

ANALIZA DŁUGOŚCI CYKLU PRODUKCYJNEGO PARTII WYROBÓW W KONTEKŚCIE BILANSOWANIA ZDOLNOŚCI PRODUKCYJNEJ SYSTEMU WYTWÓRCZEGO

Arkadiusz GOLA

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki analizy długości cyklu produkcyjnego dla procesu wytwórczego partii części. Założono, iż przedmiotem produkcji jest partia części o zdefiniowanym procesie technologicznym. Analizy dokonano dla trzech wariantów spływu części w trakcie procesu, tj. układu szeregowego, szeregowo-równoległego oraz równoległego z założeniem zmienności wielkości partii transportowej. Jako kryteria oceny przyjętego modelu organizacji produkcji przyjęto: normatywną długość cyklu produkcyjnego oraz stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej analizowanego systemu wytwórczego.

Słowa kluczowe: cykl produkcyjny, zarządzanie produkcją, spływ produkcji, zdolność produkcyjna, system wytwórczy.

1. Wprowadzenie

Funkcjonowanie przedsiębiorstwa w gospodarce rynkowej nakłada presję nieustających starań mających na celu zwiększenie lub utrzymanie pozycji konkurencyjnej. Kluczowymi czynnikami, mającymi wpływ na poziom konkurencyjności przedsiębiorstwa są czynniki o charakterze finansowym (możliwość produkcji przy najniższych kosztach wytwarzania), jakościowym (możliwość produkcji wyrobów o ściśle określonych parametrach użytkowych) i czasowych (możliwość produkcji i dostarczania wyrobów w ściśle określonym – często możliwie najkrótszym - czasie) [6-8]. W konsekwencji rodzi to konieczność doskonalenia działań w każdej sferze przedsiębiorstwa poczynając od działań marketingowych aż do działań stricte produkcyjnych i logistycznych.

W większości przypadków, optymalizacja procesów realizowanych w obrębie przedsiębiorstwa związana jest z osiąganiem wzajemnie sprzecznych celów, gdzie dla przykładu: wyższa jakość produkcji oznacza wyższe koszty wytwarzania, krótszy czas realizacji zlecenia oznacza wyższe koszty wytwarzania i/lub magazynowania, itp. [15]. Fakt ten stanowi konkretne wyzwanie zarówno na etapie doskonalenia procesów w istniejących zakładach produkcyjnych, jak też często dużo wcześniej, tj. na etapie projektowania systemów wytwórczych [9-10].

Jednym z zagadnień, które ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia kosztów wytwarzania jest zdolność przedsiębiorstwa do maksymalnego wykorzystania posiadanych zdolności produkcyjnych [16-17]. Niepełne wykorzystanie potencjału produkcyjnego przedsiębiorstwa powoduje bowiem wzrost kosztu przeciętnego ponad poziom niezbędny do wytworzenia jednostki produktu, a takie przedsiębiorstwa mogą osiągać niższe od optymalnych wyniki ekonomiczne [1]. Fakt ten nabiera szczególnego znaczenia zwłaszcza w momencie, gdy przedmiotem projektowanego systemu produkcyjnego są nowoczesne

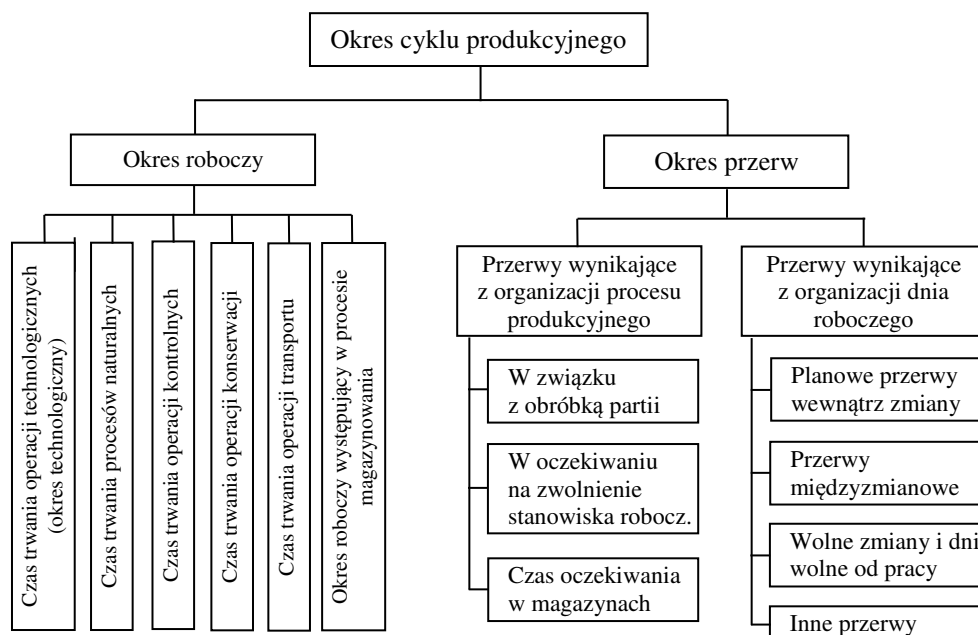
maszyny i urządzenia technologiczne, których zakup związany jest z poniesieniem wielomilionowych wydatków [4, 11].

