

ОЦІНКА РІВНЯ МІА ПРАЦІ ОБСЛУГОВУЮЧОГО ПЕРСОНАЛУ ЗА ЧАСОВИМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Існуючі методики визначення рівня механізації і автоматизації (МІА) не дають змоги об'єктивно оцінити важкість і напруженість праці обслуговуючого персоналу (ОП). Для оцінки рівня МІА праці ОП розглянемо хронограму (рис. 1), яка враховує мультипрограмний режим його роботи, наявність енергетичної (ЕС) та інформаційної (ІС) складових процесу обслуговування машини [4].

В ЕС та ІС виділені три основні групи операцій (рис. 1): ОТ — технологічні, що враховують участь ОП у виконанні технологічних операцій; ОР і ОУ — відповідно групи операцій контролю та регулювання, контролю й управління технологічним процесом, які здійснюються вручну.

За масштабну одиницю (модуль) хронограми прийнята тривалість циклу роботи машини, що дає змогу виразити тривалість усіх операцій безрозмірними величинами. Наприклад, пакет технологічних операцій (ОТ) по ЕС

$$T'_{pE} = \sum_{1p}^{jP} t_j = t_{1p} + t_{2p} + \dots + t_{jp} = \left(\sum_{1p}^{jP} t_j : t_{\Sigma} \right) \cdot t_{\Sigma} = \beta t_{\Sigma} \quad (1)$$

де $t_{1p} \dots t_{jp}$ — тривалість елементарних технологічних операцій, які виконує ОП вручну (наприклад, зняття зі стопи чистого аркуша паперу, установка його по передніх і боковому упорах, зняття і викладення готового відбитка на тигельному напівавтоматі); β — безрозмірний коефіцієнт, що враховує сумарний обсяг технологічних операцій відносно тривалості циклу машини.

Пакет операцій OT_i відображає розумову роботу ОП при виконанні технологічних операцій вручну, операції оперативного контролю якості продукції, стану і працездатності механізмів, а також корекцію

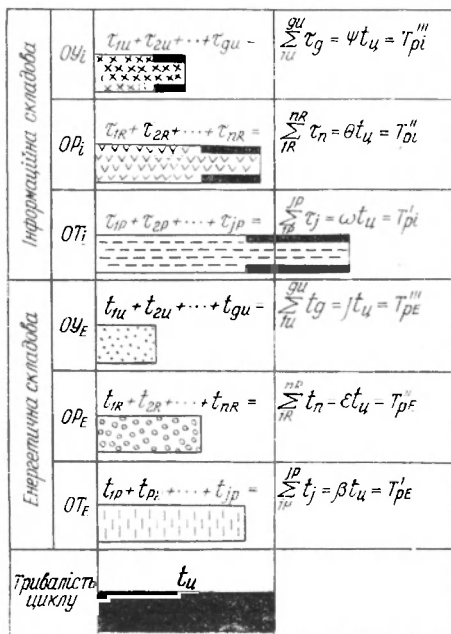


Рис. 1. Хронограма мультипрограмного режиму ОП в СЛМ.

ходу технологічного процесу. Ця частина пакета OT_i виділена на хронограмі двома жирними лініями

$$T'_{pi} = \sum_{1p}^{jP} \tau_j = \tau_{1p} + \tau_{2p} + \dots + \tau_{jp} = \left(\sum_{1p}^{jP} \tau_j : t_{\Sigma} \right) \cdot t_{\Sigma} = \omega t_{\Sigma} \quad (2)$$

де $\tau_{1p} \dots \tau_{jp}$ — тривалість елементарних розумових операцій ОП, що супроводжують виконання технологічних операцій вручну і враховують координацію рухів людини, контроль ходу технологічного процесу і його корекцію; ω — безрозмірний коефіцієнт, який відображає концентрацію розумових операцій ОП при виконанні технологічних операцій вручну.

