

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРАЦІ  
ТА ЧИСЕЛЬНОСТІ ОБСЛУГОВУЮЧОГО ПЕРСОНАЛУ  
ВІД РІВНЯ МЕХАНІЗАЦІЇ Й АВТОМАТИЗАЦІЇ  
УСТАТКУВАННЯ**

Визначення залежностей між показниками рівня механізації й автоматизації (МІА) устаткування та важливими техніко-економічними показниками виробничих процесів становить теоретичний і практичний інтерес.

Виявлення деяких з цих залежностей можливе, коли базуватися на запропонованій нами хронограмі виробничого процесу в системі людина—машина (СЛМ), яка враховує наявність енергетичної та інформаційної складових, а також здійснення процесу в мультипрограмному режимі [1]. З роботи [1] відомо, що коефіцієнт МІА устаткування можна записати

$$K_{МА} = \left(1 + \frac{M_{\Sigma P}}{M_{\Sigma M}}\right)^{-1} \quad (1)$$

або

$$K_{МА} = \left(1 - \frac{M_{\Sigma P}}{M_C}\right), \quad (2)$$

де  $M_{\Sigma P}$ ,  $M_{\Sigma M}$  та  $M_C$  — відповідно сумарні показники мультипрограмних режимів обслуговуючого персоналу (ОП), машини та СЛМ.

Показник мультипрограмного режиму машини

$$M_{\Sigma P} = \beta + \epsilon + \nu + \omega + \theta + \psi, \quad (3)$$

де  $\beta$ ,  $\epsilon$ ,  $\nu$  — безрозмірні коефіцієнти місткості ручних енергетичних операцій;  $\omega$ ,  $\theta$ ,  $\psi$  — безрозмірні коефіцієнти місткості ручних інформаційних операцій.

Позначивши

$$m_{OE} = \beta + \epsilon + \nu, \quad (4)$$

$$m_{OI} = \omega + \theta + \psi, \quad (5)$$

перепишемо рівняння (3)

$$m_O = m_{OE} + m_{OI} = M_{\Sigma P}, \quad (6)$$

де  $m_{OE}$  та  $m_{OI}$  — відповідно частини розрахункової чисельності ОП, що враховують відпрацювання енергетичної й інформаційної складових в СЛМ вручну;  $m_O$  — сумарна розрахункова чисельність ОП, що враховує занятість в енергетичній й інформаційній складових виробничого процесу.

На практиці доводиться оперувати не розрахунковою ( $m_0$ ), а фактичною чисельністю ОП ( $m_\phi$ )

$$m_\phi = \frac{1}{2a} m_0, \quad (7)$$

де  $a$  — коефіцієнт активного часу ОП при мінімальній швидкості роботи машини.

З (7) знаходимо

$$m_0 = 2m_\phi a = M_{\Sigma P} \quad (8)$$

і переписуємо рівняння (1) і (2)

$$K_{MA} = \left(1 + \frac{2m_\phi a}{M_{\Sigma M}}\right)^{-1}, \quad (9) \quad K_{MA} = \left(1 - \frac{2m_\phi a}{M_C}\right). \quad (10)$$

При збільшенні швидкості роботи машини праця ОП інтенсифікується. У цьому випадку

$$m_0 = 2m_\phi a \frac{t_{ц0}}{t_{цi}} = 2m_\phi a_i, \quad (11)$$

де  $t_{ц0}$  та  $t_{цi}$  — відповідно тривалості циклу роботи машини при мінімальній і зрослій швидкостях в секундах;  $a_i$  — коефіцієнт активного часу ОП в умовах форсування режиму роботи машин. На  $t_{цi}$  накладаються обмеження:

$$t_{ц0} < t_{цi} \leq t_{цmax}.$$

З врахуванням (11) рівняння (9) та (10) набирають вигляду

$$K_{MA} = \left(1 + \frac{2m_\phi a_i}{M_{\Sigma M}}\right)^{-1}, \quad (12) \quad K_{MA} = \left(1 - \frac{2m_\phi a_i}{M_C}\right). \quad (13)$$

В залежностях (9) і (10) відображено функціональний зв'язок між коефіцієнтом МІА та фактичною чисельністю ОП. З них видно, що за інших рівних умов зі зменшенням чисельності ОП коефіцієнт МІА зростає.

