

ВИЗНАЧЕННЯ ЦИКЛОВОГО КОЕФІЦІЄНТА МЕХАНІЗАЦІЇ І АВТОМАТИЗАЦІЇ З ВРАХУВАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СКЛАДОВИХ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

Будь-який найпростіший виробничий процес, що здійснюється вручну, має енергетичну (ЕС) та інформаційну (ІС) складові, які характеризують затрати мускульної і розумової енергії людини.

Внаслідок механізації і автоматизації (МІА) виробничих процесів щораз більша кількість енергетичних та інформаційних функцій людей передається механізмам, приладам і апаратам. Водночас на одному робочому місці в системах людина—машина (СЛМ) концентрується значна кількість енергетичних та інформаційних операцій, які протягом циклу СЛМ здійснюються паралельно. Інакше кажучи, виробничі процеси в СЛМ внаслідок концентрації багатьох операцій відбуваються у мультипрограмних режимах.

У всякому виробничому процесі, що реалізується СЛМ, можна виділити три основні різновидності операцій: технологічні операції, в результаті здійснення яких відбувається безпосереднє перетворення сировини у напівфабрикат чи готову продукцію; операції регулювання, призначені для підтримання відповідних параметрів

виробничого процесу у заданих межах, та операції управління, реалізація яких супроводжується переводом СЛМ з одного стану в інший відповідно до поставленої мети.

Для узагальнення висунутої концепції про часову структуру виробничого процесу СЛМ, що відбувається у мультипрограмному режимі, побудована хронограма (рис. 1). Масштабною одиницею хронограми вибрана тривалість циклу системи $t_{ц.с}$, що дало можливість виразити тривалість всіх операцій у циклі СЛМ добутками безрозмірних коефіцієнтів і $t_{ц.с}$. Наприклад, тривалість всіх енергетичних операцій, що виконуються відповідними механізмами машини, можна визначити з залежності

$$T_{\sigma} = \sigma t_{ц.с} = \left(\sum_{iM} t_i : t_{ц.с} \right) \cdot t_{ц.с} = t_{1M} + t_{2M} + \dots + t_{iM}, \text{ сек}, \quad (1)$$

де σ — безрозмірний коефіцієнт концентрації у СЛМ механізованих технологічних операцій; t_{1M}, \dots, t_{iM} — тривалість окремих механізованих технологічних операцій в секундах (наприклад, тривалість операцій друку, розкату та накату фарби, сушки відбитків тощо).

Аналогічно можна прокоментувати пакет інформаційних операцій, що виконуються обслуговуючим персоналом вручну, зображених на хронограмі як

$$T_{\theta} = \theta t_{ц.с} = \left(\sum_{iR} \tau_n : t_{ц.с} \right) \cdot t_{ц.с} = \tau_{1R} + \tau_{2R} + \dots + \tau_{nR}, \text{ сек}, \quad (2)$$

де θ — безрозмірний коефіцієнт місткості ручних інформаційних операцій регулювання; $\tau_{1R}, \dots, \tau_{nR}$ — тривалість окремих розумових операцій обслуговуючого персоналу, які враховують збір, зберігання і обробку оперативної виробничої інформації у процесі здійснення контролю і регулювання відповідних параметрів системи (наприклад, контроль насиченості відбитків, приводки фарб тощо).

З хронограми видно, що технологічні операції та операції регулювання й управління мають відповідно ЕС й ІС, які реалізуються вручну (Р), механізовано (М) або автоматизовано (А). До механізованих належать операції, що виконуються механізмами та приладами машин, і замінюють людину як джерело мускульної енергії. Автоматизовані — операції, що виконуються приладами або механізмами і замінюють людину як джерело розумової праці.

Диференціація операцій, виконуваних машиною, на механізовані й автоматизовані дає змогу визначити механізацію й автоматизацію відповідно як процеси вивільнення людини від затрат мускульної та розумової енергії.

Оскільки у виробничому процесі енергетична й інформаційна складові виявляють себе одночасно, то слід зауважити, що механізація й автоматизація органічно поєднані між собою і характеризують концентрацію механізованих і автоматизованих операцій СЛМ.

