

The background image shows a large, multi-story university building with a curved facade and many windows. In the foreground, there is a paved courtyard with a central fountain featuring a large, dark, rounded stone. Several people are walking or sitting in the courtyard. The sky is blue with some clouds.

Автоматизоване визначення оптимальної послідовності запуску виробів у виробництво у механоскладальних ГКІС

Доповідач: Кирилович Валерій Анатолійович,
д.т.н., проф. каф. РЕ та А ім. проф. Б.Б. Самотокіна

ВИДИ ЗАПУСКУ ДЕТАЛЕЙ У ВИРОБНИЦТВО

Детермінований запуск полягає в чітко визначеному календарним плануванням запуском деталей у виробництво. Задача календарного планування полягає в часовому упорядкуванні комплексу запланованих робіт програми виробництва. Часове планування виражається у визначенні строків початку та завершення виконання робіт, тобто календарний план визначає, скільки продукції необхідно виготовити у кожному інтервалі встановленого періоду. У ГВС та ГВК оперативний плановий період, як правило, не перевищує місячного терміну.

Kg	Lg	Mg	Kg	Lg	Mg
----	----	----	----	----	----

Стохастичний запуск полягає в незапланованому запуску деталей у виробництво шляхом експериментального вибору послідовностей деталі із можливих варіантів задля забезпечення максимізації ефективності виробництва і мінімізації втрат на ньому. На відміну від чітко визначеного детермінованого запуску деталей стохастичний вид запуску має головну задачу знаходження оптимальної послідовності деталей індивідуальним підходом, тому цей вид запуску вимагає відповідних підходів, які полягають у визначенні певних критеріїв оптимальності ГВК та методів їх пошуку. Для стохастичного виду запуску деталей у виробництво притаманна схожість з задачею оперативного планування, метою якої є встановлення порядку проходження через обладнання при фіксованих технологічних маршрутах обробки партій деталей.

Mg	Lg	Kg
----	----	----

Комбінований запуск полягає в запуску деталей у виробництво через деякі проміжки часу, через які запуск у виробництво змінюється з чітко визначеного (детермінованого) на нечіткий (стохастичний) і навпаки. Для даного виду запуску деталей у виробництво притаманні як календарний, так і оперативний типи планування. В тих проміжках часу, де використовується детермінований вид запуску деталей, їх послідовність жорстко закріплюється згідно до календарного плану, а для стохастичного проміжку часу визначаються критерії ефективності виробництва та проводяться відповідні оцінювання оптимальності тієї чи іншої послідовності деталей.

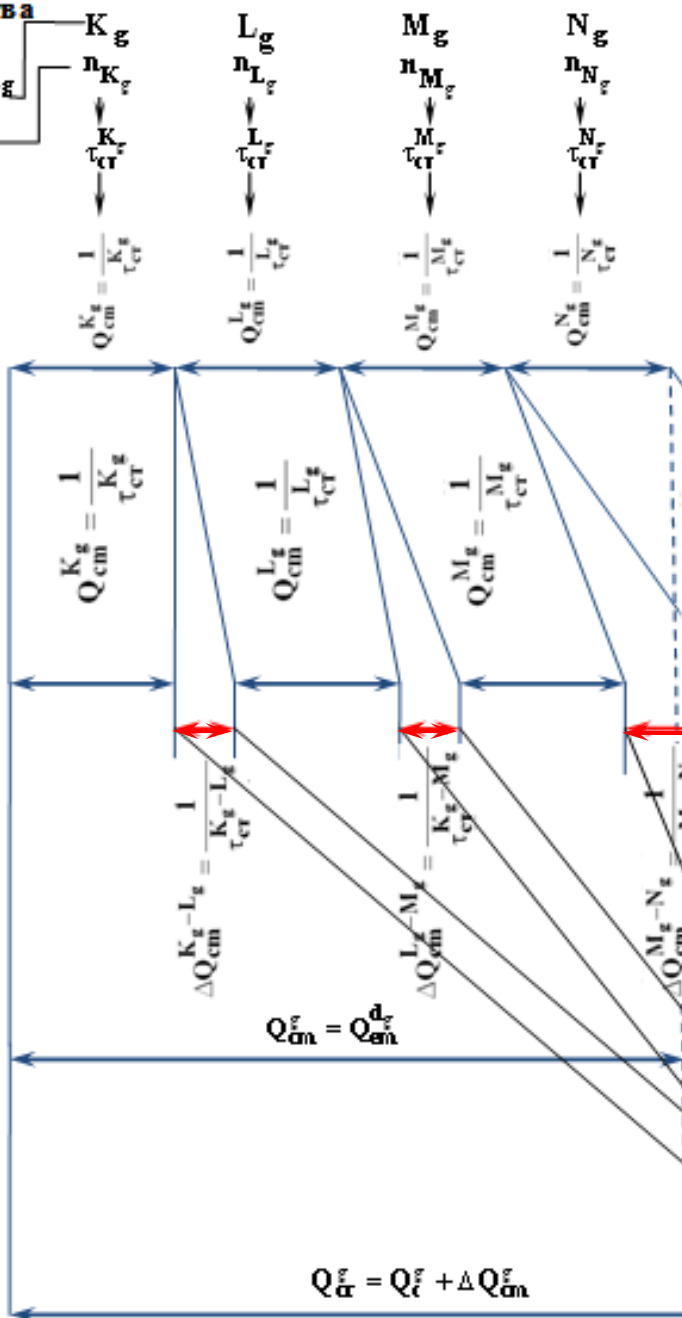
Kg	Lg	Mg	Mg	Lg	Kg	Kg	Lg	Mg
----	----	----	----	----	----	----	----	----

ПРИКЛАД ГРАФІЧНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ГРУПОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

2

Об'єкти виробництва
g-ої групи:

- найменування n_{d_g}
- кількість n_{d_g}



$$\tau_{cr}^{d_g} = \tau_{cm_n}^{d_g} + \tau_{cm_{cl}}^{d_g} + \tau_{cm_{su}}^{d_g} \quad \forall d_g \in \{K_g + L_g + M_g + N_g\}; (i \neq j) \in d_g$$

$$Q_{cm}^{d_g} = \frac{1}{\tau_{cr}^{d_g}} \quad \forall d_g \in \{K_g + L_g + M_g + N_g\}$$

$$\left(Q_{cm}^{d_g} = \frac{1}{\tau_{cr}^{d_g}} = \frac{n_{d_g}^{d_g}}{d_g - 1} Q_{cm}^{d_g} = \sum_{d_g - 1}^{n_{d_g}^{d_g}} \frac{1}{\tau_{cr}^{d_g}} \right) = Q_{cm}^g; \tau_{cr}^g = \sum_{d_g - 1}^{n_{d_g}^{d_g}} \tau_{cr}^{d_g}$$

$$Q_{cm}^{d_g} = Q_{cm}^{K_g} + Q_{cm}^{L_g} + Q_{cm}^{M_g} + Q_{cm}^{N_g}$$

$$\Delta Q_{cm}^{d_g} = \Delta Q_{cm}^{K_g - L_g} + \Delta Q_{cm}^{L_g - M_g} + \Delta Q_{cm}^{M_g - N_g}$$

$$Q_{cm}^g = Q_{cm}^g = \frac{1}{\tau_{cr}^g} = \sum_{d_g - 1}^{n_{d_g}^{d_g}} \frac{1}{\tau_{cr}^{d_g}} = \sum_{d_g - 1}^{n_{d_g}^{d_g}} Q_{cm}^{d_g}$$

$$\Delta Q_{cm}^g = \sum_{i_n - 1}^{n_{i_n} - n_{i_n} - 1} \Delta Q_{cm}^{d_{gi} - d_{gj}} = \sum_{i_n - 1}^{n_{i_n} - n_{i_n} - 1} \frac{1}{\tau_{cm}^{d_{gi} - d_{gj}}}$$

$$|\forall (d_{gi} - d_{gj}) \in \langle (K_g - L_g); (L_g - M_g); (M_g - N_g) \rangle|$$

МЕТА ТА ЗАДАЧІ

Мета:

створення якісно нового методу визначення оптимальної послідовності запуску деталей у виробництво, що апріорі має стохастичний характер та базується на використанні основ теорії подібності і передбачає визначення інтегрального критерію подібності, що враховує локальні критерії оптимальності економічного та технічного змісту.

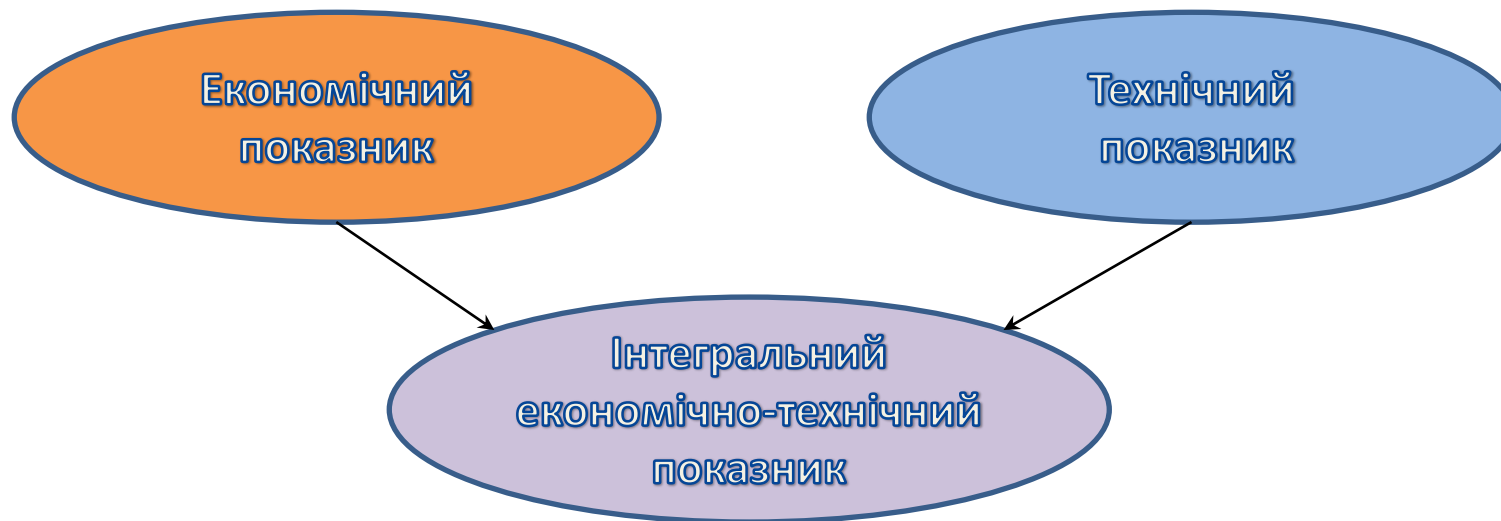
Задачі:

- на підставі аналізу існуючих методів та постановок задач мінімізації часу переналагодження визначити фактори, що обґрунтовують доцільність використання теорії подібності як методичної бази для розв'язку вказаної задачі;
- на основі запропонованого методу для розв'язку вказаної задачі обґрунтувати вибір інтегрального критерію подібності, що враховує локальні критерії оптимальності економічного та технічного змісту;
- з врахуванням сутності вирішуваної задачі та доцільної можливості використання основ теорії подібності запропонувати метод визначення оптимальної послідовності запуску деталей у виробництво за інтегральним критерієм подібності;
- розробити спеціалізоване інформаційне, алгоритмічне і програмне забезпечення, що дає змогу автоматизовано реалізувати пропонування метод;
- проілюструвати на тестових прикладах працездатність розробленої методики, що доведена до рівня її автоматизованої реалізації, і порівняти отримані результати з результатами розв'язку тестових прикладів класичними методами.