Характеризуючи пакети операцій OP_i та OY_i , зауважимо, що в їх складі, крім розумових операцій, які виконує ОП з метою регулювання й управління технологічним процесом, є операції, розраховані на контроль процесів регулювання, управління і коригування їх результатів, контроль стану засобів регулювання і управління і т. д. Ці елементи пакетів операцій OP_i та OY_i також виділені на хронограмі двома жирними лініями.

Групу операцій, що відображає місткість EC , можна виразити сумарним часом операцій, виконуваних OP вручну

$$T_{pE} = T_{pE}^{\prime} + T_{pE}^{\prime\prime} + T_{pE}^{\prime\prime\prime}, \quad (3)$$

де T_{pE}^{\prime} , $T_{pE}^{\prime\prime}$ та $T_{pE}^{\prime\prime\prime}$ — відповідно тривалості виконання OP технологічних операцій, операцій регулювання та управління.

Сумарна тривалість операцій, що враховують часову місткість

$$T_{pi} = T_{pi}^{\prime} + T_{pi}^{\prime\prime} + T_{pi}^{\prime\prime\prime}, \quad (4)$$

де T_{pi}^{\prime} , $T_{pi}^{\prime\prime}$ та $T_{pi}^{\prime\prime\prime}$ — відповідно сумарна тривалість інформаційних операцій, пов'язаних з виконанням технологічних операцій,

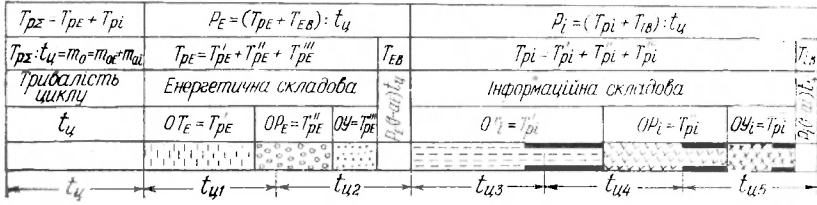


Рис. 2. Горизонтальна розгортка хронограми:

T_{EB} — вільний час OP по EC ; T_{IB} — вільний час OP по IC .

операцій контролю, регулювання і управління, що відображають витрати розумової енергії OP .

Горизонтальна розгортка хронограми ілюструє співвідношення часових затрат OP , здійснюваних ним при обслуговуванні машини, і тривалості циклу. На хронограмі (рис. 2) показано, що сумарна тривалість енергетичних і інформаційних операцій T_{pE} , які виконує OP , становить

$$T_{pE} = T_{pE} + T_{pi} = (\beta + \varepsilon + \delta) t_{c1} + (\omega + \theta + \psi) t_{c2}, \quad (5)$$

де β , ε , δ — безрозмірні коефіцієнти місткості енергетичних операцій; ω , θ , ψ — безрозмірні коефіцієнти місткості ручних інформаційних операцій.

З залежності (5) можна визначити розрахункову чисельність OP m_0 , поділивши її ліву і праву частини на t_{c2} ,

$$m_0 = (\beta + \varepsilon + \delta) + (\omega + \theta + \psi) = m_{0E} + m_{0i} = r_E a_E + r_i a_i, \quad (6)$$

де m_{0E} та m_{0i} — відповідно частини розрахункової чисельності OP для відпрацювання EC та IC ; r_E та r_i — число умовних циклів по EC та IC , що визначають часову місткість мультипрограмного режиму OP у межах циклу t_c ; a_E та a_i — відповідно коефіцієнти активного часу OP по EC та IC .

Відомо [4], що фактична чисельність OP

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

де a — коефіцієнт активного часу OP .