		t_{uc}			
Операції управління	iC	T_{ψ}	ρ	$\tau_{1u} + \tau_{2u} + \dots + \tau_{gu} = \frac{gu}{1u} \tau_g = \psi t_{uc}$	
		T_{γ}	A	$\tau_{1y} + \tau_{2y} + \dots + \tau_{2y} = \frac{2y}{1y} \tau_z = \delta t_{uc}$	
		T_{θ}	ρ	$t_{1u} + t_{2u} + \dots + t_{gu} = \sum \tau_g = \gamma t_{uc}$	
	EC	T_{γ}	ρ	$t_{1y} + t_{2y} + \dots + t_{2y} = \sum \tau_z = \delta t_{uc}$	
		T_{δ}	M	$\tau_{1R} + \tau_{2R} + \dots + \tau_{nR} = \frac{nR}{1R} \tau_n = \theta t_{uc}$	
		T_{θ}	ρ	$\tau_{1A} + \tau_{2A} + \dots + \tau_{pA} = \frac{pA}{1A} \tau_p = \varphi t_{uc}$	
Технологічні операції	iC	T_{ψ}	A	$t_{1R} + t_{2R} + \dots + t_{nR} = \sum \tau_n = \epsilon t_{uc}$	
		T_{ϵ}	ρ	$t_{1A} + t_{2A} + \dots + t_{pA} = \sum \tau_p = \alpha t_{uc}$	
		T_{α}	M	$\tau_{1P} + \tau_{2P} + \dots + \tau_{jP} = \sum \tau_j = \omega t_{uc}$	
	EC	T_{ω}	ρ	$\tau_{1M} + \tau_{2M} + \dots + \tau_{iM} = \sum \tau_i = \lambda t_{uc}$	
		T_{λ}	A	$t_{1P} + t_{2P} + \dots + t_{jP} = \sum \tau_j = \beta t_{uc}$	
		T_{β}	ρ	$t_{1M} + t_{2M} + \dots + t_{iM} = \sum \tau_i = \zeta t_{uc}$	
		T_{ζ}	M	t_{uc}	

Рис. 1. Хронограма мультипрограмного режиму виробничого процесу в системі людина—машина:

Блок технологічних операцій (ТО): T_{β} — тривалість ручних енергетичних ТО; T_{λ} — тривалість автоматизованих інформаційних ТО; T_{ω} — тривалість ручних інформаційних операцій ТО; Блок операцій регулювання (ОР): T_{α} — тривалість енергетичних механізованих ОР; T_{ϵ} — тривалість ручних енергетичних ОР; T_{ψ} — тривалість автоматизованих інформаційних ОР; Блок операцій управління (ОУ): T_{δ} — тривалість механізованих енергетичних ОУ; T_{γ} — тривалість ручних енергетичних ОУ; T_{θ} — тривалість автоматизованих інформаційних ОУ; T_{ϕ} — тривалість ручних інформаційних ОУ.

Концентрацію механізованих операцій СЛМ за енергетичною складовою зручно представити коефіцієнтом механізації

$$K_{\Sigma M} = \frac{M_{ME}}{M_{\Sigma E}} = \frac{M_{ME}}{M_{ME} + M_{P.E}} = \frac{\sigma + \alpha + \delta}{\sigma + \alpha + \delta + \beta + \epsilon + \gamma}, \quad (3)$$

де $M_{\Sigma E}$, M_{ME} і $M_{P.E}$ — показники мультипрограмного режиму СЛМ, машин і обслуговуючого персоналу за енергетичною скла-

довою; σ , α і δ — безрозмірні коефіцієнти концентрації механізованих енергетичних операцій; β , ε і ν — безрозмірні коефіцієнти місткості ручних енергетичних операцій.

Концентрацію автоматизованих операцій СЛМ зобразимо коефіцієнтом автоматизації

$$K_A = \frac{M_{A.I}}{M_{\Sigma I}} = \frac{M_{A.I}}{M_{A.I} + M_{P.I}} = \frac{\lambda + \varphi + \gamma}{\lambda + \varphi + \gamma + \omega + \theta + \psi}, \quad (4)$$

де $M_{\Sigma I}$, $M_{A.I}$ і $M_{P.I}$ — показники мультипрограмного режиму СЛМ, машини і обслуговуючого персоналу по інформаційній складовій; λ , φ і γ — безрозмірні коефіцієнти концентрації автоматизованих інформаційних операцій; ω , θ і ψ — безрозмірні коефіцієнти місткості ручних інформаційних операцій.

Позначивши

$$M_{\Sigma I} : M_{\Sigma E} = \mu, \quad (5)$$

перепишемо рівняння для визначення

$$K_A = \frac{M_{A.I}}{\mu M_{\Sigma E}} = \frac{\lambda + \varphi + \gamma}{\mu(\sigma + \alpha + \delta + \beta + \varepsilon + \nu)}, \quad (6)$$

де μ — показник співвідношення інформаційної та енергетичної складових у СЛМ.