НАУКОВА НОВИЗНА І ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ

Наукова новизна. Вперше запропоновано новий підхід до визначення оптимальної послідовності запуску деталей у виробництво при стохастичному запуску деталей у виробництво за допомогою інтегрального показника собівартість-продуктивність, вибір якого обумовлений положеннями теорії подібності.

Практична цінність роботи. Розроблено нову методику визначення оптимальної послідовності запуску деталей у виробництво, що базується на використанні інтегрального показника якості. Вона може функціонувати як за інтегральним критерієм, так і за локальними, що враховуються при визначенні інтегрального критерію.



max max max
 ×  → 

max non-max max
 ×  → 

non-max max max
 ×  → 

non-max non-max max
 ×  → 

Серед чотирьох випадків доцільно розглядати випадок, при якому відсутні локальні екстремуми, але інтегральний показник при яких приймає екстремальні значення.

ПРИКЛАД, ЩО ОБҐРУНТОВУЄ ГІПОТЕЗУ

Найменування деталей:

$$n^{d_g} = 3$$

Kg

Lg

Mg

Варіанти запуску деталей:

$$n_S^{d_g} = n^{d_g!} = 3! = 6$$

Kg

Lg

Mg

Kg

Mg

Lg

Lg

Kg

Mg

Lg

Mg

Kg

Mg

Kg

Lg

Mg

Lg

Kg

Умовний
економічний
показник

Умовний
технічний
показник

Умовний
інтегральний
показник

10

7

70

9

9

8112

4

48

7

10

70

10

6

60

9

5

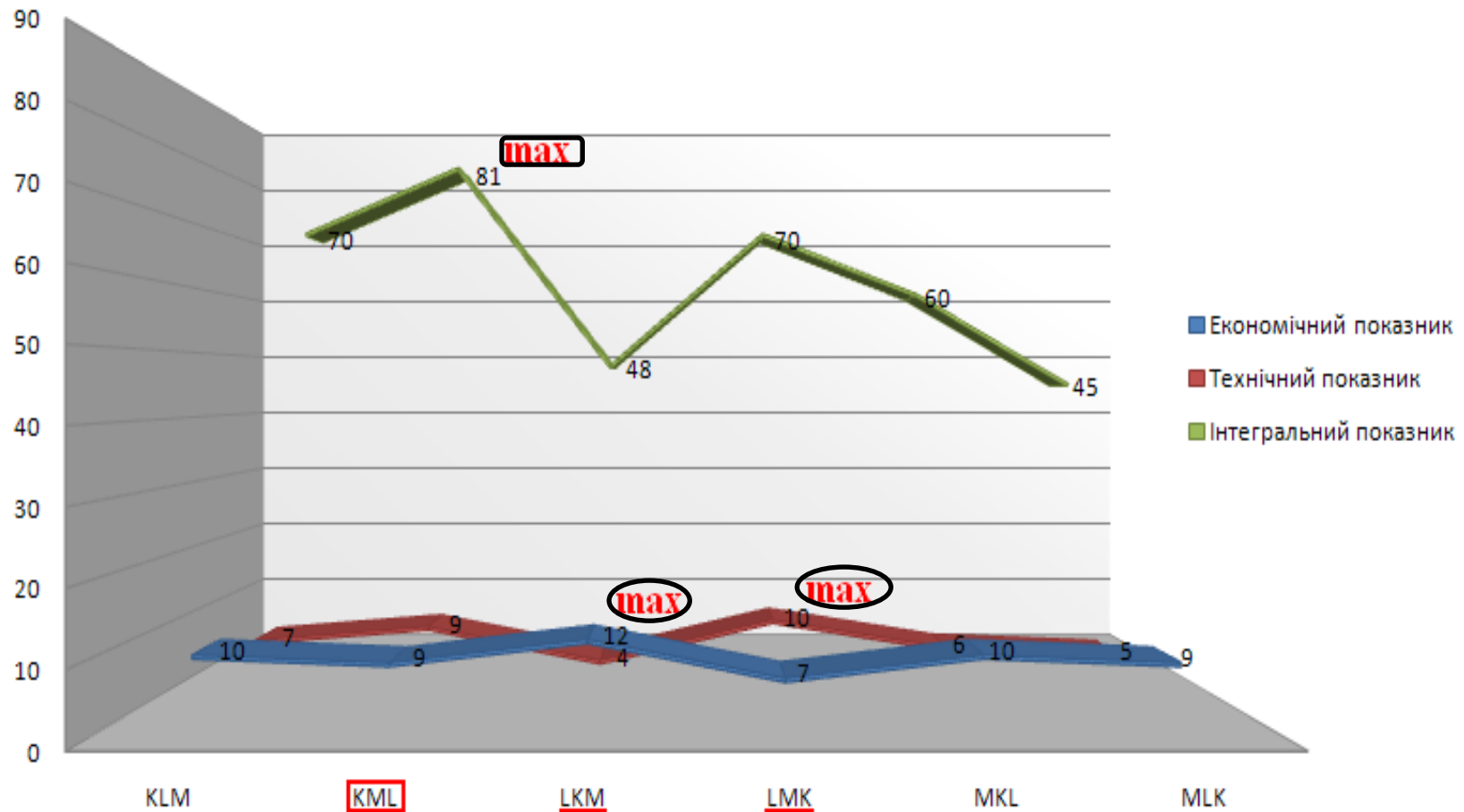
45

Послідовність деталей KML є оптимальною за інтегральним показником, хоча за економічним і технічним показниками екстремальних значень досягають послідовності LKM і LMK.

При цьому завдяки високим показникам для послідовності KML вдається отримати 81 умовних одиниць, в той час як для послідовностей LKM і LMK – 48 і 70 умовних одиниць.

ГРАФІЧНА ІЛЮСТРАЦІЯ ПРИКЛАДУ, ЩО ОБҐРУНТОВУЄ ГІПОТЕЗУ

(ЗА СЛАЙДОМ 6 $n^{\text{дг}} = 3! = 6$)



ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

8

Крок 1. Визначення всіх можливих послідовностей $\{S^{d_g} \mid S^{d_g} = \overline{1, n_s^{d_g}}\}$ запуску множини найменувань n^{d_g} деталей g -ої групи методом повного перебору, при цьому загальна кількість варіантів визначається як $n^{d_g}!$.

Методика розглянута за наступним прикладом.

Маємо g -ту групу деталей з кількістю найменувань деталей, яка дорівнює n^{d_g} , наприклад, деталі K, L, M, N; відповідно $n^{d_g} = 4$. При стохастичному запуску деталей у виробництво повна кількість варіантів послідовностей визначена методом повного перебору і дорівнює $n_s^{d_g} = 4! = 24$.

Прийнято кількість деталей кожного найменування в межах g -ої групи:

$K_g \rightarrow n_{K_g} = 35$ деталей

Kg

$L_g \rightarrow n_{L_g} = 15$ деталей

Lg

$M_g \rightarrow n_{M_g} = 50$ деталей

Mg

$N_g \rightarrow n_{N_g} = 45$ деталей

Ng

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

9

Крок 2. Визначення накопиченого часу роботи ГР за УП для кожної аналізованої S^{d_g} -ої послідовності запуску,

$S^{d_g} \in \{n_s^{d_g}\}$:

$$T_{S^{d_g} \text{ ГР}}^{\{d_g\}} = \sum_{i_1=1}^{n_{\{S^{d_g}\}}} \frac{q_{i_1}^{\{d_g\}}}{q_{i_1}^{\{d_g\}}} \mid i_1 = \overline{1, n_1},$$

де $q_{i_1}^{\{d_g\}} = q_{i_1(\text{in})}^{\{d_g\}} + q_{i_1(\text{cl})}^{\{d_g\}} + q_{i_1(\text{ou})}^{\{d_g\}}$;

$q_{i_1}^{\{d_g\}} \in (S_{i_1}^{d_g}, \alpha_{i_1}^{d_g})$ – величини узагальнених координат (УК) для кожної активної із активованих ступенів рухомості ГР (сумарні величини партійних УК кожної S^{d_g} -ої послідовності запуску);

$S_{i_1}^{d_g}$ – лінійна узагальнена координата (ЛУК), мм;

$\alpha_{i_1}^{d_g}$ – кутова узагальнена координата (КУК), град.;

$q_{i_1(\text{in})}^{\{d_g\}}$ – накопичені значення (величини) УК при виході ГВК на встановлений режим роботи, при випуску кожної -ої деталі партії;

$q_{i_1(\text{ou})}^{\{d_g\}}$ – накопичені значення (величини) УК при виході ГВК із встановленого режиму роботи;

$q_{i_1}^{\{d_g\}} \in (S_{i_1}^{d_g}, \alpha_{i_1}^{d_g})$ – величини лінійної та кутової швидкостей переміщення i_1 -ої ланки ГР відповідно.

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

10

Крок 2. Деталі K і M виготовляються послідовно на двох ОТО, відповідно деталі L і N виготовляються на трьох ОТО.

