленого завдання

При розрахунку товщини цементобетонного покриття пропонується використовувати концепцію руйнування від втоми, що виражається терміном „коефіцієнт накопичення руйнувань” (*CDF*). Цей коефіцієнт визначається як відношення кількості прикладених повторень навантажень до допустимого числа їх повторень до моменту відмови аеродромного

покриття.

З урахуванням зміни температури впродовж року та однієї доби і зміни коефіцієнта постелі впродовж року коефіцієнт CDF пропонується визначати за формулою [7]:

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

де i – пора року (1 – весна, 2 – літо, 3 – осінь, 4 – зима);

j – час доби (1 – день; 2 – ніч).

Коефіцієнт накопичення руйнувань від втоми пропонується визначати для двох розрахункових критеріїв: перший розрахунковий критерій – розтягуюче напруження на нижній поверхні цементобетонної плити, другий – на верхній поверхні плити. В результаті визначається два коефіцієнти CDF : $CDF_{p,H}$ при використанні першого розрахункового критерію; $CDF_{p,B}$ при використанні другого розрахункового критерію [7].

Коефіцієнти накопичення руйнувань від втоми i -тої пори року та j -того часу доби для довільної кількості повітряних суден, що враховуються у розрахунку, та двох розрахункових критеріїв пропонується визначати за формулами:

$$CDF_{H,ij} = \sum_{k=1}^m \frac{N_{ijk} \cdot T}{C_{ijk}^H \cdot PCR_k}, \quad (2)$$

$$CDF_{B,ij} = \sum_{k=1}^m \frac{N_{ijk} \cdot T}{C_{ijk}^B \cdot 4,15}, \quad (3)$$

де N_k – щорічна кількість злітних операцій k -того повітряного судна;

T – розрахунковий термін служби жорсткого аеродромного покриття;

C_{ijk}^H , C_{ijk}^B – допустима кількість проходів k -того літака за смугою охоплення, що визначається за формулами, наведеними у праці [7].

Блок-схему послідовного алгоритму запропонованої методики наведено на рис. 1.

Потенційне прискорення алгоритму при збільшенні числа процесорів задається законом Амдала, що вперше був сформульований Жене Амдалем у 60-тих роках минулого століття. Він стверджує, що невелика частина програми що не піддається паралелізації обмежить загальне прискорення від розпаралелювання. Будь-яка велика математична чи інженерна задача зазвичай буде складатись з кількох частин що можуть виконуватись паралельно, та кількох частин що виконуються тільки послідовно [1]. Цей зв'язок задається рівнянням:

$$S = \frac{1}{1-P}, \quad (4)$$

де S – прискорення програми (як відношення до її початкового часу роботи);

P – частка, яку можна виконувати паралельно [1].

Для наведеного на рис. 1 алгоритму частка P , що можна виконувати паралельно становить 0,9 (90%), тоді теоретичне прискорення алгоритму S становитиме 10, незалежно від того, скільки процесорів використовується. Для наведеного алгоритму розрахунку жорсткого аеродромного покриття (рис. 1) паралельно раціонально виконувати 4 процеси: розрахунок покриття для зимової, весняної, літньої та осінньої пор року.

Варто зазначити, що закон Амдала базується на припущенні того, що задача має фіксований розмір, і що розмір послідовної частини незалежний від кількості процесорів, в той час як закон Густафсона не робить таких припущень [1].

Закон Густафсона – це інший комп'ютерний закон, що формулюється наступним чином:

$$S(P) = P - \alpha(P-1), \quad (5)$$

де P – це кількість процесорів (ядер процесора);

S – прискорення;

α – нерозпаралелювана частина процесу [1].

Для наведеного на рис. 1 алгоритму розрахунку аеродромного покриття при його розпаралелюванні можна задіяти 4 ядра процесора, нерозпаралелювальна частина α становить 0,1 (10%). В цьому випадку прискорення алгоритму $S(4)$ дорівнюватиме 3,7. Блок-схему паралельного алгоритму наведено на рис. 2.