Сумарну концентрацію механізованих і автоматизованих операцій СЛМ, що здійснюються механізмами, приладами й апаратами машини, опишемо коефіцієнтом МІА.

$$K_{M.A} = \frac{M_{M.E} + M_{A.I}}{M_{\Sigma E} + M_{\Sigma I}} = \frac{M_{M.E} + M_{A.I}}{M_{\Sigma E}(1 + \mu)}. \quad (7)$$

Знайшовши значення $M_{M.E}$ і $M_{A.I}$ з (3) і (6) і підставивши їх в (7), одержуємо залежність для визначення коефіцієнта МІА, вираженого безпосередньо через K_M і K_A

$$K_{M.A} = \frac{K_M M_{\Sigma E} + K_A \mu M_{\Sigma E}}{M_{\Sigma E}(1 + \mu)} = \frac{K_M + \mu K_A}{1 + \mu}. \quad (8)$$

Коефіцієнт МІА можна представити й через безрозмірні коефіцієнти концентрації і місткості енергетичних та інформаційних операцій, підставивши у (8) значення K_M , K_A та μ

$$K_{M.A} = \frac{\sigma + \alpha + \delta + \lambda + \varphi + \gamma}{\sigma + \alpha + \delta + \beta + \varepsilon + \nu + \lambda + \varphi + \gamma + \omega + \theta + \psi} = \left(1 + \frac{\beta + \varepsilon + \nu + \omega + \theta + \psi}{\sigma + \alpha + \delta + \lambda + \varphi + \gamma} \right)^{-1} = \\ = \left(1 + \frac{M_{P.E} + M_{P.I}}{M_{M.E} + M_{A.I}} \right)^{-1} = \left(1 + \frac{M_{\Sigma P}}{M_{\Sigma M}} \right)^{-1}, \quad (9)$$

де $M_{\Sigma P}$ та $M_{\Sigma M}$ — відповідно сумарні показники мультипрограмного режиму обслуговуючого персоналу та машин, що враховують

одночасно енергетичну й інформаційну складові виробничого процесу СЛМ.

Звівши кінцевий вираз залежності (9) до спільного знаменника, одержуємо

$$K_{\text{М.А}} = \frac{M_{\Sigma\text{М}}}{M_{\Sigma\text{М}} + M_{\Sigma\text{Р}}} = \frac{M_{\Sigma\text{М}}}{M_{\text{С}}} \quad (10)$$

і, маючи на увазі, що

$$M_{\Sigma\text{М}} = M_{\text{С}} - M_{\Sigma\text{Р}}, \quad (11)$$

перепишемо формулу (10)

$$\bar{K}_{\text{М.А}} = \frac{M_{\text{С}} - M_{\Sigma\text{Р}}}{M_{\text{С}}} = 1 - \frac{M_{\Sigma\text{Р}}}{M_{\text{С}}}. \quad (12)$$

У рівняннях (10), (11) і (12) $M_{\text{С}}$ — показник мультипрограмного режиму СЛМ

$$M_{\text{С}} = M_{\text{У.Е}} + M_{\Sigma\text{І}} = M_{\text{М.Е}} + M_{\text{Р.Е}} + M_{\text{А.І}} + M_{\text{Р.І}}. \quad (13)$$

Тепер для розрахунків коефіцієнта МІА широко застосовують залежність

$$\bar{K}_{\text{М.А}} = \frac{t_{\text{М}} + t_{\text{Д.М}}}{t_{\text{М}} + t_{\text{Д.М}} + t_{\text{Р.П}} + t_{\text{Р}}}, \quad (14)$$

де $t_{\text{М}}$ — машинний (основний, технологічний) час; $t_{\text{Д.М}}$ — час допоміжних прийомів, виконуваних механізованим способом; $t_{\text{Р.П}}$ — час ручних операцій, що перекриваються машинними; $t_{\text{Р}}$ — час ручних операцій, що не перекриваються машинними.

Проведемо розрахунки коефіцієнтів МІА за традиційною (14) і запропованою (3), (4) і (12) методиками та прокоментуємо одержані результати. Дані для розрахунків наведені на рис. 2, де графічно і в числових значеннях зображені показники мультипрограмних режимів виробничих процесів чотирьох систем 1СЛМ—4СЛМ.

У кожній системі зокрема функціонує обслуговуючий персонал у складі двох чоловік. У перших двох системах (1СЛМ, 2СЛМ) робітники обслуговують машини-напівавтомати, а в наступних двох (3СЛМ, 4СЛМ) — машини-автомати. Цикл систем 1СЛМ і 2СЛМ триває 3 сек, а систем 3СЛМ і 4СЛМ — 1 сек і чисельно дорівнює тривалості циклу машини.