Покажемо, що між коефіцієнтом МІА та продуктивністю СЛМ також існує функціональний зв'язок. Відомо, що продуктивність машини обернено пропорційна тривалості її циклу

$$Q = \frac{1}{t_{цi}}. \quad (14)$$

Продуктивність праці одного робітника зі складу ОП із врахуванням (14)

$$Q_m = \frac{1}{t_{цi} m_\phi}. \quad (15)$$

Знайдемо з залежності (10)

$$m_\phi = \frac{M_C(1 - K_{MA})}{2a} \quad (16)$$

і, підставивши значення  $m_{\phi}$  в (15), остаточно одержимо

$$Q_m = \frac{2a}{t_{\Sigma} (1 - K_{MA}) M_{\Sigma}} \quad (17)$$

Рівняння (17) відображає функціональний зв'язок продуктивності праці з коефіцієнтом МІА й свідчить про те, що за інших рівних умов  $Q_m$  зростає зі збільшенням  $K_{MA}$ .

Проаналізуємо залежність чисельності ОП від коефіцієнта МІА при зміні тривалості циклу машини від 1 до 0,5 с. З графіків (рис. 1) видно, що зі збільшенням  $M_{\Sigma M}$  коефіцієнт МІА зростає (при  $M_{\Sigma M} = 0$  у всіх випадках  $K_{MA} = 0$ ). Чисельність ОП зі зростанням  $M_{\Sigma M}$  зменшується і при  $K_{MA} = 1,0$  дорівнює нулеві.

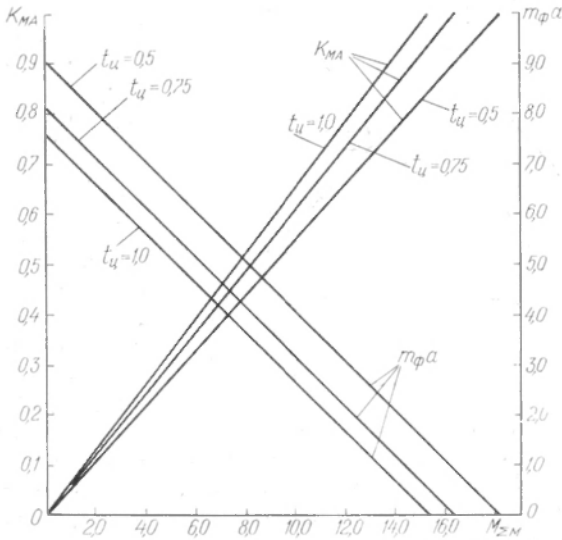


Рис. 1. Залежність  $K_{MA}$  та  $m_{\phi}a$  від показника мультипрограмування машини  $M_{\Sigma M}$ .

Фактична ж чисельність ОП  $m_{\phi}$  (рис. 2) зменшується зі зростанням  $M_{\Sigma M}$  не плавно (пряма  $m_{\phi}a$ ), а ступінчато (жирні горизонтальні лінії при лінії  $m_{\phi}a$ ). А це означає, що продуктивність ОП змінюється з ростом  $M_{\Sigma M}$  також не плавно (пунктирна крива  $Q_m$ ), а ступінчато.

Прокоментуємо цей випадок. На рис. 3 показано, як з ростом  $M_{\Sigma M}$  змінюється  $K_{MA}$  та коефіцієнт активного часу ОП  $a$ . Наприклад, при зміні  $M_{\Sigma M}$  від 12,1 до 14,2 фактична чисельність ОП залишається незмінною ( $m_{\phi} = 3$ ). У цих умовах  $K_{MA}$  зростає від 0,655 до 0,775, або приблизно в 1,2 раза. Такий ріст  $K_{MA}$ , як бачимо, не супроводжується збільшенням виробітку на одного робітника (в діапазоні зміни  $M_{\Sigma M}$ , що розглядається,  $Q_m$  залишається сталою величиною і дорівнює 0,67). Разом з тим ріст  $K_{MA}$  при

