

Ю.Й.Хведчин, Я.С.Пушак

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПІДБОРОЧНИХ МАШИН

Особливістю підборочних машин є наявність великої кількості однакових виконавчих механізмів — самонакладів зошитів. Це пов'язано з необхідністю забезпечити комплектування блоків якомога більшого об'єму. Але, водночас, вихід з ладу хоча б одного самонакладу спричиняє зупинку всієї машини. Тому із збільшенням кількості самонакладів зростає ймовірність частіших зупинок машини. Тобто виникає суперечність між технологічними можливостями машини та надійністю її роботи.

Це питання слід проаналізувати, прогнозуючи параметри ефективності використання підборочної машини. І тут, зокрема, доцільно розглянути коефіцієнт ефективності використання робочого часу

$$\Theta = \frac{\sum t_p}{\sum t_k}, \quad (1)$$

де $\sum t_p$ — сумарний час роботи машини; $\sum t_k$ — календарний час.

Цей вираз можна записати ще й як

$$\Theta = \frac{\sum t_p - \sum t_3}{\sum t_k}, \quad (2)$$

де $\sum t_3$ — сумарний час зупинок машини з вини самонакладів за період календарного часу.

Якщо прийняти, що календарний час становить одну годину (3600 с), то

$$\sum t_3 = k \cdot t_3,$$

де k — кількість зупинок машини; t_3 — середня тривалість простою при усуванні несправності (в секундах), тоді вираз (2) матиме вигляд

$$\Theta = 1 - \frac{k \cdot t_3}{3600}. \quad (3)$$

Як уже зазначалось, підборочна машина зупиняється при виході з ладу одного з її самонакладів. А це відбувається при невиведенні зошита або виведенні двох зошитів.

Позначимо через A подію, що означає зупинку машини, через A_i — подію, що означає зупинку i -го самонакладу; $i = 1 + m$.

\bar{A}_i — подія, яка означає, що i -й самонаклад буде справний. Подія A сама по собі відбутися не може, вона настане лише сумісно з однією із подій A_i : а саме, матиме місце одна з наступних несумісних подій, що утворюють повну групу [1]:

$A_1 \bar{A}_2 \bar{A}_3 \dots \bar{A}_m, \bar{A}_1 A_2 \bar{A}_3 \dots \bar{A}_m, \dots, \bar{A}_1 \bar{A}_2 \dots \bar{A}_{m-1} A_m.$

Подія $A_1 \bar{A}_2 \bar{A}_3 \dots \bar{A}_m$ означає, що вийшов з ладу перший самонаклад, подія $\bar{A}_1 A_2 \bar{A}_3 \dots \bar{A}_m$ означає, що зупинка відбулася на другому самонакладі, і так далі. Всіх таких варіантів буде $C^i_{m=m}$.

Позначимо через p_i ймовірність зупинки i -го самонакладу, $i = 1 + m$. Подія A , що означає зупинку підборочної машини, складається з суми вищезгаданих подій.

$$A = A_1 \bar{A}_2 \bar{A}_3 \dots \bar{A}_m + \bar{A}_1 A_2 \bar{A}_3 \dots \bar{A}_m + \dots + \bar{A}_1 \bar{A}_2 \dots \bar{A}_{m-1} A_m.$$

Тоді ймовірність зупинки машини

$$p(A) = p(A_1 \bar{A}_2 \dots \bar{A}_m) + p(\bar{A}_1 A_2 \bar{A}_3 \dots \bar{A}_m) + \dots + p(\bar{A}_1 \bar{A}_2 \dots \bar{A}_{m-1} A_m) = \\ = p_1 g_2 \dots g_m + g_1 p_2 g_3 \dots g_m + \dots + g_1 g_2 \dots g_{m-1} p_m, \quad (4)$$

де $g_i = 1 - p_i$ — ймовірність справної роботи i -го самонакладу.