Z drugiej jednak strony należy pamiętać, iż dążenie do maksymalizacji obciążenia maszyn (będące często jednym z podstawowych kryteriów optymalizacji opracowywanych harmonogramów produkcji), powoduje wydłużenie długości cyklu produkcyjnego określonego zlecenia (dla jednego lub partii wyrobów) co jest sprzeczne z założeniami nowoczesnych filozofii i metod zarządzania produkcją traktujących czas realizacji zlecenia produkcyjnego jako kluczowy czynnik decydujący o możliwości budowania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa [5].

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę analizy wpływu sposobu zapuszczania produkcji na długość cyklu produkcyjnego oraz obciążenie obrabiarek w analizowanym systemie produkcyjnym. Założono, iż w systemie produkowana będzie partia produkcyjna części o procesie technologicznym składającym się z pięciu operacji i czasów określonych przez technologa normistę. Dla potrzeb analizy założono stałą wielkość partii produkcyjnej równą $S = 100$ szt.

2. Pojęcie i metody kalkulacji cyklu produkcyjnego dla partii wyrobów prostych

Pod pojęciem cyklu produkcyjnego rozumie się okres pomiędzy rozpoczęciem a zakończeniem procesu produkcyjnego wyrobu, w którym surowiec lub materiał wyjściowy przechodząc kolejne fazy wytwarzania, przekształcany jest w gotowy wyrób [2]. Schemat struktury cyklu produkcyjnego ilustruje rysunku 1.



Rys. 1. Schemat struktury cyklu produkcyjnego

Źródło: [3]

Jak wynika z rysunku 1 okres technologiczny jest tylko jedną ze składowych w strukturze cyklu produkcyjnego. Wielkość cyklu produkcyjnego można określić

następującą zależnością [12]:

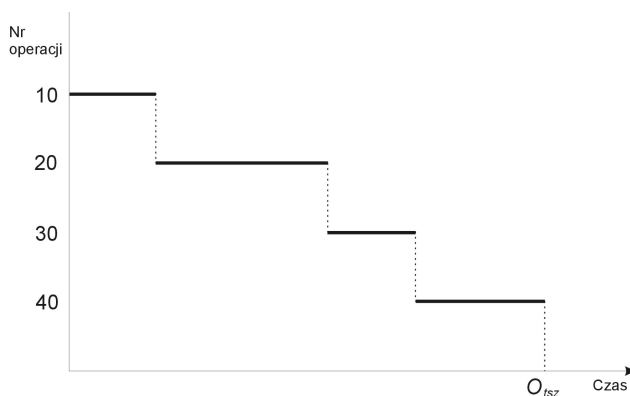
$$C_p = O_t + T_k + T_t + T_{os} + T_{om} + T_{od} \quad (1)$$

gdzie: C_p – cykl produkcyjny, O_t – okres technologiczny cyklu produkcyjnego, T_k – łączny czas trwania operacji kontrolnych, T_t – łączny czas trwania operacji transportowych, T_m – okres roboczy występujący w procesie magazynowania, T_{os} – łączny czas oczekiwania międzyoperacyjnego partii detali na zwolnienie stanowiska roboczego, T_{om} – łączny czas oczekiwania w magazynach kompletacyjnych, międzywydziałowych itp; T_{od} – okres przerw wynikających z organizacji dnia roboczego.