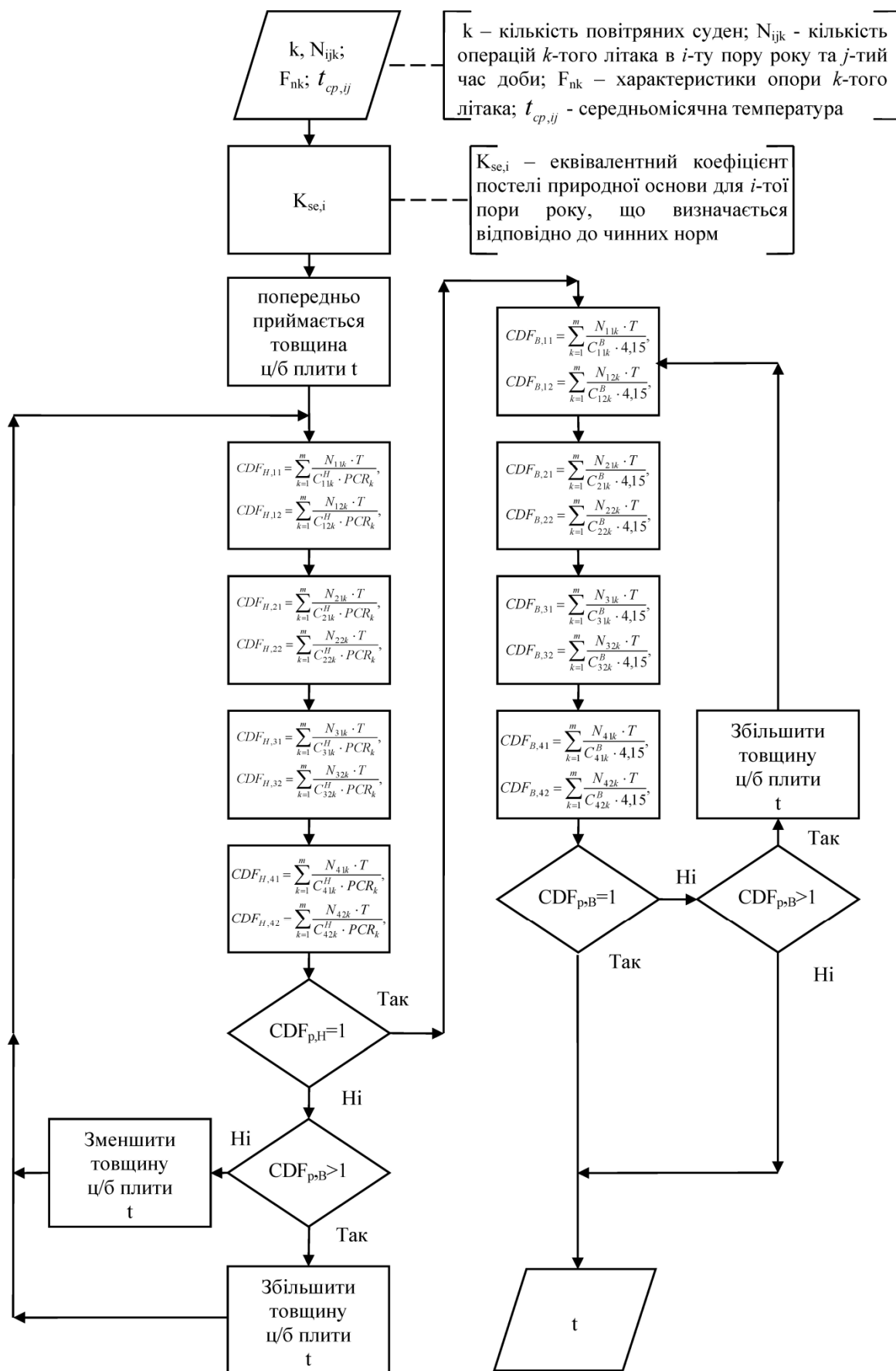


Рис. 1. Блок-схема алгоритму послідовного розрахунку жорсткого аеродромного покриття з урахуванням зміни температури та коефіцієнту постелі впродовж року