З технічного паспорта ПР кутова і лінійна швидкості переміщення кожної i_1 -ої ланки при переміщенні схвата ПР дорівнюють $\alpha_{i_1}^{d_g} = 30 \text{ м/с}$ і $S_{i_1}^{d_g} = 0,8 \text{ град./с}$ відповідно. Час роботи ПР для аналізованої послідовності запуску партії деталей $S^{d_g} = \mathbf{KLMN}$ обчислюється за виразом:

$$T_{\text{ПР}}^{d_g} = \left(\sum_{K_g=1}^{n_{l(s^{d_g})}=3} \frac{S_{i_1}^{d_g}}{\alpha_{i_1}^{d_g}} + \sum_{K_g=1}^{n_{l(s^{d_g})}=32} \frac{\alpha_{i_1}^{d_g}}{S_{i_1}^{d_g}} \right) + \left(\sum_{L_g=1}^{n_{l(s^{d_g})}=4} \frac{S_{i_1}^{d_g}}{\alpha_{i_1}^{d_g}} + \sum_{L_g=1}^{n_{l(s^{d_g})}=40} \frac{\alpha_{i_1}^{d_g}}{S_{i_1}^{d_g}} \right) +$$

$$+ \left(\sum_{M_g=1}^{n_{l(s^{d_g})}=3} \frac{S_{i_1}^{d_g}}{\alpha_{i_1}^{d_g}} + \sum_{M_g=1}^{n_{l(s^{d_g})}=32} \frac{\alpha_{i_1}^{d_g}}{S_{i_1}^{d_g}} \right) + \left(\sum_{N_g=1}^{n_{l(s^{d_g})}=4} \frac{S_{i_1}^{d_g}}{\alpha_{i_1}^{d_g}} + \sum_{N_g=1}^{n_{l(s^{d_g})}=40} \frac{\alpha_{i_1}^{d_g}}{S_{i_1}^{d_g}} \right) =$$

$$= \left(\frac{19000}{800} + \frac{225}{30} \right) + \left(\frac{19000}{800} + \frac{250}{30} \right) + \left(\frac{9000}{800} + \frac{185}{30} \right) + \left(\frac{19000}{800} + \frac{250}{30} \right) = 1,88 \text{ хв},$$

де $n_{l(s^{d_g})}$ – сумарна кількість кутових і лінійних елементарних переміщень МС ПР, що задіяні при реалізації спроектованої ГВК.

Тут розрахунок ведеться за даними для послідовності деталей **KLMN**, що взяті за приклад.

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

11

Крок 3. Визначення споживаної партійної потужності кожного елементарного переміщення активної ланки i_1 МС ПР, тобто потужності, що витрачається ПР при обробці кожної із партій оброблюваних заготовок $\{d_g\}$, кВт:

$$P_{\text{ПР}}^{d_g} = \sum_{i_1=1}^{n_1} P_{i_1}^{d_g}(q_{i_1}^{d_g}) \mid q_{i_1}^{d_g} \in (S_{i_1}^{d_g}, \alpha_{i_1}^{d_g}).$$

Для послідовності деталей KLMN

$$P_{S^{K_g}\text{ПР}}^{d_g} = \left(\sum_{S_{i_1}^{K_g}=1}^3 P_{i_1}^{K_g}(S_{i_1}^{K_g}) + \sum_{\alpha_{i_1}^{K_g}=1}^{32} P_{i_1}^{K_g}(\alpha_{i_1}^{K_g}) \right) = (85,5 + 45) = 130,5 \text{ Вт};$$

$$P_{S^{L_g}\text{ПР}}^{d_g} = \left(\sum_{S_{i_1}^{L_g}=1}^4 P_{i_1}^{L_g}(S_{i_1}^{L_g}) + \sum_{\alpha_{i_1}^{L_g}=1}^{40} P_{i_1}^{L_g}(\alpha_{i_1}^{L_g}) \right) = (85,5 + 50) = 135,5 \text{ Вт};$$

$$P_{S^{M_g}\text{ПР}}^{d_g} = \left(\sum_{S_{i_1}^{M_g}=1}^3 P_{i_1}^{M_g}(S_{i_1}^{M_g}) + \sum_{\alpha_{i_1}^{M_g}=1}^{32} P_{i_1}^{M_g}(\alpha_{i_1}^{M_g}) \right) = (40,5 + 37) = 77,5 \text{ Вт};$$

$$P_{S^{N_g}\text{ПР}}^{d_g} = \left(\sum_{S_{i_1}^{N_g}=1}^4 P_{i_1}^{N_g}(S_{i_1}^{N_g}) + \sum_{\alpha_{i_1}^{N_g}=1}^{40} P_{i_1}^{N_g}(\alpha_{i_1}^{N_g}) \right) = (85,5 + 50) = 135,5 \text{ Вт}.$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

12

Крок 4. Розрахунок так званої групової потужності ПР, що являє собою накопичену для всіх послідовностей споживаних партійних потужностей, кВт:

$$P_{n_s}^{d_g} = \sum_{s^{d_g}=1}^{n_{d_g}} \sum_{d_g=1}^{|\{d_g\}=n_{d_g}|} P_{s^{d_g}}^{d_g}.$$

Для послідовності деталей KLMN

$$P_{n_s}^{d_g} = \sum_{s^{d_g}=1}^{n_{d_g}} \left(\sum_{K_g=1}^{n_{K_g}=35} P_{s^{K_g}}^{d_g} \right) + \left(\sum_{L_g=1}^{n_{L_g}=15} P_{s^{L_g}}^{d_g} \right) + \left(\sum_{M_g=1}^{n_{M_g}=50} P_{s^{M_g}}^{d_g} \right) + \left(\sum_{N_g=1}^{n_{N_g}=45} P_{s^{N_g}}^{d_g} \right) =$$
$$= (35 \cdot 130,5) + (15 \cdot 135,5) + (50 \cdot 77,5) + (45 \cdot 135,5) = 16572,5 \text{ Вт} = 16,57 \text{ кВт}.$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

13

Крок 5. Розрахунок групової потужності ТО, яка являє собою накопичену для всіх послідовностей споживаних партійних потужностей обробки на ТО, кВт:

$$P_{TO}^{d_g} = \sum_{S^{d_g}=1}^{n^{d_g}} \sum_{d_g=1}^{|\{d_g\}=n^{d_g}|} P_{TO_i}^{d_g}(O_i^{d_g}),$$

де $P_{TO}^{d_g}$ – групова потужність обробки на ТО;

$P_{TO_t}^{d_g}$ – споживана потужність обробки на t-ій одиниці ТО;

$O_i^{d_g}$ – елементарні операції обробки на TO_t -му обладнанні.

Для послідовності деталей KLMN

$$P_{TO}^{d_g} = \sum_{S^{d_g}=1}^{n^{d_g}} \left(\sum_{K_g=1}^{n_{K_g}=35} P_{TO_i}^{K_g}(O_i^{K_g}) \right) + \left(\sum_{L_g=1}^{n_{L_g}=15} P_{TO_i}^{L_g}(O_i^{L_g}) \right) + \left(\sum_{M_g=1}^{n_{M_g}=50} P_{TO_i}^{M_g}(O_i^{M_g}) \right) + \left(\sum_{N_g=1}^{n_{N_g}=45} P_{TO_i}^{N_g}(O_i^{N_g}) \right) =$$
$$= 8,32 + 8,48 + 4,64 + 8,48 = 29,92 \text{ кВт}$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

14

Крок 6. Розрахунок питомої собівартості роботизованої складової ГВК, що визначає усереднену собівартість однієї абстрактної деталі d_g^* кожної послідовності S^{d_g} запуску деталей d_g g -ої групи:

$$C_{S^{d_g} \text{ ПР}}^{d_g^*} = \frac{P_{n_s^{d_g} \text{ ПР}}^g \cdot C_{\text{сп}}}{n_{d_g}} \quad \forall d_g = \overline{1, n_s^g},$$

- де $C_{S^{d_g} \text{ ПР}}^{d_g^*}$ – собівартість однієї деталі d_g , що зумовлена вартістю складових споживаної групової потужності ПР, грн./кВт дет.;
- $P_{n_s^{d_g} \text{ ПР}}^g$ – сумарна споживана групова потужність при переміщенні ланок;
МС ПР впродовж реалізації сукупної множини ОМ при S^{d_g} -ій послідовності запуску, кВт;
- $C_{\text{сп}}$ – ціна 1 кВт споживаної ПР потужності, грн./кВт;
- n_{d_g} – загальна кількість деталей в g -ій групі.

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

15

Крок 6. Приклад розрахунку питомої собівартості роботизованої складової ГВК, що визначає усереднену собівартість однієї абстрактної деталі d_g^* кожної послідовності s^{d_g} запуску деталей d_g g -ої групи для послідовності деталей **KLMN**:

$$C_{s^{K_g}PP}^{d_g^*} = \frac{4,57 \cdot 10}{35} = 1,305 \text{ грн./дет.};$$

$$C_{s^{L_g}PP}^{d_g^*} = \frac{2,025 \cdot 10}{15} = 1,35 \text{ грн./дет.};$$

$$C_{s^{M_g}PP}^{d_g^*} = \frac{3,875 \cdot 10}{50} = 0,775 \text{ грн./дет.};$$

$$C_{s^{N_g}PP}^{d_g^*} = \frac{6,09 \cdot 10}{45} = 1,36 \text{ грн./дет.}$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

16

Крок 7. Розрахунок питомої собівартості ТО складової ГВК, що визначає усереднену собівартість однієї абстрактної деталі d_g^* кожної послідовності s^{d_g} запуску деталей d_g g -ої групи:

$$C_{s^{d_g} TO}^{d_g^*} = \frac{P_{n_s^{d_g} TO}^{d_g} \cdot C_{сп}}{n_{d_g}} \quad \forall d_g = \overline{1, n_s^{d_g}},$$

де $C_{s^{d_g} TO}^{d_g^*}$ – собівартість однієї деталі d_g , що зумовлена вартістю складових споживаної групової потужності ТО, грн./кВт дет.;

$P_{n_s^{d_g} TO}^{d_g}$ – групова потужність ТО, що являє собою накопичену для $n_s^{d_g}!$ послідовностей споживаних партійних потужностей.

Для послідовності деталей KLMN

$$C_{s^{K_g} TO}^{d_g^*} = \frac{8,32 \cdot 10}{35} = 2,37 \text{ грн./дет.}$$

$$C_{s^{L_g} TO}^{d_g^*} = \frac{8,48 \cdot 10}{15} = 5,65 \text{ грн./дет.}$$

$$C_{s^{M_g} TO}^{d_g^*} = \frac{4,64 \cdot 10}{50} = 0,928 \text{ грн./дет.}$$

$$C_{s^{N_g} TO}^{d_g^*} = \frac{8,48 \cdot 10}{45} = 1,88 \text{ грн./дет.}$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

17

Крок 8. Розрахунок групової усередненої собівартості деталі d_g^* всієї ГВК для всіх послідовностей:

$$C_{n_s}^{D_g} = \sum_{s^{d_g}=1}^{n_s^{d_g}=d_g!} \sum_{d_g=1}^{n_{d_g}} C_{s^{d_g}}^{d_g^*} = \sum_{s^{d_g}=1}^{n_s^{d_g}=d_g!} \sum_{d_g=1}^{n_{d_g}} C_{s^{d_g} \text{ IP}}^{d_g^*} + C_{s^{d_g} \text{ TO}}^{d_g^*}.$$

Для послідовності деталей KLMN

$$C_{n_s}^{D_g} = \sum_{s^{d_g}=1}^{n_s^{d_g}=d_g!} \left(C_{s^{d_g} \text{ IP}}^{d_g^*} + C_{s^{d_g} \text{ TO}}^{d_g^*} \right) + \left(C_{s^{d_g} \text{ IP}}^{d_g^*} + C_{s^{d_g} \text{ TO}}^{d_g^*} \right) + \left(C_{s^{d_g} \text{ IP}}^{d_g^*} + C_{s^{d_g} \text{ TO}}^{d_g^*} \right) + \left(C_{s^{d_g} \text{ IP}}^{d_g^*} + C_{s^{d_g} \text{ TO}}^{d_g^*} \right) = 15,62 \text{ грн}$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

