

Міністерство освіти і науки України  
Національний авіаційний університет  
Навчально-науковий інститут комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Лабораторна робота №6  
з дисципліни «Комп'ютерні системи»  
на тему «Аналіз функціонування конвеєрних обчислювальних систем»  
Варіант №3

Виконав:  
студент ННІКІТ  
групи СП-325  
Клокун В. Д.  
Перевірів:  
Ковальов М. О.

Київ 2019

## 1. МЕТА РОБОТИ

Аналіз функціонування та ефективності конвеєрних обчислювальних систем.

## 2. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Критерії ефективності конвеєрної системи. Які критерії ефективності розв'язання задачі (обчислення арифметичних виразів) будемо розглядати:

1. Коефіцієнт прискорення:

$$K_{\Pi} = \frac{T_0}{T_N}, \quad (1)$$

де  $T_0$  — час розв'язання задачі в традиційній ЕОМ (однопроцесорній), який дорівнює сумі часів виконання операцій додавання, множення та ділення;  $T_N$  — час розв'язання задачі в конвеєрній системі.

2. Коефіцієнт завантаження конвеєра:

$$K_3 = \frac{T_0}{N \cdot T_N}, \quad (2)$$

де  $N$  — кількість шарів в конвеєрі.

*Приклад.* Зробимо аналіз функціонування конвеєрних ОС різних типів для заданого арифметичного виразу:

$$(A + B) + C / D + G + (K / L + M + N). \quad (3)$$

Будь-який арифметичний вираз із змінними можна графічно подати у вигляді дерева. На рис. 1 зображено дерево арифметичного виразу (3):

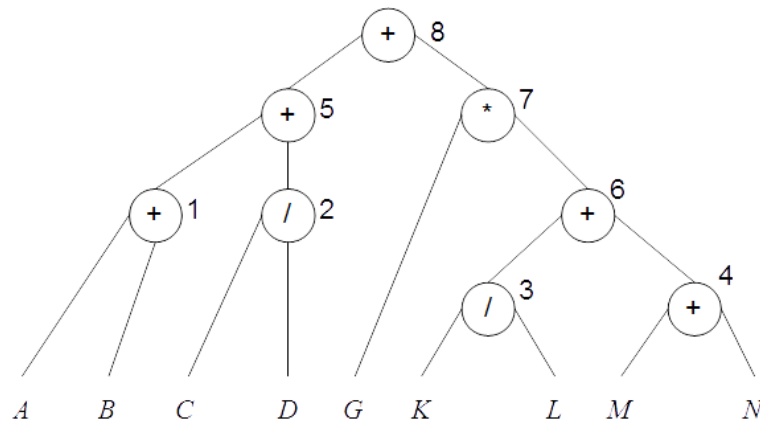


Рис. 1

Час обчислення даного арифметичного виразу в традиційній ЕОМ можна визначити таким чином:

$$T_0 = 5T_c + 2T_d + T_m, \quad (4)$$

де  $T_c$  — час операції додавання,  $T_d$  — час операції ділення,  $T_m$  — час операції множення.

Нехай задано  $\tau_c = 1$ ,  $\tau_m = 2\tau_c$ ,  $\tau_d = 5\tau_c$ , де  $\tau_c$  — час операції додавання в одному шарі конвеєра,  $\tau_d$  — час операції ділення в одному шарі конвеєра,  $\tau_m$  — час операції множення в одному шарі конвеєра. Відповідно  $T_c = N \cdot \tau_c$ ;  $T_d = N \cdot 5 \cdot \tau_c$ ;  $T_m = N \cdot 2 \cdot \tau_c$ . Тоді при послідовному виконанні всіх операцій даного виразу в конвеєрі з  $N = 4$ , де  $N$  — кількість шарів конвеєра  $T_0 = 5 \cdot 4 \cdot \tau_c + 2 \cdot 4 \cdot 5 \cdot \tau_c + 4 \cdot 2 \cdot \tau_c = 68\tau_c$ .

1. Розглянемо діаграму роботи конвеєра з динамічною перебудовою, наведеного на рис. 1, для випадку з  $N = 4$  (рис. 2).