W strukturze cyklu produkcyjnego stosunkowo duży udział ma czas przerw, niemniej, ze względów organizacji procesu produkcyjnego wyrobu, istotnym zagadnieniem jest właściwe usytuowanie w czasie cząstkowych zadań w okresie trwania operacji technologicznych. Organizacja przepływu procesu ma istotne znaczenie w przemyśle maszynowym ze względu na dużą złożoność wyrobów oraz wytwarzanie ich w dużych seriach (partiach) produkcyjnych. Wybór formy ruchu (przekazywania) wyrobów ze stanowiska na stanowisko robocze, w trakcie trwania operacji technologicznych (faz technologicznych), może dotyczyć następujących układów [2, 12-14]:

- szeregowego (kolejnego),
- szeregowo-równoległego (kombinowanego),
- równoległego.

Szeregowy ruch partii od operacji do operacji lub stanowiska na stanowisko polega na tym, że obrabione części przekazywane są do następnej operacji po wykonaniu operacji poprzedniej na wszystkich S sztukach partii produkcyjnej. Układ taki, przy założeniu, że każda operacja wykonywana jest tylko na jednym stanowisku roboczym przedstawia rys. 2



Rys. 2. Schemat przebiegu obróbki partii części w układzie szeregowym

Okres technologiczny O_{tsz} partii części stanowi sumę czasów trwania wszystkich, kolejnych n operacji technologicznych:

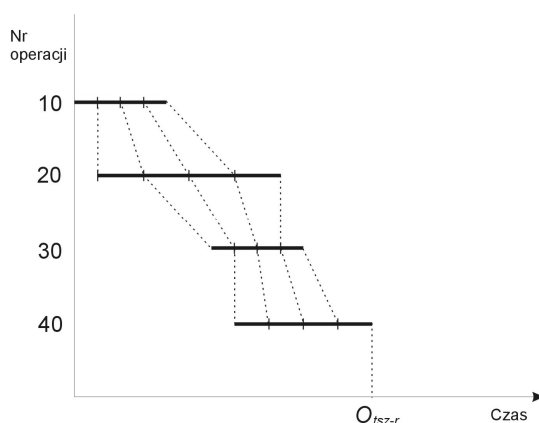
$$O_{tsz} = S * \sum_{j=1}^n t_j, \quad (2)$$

gdzie: S – wielkość partii produkcyjnej, t_j – czas jednostkowy j -tej operacji, n – kolejny numer operacji w procesie technologicznym części.

Układ szeregowy jest organizacyjnie najłatwiejszy do zrealizowania i stosowany przede wszystkim przy:

- krótkich czasach trwania operacji,
- małej wielkości partii produkcyjnej,
- niższym stopniu zorganizowania procesu produkcyjnego (technologiczna specjalizacja komórek produkcyjnych).

Szeregowo-równoległy ruch partii od operacji do operacji lub ze stanowiska na stanowisko polega na tym, że obrabiane detale przekazywane są do następnej operacji wcześniej niż zakończona jest operacja na wszystkich S sztukach partii. Wtedy części przekazywane są sukcesywnie, celowo wyodrębnionymi częściami partii produkcyjnej, tzw. partiami transportowymi, w celu utrzymania możliwie największej ciągłości obróbki na poszczególnych stanowiskach roboczych. Szeregowo-równoległy przebieg obróbki partii części, w porównaniu z przebiegiem szeregowym, zapewnia skrócenie okresu technologicznego cyklu produkcyjnego o sumę pokrywających się „zakładek” czasu a , b , c (rys. 3).



Rys. 3. Schemat przebiegu obróbki partii części w układzie szeregowo-równoległym

W układzie szeregowo-równoległym długość okresu technologicznego można obliczyć wykorzystując formułę:

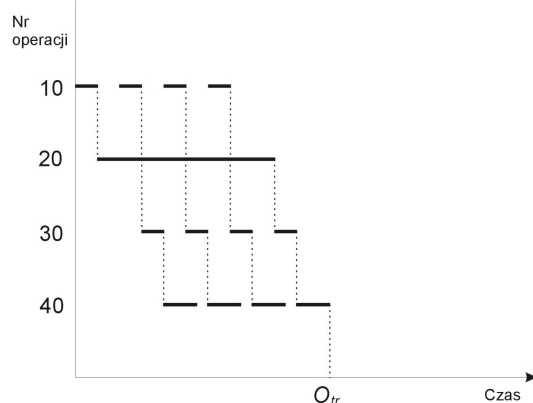
$$O_{tsz-r} = S * \sum_{j=1}^n t_j - (S - p_t) * \sum_{j=1}^{n-1} t_{mn/j; j-1/}, \quad (3)$$

gdzie: p_t – wielkość partii transportowej, $t_{mn/j; j-1/}$ – czas operacji mniejszej z w każdej, kolejnej parze porównywanych operacji.

Układ ten stosowany jest najczęściej w produkcji seryjnej przy:

- dużych programach produkcyjnych,
- długich czasach obróbki i bardzo zróżnicowanych (asynchroniczne procesy produkcyjne).

Równoległy ruch partii oznacza, iż poszczególne detale przechodzą na następną operację natychmiast po wykonaniu operacji podrzędnej, co stwarza sytuację, w której jedna partia jest w jednoczesnej, równoległej obróbce w różnych operacjach dla kilku stanowisk roboczych. Graficzną ilustracją tego układu jest rysunek 4.



Rys. 4. Schemat przebiegu obróbki partii części w układzie równoległym

$$O_{tr} = p_t * \sum_{j=1}^n t_j + (S - p_t) * t_{\max.j}, \quad (4)$$

gdzie: p_t – wielkość partii transportowej, $t_{mn/j-1}$ – czas operacji mniejszej w każdej kolejnej parze porównywanych operacji.

Jest on stosowany w najlepiej zorganizowanych procesach produkcyjnych (choć nie zawsze), w których istnieje możliwość synchronizacji zadań cząstkowych.

3. Wpływ organizacji procesu produkcyjnego na kształtowanie się wybranych parametrów organizacyjnych

3.1. Wpływ organizacji procesu na długość okresu technologicznego, liczbę operacji transportowych i liczbę przebrojeń

W celu oceny wpływu sposobu organizacji produkcji na kształtowanie się wybranych parametrów organizacyjnych, dla potrzeb analizy przyjęto założenie, że w systemie produkowana będzie część o numerze katalogowym WBP-05.001.00 o procesie technologicznym przedstawionym w tabeli. 1.

Tab. 1. Proces technologiczny części nr WBP-05.001.00

Nr oper.	Opis operacji	Stanowisko	t_{pz}	t_j
10	Frezowanie i nakiełkowanie	WCC80	0,4	0,01
20	Toczenie	TUD50	0,4	0,06
30	Gwintowanie	WKA25	0,45	0,07
40	Frezowanie	FND32	0,25	0,03
50	Szlifowanie	SWB25	0,45	0,25

Założono, iż celem realizacji procesu produkcyjnego jest wytworzenie partii produkcyjnej o liczebności 100 szt. ww. części.

Jak wynika ze specyfikacji form przebiegu produkcji, zaprezentowanych w punkcie 2, w układach szeregowo-równoległym i równoległym przekazywanie części ze stanowiska na stanowisko realizowane jest w partiach transportowych. W związku z powyższym w pierwszej kolejności skupiono się na analizie wpływu ilości i wielkości partii transportowej na długość okresu technologicznego części, ilość operacji transportowych, ilość operacji przebrojenia maszyn w trakcie procesu produkcyjnego oraz zajętość poszczególnych stanowisk roboczych w trakcie całego procesu produkcyjnego. Długość okresu roboczego, dla każdego z układów obliczono wykorzystując formuły (2), (3) i (4). Wyniki dla wybranych wielkości partii transportowej przedstawiono w tabeli 2.

