

Marek Bielut

Politechnika Krakowska

POSZUKIWANIE REGUŁ DECYZYJNYCH STEROWANIA OBIEGIEM  
NARZĘDZI W PRZEDSIĘBIORSTWIE

**Streszczenie.** W artykule podjęto próbę określenia optymalnych reguł decyzyjnych oraz skutków ich stosowania w dowolnych warunkach realizacji dostaw narzędzi nowych i realizacji procesu ostrzenia w ostrzalni wydzielonej. Zaproponowano wprowadzenie do deterministycznych, niezbędnych do sterowania i planowania obiegu narzędzi wzorów współczynników poprawkowych, uwzględniających losowy charakter wielkości w nich zawartych. Stwierdzono, iż w przypadku narzędzi już stosowanych metoda współczynników poprawkowych daje wyniki nie gorsze niż metody dotychczasowe. Poza tym obliczenia są prostsze i nie wymagają dużej ilości danych statystycznych, jak to było dotychczas.

1. Wstęp.

Dla zabezpieczenia bieżącej produkcji określonego wyrobu, zamawianie narzędzi przez poszczególne wypożyczalnie odbywa się na podstawie ustalonych normatywów stanu zapasów i zużycia tzw. systemu minimum-maksimum. Istniejące obecnie metody określania wielkości i zapotrzebowania na narzędzia opierają się na metodach sterowania zapasami i zakupami w warunkach niepewności [4,5]. Wszystkie opisane dotychczas w literaturze i stosowane w praktyce metody wymagają prostych ale dość pracochłonnych obliczeń, a co najważniejsze, gromadzenia dużej liczby danych statystycznych, zbieranych w długich okresach [3,4,6,7].

Powyższe metody proponowane były jako podstawa przy zastosowaniu EPD w sektorze gospodarki narzędziowej [5,7]. Powodują one jednak rozbieżności pomiędzy stanem rzeczywistym narzędzi w wypożyczalni a wielkościami ustalonymi teoretycznie. Tego typu problemy spotkano w trakcie obserwacji i analizy wybranych wypożyczalni w WSK PZL Mielec, FOS Ponar Tarnów czy Żywieckiej Fabryce Śrub. Podobne obserwacje opisał K. Perskij [6].

Znane publikacje [4,6,7] zajmują się tylko zewnętrznym obiegiem narzędzi w przedsiębiorstwie, tzn. zużywaniem się narzędzi i dostarczaniem nowych.

Jak pokazano na rys.1, w przedsiębiorstwie istnieją dwa obiegi narzędzi:

- zewnętrzny - opisany powyżej,

- wewnętrzny - związany z ciągłą regeneracją i ostrzeniem zużywających się / tępionych lub uszkodzonych / narzędzi.

Właściwa organizacja obu obiegu narzędzi może w znaczący sposób wpłynąć

na efektywność zaopatrywania produkcji w narzędzia.

Podjęto próbę określenia optymalnych reguł decyzyjnych oraz skutków ich stosowania w dowolnych warunkach dostaw narzędzi nowych i realizacji procesu ostrzenia w ostrzalni wydziałowej a także określenia poszczególnych reguł do sterowania przebiegiem prac z punktu widzenia prawdopodobieństwa realizacji zgłaszanego zapotrzebowania na narzędzia. Przyjęto, iż istnieje możliwość budowy w oparciu o model symulacyjny takich strategii sterowania obiegiem narzędzi w przedsiębiorstwie, które w istniejących w danej chwili warunkach / zewnętrznych i wewnętrznych / pozwolą na zaopatrywanie produkcji w narzędzia bez przestoju.