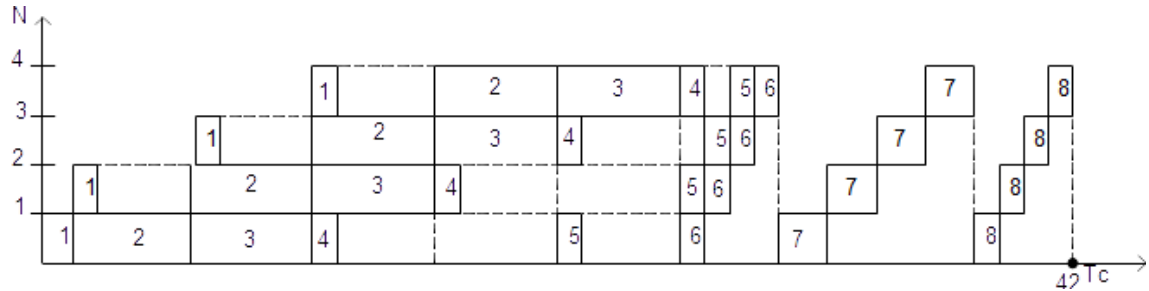


Рис. 2: Діаграма роботи конвеєра з динамічною перебудовою

Використовуючи вирази (1) та (2), визначимо коефіцієнти прискорення та завантаження:

$$K_{\Pi} = \frac{T_0}{T_{\text{дин}}} = 1,62, \quad K_3 = \frac{T_0}{N \cdot T_{\text{дин}}} = 0,405.$$

2. Розглянемо діаграму роботи конвеєра зі статичною перебудовою (рис. 3).

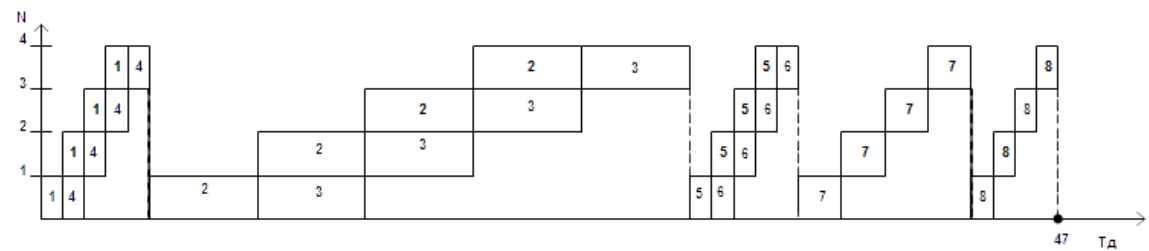


Рис. 3: Діаграма роботи конвеєра зі статичною перебудовою

Використовуючи вирази (1) та (2), визначимо коефіцієнти прискорення та завантаження:

$$K_{\Pi} = \frac{T_0}{T_{\text{дин}}} = 1,45, \quad K_3 = \frac{T_0}{N \cdot T_{\text{дин}}} = 0,362.$$

3. Розглянемо діаграму роботи конвеєра з постійним тактом (рис. 4). Викон-

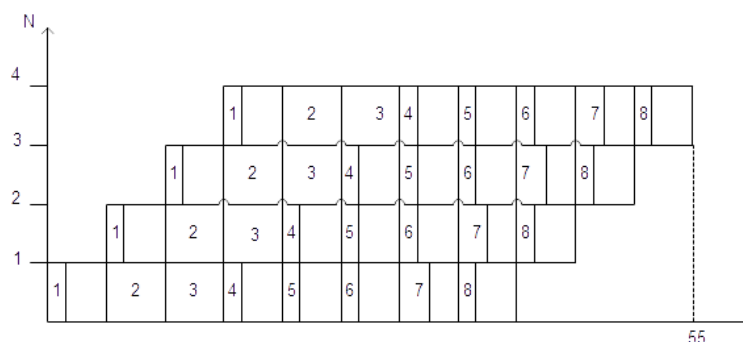


Рис. 4: Діаграма роботи конвеєра з постійним тактом

ристовуючи вирази (1) та (2), визначимо коефіцієнти прискорення та завантаження:

$$K_{\Pi} = \frac{T_0}{T_{\text{дин}}} = 1,24, \quad K_3 = \frac{T_0}{N \cdot T_{\text{дин}}} = 0,309.$$

В табл. 1 наведено значення коефіцієнтів прискорення та завантаження під час розв'язання задачі обчислення арифметичного виразу в конвеєрах різних типів.