зміні від 12,1 до 14,2 дає змогу зменшити коефіцієнт активного часу ОП з 1,0 до 0,667. Врешті-решт при  $M_{\Sigma M} = 14,2$  виникає можливість зменшити чисельність ОП з 3 до 2. Правда, при  $M_{\Sigma M} = 14,2$  і  $m_{\phi} = 2$  коефіцієнт активного часу ОП дорівнює 1,0, але при наступному збільшенні  $M_{\Sigma M}$  він зменшується. Зменшення чисельності ОП з 3 до 2

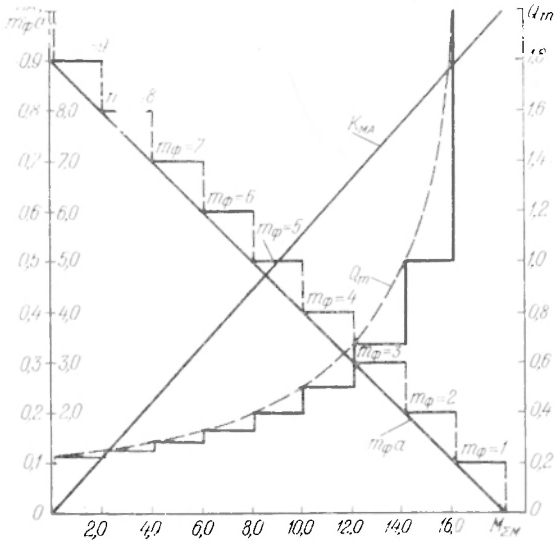


Рис. 2. Вплив  $M_{\Sigma M}$  на  $m_{\phi}$  та  $Q_m$ .

приводить до збільшення виробітку одного робітника з 0,67 до 1,0. На рис. 4 показано, що скорочення тривалості циклу роботи машини супроводжується зменшенням коефіцієнта МІА і ростом чисельності ОП. Графіки ілюструють зміни  $K_{MA}$  та  $m_{\phi a}$  при  $M_{\Sigma M} = 10$  та  $M_{\Sigma M} = 15$ . При  $M_{\Sigma M} = 10$  зі зміною тривалості циклу машини від 1 до 0,5 с коефіцієнт МІА зменшується з 0,655 до 0,55, а  $m_{\phi a}$  зростає з 2,7 до 4,1. Таким чином, коефіцієнт МІА, при збільшенні швидкості роботи машини

вдвічі, зменшується приблизно в 1,2 раза, а чисельність ОП через інтенсифікацію операцій обслуговування машини зростає більш ніж в 1,5 раза. У цих умовах виробіток на одного робітника з числа ОП збільшується з 0,33 до 0,4, тобто лише в 1,2 раза.

Для збільшення виробітку на одного робітника пропорційно до росту швидкості роботи машини необхідно збільшити коефіцієнт МІА СЛМ, що можливо при зростанні  $M_{\Sigma M}$ .

Проведемо необхідні розрахунки. Для цього запишемо  $M_{\Sigma M}$  у вигляді різниці

$$M_{\Sigma M} = M_C - 2m_{\phi a}. \quad (18)$$

Знайшовши з рівняння (15) значення

$$m_{\phi} = \frac{1}{t_{ui} Q_m} \quad (19)$$

і підставивши його в (18), остаточно перепишемо

$$M_{\Sigma M} = M_C - \frac{2a}{t_{ui} Q_m}. \quad (20)$$

Пам'ятаючи, що ми поставили за мету визначити  $M_{\Sigma M}$  й інші параметри при збільшенні швидкості машини вдвічі з досягненням