## 2. Metoda postępowania.

Przy założeniu, że wielkości dotyczące interesującego nas narzędzia są wielkościami zdeterminowanymi, lub w przypadku przyjęcia wartości średnich - planowanie w gospodarce narzędziowej nie przedstawiałoby specjalnych kłopotów. Np. liczba narzędzi niezbędnych do wykonania określonej / zadanej / wielkości produkcji można by opisać wzorem:

$$X = \frac{P \cdot t_{pr}}{T \cdot i_p} \quad (1)$$

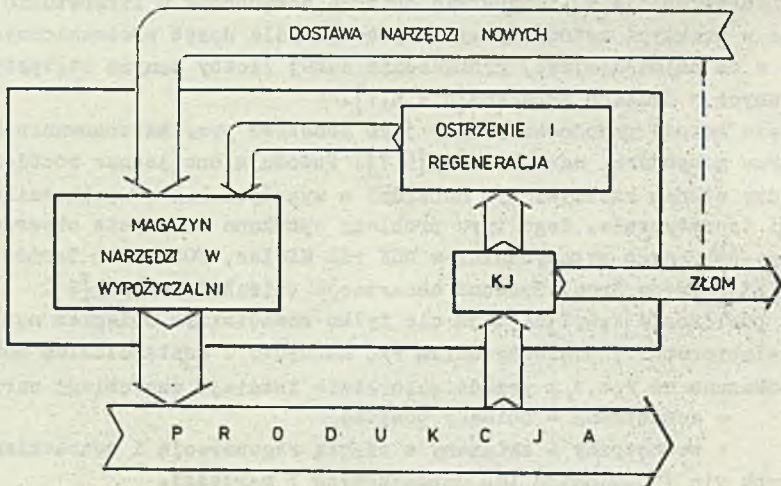
gdzie : X - poszukiwana liczba narzędzi,

P - zadany program produkcyjny,

$t_{pr}$  - czas pracy narzędzia przy wykonywaniu danej operacji,

T - okres trwałości ostrza,

$i_p$  - liczba przeostrzeń.



Rys.1. Obiegi narzędzi w wydziale produkcyjnym.



Podejście takie jest nieefektywne z uwagi na duże różnice między wartościami teoretycznymi a występującymi w praktyce. Istnieje więc konieczność uwzględnienia losowości takich parametrów, jak :

- okres trwałości ostrza  $T$ ,
- liczba przeostrzeń  $i_p$ ,
- czas realizacji dostawy narzędzi nowych  $T_d$  itp.

Biorąc pod uwagę wzór(1) i wstawiając do niego wartości minimalne lub maksymalne, możemy spodziewać się osiągnięcia dwu skrajnych wartości :

1/. maksymalnej

$$X_{max} = \frac{P \cdot (E_{tpr} + 3\sigma_{tpr})}{(ET - 3\sigma_T) \cdot (E_{ip} - 3\sigma_{ip})} \cdot \frac{E}{6}$$

co dalej można przedstawić: E - wartość oczekiwana, (2)  
6 - odchylenie standardowe

$$X_{max} = \beta_{max} \cdot X \quad (3)$$

2/. minimalnej

$$X_{min} = \frac{P \cdot (E_{tpr} - 3\sigma_{tpr})}{(ET + 3\sigma_T) \cdot (E_{ip} + 3\sigma_{ip})} \quad (4)$$

lub przedstawiając inaczej:

$$X_{min} = \beta_{min} \cdot X \quad (5)$$

W rzeczywistości zmienne  $X$  osiągać będą wartości z zakresu:

$$X_{min} \leq X \leq X_{max} \quad (6)$$

Dlatego też proponuje się wprowadzenie współczynników poprawkowych do prezentowanego i pozostałych niezbędnych do sterowania i planowania obiegu narzędzi wzorów, uwzględniających losowy charakter wielkości w nich zawartych. I tak wzór na liczbę narzędzi niezbędnych do wykonania produkcji / wzór(1) / przedstawiałyby się następująco :

$$X' = \beta_x \cdot X \quad (7)$$

gdzie :

$$\beta_{xmin} \leq \beta_x \leq \beta_{xmax} \quad (8)$$

Wymieniony wyżej współczynnik  $\beta$  - współczynnik poprawkowy - zależy będzie od następujących czynników :

- wielkości produkcji  $P$ ,
- sposobu pobierania narzędzi do produkcji  $K$ ,
- czasu pracy narzędzia na jedną operację  $t_{pr}$ ,
- okresu trwałości ostrza  $T$ ,
- ilości przeostrzeń narzędzia  $i_p$ ,
- stopnia gwarantowanego zaopatrzenia produkcji w narzędzia  $\alpha$ .