Табл. 1: Значення коефіцієнтів прискорення та завантаження

Тип конвеєра	$K_{\Pi}$	$K_3$
З динамічною перебудовою K2.1	1,62	0,405
Зі статичною перебудовою K2.2	1,45	0,362
З постійним тактом K1	1,24	0,309

Аналіз результатів ефективності конвеєрів різних типів під час розв'язання задачі, що розглядається, дозволяє зробити такі висновки:

- використання конвеєру типу K2.1 дозволяє розв'язати задачу за мінімальний час;
- за ступенем використання обладнання (завантаження конвеєра) перевагу слід віддати конвеєру типу K2.1.

### 3. ХІД РОБОТИ

Вихідними даними для виконання лабораторної роботи за варіантом № 8 є арифметичний вираз (5):

$$(A + B / C \times G) \times (K + E + L) / R + D. \quad (5)$$

За даним виразом складаємо його дерево — граф потоків обчислень (рис. 5).

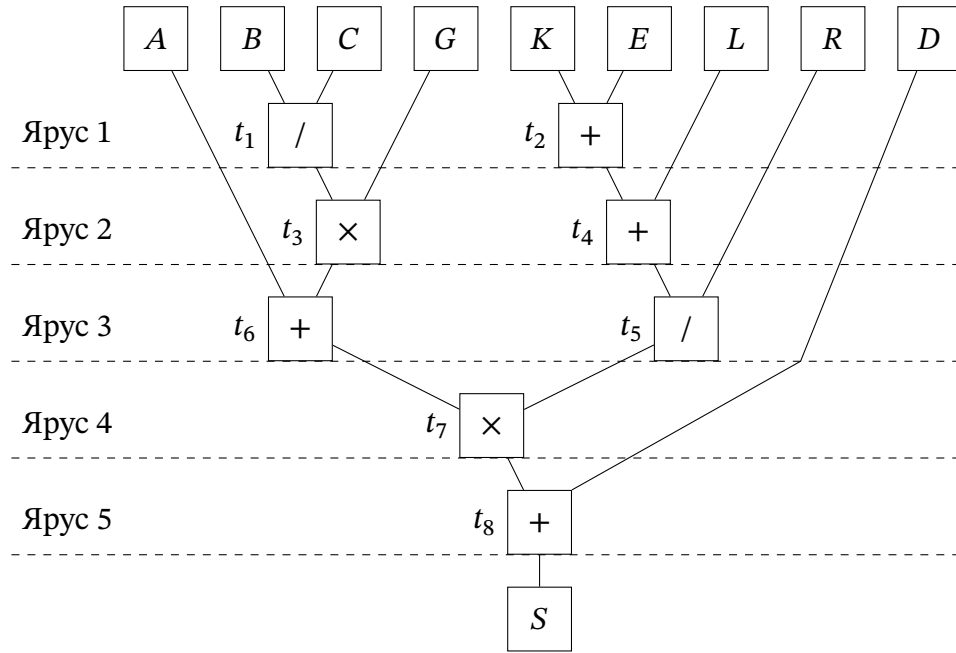


Рис. 5: Дерево арифметичного виразу  $(A + B / C \times G) \times (K + E + L) / R + D$

Також дана кількість шарів у конвеєрі  $N = 3$ , значення коефіцієнта швидкості виконання множення  $\tau_{\times} = \tau_{\times} / \tau_{+} = 2$  і коефіцієнта швидкості виконання ділення  $\tau_{/} = \tau_{/} / \tau_{+} = 4$ .

Оскільки у виразі (5) виконується 4 операції додавання, 2 операції множення і 2 операції ділення, то час обчислення на послідовній ЕОМ  $T_0$  такий:

$$T_0 = 4T_{+} + 2T_{\times} + 2T_{/}.$$

Визначимо тривалості виконання додавання  $T_{+}$ , множення  $T_{\times}$  і ділення  $T_{/}$  відповідно:

$$T_{+} = N \cdot \tau_{+} = 3\tau_{+},$$

$$T_{\times} = N \cdot \tau_{\times} \cdot \tau_{+} = 3 \cdot 2\tau_{+} = 6\tau_{+},$$

$$T_{/} = N \cdot \tau_{/} \cdot \tau_{+} = 3 \cdot 4\tau_{+} = 12\tau_{+}.$$

Отже, час обчислення на послідовній ЕОМ  $T_0$  обчислюється так:

$$T_0 = 4T_{+} + 2T_{\times} + 2T_{/} = 4 \cdot 3\tau_{+} + 2 \cdot 6\tau_{+} + 2 \cdot 12\tau_{+} = 12\tau_{+} + 12\tau_{+} + 24\tau_{+} = 48\tau_{+}.$$

Переходимо до оцінки конвеєрних систем.