Якщо кожен самонаклад до виходу з ладу виконує n_1, n_2, \dots, n_m циклів, то ймовірність виходу з ладу i -го самонакладу буде

$$p_i = p(A_i) = \frac{1}{n_i}, \quad i = 1 + m,$$

а ймовірність справної роботи i -го самонакладу

$$p(A_i) = g_i = \left(1 - \frac{1}{n_i}\right), \quad (5)$$

Отже, вираз (4) набуде вигляду

$$p(A) = \frac{1}{n_1} \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) \left(1 - \frac{1}{n_3}\right) \dots \left(1 - \frac{1}{n_m}\right) + \\ + \frac{1}{n_2} \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) \left(1 - \frac{1}{n_3}\right) \dots \left(1 - \frac{1}{n_m}\right) + \dots + \\ + \frac{1}{n_m} \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) \dots \left(1 - \frac{1}{n_{m-1}}\right) \quad (6)$$

або

$$p(A) = \sum_{i=1}^m \frac{1}{n_i} \prod_{j \neq i} \left(1 - \frac{1}{n_j}\right).$$

Якщо всі самонаклади працюють в абсолютно однакових умовах, тобто обробляють зошити однакової конструкції, товщини тощо, і кожен з них до зупинки виконує n_1 циклів, тоді формула (6) матиме вигляд

$$p(A) = \frac{m-1}{n_1} \left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^{m-1}. \quad (7)$$

На практиці це можливо при комплектуванні, наприклад, видання у м'якій обкладинці, коли немає зошитів з форзацами, ілюстраціями і т.п., а також неповних зошитів.

Однак таке буває рідко. Частіше трапляється, що зошити, з яких комплектується блок, мають різні параметри. Відомо, що наявність зошитів з приклейними елементами негативно впливає на надійність роботи самонакладу. За даними А.О.Гельдфарба [2], кількість шк-

лів до відмови у таких самонакладах приблизно на 30% менша, ніж у звичайних зошитів. До того ж можуть бути неповні зошити.

У випадку, коли маємо три варіанти зошитів (звичайні, з приклейками і неповні), формула (6) набуде вигляду

$$p(A) = \frac{m_1}{n_1} \left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^{m_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)^{m_2} \left(1 - \frac{1}{n_3}\right)^{m_3} + \\ + \frac{m_2}{n_2} \left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^{m_1} \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)^{m_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{n_3}\right)^{m_3} + \\ + \frac{m_3}{n_3} \left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^{m_1} \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)^{m_2} \left(1 - \frac{1}{n_3}\right)^{m_3 - 1}, \quad (8)$$

де m_1 — кількість звичайних зошитів; m_2 — кількість зошитів з приклейними елементами; m_3 — кількість неповних зошитів (звичайно $m_3=1$); n_1 — кількість циклів до виходу з ладу самонакладу, який працює на звичайних зошитах; n_2 — кількість циклів до виходу з ладу самонакладу при обробці зошитів з приклейками (прийmemo $n_2=0,7n_1$); n_3 — те ж саме при обробці неповних зошитів.

Кількість циклів роботи самонакладу із звичайними і неповними зошитами до виходу з ладу можна визначити за емпіричною формулою А.О.Гольдфарба:

$$n = 1440 - 6,1 Z + 10,1 S - 1,4 L, \quad (9)$$

де Z — швидкість роботи самонакладу (ц/хв); S — кількість сторінок у зошиті; L — довжина корінця зошита (мм).

Позначимо через K найімовірніше число виходів з ладу машини за одну годину. Відомо, що ціле число K знаходиться на одиничному інтервалі

$$N_p - g \leq K \leq N_p + p, \quad (10)$$

де $p=p(A)$, яке знаходимо за формулами (6), (7) або (8), $g=1-p$; N — кількість циклів, що їх робить самонаклад за годину ($N=60Z$).