18

Крок 9. Визначення трудомісткості в часовому виразі переналагодження ПР і ТО в складі ГВК при S^{d_g} -ій послідовності запуску:

$$T_{S^{d_g} \text{ пер ГВК}}^{d_{gi}-d_{gj}} = T_{S^{d_g} \text{ пер ПР}}^{d_{gi}-d_{gj}} + T_{S^{d_g} \text{ пер ТО}}^{d_{gi}-d_{gj}},$$

$$\text{де } T_{S^{d_g} \text{ пер ПР}}^{d_{gi}-d_{gj}} = \sum T_{S^{d_g} \text{ пер ПР}}^{d_{g1}-d_{g2}} + T_{S^{d_g} \text{ пер ПР}}^{d_{g2}-d_{g3}} + \dots + T_{S^{d_g} \text{ пер ПР}}^{d_{gi}-d_{gj}};$$

$$T_{S^{d_g} \text{ пер ТО}}^{d_{gi}-d_{gj}} = \sum T_{S^{d_g} \text{ пер ТО}}^{d_{g1}-d_{g2}} + T_{S^{d_g} \text{ пер ТО}}^{d_{g2}-d_{g3}} + \dots + T_{S^{d_g} \text{ пер ТО}}^{d_{gi}-d_{gj}};$$

$$T_{S^{d_g} \text{ пер ГВК}}^{d_{gi}-d_{gj}} = \sum T_{S^{d_g} \text{ пер ГВК}}^{d_{g1}-d_{g2}} + T_{S^{d_g} \text{ пер ГВК}}^{d_{g2}-d_{g3}} + \dots + T_{S^{d_g} \text{ пер ГВК}}^{d_{gi}-d_{gj}};$$

$T_{S^{d_g} \text{ пер ГВК}}^{d_{gi}-d_{gj}}$ – сумарна тривалість переналагодження ГВК з деталі d_{gi} на деталь d_{gj} в межах g -ої групи;

$T_{S^{d_g} \text{ пер ПР}}^{d_{gi}-d_{gj}}$ – тривалість переналагодження ПР з деталі d_{gi} на деталь d_{gj} в межах g -ої групи;

$T_{S^{d_g} \text{ пер ТО}}^{d_{gi}-d_{gj}}$ – тривалість переналагодження ТО з деталі d_{gi} на деталь d_{gj} в межах g -ої групи.

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

19

Крок 9 Визначення трудомісткості в часовому виразі переналагодження ПР і ТО в складі ГВК при послідовності запуску: **KLMN**:

Час переналагодження $\frac{T^{d_{gi}-d_{gj}}}{S^{d_{gi}}_{перГВК}}$ для кожної (i,j)-ої пари деталей представлений в табл.1. Тривалості переналагодження для ПР і ТО позначені через риску, відповідно число в чисельнику таблиці дорівнює часу переналагодження ПР, а в знаменнику – часу переналагодження ТО, тобто $\frac{T^{d_{gi}-d_{gj}}}{S^{d_{gi}}_{перПР}} / \frac{T^{d_{gi}-d_{gj}}}{S^{d_{gi}}_{перТО}}$.

Таблица 1

$\frac{T^{d_{gi}-d_{gj}}}{S^{d_{gi}}_{перПР}} / \frac{T^{d_{gi}-d_{gj}}}{S^{d_{gi}}_{перТО}}$		Деталі i, j			
		$K_g,$ $n_{K_g} = 35$	$L_g,$ $n_{L_g} = 15$	$M_g,$ $n_{M_g} = 50$	$N_g,$ $n_{N_g} = 45$
Деталі i, j	K_g		3/20	4/25	5/10
	L_g	13/15		12/10	7/5
	M_g	11/17	9/20		4/13
	N_g	7/15	10/13	8/7	

$$\frac{T^{d_{gi}-d_{gj}}}{S^{d_{gi}}_{перПР}} = 3 + 12 + 4 = 19 \text{ хв.}$$

$$\frac{T^{d_{gi}-d_{gj}}}{S^{d_{gi}}_{перТО}} = 20 + 10 + 13 = 43 \text{ хв.}$$

$$\frac{T^{d_{gi}-d_{gj}}}{S^{d_{gi}}_{перГВК}} = 19 + 43 = 62 \text{ хв.}$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

20

Крок 10. Визначення вартісного еквіваленту (витрат) трудомісткості переналагодження для ПР, ТО і ГВК при переході від випуску d_{gi} до d_{gj} деталі g -ої групи при s^{dg} -ій послідовності:

$$C_{S^{dg}_{\text{перПР}}}^{d_{gi}-d_{gj}} = C_{r \text{ ПР}} \cdot T_{S^{dg}_{\text{перПР}}}^{d_{gi}-d_{gj}};$$

$$C_{S^{dg}_{\text{перТО}}}^{d_{gi}-d_{gj}} = C_{r \text{ ТО}} \cdot T_{S^{dg}_{\text{перТО}}}^{d_{gi}-d_{gj}};$$

$$C_{S^{dg}_{\text{перГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}} = C_{S^{dg}_{\text{перПР}}}^{d_{gi}-d_{gj}} + C_{S^{dg}_{\text{перТО}}}^{d_{gi}-d_{gj}},$$

де $C_{S^{dg}_{\text{перПР}}}^{d_{gi}-d_{gj}}$ – витрати в грошовому виразі на переналагодження ПР в розрахунку на одну людино- або машино-годину, грн., визначаються видами роботи та кваліфікацією виконавців;

$C_{S^{dg}_{\text{перТО}}}^{d_{gi}-d_{gj}}$ – витрати в грошовому виразі на переналагодження ТО в розрахунку на одну людино- або машино-годину, грн., визначаються видами роботи та кваліфікацією виконавців;

$C_{S^{dg}_{\text{перГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}}$ – сумарний грошовий вираз собівартості переналагодження ГВК.

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

21

Крок 10. Визначення вартісного еквіваленту (витрат) трудомісткості переналагодження для ПР, ТО і ГВК при переході від випуску d_{gi} до d_{gj} деталі g -ої групи при послідовності запуску деталей **KLMN**.

Вартість кваліфікаційних робіт по переналагодженню складає:

$$C_{rPR} = 255 \text{ грн/год, або } 4,25 \text{ грн/хв. для ПР;}$$

$$C_{rTO} = 165 \text{ грн./год., або } 2,75 \text{ грн/хв. для ТО.}$$

Вартісний еквівалент (витрат) трудомісткості переналагодження становить:

$$C_{S_{перТО}^{d_{gi}-d_{gj}}} = 2,75 \cdot 43 = 118,25 \text{ грн.};$$

$$C_{S_{перГВК}^{d_{gi}-d_{gj}}} = 80,75 + 118,25 = 199 \text{ грн.};$$

$$C_{S_{перПР}^{d_{gi}-d_{gj}}} = 1 \cdot 19 = 80,75 \text{ грн.}$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

Обґрунтування введення критеріїв подібності

П.1. Доцільність введення критеріїв подібності $K_{C_{s^{dg}}}$ та $K_{Q_{s^{dg}}}$ випливає з першої теореми подібності, згідно якої явища, схожі в тому чи іншому розумінні (повністю, наближено, фізично, математично), мають визначені поєднання параметрів, що називаються критеріями подібності, чисельно однакові для подібних явищ.

Перша теорема подібності стверджує, що для явищ (об'єктів, процесів), подібних в тому чи іншому розумінні, існують однакові критерії подібності – ідентичні за формою алгебраїчного запису і рівні чисельно безрозмірні комплекси (множини або відношення) визначених груп фізичних факторів, що характеризують ці явища.

Визначені для РМТ критерії подібності $K_{C_{s^{dg}}}$ та $K_{Q_{s^{dg}}}$ відповідають першій теоремі подібності, адже являють собою безрозмірні комплекси у вигляді відношення визначених груп фізичних факторів, які характеризують процес автоматизації у вартісному і продуктивному виразах, що розраховуються для кожної s^{dg} -ої послідовності.

На підставі наслідків до теорем подібності для визначення основних критеріїв подібності із рівняння, що містить n членів, в будь-якому n можливих форм запису необхідно виконати ділення членів рівняння на будь-який з них, відкинувши потім символи диференціювання та інтегрування (якщо такі наявні), а також неоднорідні функції.

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

23

Обґрунтування введення критеріїв подібності

П.2. Доцільність введення інтегрального критерію $K_{\Sigma s^{dg}}$, який відтворює інтегрований показник ефективності кожної аналізованої s^{dg} -ої послідовності запуску ОМ у виробництво і дозволяє вибрати оптимальну послідовність за інтегральним показником вартість-продуктивність, визначається у відповідності до другої теореми подібності, згідно якої будь-яке повне рівняння фізичного процесу, записане у визначеній системі одиниць, може бути представлене функціональною залежністю між критеріями подібності, отриманими із параметрів, що приймають участь у процесі. Аналогічно першій теоремі подібності, друга теорема впливає з передумови, що факт подібності між процесами відомий і встановлює кількість критеріїв подібності та існування однозначної залежності між ними.

Практично важлива властивість критеріїв подібності полягає в перетворенні, що зводиться до наступного: критерії подібності будь-якого явища можуть перетворюватися в критерії іншої форми, що утворюються за допомогою операцій перемноження або ділення критеріїв, піднесення їх в степінь або множення на будь-який постійний коефіцієнт k .

З даного наслідку другої теореми подібності випливає, що рівняння інтегрованого показника собівартість/продуктивність $K_{\Sigma s^{dg}}$ можна записати як множення безрозмірних критеріїв подібності $K_{C s^{dg}}$ і $K_{Q s^{dg}}$.

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

24

Крок 11. Визначення критерію подібності за економічною ефективністю, а саме за собівартістю випуску одиниці виробів S^{dg} -ої послідовності:

$$K_{C_{S^{dg}} \max} \in \{K_{C_{S^{dg}}} \mid S^{dg} = \overline{1, n_{S^{dg}}}\},$$
$$\text{де } K_{C_{S^{dg}}} = \frac{C_{n_{S^{dg}}}}{C_{S^{dg}}^{dg} - C_{S^{dg}}^{дг}} \cdot \frac{1}{S_{\text{перГВК}}^{dg}}.$$

Критерій подібності $K_{C_{S^{dg}}}$ за економічною ефективністю виробництва є безрозмірною величиною і показує у скільки разів величина собівартості однієї абстрактної деталі більша за сумарну собівартість переналагодження в межах g -ої групи.

При $K_{C_{S^{dg}}} > 1$ кожна S^{dg} -та послідовність характеризується малими затратами на переналагодження, при цьому зменшується загальна собівартість технології.