### 3. Model symulacyjny

Z uwagi na to, że przeprowadzenie badań doświadczalnych na obiekcie rzeczywistym było niemożliwe, przeprowadzono je na modelu symulacyjnym. W związku z tym opracowano model symulacyjny obiegu narzędzi w przedsiębiorstwie rys.2 . Obejmuje on pełny obieg narzędzi, zgodnie z rys.1.

Narzędzia zwrócone z produkcji - ostre, stępione lub zużyte - po kontroli oczekują na wysłanie ich do ostrzenia lub regeneracji. W momencie osiągnięcia ilości ekonomicznie uzasadnionej narzędzia przekazywane są do ostrzalni wydziałowej. W ostrzalni oczekują one na swą kolejkę ostrzenia, a po neostrzeniu lub zregenerowaniu wracają do wypożyczalni. W chwili przekroczenia poziomu zamawiania następuje zamówienie dostawy narzędzi nowych. W przypadku przekroczenia przez stan narzędzi w wypożyczalni tzw. stanu awaryjnego - następuje ostrzenie danego typu narzędzi poza kolejnością.

Przedstawiony model został przetestowany w oparciu o dane statystyczne zebrane w wybranych wypożyczalniach wydziałowych WSK PZL Mielec, POS Ponnar Tarnów i Żywieckiej Fabryki Śrub.

#### 4. Eksperymenty i wyniki badań symulacyjnych.

Eksperymenty symulacyjne przeprowadzono na bazie danych statystycznych z Żywieckiej Fabryki Śrub. W obiegu znajdowało się 13 typów frezów tarczowych, które na stanowiskach produkcyjnych wykonywały nacięcia w łbach wkrętów do blachy lub drzewa. Dla zadanych rozkładów pobierania i zwracania narzędzi symulowano pracę wydziału zmieniając program produkcyjny P oraz ilość narzędzi w obiegu X. Stosowano współczynniki poprawkowe  $\alpha$  w zakresie od 0,4 do 1,0.

W oparciu o przeprowadzone eksperymenty symulacyjne / powtarzane dla 10 ciągów liczb losowych / otrzymano zestawy danych, dla których metodą najmniejszych kwadratów określono zależność stopnia gwarantowanego zaopatrzenia produkcji w narzędzia  $\beta$  od współczynnika poprawkowego  $\alpha$  oraz programu produkcyjnego P. Przykładowo, dla narzędzia nr. 10 zależność ta wygląda następująco :

$$\beta = -4,37 - 0,02 \cdot P + 5,51 \cdot \alpha \quad (9)$$

dla zależności typu liniowego lub:

$$\beta = 20,4 - 0,44 \cdot P - 43,7 \cdot \alpha + 0,0005 \cdot P^2 + 24,4 \cdot \alpha^2 + 0,42 \cdot P \cdot \alpha \quad (10)$$

dla zależności drugiego stopnia.

Wyniki z przeprowadzonych badań przedstawia tablicę 1 / dla zależności liniowych /.

Ogólna postać funkcji dla tego przypadku :

$$\beta = A + B_1 \cdot P + B_2 \cdot \alpha \quad (11)$$

W tablicy 2 przedstawiono wartości współczynników dla zależności drugiego stopnia o postaci :

$$\beta = A + B_1 \cdot P + B_2 \cdot \alpha + C_1 \cdot P^2 + C_2 \cdot \alpha^2 + C_3 \cdot P \cdot \alpha \quad (12)$$