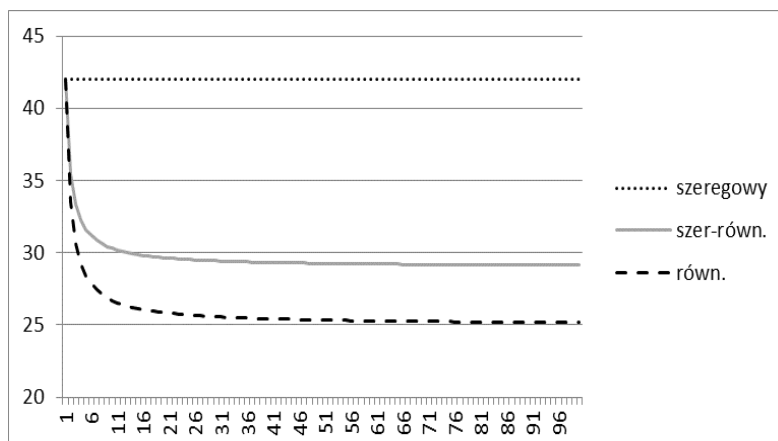
Tab. 2. Wpływ wielkości partii transportowej na długość okresu technologicznego, liczbę operacji transportowych i maksymalną liczbę przebrojeń w trakcie procesu produkcyjnego części nr WBP-05.001.00

Wielkość partii transport. [szt.]	Okres technologiczny [godz.]			Liczba operacji transportowych			Maksymalna liczba przebrojeń w trakcie procesu		
	szer.	szer.-równ.	równ.	szer.	szer.-równ.	równ.	szer.	szer.-równ.	równ.
100	42,00	42,00	42,00	4	4	4	5	5	5
50	42,00	35,50	33,50	4	8	8	5	5	9
25	42,00	32,25	29,25	4	16	16	5	5	17
20	42,00	31,60	28,40	4	20	20	5	5	21
10	42,00	30,30	26,70	4	40	40	5	5	41
5	42,00	29,65	25,85	4	80	80	5	5	81
4	42,00	29,52	25,68	4	100	100	5	5	101
2	42,00	29,26	25,34	4	200	200	5	5	201
1	42,00	29,13	25,17	4	400	400	5	5	401

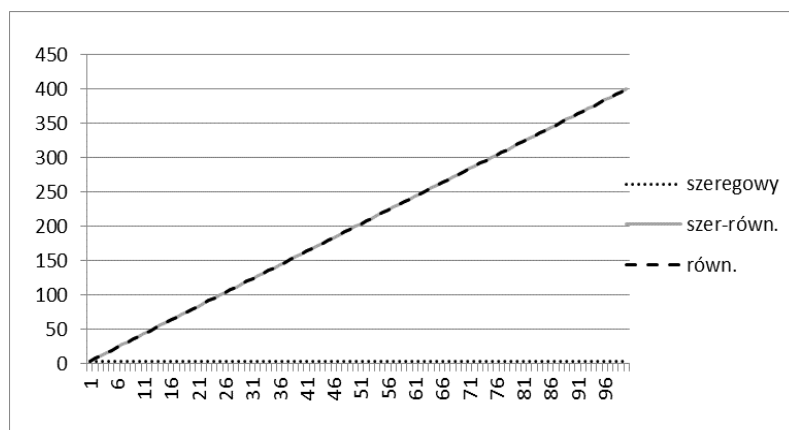
Jak wynika z przedstawionych powyżej wyników, ze względu na charakter układu szeregowego, długość okresu technologicznego obróbki partii części jest stała i wynosi 42 godz. niezależnie od liczby partii transportowych. W przypadku układów szeregowo-równoległego i równoległego długość okresu technologicznego ulega zmniejszeniu wraz ze zwiększaniem ilości partii transportowych. W przypadku organizacji produkcji opartej o zasadę ciągłego przepływu (*One-piece-flow*), w układzie szeregowo-równoległym długość okresu technologicznego wynosi 29,13 godziny (co stanowi skrócenie o 30,64% w stosunku do układu szeregowego), natomiast w układzie równoległym: 25,17 godziny (co stanowi skrócenie o 40,07% w stosunku do układu szeregowego). Jednakże, co zostało pokazane na rysunku 5 skracanie długości okresu technologicznego ma charakter nieproporcjonalny, co stanowi istotną kwestię przy decyzji o określeniu odpowiedniej wielkości partii transportowej.

Możliwość skrócenia okresu technologicznego (a tym samym długości cyklu produkcyjnego) obróbki partii części ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia kształtowania poziomu obsługi logistycznej klienta. Krótszy okres technologiczny w praktyce oznacza możliwość szybszej realizacji zlecenia produkcyjnego, co w wielu przypadkach decyduje o pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa na rynku. Jednakże, jak wynika, z wyników przedstawionych w tabeli 1 wraz ze wzrostem ilości partii transportowych (a tym samym skracaniem okresu technologicznego) następuje wzrost

ilości operacji transportowych. Wzrost ten ma charakter proporcjonalny co zostało pokazane na rysunku 6.