При $K_{C_{S^{dg}}} < 1$ складова переналагодження в умовах кожної S^{dg} -ої послідовності є більш вагомими (знаменник дробу) в структурі загальної собівартості технології собівартість переналагодження має більший відсоток, ніж собівартість виготовлення однієї деталі.

Для послідовності деталей KLMN: $K_{C_{S^{dg}}} = \frac{15,62}{199} = 0,078.$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

25

Крок 12. Визначення критерію подібності продуктивностей $K_{Q_{s^{dg}}}$, що порівнює між собою наявну продуктивність $Q_{s^{dg}}^g$ для кожної аналізованої s^{dg} -ої послідовності деталей і еталонну (ідеальну) продуктивність Q_{et}^g при якій тривалість переналагоджень як така відсутня, тобто дорівнює нулю. Вказані продуктивності $Q_{s^{dg}}^g$ та Q_{et}^g можуть асоціативно інтерпретуватися як відповідно циклова і технологічна продуктивності при аналізі продуктивності АЛ.

$$K_{Q_{s^{dg}}} = \frac{Q_{s^{dg}}^g}{Q_{et}^g},$$

$$\text{де } Q_{s^{dg}}^g = \frac{\sum n_{d_g}}{T_{\text{ПП}}^{d_g} + T_{s^{dg} \text{ пер ГВК}}^{d_g} + T_{\text{ТО}}^{d_g}}; \quad Q_{et}^g = \frac{\sum n_{d_g}}{T_{\text{ПП}}^{d_g} + T_{\text{ТО}}^{d_g}}.$$

Для послідовності деталей KLMN:

$$Q_{s^{dg}}^g = \frac{145}{1,88 + 62 + 30} = 1,54; \quad Q_{et}^g = \frac{145}{1,88 + 30} = 4,55; \quad K_{Q_{s^{dg}}} = \frac{1,54}{4,55} = 0,340.$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

26

Крок 13. Визначення інтегрального критерію, що відтворює інтегрований показник ефективності кожної аналізованої послідовності запуску ОМ у виробництво за показниками вартість-продуктивність, визначається за формулою як добуток критеріїв подібності $K_{C_{s^{dg}}}$ і $K_{Q_{s^{dg}}}$:

$$K_{\Sigma_{s^{dg}}} = K_{C_{s^{dg}}} \cdot K_{Q_{s^{dg}}} \quad \forall S^{dg} = \overline{1, n_s^{dg}} = \overline{1, n^{dg}}!$$

Для послідовності деталей KLMN:

$$K_{\Sigma_{s^{dg}}} = K_{C_{s^{dg}}} \cdot K_{Q_{s^{dg}}} = 0,078 \cdot 0,340 = 0,027.$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

27

Крок 14. Аналогічні розрахунки проведені для всіх $n^{d_g!} = 4! = 24$ послідовностей запуску деталей у виробництво.

Kg

Lg

Mg

Ng

Kg Lg Mg Ng

Kg Lg Ng Mg

Kg Mg Lg Ng

Kg Mg Ng Lg

Kg Ng Lg Mg

Kg Ng Mg Lg

Lg Kg Mg Ng

Lg Kg Ng Mg

Lg Mg Kg Ng

Lg Mg Ng Kg

Lg Ng Kg Mg

Lg Ng Mg Kg

Mg Kg Lg Ng

Mg Kg Ng Lg

Mg Lg Kg Ng

Mg Lg Ng Kg

Mg Ng Kg Lg

Mg Ng Lg Kg

Ng Kg Lg Mg

Ng Kg Mg Lg

Ng Lg Kg Mg

Ng Lg Mg Kg

Ng Mg Kg Lg

Ng Mg Lg Kg

$$\left\{ K_{C_{S^{d_g}}} \mid S^{d_g} = \overline{1, n^{d_g}!} \right\}$$

$$\left\{ K_{Q_{S^{d_g}}} \mid S^{d_g} = \overline{1, n^{d_g}!} \right\}$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

28

Крок 15. Серед отриманих значень $K_{C_{S^{dg}}}$ і $K_{Q_{S^{dg}}}$ обираються максимальні значення, які визначають оптимальність S^{dg} -ої послідовності запуску деталей у виробництво за локальними критеріями. Незалежно від отриманих результатів проводиться оцінка S^{dg} послідовностей за інтегральним критерієм $K_{\Sigma_{S^{dg}}}$, який визначає оптимальну послідовність запуску деталей у виробництво за інтегральним показником вартість-продуктивність.

$$K_{C_{S^{dg}}_{\max}} \in \left\{ K_{C_{S^{dg}}} \mid S^{dg} = \overline{1, n^{dg}!} \right\}$$

$$K_{Q_{S^{dg}}_{\max}} \in \left\{ K_{Q_{S^{dg}}} \mid S^{dg} = \overline{1, n^{dg}!} \right\}$$

$$K_{\Sigma_{S^{dg}}} = K_{C_{S^{dg}}} \cdot K_{Q_{S^{dg}}} \quad \forall S^{dg} = \overline{1, n^{dg}!} \rightarrow K_{\Sigma_{\max}}$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

29

Крок 16. Визначення коефіцієнтів готовності та неготовності ПР, ТО та ГВК до переналагодження:

$$K_{\Gamma_{s_{d_g} \text{ пер } TO}} = \frac{T_{TO}^{d_g}}{T_{TO}^{d_g} + T_{s_{d_g} \text{ пер } TO}^{d_{gi-d_{gj}}}};$$

$$K_{\bar{\Gamma}_{s_{d_g} \text{ пер } TO}} = \frac{T_{s_{d_g} \text{ пер } TO}^{d_{gi-d_{gj}}}}{T_{TO}^{d_g} + T_{s_{d_g} \text{ пер } TO}^{d_{gi-d_{gj}}}};$$

$$K_{\Gamma_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}} = \frac{T_{ПР}^{d_g}}{T_{ПР}^{d_g} + T_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}^{d_{gi-d_{gj}}}};$$

$$K_{\bar{\Gamma}_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}} = \frac{T_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}^{d_{gi-d_{gj}}}}{T_{ПР}^{d_g} + T_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}^{d_{gi-d_{gj}}}};$$

$$K_{\Gamma_{s_{d_g} \text{ пер } ГВК}} = \frac{T_{TO}^{d_g} + T_{ПР}^{d_g}}{(T_{TO}^{d_g} + T_{ПР}^{d_g}) + (T_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}^{d_{gi-d_{gj}}} + T_{s_{d_g} \text{ пер } TO}^{d_{gi-d_{gj}}})};$$

$$K_{\bar{\Gamma}_{s_{d_g} \text{ пер } ГВК}} = \frac{T_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}^{d_{gi-d_{gj}}} + T_{s_{d_g} \text{ пер } TO}^{d_{gi-d_{gj}}}}{(T_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}^{d_{gi-d_{gj}}} + T_{s_{d_g} \text{ пер } TO}^{d_{gi-d_{gj}}}) + (T_{TO}^{d_g} + T_{ПР}^{d_g})};$$

де $K_{\Gamma_{s_{d_g} \text{ пер } TO}}, K_{\bar{\Gamma}_{s_{d_g} \text{ пер } TO}}$ – коефіцієнти готовності і неготовності до переналагодження ТО;

$K_{\Gamma_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}}, K_{\bar{\Gamma}_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}}$ – коефіцієнти готовності і неготовності до переналагодження ПР;

$K_{\Gamma_{s_{d_g} \text{ пер } ГВК}}, K_{\bar{\Gamma}_{s_{d_g} \text{ пер } ГВК}}$ – коефіцієнти готовності і неготовності до переналагодження ГВК.

Для послідовності деталей KLMN:

$$K_{\Gamma_{s_{d_g} \text{ пер } TO}} = \frac{30}{30 + 43} = 0,411;$$

$$K_{\bar{\Gamma}_{s_{d_g} \text{ пер } TO}} = \frac{43}{43 + 30} = 0,589;$$

$$K_{\Gamma_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}} = \frac{1,88}{1,88 + 19} = 0,09;$$

$$K_{\bar{\Gamma}_{s_{d_g} \text{ пер } ПР}} = \frac{19}{1,88 + 19} = 0,91;$$

$$K_{\Gamma_{s_{d_g} \text{ пер } ГВК}} = \frac{30 + 1,88}{(30 + 1,88) + (43 + 19)} = 0,34;$$

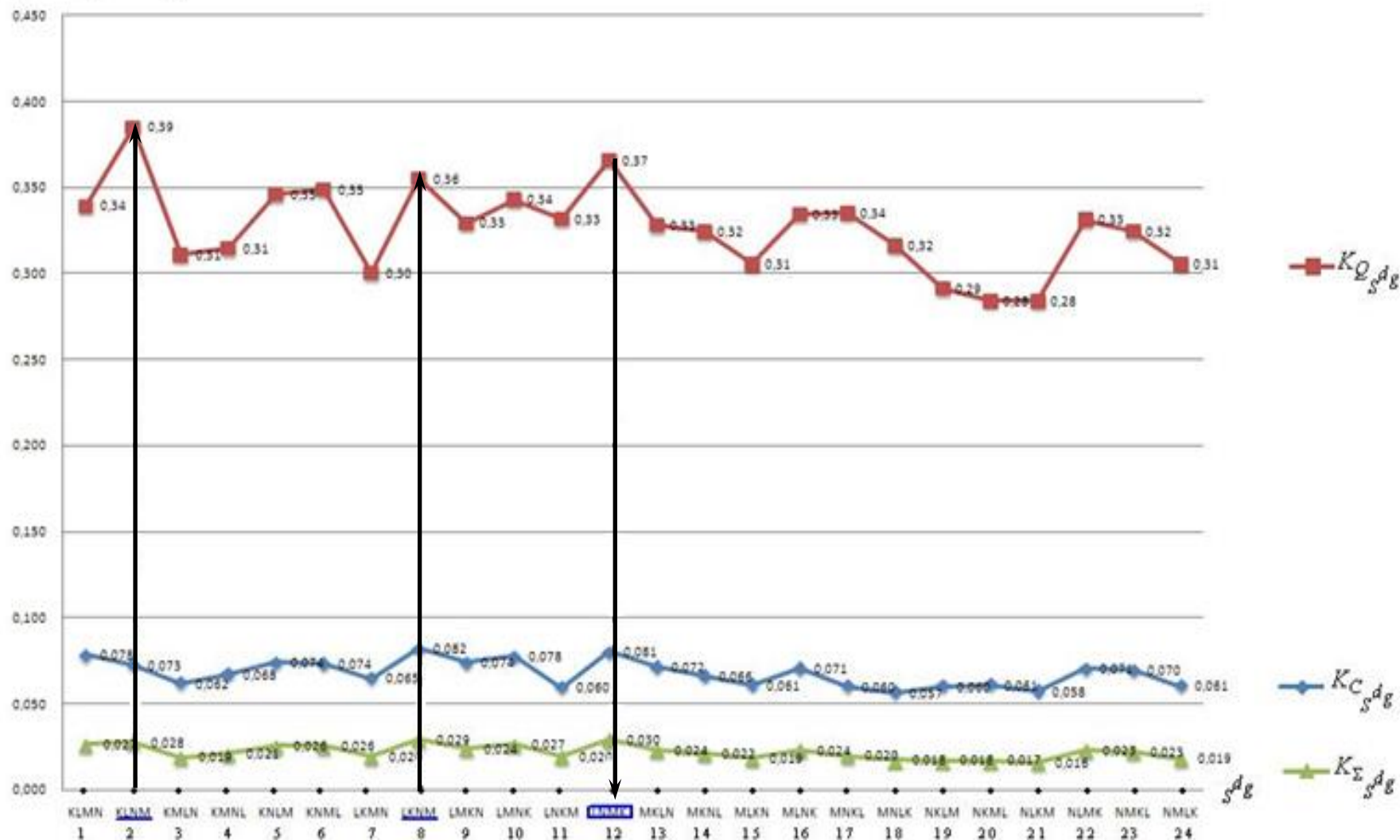
$$K_{\bar{\Gamma}_{s_{d_g} \text{ пер } ГВК}} = \frac{43 + 19}{(43 + 19) + (30 + 1,88)} = 0,66.$$