### 3.1. Конвеєр з динамічною перебудовою (тип К2.1)

Конвеєр з динамічною перебудовою (типу К2.1) дозволяє виконувати різні операції в одному такті. Однак, тривалість такту залежить від тривалості найбільш

тривалості операції у поточному такті. Складаємо часову діаграму (рис. 6).

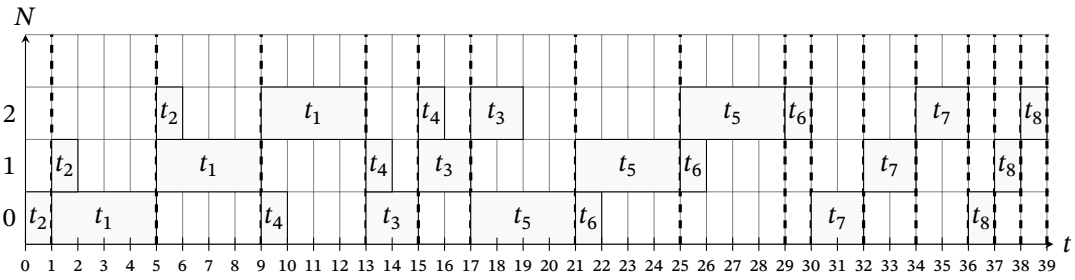


Рис. 6: Часова діаграма роботи конвеєра типу K2.1 при кількості шарів  $N = 3$

Як видно на осі  $Ot$ , найдовший відрізок займає 39 одиниць, тобто виконання обчислення займає  $T_{K2.1} = 39t_+$ .

Обчисливши тривалість виконання обчислення на обчислювальній системі типу K2.1 з кількістю шарів  $N = 3$ , обчислюємо її критерії ефективності: коефіцієнт прискорення  $K_{\Pi}$  і коефіцієнт завантаження  $K_3$ . Вони обчислюються так:

$$K_{\Pi} = \frac{T_0}{T_{K2.1}} = \frac{48t_+}{39t_+} = 1,231, \quad K_3 = \frac{T_0}{N \cdot T_{K2.1}} = \frac{48t_+}{3 \cdot 39t_+} = 0,410.$$

Отже, отримали характеристики ефективності конвеєрної системи типу K2.1.

### 3.2. Конвеєр зі статичною перебудовою (тип K2.2)

Конвеєр зі статичною перебудовою (типу K2.2) дозволяє виконувати в одному такті операції одного типу, тому тривалість такту залежить від тривалості типу операцій у поточному такті. Складаємо часову діаграму (рис. 7).

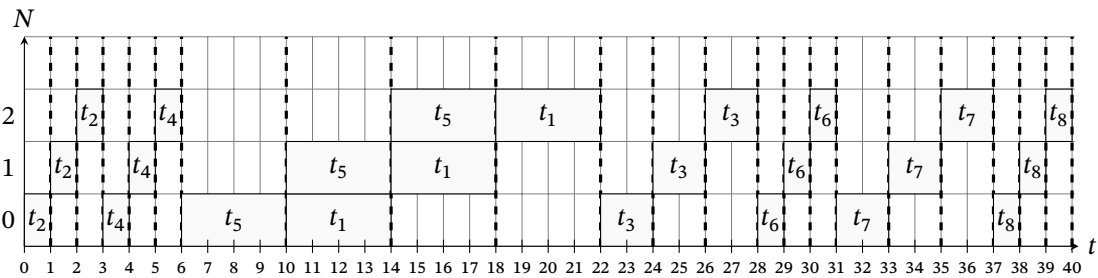


Рис. 7: Часова діаграма роботи конвеєра типу K2.2 при кількості шарів  $N = 3$

Як видно на осі  $Ot$ , найдовший відрізок займає 40 одиниць, тобто виконання обчислення займає  $T_{K2.2} = 40t_+$ .