Rys. 5. Zależność pomiędzy liczbą partii transportowych a długością okresu technologicznego w różnych formach organizacji procesu produkcyjnego

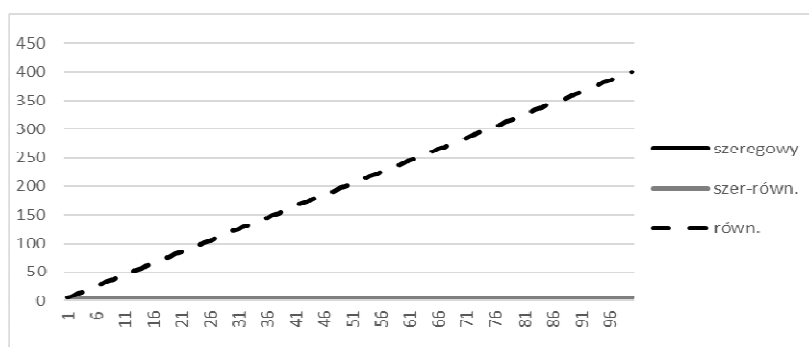


Rys. 6. Zależność pomiędzy liczbą partii transportowych a liczbą operacji transportowych w różnych formach organizacji procesu produkcyjnego

W konsekwencji decyzja o wyborze układu szeregowo-równoległego lub równoległego z jednoczesnym zmniejszaniem wielkości partii transportowej powoduje korzystny skutek w postaci skrócenia okresu technologicznego, z jednoczesnym niekorzystnym skutkiem w postaci zwiększenia ilości partii transportowych (co ma znaczenie zwłaszcza w przypadku dużych odległości pomiędzy stanowiskami na hali produkcyjnej).

Idąc dalej - największe skrócenie okresu technologicznego możliwe jest przy zastosowaniu równoległego układu spływu części w procesie produkcyjnym. Jednakże jak wynika, z charakteru układu równoległego, układ ten pociąga za sobą niekorzystne skutki w postaci przerw pomiędzy obróbką kolejnych partii transportowych części. Chęć wykorzystania stanowisk roboczych w przerwach pociąga za sobą konieczność

każdorazowego przebrojenia stanowiska, co również stanowi niekorzystny skutek (przebrojenie maszyny – mimo jej zajętości – nie stanowi wartości dodanej z punktu widzenia realizowanej działalności produkcyjnej). Jak wynika z rysunku 7 – wraz ze zmniejszaniem ilości partii transportowych proporcjonalnie zwiększa się ilość operacji przebrojenia – w konsekwencji powodując wzrost kosztów produkcji.



Rys. 7. Zależność pomiędzy liczbą partii transportowych a maksymalną liczbą przebrojeń w różnych formach organizacji procesu produkcyjnego

Jak zostało to wyżej powiedziane – operacje przebrojenia stanowią niepożądane zjawisko w trakcie organizacji procesu. Generują one bowiem koszty (koszt robocizny bezpośredniej pracownika przebrającego) – nie dając wartości dodanej w postaci postępu procesu produkcyjnego części. Aby zilustrować skalę problemu przyjmijmy, że produkcja ww. części odbywać się będzie w układzie równoległym przy wielkości partii transportowej $pt=5$ szt. Tym samym w trakcie procesu wystąpi 81 operacji przebrojenia (20 w przypadku operacji 10, 20 w przypadku operacji 20, 20 w przypadku operacji 30, 20 w przypadku operacji 40 i 1 w przypadku operacji 50) o łącznym czasie 30,45 godz. Przyjmując założenie minimalnego wynagrodzenia (2100 zł brutto/miesięcznie), całkowity koszt pracodawcy związany z realizacją operacji przebrojeń będzie wynosił 503,03 zł (30,45 godz. * 16,52 zł/szt.) – co w konsekwencji spowoduje wzrost jednostkowego kosztu wytworzenia części o 5,03 zł za sztukę.