Знаючи K , легко визначити коефіцієнт ефективності Θ з виразу

(3). Досліджено вплив на ефективність роботи підборочної машини загальної кількості працюючих самонакладів (m), кількості самонакладів, що працюють з приклейками (m_2), та швидкості їх роботи (Z). На рис. 1 представлений графік залежності коефіцієнта Θ від кількості працюючих самонакладів (пряма 1 — для випадку обробки однакових зошитів; пряма 2 — при наявності у двох самонакладах зошитів з приклейками, $m_2=2$).

Як бачимо, залежність між висказаними параметрами обер-

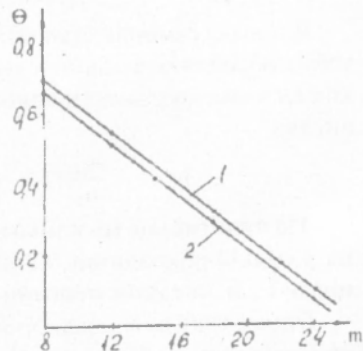


Рис. 1. Залежність ефективності роботи підборочної машини від кількості працюючих самонакладів ($Z=120$ ц/хв, $L=20$ мм, $S=32$ ст.).

нено пропорційна: при збільшенні кількості працюючих самонакладів коефіцієнт Θ спадає, причому при 20—24 самонакладах для умов, вказаних під рисунком, стає дуже низьким (розрахунок виконано за умови, що усунення несправності триває 14,6 с [2]).

Більш узагальнений показник ефективності підборочних машин — їх продуктивність. Вона визначається формулою .

$$P=60Z\Theta . \quad (11)$$

У результаті розрахунків одержано залежність продуктивності від швидкості роботи машини (Z) і кількості працюючих станцій (m) у вигляді графіка (рис.2). Він дозволяє визначити найсприятливіші

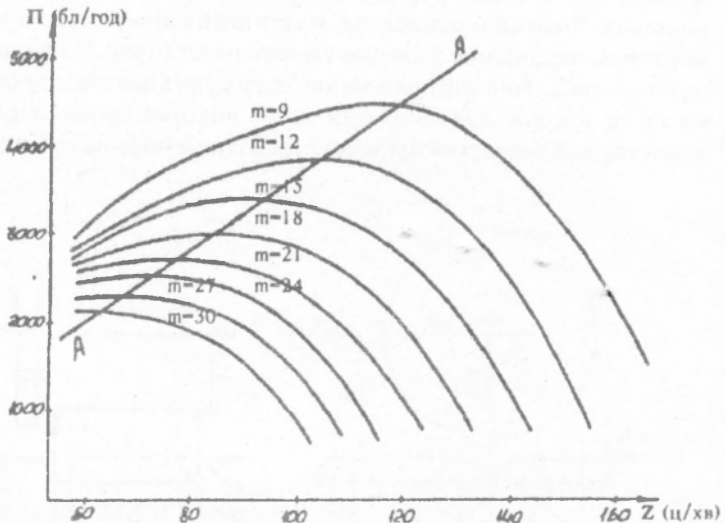


Рис.2. Залежність продуктивності підборочної машини від кількості працюючих самонакладів m і швидкості роботи Z ц/хв при обробці зошитів з параметрами $L=210$ мм, $S=32$ ст.

умови обробки тиражу за рахунок оптимального вибору швидкості роботи машини (Z) (лінія максимуму AA') залежно від параметрів зошитів, які обробляються (m_1, m_2, S, L). Ясно видно, що при $m=9$ найбільша продуктивність досягається на швидкості $Z=110$ ц/хв, при $m=15$ на швидкості $Z=90$ ц/хв і т.д.

Аналогічні графіки можна одержати і для інших параметрів зошитів.

1. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М., 1969. 2. Гольдфарб А.О. Теоретическое и экспериментальное исследование тетрадных самонакладов для скоростного бронировально-переплетного оборудования: Автореф. дисс.... канд. техн. наук. 1973.

Статья найдена в архиве 15.01.94.