Обчисливши тривалість виконання обчислення на обчислювальній системі типу K2.2 з кількістю шарів  $N = 3$ , обчислюємо її критерії ефективності: коефі-

цієнт прискорення  $K_{\Pi}$  і коефіцієнт завантаження  $K_3$ . Вони обчислюються так:

$$K_{\Pi} = \frac{T_0}{T_{K2.2}} = \frac{48t_+}{40t_+} = 1,200, \quad K_3 = \frac{T_0}{N \cdot T_{K2.2}} = \frac{48t_+}{3 \cdot 40t_+} = 0,400.$$

Отже, отримали характеристики ефективності конвеєрної системи типу К2.2.

### 3.3. Конвеєр з постійним тактом (тип К1)

Конвеєр з постійним тактом (типу К1) дозволяє виконувати різні операції в одному такті. Однак, тривалість такту завжди дорівнює тривалості найбільш тривалої операції, яку конвеєр взагалі здатний виконати. Складаємо часову діаграму (рис. 8).

Як видно на осі  $Ot$ , найдовший відрізок займає 64 одиниці, тобто виконання обчислення займає  $T_{K1} = 64t_+$ .

Обчисливши тривалість виконання обчислення на обчислювальній системі типу К1 з кількістю шарів  $N = 3$ , обчислюємо її критерії ефективності: коефіцієнт прискорення  $K_{\Pi}$  і коефіцієнт завантаження  $K_3$ . Вони обчислюються так:

$$K_{\Pi} = \frac{T_0}{T_{K1}} = \frac{48t_+}{64t_+} = 0,750, \quad K_3 = \frac{T_0}{N \cdot T_{K1}} = \frac{48t_+}{3 \cdot 64t_+} = 0,250.$$

Отже, отримали характеристики ефективності конвеєрної системи типу К1.

## 4. ВИСНОВОК

Виконуючи дану лабораторну роботу, ми проаналізували функціонування та ефективність конвеєрів різних типів, а також визначили характеристики їх ефективності (табл. 2).

Табл. 2: Характеристики ефективності розглянутих типів конвеєрів

Тип конвеєра	$K_{\Pi}$	$K_3$
К2.1	1,231	0,410
К2.2	1,200	0,400
К1	0,750	0,250

Зі значень визначених характеристик можна зробити такі висновки:

1. Використання конвеєру типу К2.1 дозволяє розв'язати задачу за мінімальний час та з максимальним використанням обладнання.
2. Конвеєр типу К2.2 лише назначно поступається конвеєру типу К2.1 у швидкості розв'язання задачі та степені використання обладнання.
3. Конвеєр типу К1 сповільнює обчислення виразу.

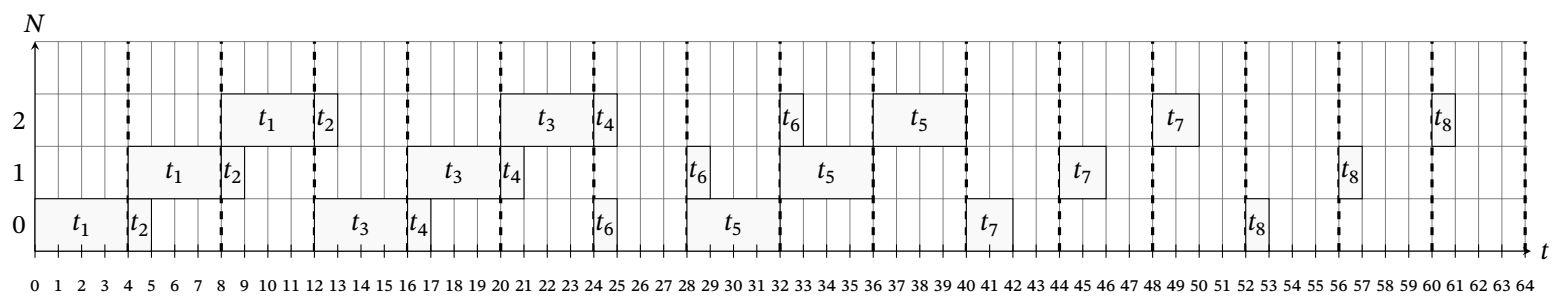


Рис. 8: Часова діаграма роботи конвеєра типу K1 при кількості шарів  $N = 3$



Тому варто відмовитись від конвеєра типу K1, адже він сповільнює виконання задачі і водночас потребує зусиль на реалізацію. Слід віддати перевагу конвеєру типу K2.2, оскільки він є найдійнішим, дешевшим та легшим у реалізації, ніж конвеєр типу K2.1.