При парній сумі p_E та p_i

$$a = \frac{p_E a_E + p_i a_i}{p_E + p_i} = \frac{m_{0E} + m_{0i}}{p_E + p_i}, \quad (8)$$

$$m_{\Phi} = \frac{m_0}{2a} = 0,5(p_E + p_i). \quad (9)$$

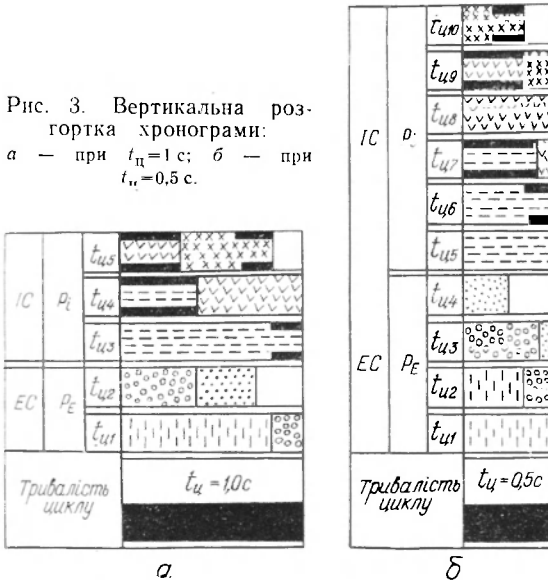
При непарній сумі p_E та p_i розрахункову чисельність ОП m , також знаходимо із залежності (6). Значення a та m_i дістаємо з формул

$$a = \frac{p_E a_E + p_i a_i}{(p_E + p_i) + 1} = \frac{m_{0E} + m_{0i}}{(p_E + p_i) + 1}, \quad (10)$$

$$m_{\Phi} = \frac{m_0}{2a} = 0,5[(p_E + p_i) + 1]. \quad (11)$$

Мультипрограмність режиму роботи ОП добре ілюструє вертикальна розгортка хронограми (рис. 3), яка відображає кон-

Рис. 3. Вертикальна розгортка хронограм:
а — при $t_{\Pi} = 1$ с; б — при $t_{\Pi} = 0,5$ с.



центрацію операцій, виконуваних ОП у межах циклу машини t_{Π} . При тривалості циклу $t_{\Pi} = 1$ с фактична чисельність ОП (рис. 3, а)

$$m_{\Phi} = 0,5[(p_E + p_i) + 1] = 0,5[(t_{\Pi 1} + t_{\Pi 2}) : t_{\Pi} + (t_{\Pi 3} + t_{\Pi 4} + t_{\Pi 5}) : t_{\Pi} + 1] = 3.$$

При скороченні тривалості циклу машини та збереженні трудомісткості EC і IC інтенсивність праці ОП зростає, як це наочно видно з хронограми для $t_{\Pi} = 0,5$ (рис. 3, б).

$$\text{Тому } m_{\Phi, 0.5} = 0,5(p_E + p_i) = 0,5[(t_{\Pi 1} + t_{\Pi 2} + t_{\Pi 3} + t_{\Pi 4}) : t_{\Pi} + (t_{\Pi 5} + t_{\Pi 6} + t_{\Pi 7} + t_{\Pi 8} + t_{\Pi 9} + t_{\Pi 10})] : t_{\Pi} = 5.$$

Скористаємось хронограмою (рис. 2), визначимо коефіцієнти механізації k_M й автоматизації k_A ОП за часовими параметрами

$$k_M = \frac{m_\Phi t_{\text{ц}} - T_{\text{PE}}}{m_\Phi t_{\text{ц}}} = \frac{m_\Phi t_{\text{ц}} - m_{0E} t_{\text{ц}}}{m_\Phi t_{\text{ц}}} = 1 - \frac{m_{0E}}{m_\Phi} = 1 - a_E, \quad (12)$$

$$k_A = \frac{m_\Phi t_{\text{ц}} - T_{\text{Pi}}}{m_\Phi t_{\text{ц}}} = \frac{m_\Phi t_{\text{ц}} - m_{0i} t_{\text{ц}}}{m_\Phi t_{\text{ц}}} = 1 - \frac{m_{0i}}{m_\Phi} = 1 - a_i, \quad (13)$$

Враховуючи (12) і (13), знаходимо коефіцієнт МІА ОП

$$\begin{aligned} k_{M.A} &= \left(1 - \frac{m_{0E}}{m_\Phi}\right) + \left(1 - \frac{m_{0i}}{m_\Phi}\right) = 2 - \frac{m_{0E} + m_{0i}}{m_\Phi} = \\ &= 2 - \frac{m_0}{m_\Phi} = 1 - \frac{2m_\Phi a}{2m_\Phi} = 1 - a. \end{aligned} \quad (14)$$