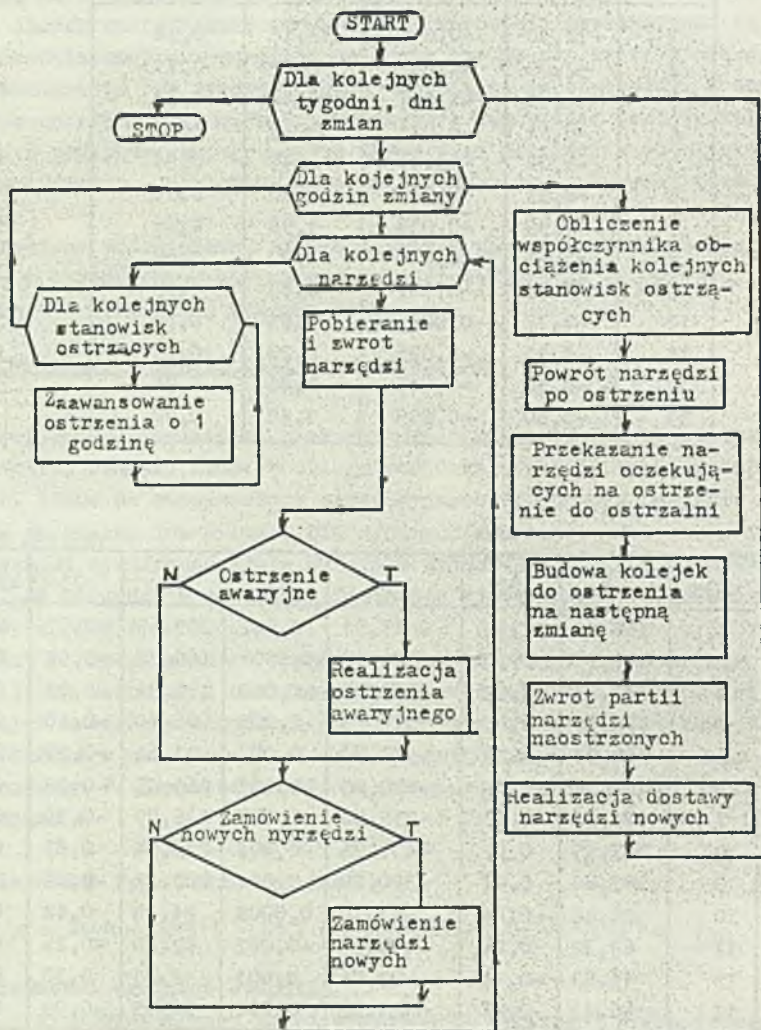
Tablica 1

Nr. narz.	A	B1	B2	Wsp. korelacji
1	-12,30	-0,016	13,16	0,96
2	-2,00	-0,012	2,92	0,77
3	-6,26	-0,017	7,14	0,92
4	-8,51	-0,015	9,45	0,82
5	-5,08	-0,040	6,13	0,91
6	-8,95	-0,025	9,98	0,91
7	-4,92	-0,036	5,96	0,86
8	-5,96	-0,018	6,99	0,88
9	-7,54	-0,017	8,43	0,95
10	-4,37	-0,023	5,51	0,90
11	-4,21	-0,025	5,28	0,91
12	-0,50	-0,015	1,46	0,78
13	-0,60	-0,005	1,40	0,78

Tablica 2

Nr. narz.	A	B1	B2	C1	C2	C3	Wsp. korel.
1	218,64	0,58	-457,51	-0,002	239,69	-0,57	0,99
2	140,97	0,50	-309,17	0,000	169,39	-0,52	0,99
3	258,33	0,02	-532,40	0,000	274,92	-0,03	0,97
4	572,32	0,35	-1177,75	0,001	606,60	-0,40	0,95
5	32,03	0,11	-72,24	0,007	41,65	-0,27	0,98
6	238,31	0,34	-498,90	-0,007	261,43	-0,28	0,99
7	119,86	0,43	-255,94	-0,009	136,89	-0,35	0,97
8	207,15	0,02	-431,26	-0,004	224,54	0,07	0,94
9	187,80	0,07	-390,29	-0,001	203,32	-0,07	0,99
10	20,42	-0,44	-43,70	0,0005	24,38	0,42	0,97
11	69,32	0,27	-151,20	-0,002	82,80	-0,26	0,97
12	11,63	-0,44	-23,06	0,001	12,81	0,38	0,99
13	56,42	0,07	-121,66	0,000	66,33	-0,09	0,00

Przedstawiona w artykule metoda pozwoliła na określenie zależności współczynnika poprawkowego  $\rho$  od programu produkcyjnego  $P$  i stopnia zaopatrzenia produkcji w narzędzia  $\alpha$ . W zależności od potrzeb można przyjąć zależności liniowe lub potęgowe / kwadratowe / kierując się wielkością współczynnika korelacji.