3.2. Wpływ organizacji procesu na stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej systemu

Stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej systemu obliczono wykorzystując formuły na rzeczywistą i efektywną zajętość stanowiska roboczego. W przypadku rzeczywistej zajętości stanowiska analizie poddawana jest zajętość związana zarówno z czasem obróbki, jak też czasami przygotowawczo-zakończeniowymi. W związku z powyższym współczynnik rzeczywistej zajętości stanowiska roboczego obliczono ze wzoru:

$$\eta_{j(rz)} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pz} + \sum_{i=1}^n (pt * t_j)}{O_t} \quad (5)$$

gdzie: $\eta_{j(rz)}$ – współczynnik rzeczywistej zajętości stanowiska roboczego, pt – wielkość partii transportowej, O_t – długość okresu technologicznego dla wybranej formy splotu części.

W przypadku oceny efektywnej zajętości stanowiska roboczego, pod uwagę brany jest wyłącznie czas obróbki części na stanowisku roboczym. Podejście takie wynika z faktu, iż czas przebrojenia maszyny nie stanowi wartości dodanej z punktu widzenia ekonomiki realizowanego procesu produkcyjnego. W związku z powyższym formuła, według której obliczono wartość efektywnej zajętości stanowiska roboczego przyjmuje postać:

$$\eta_{j(ef)} = \frac{\sum_{i=1}^n (pt * t_j)}{O_i} \quad (6)$$

gdzie: $\eta_{j(ef)}$ – współczynnik rzeczywistej zajętości stanowiska roboczego.

W związku z nieprzerywanym procesem obróbki całej partii produkcyjnej w układzie szeregowym (zob. rys. 2) oraz stałą długość okresu technologicznego, niezależnie od ilości i wielkości partii transportowych (tab. 3) w obydwu tych układach niezależnie od ilości partii transportowych występuje stała liczba przebrojeń w ciągu całego procesu produkcyjnego. Wskaźniki stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej w szeregowym układzie spływu części przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 3. Wskaźniki stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnych przy szeregowym układzie spływu części

	WCC80	TUD50	WKA25	FND32	SWB25
Σt_{pz} [godz.]	0,4	0,4	0,45	0,25	0,45
$pt * t_j$ [godz.]	1,0	6,0	7,0	3,0	25,0
$\eta_{j(rz)}$ [%]	3,333	20,00	23,28	10,16	79,53
$\eta_{j(ef)}$ [%]	3,125	18,75	21,875	9,375	78,125

W przypadku układu szeregowo-równoległego, podobnie jak w układzie szeregowym, ze względu na ciągłość procesu produkcji na każdym ze stanowisk w systemie produkcyjnym (zob. rys. 3) występuje jednorazowy nakład czasu przygotowawczo-zakończeniowego oraz stały czas obróbki całej partii produkcyjnej części. Niemniej jednak, ze względu na zmienną długość okresu technologicznego – zależną od liczby i wielkości partii transportowej zmianie ulegają również wskaźniki stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej systemu (tab. 4).

Tab. 4. Wskaźniki stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnych przy szeregowo-równoległym układzie spływu części

pt	WCC80		TUD50		WKA25		FND32		SWB25	
	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]
100	3,33	2,38	15,24	14,29	17,74	16,67	7,74	7,14	60,60	59,52
50	3,94	2,82	18,03	16,90	20,99	19,72	9,15	8,45	71,69	70,42
25	4,34	3,10	19,84	18,60	23,10	21,71	10,08	9,30	78,91	77,52
20	4,43	3,16	20,25	18,99	23,58	22,15	10,28	9,49	80,54	79,11
10	4,62	3,30	21,12	19,80	24,59	23,10	10,73	9,90	83,99	82,51
5	4,72	3,37	21,59	20,24	25,13	23,61	10,96	10,12	85,83	84,32
4	4,74	3,39	21,68	20,33	25,24	23,71	11,01	10,16	86,21	84,69
2	4,78	3,42	21,87	20,51	25,46	23,92	11,11	10,25	86,98	85,44
1	4,81	3,43	21,97	20,60	25,58	24,03	11,16	10,30	87,37	85,82

Zdecydowanie najbardziej skomplikowana sytuacja występuje w przypadku równoległego układu spływu części w trakcie procesu produkcyjnego. Mamy tu bowiem do czynienia z sytuacją, w której na wszystkich stanowiskach (z wyjątkiem ostatniej operacji) występują przerwy w trakcie procesu produkcyjnego. Zakładając, iż w trakcie niniejszych przerw mogą być wykonywane zadania produkcyjne na innych wyrobach, każdorazowe „wznowienie” produkcji wiąże się z koniecznością przezbrowania stanowiska roboczego. Tym samym liczba operacji przezbrowania rośnie proporcjonalnie do liczby partii transportowych (zob. tab. 2), co znajduje swoje odzwierciedlenie w wielkości współczynnika rzeczywistej zajętości stanowiska roboczego (tab. 5).