Визначивши m_{0E} та m_{0i} відповідно з (12) та (13) і підставивши в (14), дістанемо зв'язок $k_{M.A}$ з k_M і k_A

$$\begin{aligned} m_{0E} &= m_\Phi(1 - k_M); \quad m_{0i} = m_\Phi(1 - k_A); \\ k_{M.A} &= \left[1 - \frac{m_\Phi(1 - k_M)}{m_\Phi}\right] + \left[1 - \frac{m_\Phi(1 - k_A)}{m_\Phi}\right] = 0,5(k_M + k_A). \end{aligned} \quad (15)$$

З (15) знаходимо

$$k_M = 2(k_{M.A} - 0,5k_A), \quad (16) \quad k_A = 2(k_{M.A} - 0,5k_M). \quad (17)$$

З рівнянь (12), (13) та (14)

$$\begin{aligned} a_E &= 1 - k_M, \quad (18) \quad a_i = 1 - k_A, \quad (19) \\ a &= 0,5(a_E + a_i) = 1 - k_{M.A}. \end{aligned} \quad (20)$$

Шукаємо зв'язок між $K_{M.A}$, який враховує мультипрограмний режим системи людина—машина (СЛМ) і коефіцієнтом $k_{M.A}$ ОП. Відомо, що $K_{M.A}$ має вигляд [5]

$$K_{M.A} = 1 - \frac{2m_\Phi a}{M_c}. \quad (21)$$

Підставимо значення a з (20) в (21)

$$K_{M.A} = 1 - \frac{2m_\Phi(1 - k_{M.A})}{M_c}. \quad (22)$$

звідки

$$k_{M.A} = 1 - \frac{M_c(1 - K_{M.A})}{2m_\Phi}. \quad (23)$$

При високому рівні МІА устаткування можливе багатостатне обслуговування. У цьому випадку залежність (22) набуде вигляду

$$K_{M.A} = 1 - \frac{2m_\Phi(1 - k_{M.A})}{qM_c}. \quad (24)$$

де q — кількість одночасно обслуговуваних однотипних машин; M_c — показник мультипрограмного режиму СЛМ для однієї машини.

Визначимо коефіцієнти МІА ОП і СЛМ з урахуванням затрат фізичної і розумової енергії людини.

При обслуговуванні машини одним робітником коефіцієнт механізації

$$k_M = \frac{n_{E \max} - n_E a_E}{n_{E \max}} = 1 - \frac{n_E}{n_{E \max}} a_E, \quad (25)$$

де $n_{E \max}$ — максимальні затрати фізичної енергії середньої людини, кВт.г; n_E — фактичні затрати фізичної енергії одного робітника при обслуговуванні машини, кВт.г.

При обслуговуванні машини бригадою в складі m_ϕ робітників

$$k_{M a}^B = \frac{n_{E \max} - n_{Ec} a_{Ec}}{m_\phi n_{E \max}}, \quad (26)$$

де n_{Ec} — середні затрати фізичної енергії одного робітника бригади, кВт.год; a_{Ec} — середнє значення коефіцієнта активного часу одного робітника бригади по ЕС.

Значення n_{Ec} та a_{Ec} знаходимо з виразів

$$n_{Ec} = \left(\sum_{i=1}^{m_\phi} \tilde{n}_{Ei} \right) : m_\phi, \quad (27)$$

$$a_{Ec} = \left(\sum_{i=1}^{m_\phi} \tilde{a}_{Ei} \right) : m_\phi. \quad (28)$$

Коефіцієнт автоматизації ОП:

при обслуговуванні машини одним робітником

$$k_a = \frac{n_{i \max} - n_i a_i}{n_{i \max}} = 1 - \frac{n_i}{n_{i \max}} a_i, \quad (29)$$

де $n_{i \max}$ — максимальні затрати розумової енергії середньої людини, кВт.г; n_i — фактичні затрати розумової енергії одного робітника при обслуговуванні машини в кВт.г;

при обслуговуванні машини бригадою в складі m_ϕ робітників

$$k_a^B = \frac{n_{i \max} - n_{ic} a_{ic}}{m_\phi n_{i \max}}, \quad (30)$$

де n_{ic} — середні затрати розумової енергії одного робітника бригади, кВт.г; a_{ic} — середнє значення коефіцієнта активного часу одного робітника бригади по ІС.