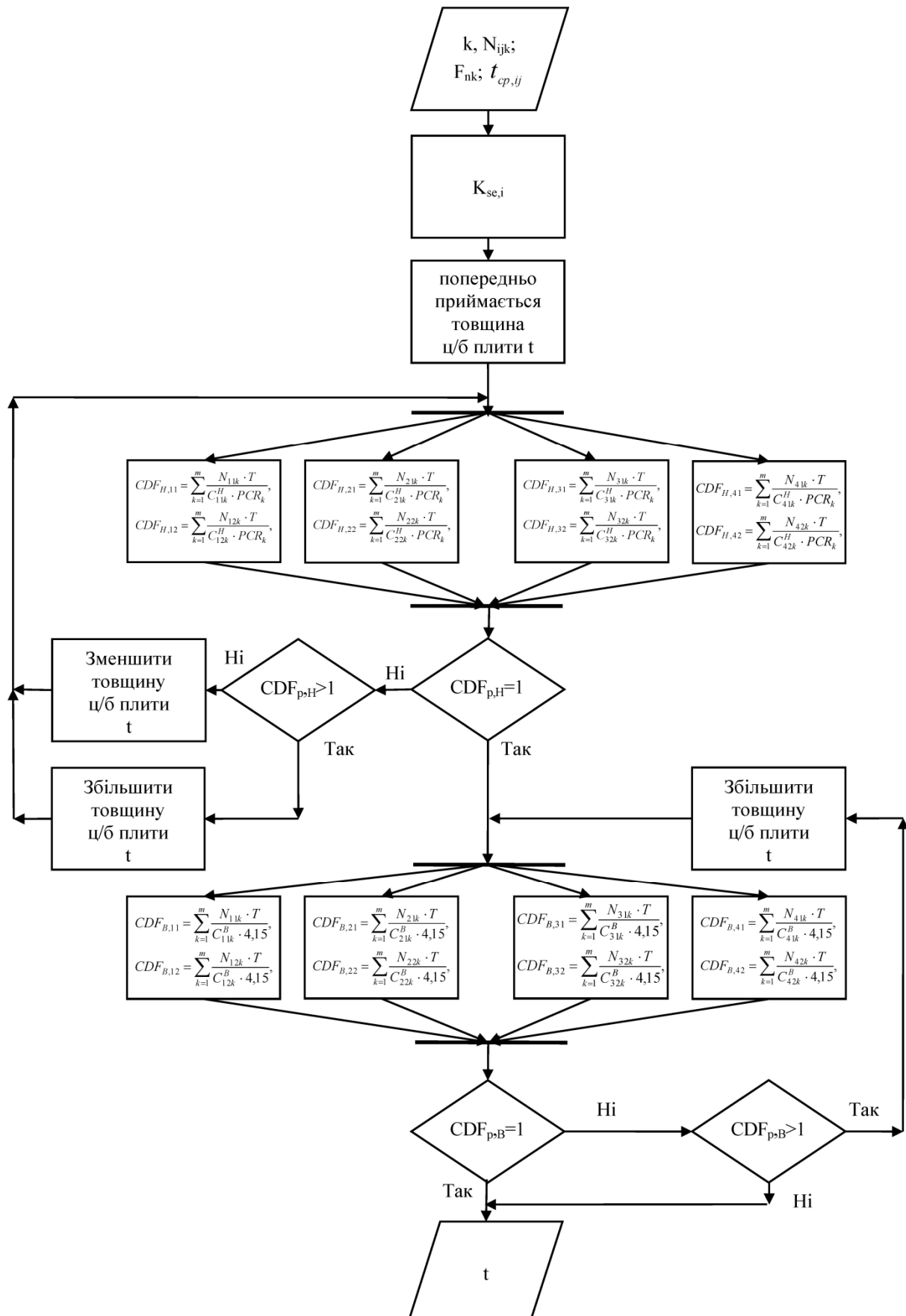


Рис. 2. Блок-схема алгоритму паралельного розрахунку жорсткого аеродромного покриття з урахуванням зміни температури та коефіцієнта постелі впродовж року

У табл. 1 наведено величину прискорення алгоритму $S(P)$ в залежності від кількості задіяних ядер (як фізичних, так і віртуальних) центрального процесора. При використанні 8 ядер центрального процесора розрахунок для кожної пори року можна розподіли ще на два паралельні процеси: розрахунок для денного часу доби та нічного.

Таблиця 1

Прискорення алгоритму розрахунку жорсткого аеродромного покриття при $\alpha=0,1$

№	Кількість ядер центрального процесора	Теоретичне прискорення алгоритму $S(P)$
1	2	1,90
2	3	2,80
3	4	3,70
4	6	5,50
5	8	7,30

Можна задіяти і більшу кількість ядер (табл. 2). В цьому випадку кожне ядро виконує розрахунок коефіцієнта CDF для окремого повітряного судна, а не для цілого розрахункового списку. Але в цьому випадку нерозпаралелювальна частина α становитиме 15% (0,15).

Таблиця 2

Прискорення алгоритму розрахунку жорсткого аеродромного покриття при $\alpha=0,15$

№	Кількість ядер центрального процесора/-ів	Теоретичне прискорення алгоритму $S(P)$
1	12	10,35
2	16	13,75
3	24	20,55
4	32	27,35

Висновки

Запропонований спосіб проектування жорстких аеродромних покриттів дозволяє забезпечити проектний термін служби покриття, зменшити товщину цементобетонної плити та більш гнучко враховувати кількість вильотів літаків за порами року та часом доби, а також він дозволяє більш повно використати можливості сучасних центральних процесорів.

Список літературних джерел

1. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. — СПб. : БХВ-Петербург, 2004. — 608 с.
2. Development of Advanced Computational Models for Airport Pavement Design, Final Report DOT/FAA/AR-97/47, FAA [Електронний ресурс] / David R. Brill. — Washington : Federal Aviation Administration, 1998. — 89 p. — Режим доступу: www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/ar97-47.pdf
3. 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: www.airporttech.tc.faa.gov/naptf/att07/2007/Papers/P07077%20Kawa%20et%20al.pdf
4. СНиП 2.05.08-85. Аэродромы. — М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. — 59 с.
5. Горецкий Л.И. Теория и расчёт цементобетонных покрытий на температурные воздействия / Л. И. Горецкий. — М. : Транспорт, 1965. — 284 с.
6. Елесин В. А. К вопросу определения коэффициента постели грунтового основания под аэродромными покрытиями / В. А. Елесин, С. А. Пузатов, А. П. Осипов // Проектирование, строительство и эксплуатация сооружений аэропортов: сб. науч. трудов МАДИ (ТУ). — М., 2001. — С. 58—66.
7. Родченко О.В. Удосконалення проектування жорстких аеродромних покриттів з урахуванням зміни температури впродовж року / О. В. Родченко // Будівництво України. — 2011. — №1. — С. 40—43.