Rys. 2. Schemat blokowy programu symulacyjnego.



## 5. Wnioski:

Metoda współczynników poprawkowych daje wyniki nie gorsze od metod dotychczas stosowanych, nie wymagając zbierania i przetwarzania dużej liczby danych statystycznych.

W oparciu o przedstawioną metodę istnieje możliwość określenia liczby narzędzi niezbędnych do wykonania zadanej produkcji z określonym z góry / zadanym / stopniem zaopatrzenia produkcji w narzędzia.

Omówiona metoda pozwolić może na określenie współczynników poprawkowych dla innych parametrów gospodarki narzędziowej takich jak :

- poziom zamawiania B,
- poziom ostrzenia swaryjnego  $I_{aw}$ ,
- ilość stanowisk ostrzących M niezbędnych do obsługi posiadanych narzędzi itp.

Przedstawiony model pozwala na sprawdzenie dokładności uzyskanych zależności przed ich praktycznym zastosowaniem.

## LITERATURA

- [1] M. Bielut - Symulacyjny model zaopatrywania produkcji w narzędzia - Seminarium Metody Analizy Systemów Technicznych - Kraków 1980.
- [2] M. Bielut - Bewertung von verschiedenen strategien der Festlegung der Reihenfolge des Werkzeugscharfschleifens - Seminarium Metody Analizy Systemów Technicznych - Kraków 1983.
- [3] J. Cyklis, M. Bielut - Zastosowanie łańcuchów Markowa do określania zapotrzebowania na narzędzia - II Krajowa Konferencja Automatyzacji Dyskretnych Procesów Przemysłowych - ZN Politechniki Śląskiej, Automatyka z.54. Gliwice 1980.
- [4] T. Konowrocki - Sterowanie zakupami i zapasami w warunkach niepewności Przegląd Organizacji 1975, nr. 3.
- [5] T. Konowrocki - Symulator systemu sterowanie zaopatrzeniem produkcji w narzędzia - Przegląd Organizacji 1975 nr. 6.
- [6] I.K. Perskij - Awtomatizacja normiowania zapasów instrumenta i regulowanie imi - Mechanizacja i Awtomatizacja Proizwodstwa 1981 nr. 2.
- [7] W. Wornalkiewicz - Propozycja komputerowych metod kontroli i uzupełniania zapasów pomocy warsztatowych - Organizacja i Kierowanie 1981 nr.3-4.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ryszard Gassing

Wpłynęło do Redakcji do 30.03.1984r.

## ПОИСК РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ УПРАВЛЕНИЯ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ИНСТРУМЕНТА НА ЗАВОДЕ

## Р е з ю м е

В статье предпринята попытка определения оптимальных решающих правил а также последствий их применения в любых условиях реализации поставок новых инструментов и реализации процесса заточки в цехе заточки. Предложено дополнение детерминистических формул поправочными коэффициентами, учитывающими случайный характер выступающих в них величин.

Показано, что в случае уже употребляемых инструментов, метод поправочных коэффициентов даёт результаты не хуже, чем получаемые досих пор. Кроме этого сложность расчётов уменьшилась и не требует уже большего количества статистических данных как это было раньше.

## INVESTIGATION OF THE DECISION RULES OF TOOLS CIRCULATION IN THE FACTORY

## S u m m a r y

In the paper optimal decision strategies are found and the results of their application have been application in any conditions of new tools delivery realization and the realization of grinding in the faculty grinding-station. It has been suggested that correction coefficients, taking into account random character of included gantities, can be introduced to deterministic formulas, essential to operete and plan tools circulation. It has been stated that in the case of tools already applied amendment coefficient method give not worse results than of hitherto existing methods. Besides, the calculations are simpler and do not require many statistical dete es it has been up to now.