Значення n_{ic} та a_{ic} знаходимо з виразів

$$n_{ic} = \left(\sum_{i=1}^{m_\phi} n_{ii} \right) : m_\phi, \quad (31)$$

$$a_{ic} = \left(\sum_{i=1}^{m_{\phi}} a_{ii} \right) : m_{\phi}. \quad (32)$$

З врахуванням залежностей (25) та (29) визначаємо коефіцієнт МІА ОП:

при обслуговуванні машини одним робітником

$$\begin{aligned} k_{M.A} &= \frac{n_{E \max} - n_{E a E} + n_{i \max} - n_i a_i}{n_{E \max} + n_{i \max}} = \\ &= 1 - \frac{n_{E a E} + n_i a_i}{n_{E \max} + n_{i \max}} = 1 - \frac{n_{E i a}}{n_{E i \max}} \end{aligned} \quad (33)$$

де $n_{E i}$ — фактичні сумарні затрати фізичної і розумової енергії робітника при обслуговуванні машини, кВт.г; $n_{E i \max}$ — максимальні витрати фізичної і розумової енергії середньої людини, кВт.г.

Коефіцієнт МІА для випадку обслуговування машини бригадою

$$\begin{aligned} k_{M.A}^B &= \frac{n_{E \max} - n_{E c a E c} + n_{i \max} - n_{i c a i c}}{m_{\phi} n_{E \max} + m_{\phi} n_{i \max}} = \\ &= \frac{n_{E i \max} - (n_{E c a E c} + n_{i c a i c})}{m_{\phi} n_{E i \max}} = \frac{n_{E i \max} - n_{E i c a c}}{m_{\phi} n_{E i \max}}, \end{aligned} \quad (34)$$

де $n_{E i c}$ — середні сумарні затрати фізичної і розумової енергії одного робітника бригади при обслуговуванні машини, кВт.г; a_c — середній коефіцієнт активного часу одного робітника бригади. Величини $n_{E i c}$ та a_c можна визначити з залежностей типу (31) і (32).

Визначимо коефіцієнт МІА СЛМ за енергетичними параметрами.

$$K_{M.A} = \frac{N_{M \text{ и } M}}{N_{M \eta M} + m_{\phi} n_{E i \cdot a} \cdot \eta_p} \quad (35)$$

де N_M — сумарні затрати машинної енергії, що приводить в дію всі механізми, прилади і апарати машини, кВт.г; η_M — коефіцієнт корисної дії машинної енергії; η_p — коефіцієнт корисної дії робітника.

Знайдемо зв'язок $k_{M.A}$ з $K_{M.A}$, для чого з (35) визначимо $n_{E i a}$ і підставимо в (33)

$$n_{E i \cdot a} = \frac{N_{M \eta M} (1 - K_{M.A})}{K_{M.A} m_{\phi} \eta_p}, \quad (36)$$

$$k_{M.A} = 1 - \frac{N_{M \eta M} (1 - K_{M.A})}{K_{M.A} m_{\phi} \eta_p \cdot n_{E i \max}}. \quad (37)$$

Для визначення зв'язку $K_{M.A}$ з $k_{M.A}$ з (33) знайдемо $n_{Ei}a$ і підставимо в (35)

$$n_{Ei}a = n_{Ei \max}(1 - k_{M.A}), \quad (38)$$

$$K_{M.A} = \frac{N_M \cdot \eta_M}{N_M \eta_M + m_{\Phi} n_{Ei \max}(1 - k_{M.A}) \eta_P}. \quad (39)$$