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

30

Крок 17. Аналіз отриманих результатів для наведеного прикладу вказує на наступне:

K_Q^{dg} , K_C^{dg} , K_Σ^{dg}

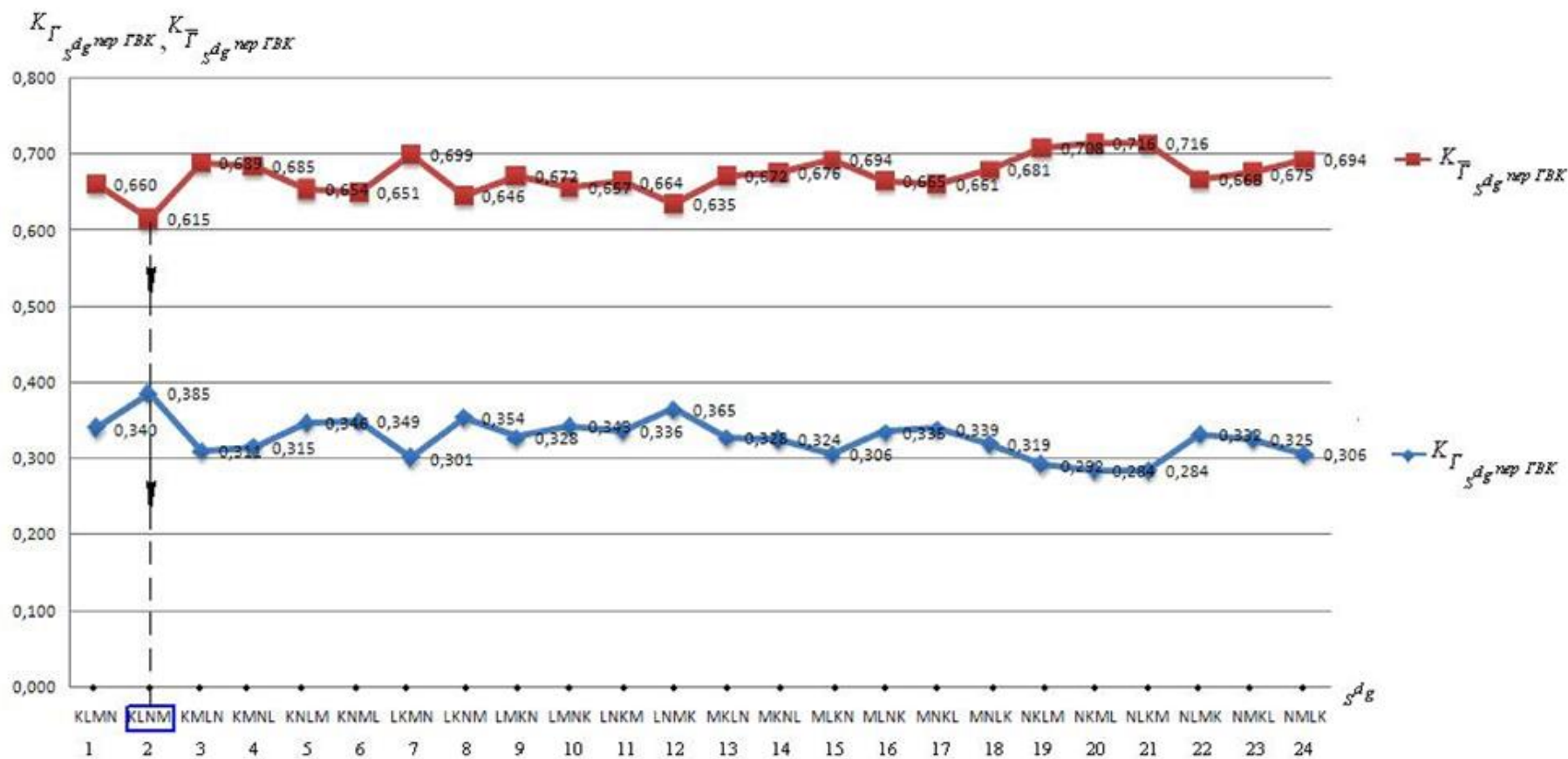


ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗАПУСКУ ОМ У ВИРОБНИЦТВО ЗА ПРОПОНОВАНИМ МЕТОДОМ

31

Крок 18. Аналіз отриманих результатів для наведеного прикладу за коефіцієнтом готовності ГВК

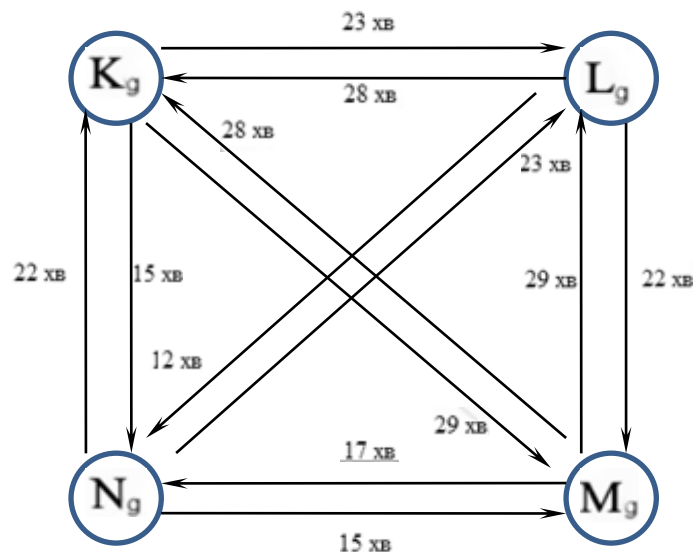
$K_{\Gamma_{\text{пер ГВК}_{\text{max}}}} = 0,385$ оптимальною є послідовність деталей **KLNM**, яка є також оптимальною за критерієм подібності $K_{Q_{S^{dg}_{\text{max}}}}$:



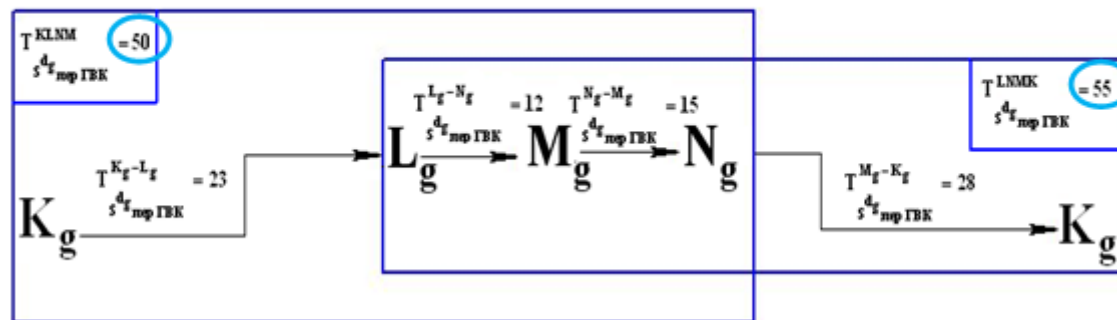
ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМУМУ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕНАЛАГОДЖЕНЬ МЕТОДОМ ГРАФІВ

32

$\frac{T_{gi-d_{gj}}^{d_{gi-d_{gj}}}}{S_{пер\text{ПР}}^{d_{gi-d_{gj}}}} / \frac{T_{gi-d_{gj}}^{d_{gi-d_{gj}}}}{S_{пер\text{ТО}}^{d_{gi-d_{gj}}}}$		Деталі i, j			
		K_g , $n_{K_g} = 35$	L_g , $n_{L_g} = 15$	M_g , $n_{M_g} = 50$	N_g , $n_{N_g} = 45$
Деталі i, j	K_g		3/20	4/25	5/10
	L_g	13/15		12/10	7/5
	M_g	11/17	9/20		4/13
	N_g	7/15	10/13	8/7	



Спрощена схема визначення мінімального шляху графу за можливими варіантами результатів розв'язку тестової задачі.



Отримано наступну послідовність:

$K_g \rightarrow L_g \rightarrow N_g \rightarrow M_g$

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМУМУ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕНАЛАГОДЖЕНЬ МЕТОДОМ ГЛОК І МЕЖ

33

Час переналагоджень при переході обробки з i -го виробу на j -ий задамо у вигляді матриці переналагоджень

$$M(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}}) :$$

$$M(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}}) = \begin{array}{c|cccc} & j & & & \\ \hline i & 1=K & 2=L & 3=M & 4=N \\ \hline 1=K & & 23 & 29 & \underline{15} \\ 2=L & 28 & & 22 & \underline{12} \\ 3=M & 28 & 29 & & \underline{17} \\ 4=N & 22 & 23 & 15 & \end{array} \longrightarrow M_1(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}}) = \begin{array}{c|cccc} & j & & & \\ \hline i & 1=K & 2=L & 3=M & 4=N \\ \hline 1=K & & \underline{8} & 14 & 0 \\ 2=L & 16 & & \underline{10} & 0 \\ 3=M & 11 & 12 & & 0 \\ 4=N & \underline{7} & \underline{8} & 0 & \end{array}$$

П.1. Перетворення Гаусса-Жордана для вихідної матриці переналагоджень $M(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}})$ ГВК:

- в кожному рядку матриці визначається мінімальний член (в $M(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}})$ підкреслені);
- елементи цього рядка відповідно зменшуються на величину мінімального його члена;
- отримано матрицю $M_1(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}})$, в кожному рядку якої з'явився нульовий член.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМУМУ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕНАЛАГОДЖЕНЬ МЕТОДОМ ГЛОК І МЕЖ

П.2. Визначення стовпчиків без нульових членів, в кожному з них обирається мінімальний член ($M_1(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}})$ підкреслені), елементи цього стовпчика зменшено на його значення. Отримано матрицю $M_2(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}})$.