Справа на рис. 2 показані часові діаграми СЛМ для розрахунку коефіцієнтів МІА за традиційною методикою. Зауважимо, що верхня діаграма (рис. 2, а) однакова як для 1СЛМ, так і для 2СЛМ. Це є результатом того, що традиційна методика повністю враховує лише часові затрати живої праці (час роботи обслуговуючого персоналу), а часові затрати уречевленої праці (час роботи механізмів, приладів і апаратів машини) враховуються частково і в усіх випадках в розмірі тривалості машинного циклу

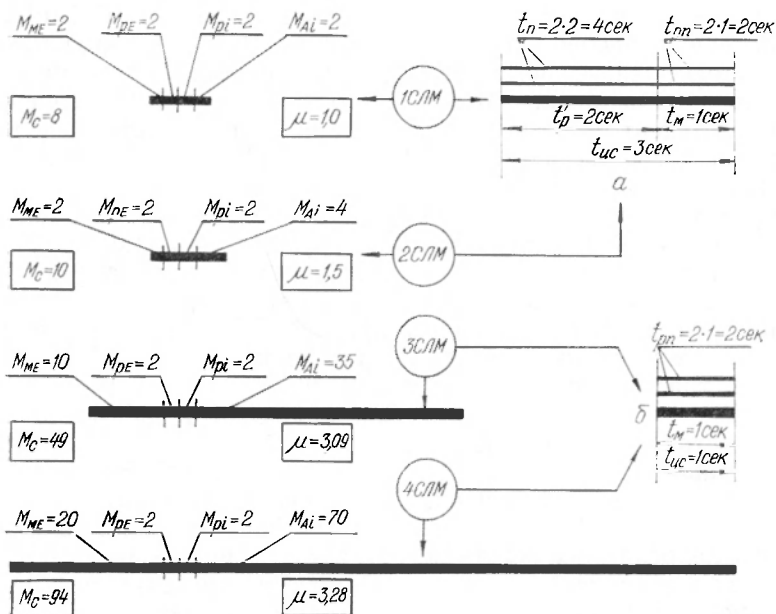


Рис. 2. Схеми для розрахунку коефіцієнтів МІА:

а, б — відповідно часові діаграми 1СЛМ, 2СЛМ і 3СЛМ, 4СЛМ для розрахунку $K_{M.A}$ за традиційною методикою.

(t_M). Це підтверджують дані таблиці, де $K_{M.A}$ (за традиційною методикою) однаковий для 1СЛМ і 2СЛМ та дорівнює 0,143. Насправді ж ці дві системи нерівнозначні за ступенем технічної оснащеності обслуговуючого персоналу, бо в 2СЛМ показник $M_{EM}=6$, що в 1,5 рази більше за аналогічний показник системи 1СЛМ. Тому за нашою методикою $K_{M.A}$ 2СЛМ дорівнює 0,6, а у 1СЛМ — 0,5.

Значення коефіцієнтів МІА

Системи	Пропонована методика			Традиційна методика
	K_M	K_A	$K_{M.A}$	$K_{M.A}$
1СЛМ	0,500	0,500	0,500	0,143
2СЛМ	0,500	0,670	0,600	0,143
3СЛМ	0,835	0,945	0,918	0,333
4СЛМ	0,910	0,975	0,957	0,333

Подібна картина повторюється при користуванні традиційною методикою для визначення $K_{M.A}$ у 3СЛМ і 4СЛМ. За традиційною методикою часова діаграма для цих систем одна і та ж (рис. 2,б),

відповідно коефіцієнт $K_{M.A}$ в обох випадках однаковий і дорівнює 0,333. Аналіз часової структури 3СЛМ і 4СЛМ за пропонованою методикою показує, що система 4СЛМ є найбільш досконалою, бо має великий показник $M_{ЭМ}=90$, що в свою чергу свідчить про значну концентрацію в системі механізованих і автоматизованих операцій. Як видно з таблиці, $K_{M.A}$ у 4СЛМ за пропонованою методикою досягає 0,957.

Крім того, традиційна методика не розрахована на диференційоване визначення K_M і K_A , що утруднює можливість об'єктивного зіставлення енергетичної та інформаційної складових СЛМ.

Отже, традиційна методика не враховує енергетичної та інформаційної складових виробничого процесу СЛМ і її мультипрограмного режиму функціонування. Через це коефіцієнти МІА, визначені за традиційною методикою, менші від $K_{M.A}$, розрахованих за нашою методикою. Традиційна методика повністю враховує часові затрати живої праці і лише частково (в межах тривалості циклу машини) часові затрати уречевленої праці. Запропонована методика, виходячи з концепції органічного поєднання у виробничому процесі СЛМ енергетичної та інформаційної складових у мультипрограмних режимах, дає змогу в повній мірі врахувати часові затрати живої й уречевленої праці в межах циклу СЛМ і на цій основі об'єктивно оцінити ступінь технічної оснащеності обслуговуючого персоналу.

H. D. TOLSTOY

**THE DETERMINATION OF A CYCLIC FACTOR OF MECHANIZATION
AND AUTOMATION WITH THE ACCOUNT OF ENERGETIC
AND INFORMATIONAL CONSTITUENTS OF THE PROCESS
OF PRODUCTION**

S u m m a r y

The methods of determining the mechanization and automation cyclic factor of a system "man-machine" with the account of the energetic and informational constituents of the process of production carried out in the multiprogrammable regime, are described.