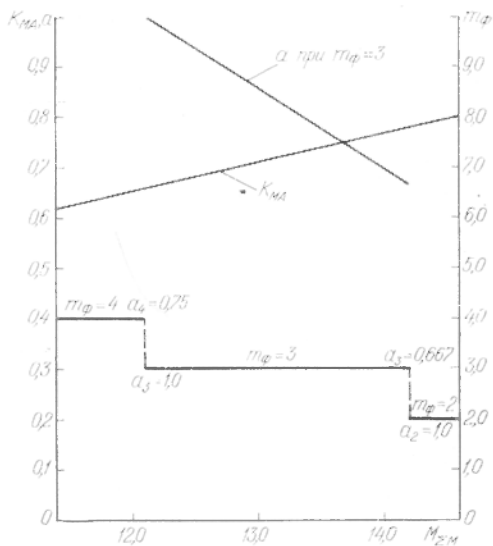


Рис. 3. Зміни  $K_{ML}$  та  $\alpha$  при  $m_{\phi}=3$  і  $M_{\Sigma M}$  у діапазоні 12,1—14,2.

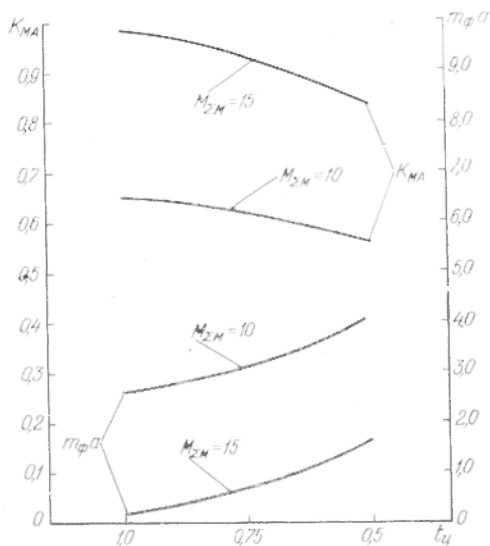


Рис. 4. Залежність  $K_{ML}$  та  $m_{\phi} \alpha$  від тривалості циклу роботи машини при  $M_{\Sigma M} = 10$  та  $M_{\Sigma M} = 15$ .

виробітку на одного робітника ОП пропорційно цьому збільшенню, знайдемо при  $Q_m=0,66$ ;  $a=0,9$ ;  $t_{ци}=0,5$  с і  $M_C=18,2$

$$M_{\Sigma M}=18,2 - \frac{2 \cdot 0,9}{0,5 \cdot 0,66} = 12,8.$$

Таким чином, для забезпечення виробітку одного робітника, пропорційного збільшенню швидкості роботи машини вдвічі, показник мультипрограмного режиму машини необхідно збільшити до  $M_{\Sigma M}=12,8$ . Одночасно розрахуємо значення  $K_{МА}$  та  $m_{\Phi}$ , які відповідають зрослому  $M_{\Sigma M}$

$$K_{МА} = \left(1 - \frac{2m_{\Phi}a}{M_C}\right) = \left(1 - \frac{5,4}{18,2}\right) = 0,7,$$

$$m_{\Phi} = \frac{1}{2a}(1 - K_{МА})M_C = \frac{1}{2 \cdot 0,9}(1 - 0,7)18,2 = 3.$$

За результатами розрахунків остаточно перевіримо значення  $Q_m$

$$Q_m = \frac{2a}{t_{ци}(1 - K_{МА})M_C} = \frac{2 \cdot 0,9}{0,5(1 - 0,7)18,2} = 0,66.$$

Перевірка свідчить про правильність проведених розрахунків. Визначення функціональної залежності чисельності ОП і продуктивності його праці від коефіцієнта МІА устаткування відкриває можливості обґрунтованого управління вдосконаленням виробничих процесів, вигідно сполучаючи форсування режимів СЛМ з ростом виробітку одного робітника при забезпеченні допустимої інтенсивності праці обслуговуючого персоналу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Толстой Г. Д. Визначення циклового коефіцієнта механізації і автоматизації з врахуванням енергетичної та інформаційної складових виробничого процесу.— «Поліграфія та видавнича справа», 1975, № 11.

G. D. TOLSTOI

### DEPENDENCE OF LABOUR PRODUCTIVITY AND SIZE OF THE OPERATING STAFF UPON THE LEVEL OF MECHANIZATION AND AUTOMATION OF EQUIPMENT

#### Summary

The presented paper comments on the connection of the operating staff size and its labour productivity with the mechanization and automation coefficient of equipment.