$M_1(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}}) =$	$i \backslash j$	1=K	2=L	3=M	4=N
	1=K		<u>8</u>	14	0
	2=L	16		<u>10</u>	0
	3=M	11	12		0
	4=N	<u>7</u>	<u>8</u>	0	

→

$M_2(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}}) =$	$i \backslash j$	1=K	2=L	3=M	4=N
	1=K		0	14	0
	2=L	9		10	0
	3=M	4	4		0
	4=N	0	0	0	

За матрицею $M_2(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}})$ знаходяться значення елементів матриці $M_2(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}})$, для яких час переналагодження дорівнює нулю:

$$M_2(1,2)=0+0=0; \quad M_2(3,4)=4+0=4; \quad M_2(4,3)=0+10=10.$$

$$M_2(1,4)=0+0=0; \quad M_2(4,1)=0+4=4;$$

$$M_2(2,4)=9+0=9; \quad M_2(4,2)=0+0=0;$$

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМУМУ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕНАЛАГОДЖЕНЬ МЕТОДОМ ГЛОК І МЕЖ

35

$$M_3(1,2)=4+0=4;$$

$$M_3(1,4)=0+0=0;$$

$$M_3(2,4)=9+0=9.$$

Найбільше значення оцінки функції мети отримано для елемента $M_2(4,3)=10$, що у відповідності до перетворення Гаусса-Жордана передбачає вилучення з матриці $M_2(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}})$ 4-го рядка та 3-го стовпчика:

$$M_2(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}}) = \begin{array}{c|cccc} & j & 1=K & 2=L & 3=M & 4=N \\ \hline i & & & & & \\ 1=K & & & 0 & 14 & 0 \\ 2=L & & 9 & & 10 & 0 \\ 3=M & & 4 & 4 & & 0 \\ 4=N & & 0 & 0 & 0 & \end{array} \Rightarrow M_3(T_{S_{\text{пер ГВК}}}^{d_{gi}-d_{gj}}) = \begin{array}{c|ccc} & j & 1=K & 2=L & 4=N \\ \hline i & & & & \\ 1=K & & & 0 & 0 \\ 2=L & & 9 & & 0 \\ 3=M & & 4 & 4 & \end{array}$$

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМУМУ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕНАЛАГОДЖЕНЬ МЕТОДОМ ГЛОК І МЕЖ

36

Аналогічні дії проводяться з матрицею $M_3(T_{S^{d_g}_{пер ГВК}}^{d_{gi}-d_{gj}})$ і отримується матриця $M_4(T_{S^{d_g}_{пер ГВК}}^{d_{gi}-d_{gj}})$.

$$M_3(T_{S^{d_g}_{пер ГВК}}^{d_{gi}-d_{gj}}) = \begin{array}{c|ccc} & j & & & \\ \hline i & & & & \\ \hline & 1=K & 2=L & 4=N & \\ \hline 1=K & & 0 & 0 & \\ 2=L & 9 & & 0 & \\ 3=M & 4 & 4 & & \end{array} \Rightarrow M_4(T_{S^{d_g}_{пер ГВК}}^{d_{gi}-d_{gj}}) = \begin{array}{c|cc} & j & \\ \hline i & & \\ \hline & 1=K & 2=L \\ \hline 1=K & & 0 \\ 3=M & 4 & \end{array}$$

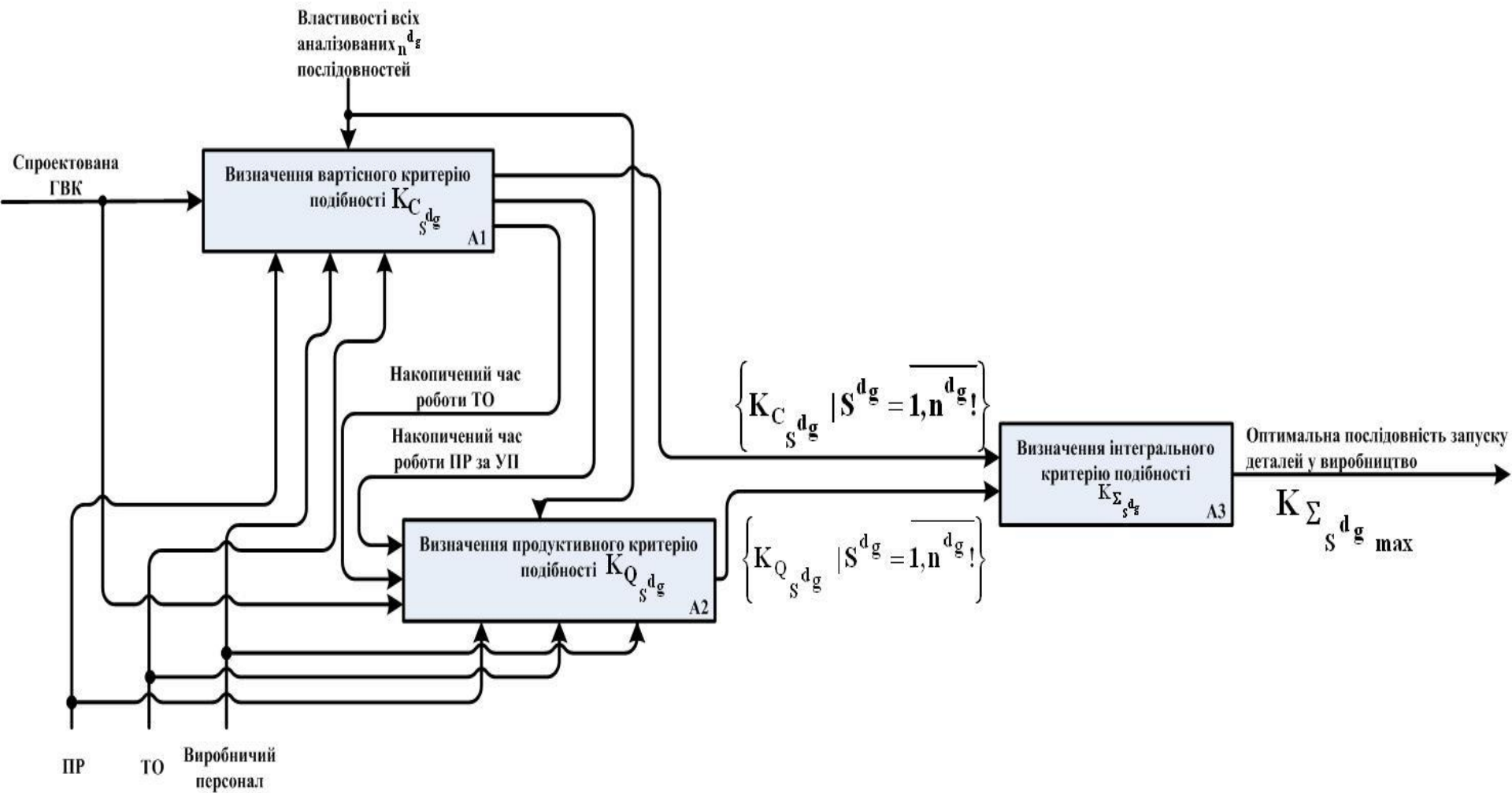
Результат дав наступну послідовність шляху підмножин в ідентифікаторах матричних позначень: (1,2)-(2,4)-(4,3) переналагоджень, що у відповідності до прийнятих в матриці $M(T_{S^{d_g}_{пер ГВК}}^{d_{gi}-d_{gj}})$ позначень визначає наступну послідовність запуску деталей: **K**→**L**→**N**→**M**.

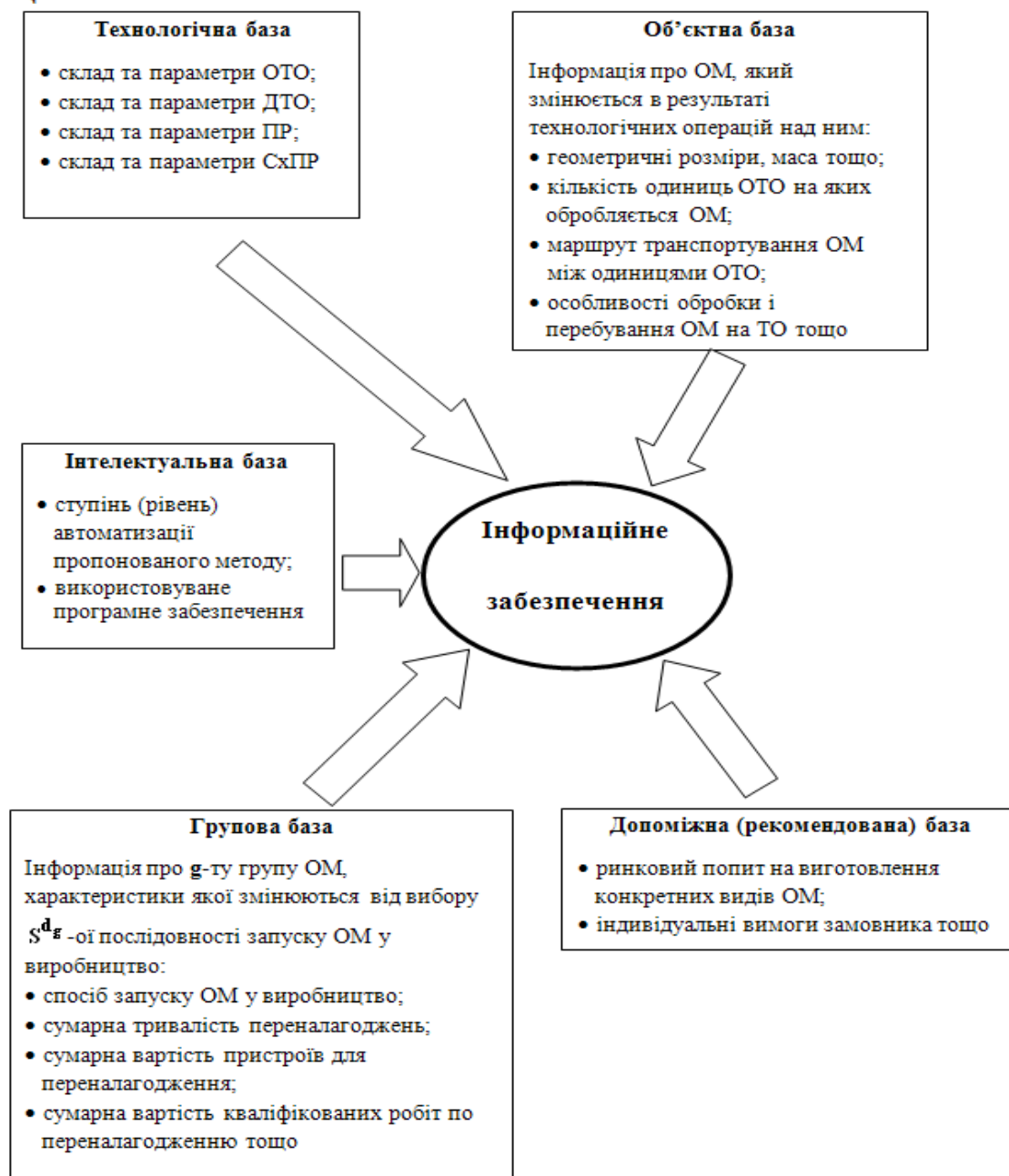
ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ

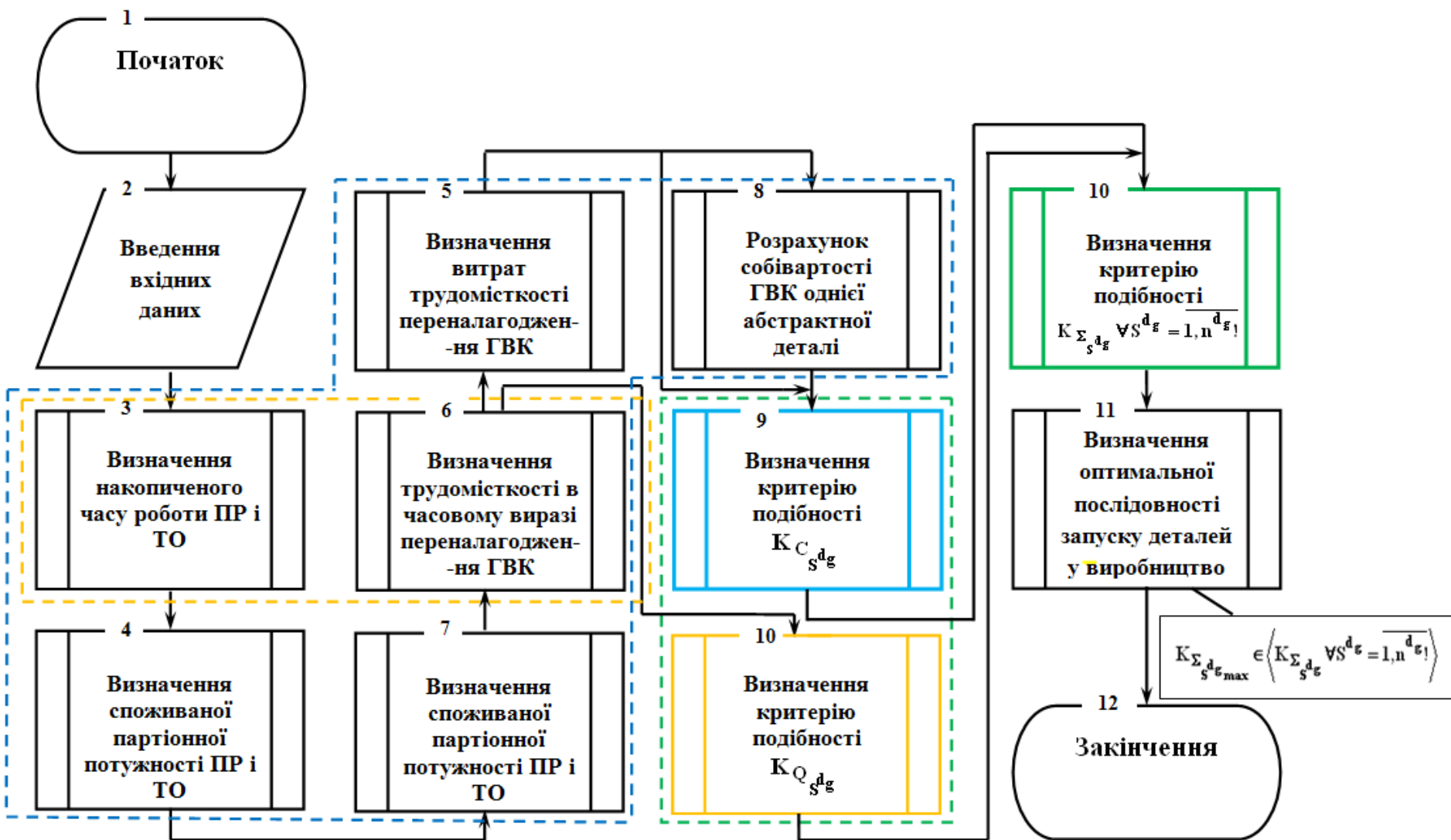
Метод	Переваги	Недоліки
Пропонований метод	+ багатокритеріальне вирішення задачі оптимізації; + вирішення задачі оптимізації за двома локальними показниками; + використання безрозмірних критеріїв, що визначає їх адитивність; + отримані результати співпадають з результатами дискретних методів оптимізації + можливість використання більше ніж двох локальних показників	– використання повного перебору
Метод графів	+ графічне представлення; + мінімізація розрахунків	– складний алгоритм для ЕОМ; – вирішення задачі оптимізації лише за локальними критеріями; – відсутність альтернативних рішень
Метод гілок і меж	+ матричне представлення; + простий алгоритм для ЕОМ; + мінімізація розрахунків	– вирішення задачі оптимізації лише за локальними критеріями; – складність вирішення задач великої розрядності; – відсутність альтернативних рішень

ВИКОРИСТАННЯ SADT-ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СТРУКТУРОВАНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ

38

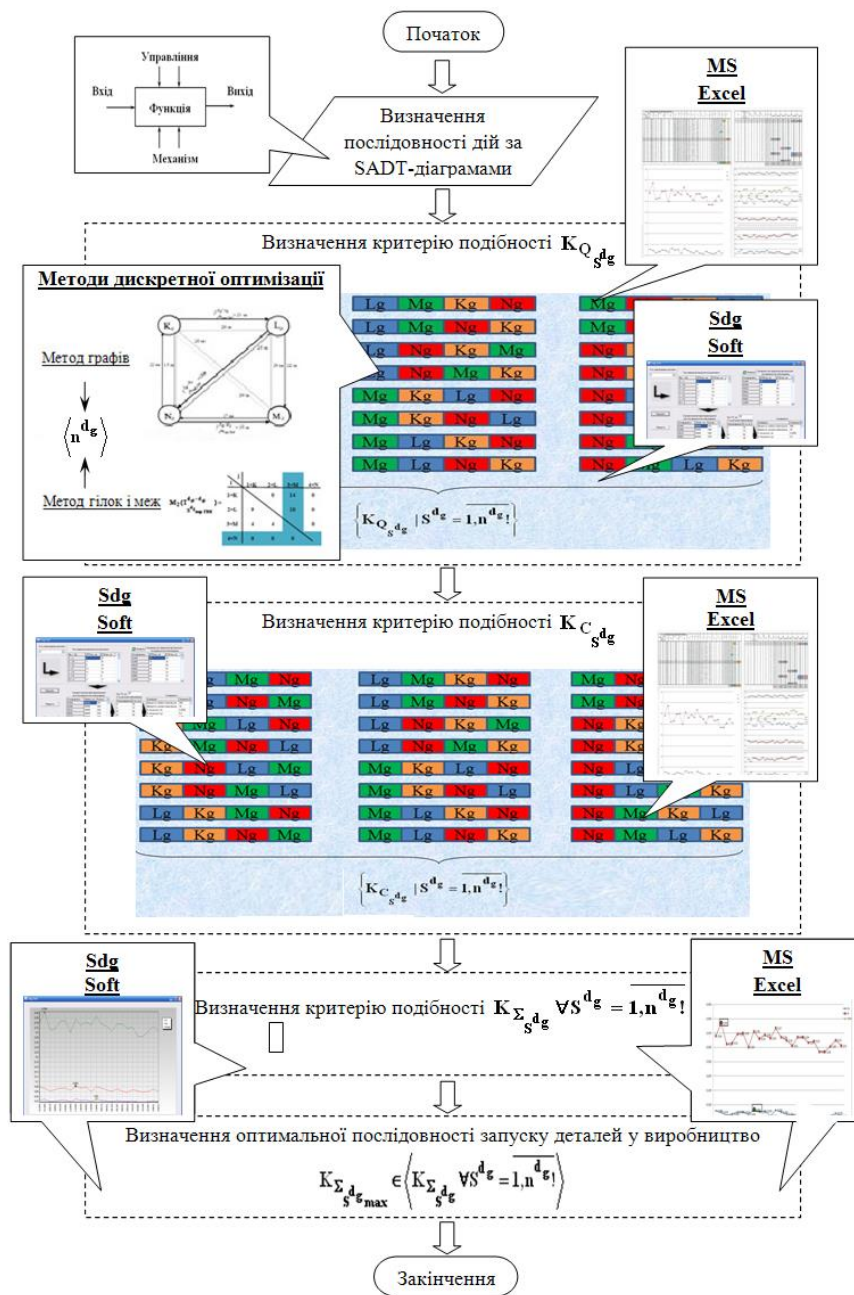






СТРУКТУРА РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

41



ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. В магістерській атестаційній роботі запропоновано якісно новий метод визначення оптимальної послідовності запуску деталей у виробництво, що базується на використанні основ теорії подібності і передбачає визначення інтегрального критерію подібності, який враховує локальні критерії оптимальності економічного та технічного змісту.
2. Проаналізовано існуючі методи та постановки задач мінімізації часу переналагодження, визначено фактори, що обґрунтовують доцільність використання теорії подібності як методичної бази для розв'язку вказаної задачі.
3. Обґрунтовано вибір інтегрального критерію подібності, що враховує локальні критерії оптимальності економічного та технічного змісту.
4. Запропоновано новий метод визначення оптимальної послідовності запуску деталей у виробництво за інтегральним критерієм подібності.
5. Розроблено спеціалізоване інформаційне, алгоритмічне і програмне забезпечення, що автоматизовано реалізує пропонування метод.
6. Проілюстровано на тестових прикладах працездатність розробленого методу, що доведений до рівня його автоматизованої реалізації, виконано порівняння отриманих результати з результатами розв'язку тестових прикладів методами дискретної оптимізації. За локальним критерієм отримано однакові послідовності запуску деталей g-ої групи у виробництво.

- розширення складових вартісного критерію подібності з економічним обґрунтуванням;
- створення дискретного методу визначення вартісного критерію подібності;
- інтеграція розробленого програмного забезпечення і програмних продуктів, що визначають оптимальні траєкторії переміщення ОМ в ГВК;
- визначення вартісного співвідношення вартість пристроїв переналагодження обладнання – вартість обслуговування переналагодження обладнання;
- інтеграція розробленого програмного продукту в загальну систему автоматизованого синтезу роботизованих механообробних технологій, що розробляється на кафедрі АіКТ ЖДТУ.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА МАР

Єгоров П.А., Кирилович В.А. Теорія подібності як методична основа визначення оптимального запуску деталей у виробництво в гнучких виробничих комірках механообробки // Матеріали міжнародної науково -технічної конференції “Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення” АПІР-2011 – Видавництво СевНТУ. – м.Севастополь, 5-7 вересня 2011 р. (в друці).

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