Відношення n_{Ei} до $n_{Ei \max}$ в (33) показує зменшення важкості та напруженості праці ОП. Беручи це до уваги, введемо поняття коефіцієнта зменшення важкості та напруженості праці ОП

$$k_{z.H} = \left(1 - \frac{n_{Ei}}{n_{Ei \max}} \right) \cdot 100. \quad (40)$$

Ступінь вивільнення ОП з виробничого процесу опишемо залежністю

$$k_B = (1 - a) \cdot 100. \quad (41)$$

З (33), (40) та (41) видно, що підвищення коефіцієнта $k_{M.A}$ відбувається за рахунок не лише скорочення участі ОП у виробничому процесі k_B , але й за рахунок зменшення напруженості та важкості праці $k_{z.H}$.

Користуючись формулами (14), (21), (33), (35), (40) і (41), проведемо розрахунки $k_{M.A}$, $K_{M.A}$, $k_{z.H}$ та k_B , для тигельних автомата і напівавтомата. Розрахунки ведемо за такими даними:

для тигельного напівавтомата

$$n_{Ei} = 0,36 \text{ кВт.г (середнє навантаження ОП);} \quad a = 0,9$$

$$N_M = 1,0 \text{ кВт.г; } M_c = 5,7;$$

для тигельного автомата

$$n_{Ei} = 0,22 \text{ кВт.г (легке навантаження ОП);} \quad a = 0,3$$

$$N_M = 1,7 \text{ кВт.г; } M_c = 11,0.$$

В обох випадках прийнято: $\eta_M = 0,5$; $\eta_P = 0,7$ [2]; $n_{Ei \max} = 0,44$ кВт.г [3] (максимальне навантаження середньої людини).

Результати розрахунків зведені в таблицю.

Коефіцієнти МІА для тигельних друкарських машин

Тип машини	За часовими параметрами				За енергетичними параметрами			
	$k_{M.A}$	$K_{M.A}$	$k_{z.H}$	k_B	$k_{M.A}$	$K_{M.A}$	$k_{z.H}$	k_B
Тигельний напівавтомат легкого типу ПТЛ-30, формат 30×45	0,1	0,685	—	10,0	0,264	0,688	18,2	10,0
Тигельний автомат легкого типу ПТ-2, формат 30×42	0,7	0,946	—	70,0	0,850	0,948	50,0	70,0

З даних таблиці видно, що коефіцієнти $k_{м.а}$, розраховані за часовими параметрами, не враховують ступеню напруженості та важкості праці ОП і тому не в повній мірі відображають участь людини у виробничому процесі.

За літературними даними [1] оцінка рівня МІА, основана на використанні енергетичних параметрів, є найбільш ефективною і достовірною і дає змогу об'єктивно визначити важкість і напруженість праці людей в СЛМ.

Список літератури: 1. *Волков О. И.* Экономические аспекты внедрения автоматизации. М., Наука, 1972. 2. *Семенов Н. Н.* Об энергетике будущего. — Наука и жизнь, 1972, № 10. 3. *Смирнов П. А., Самошкина Н. М.* Человек—труд—техника. Харьков, Прапор, 1975. 4. *Толстой Г. Д.* Визначення циклового коефіцієнта механізації і автоматизації з врахуванням енергетичної і інформаційної складових виробничого процесу. — Поліграфія і видавнича справа, 1975, № 11. 5. *Толстой Г. Д.* Залежність продуктивності праці і чисельності обслуговуючого персоналу від рівня механізації і автоматизації устаткування. — Поліграфія і видавнича справа, 1976, № 12.

G. D. TOLSTOY

LEVEL ESTIMATION OF THE LABOUR OF THE PERSONNAL ACCORDING TO TIME AND ENERGETIC PARAMETERS

Summary

The author gives estimation which depends on the level of mechanization and automation of the personal labour. This estimation is given according to time and energetic parameters. The connection of mechanization and automation efficiency of the personal and the system "man—machine" is shown.

The dependence allows to estimate better intense efforts and hardness of the personal in system "man—machine".