Tab. 5. Wskaźniki stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnych przy równoległym układzie spływu części

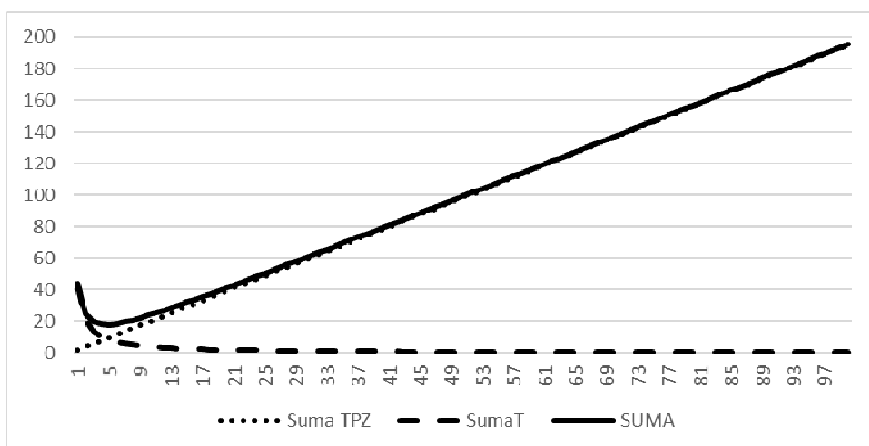
pt	WCC80		TUD50		WKA25		FND32		SWB25	
	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]	$\eta_{j(rz)}$ [%]	$\eta_{j(ef)}$ [%]
100	3,33	2,38	15,24	14,29	17,74	16,67	7,74	7,14	60,60	59,52
50	3,88	1,49	11,34	8,96	13,13	10,45	5,97	4,48	40,00	37,31
25	6,32	0,85	10,60	5,13	12,14	5,98	5,98	2,56	27,52	21,37
20	7,75	0,70	11,27	4,23	12,85	4,93	6,51	2,11	25,53	17,61
10	15,36	0,37	17,23	2,25	19,48	2,62	10,49	1,12	26,22	9,36
5	31,14	0,19	32,11	1,16	36,17	1,35	19,92	0,58	39,65	4,84
4	39,10	0,16	39,88	0,93	44,90	1,09	24,81	0,47	47,70	3,89
2	79,01	0,08	79,40	0,47	89,34	0,55	49,57	0,24	90,77	1,97
1	159,0	0,04	159,2	0,24	179,1	0,28	99,4	0,12	179,8	0,99

Jak pokazują wyniki - wraz ze wzrostem liczby partii transportowych (a tym samym zmniejszenia liczności partii transportowej) następuje zdecydowany wzrost wartości wskaźnika rzeczywistej zajętości stanowiska roboczego przy jednoczesnym spadku wartości wskaźnika efektywnej zajętości stanowiska roboczego. Wskazuje to na niekorzystne zjawisko, w którym zajętość stanowiska powodowana jest przez operacje przezbrowania. Dla przykładu przy wielkości partii transportowej liczącej 2 sztuki zajętość stanowiska WCC80 wynosi 79,01% długości okresu technologicznego, z czego tylko 0,08% czasu stanowi czas obróbki części (pozostały czas przeznaczony jest na operacje przezbrowania maszyn).

Dokonując analizy zależności pomiędzy liczbą partii transportowych sumarycznym czasem poświęconym na przezbrowania maszyn oraz sumarycznym czasem procesu obróbki widać, można stwierdzić iż sumaryczny czas przezbrowania maszyn (Suma TPZ) wzrasta proporcjonalnie wraz ze wzrostem liczby partii transportowych, podczas gdy sumaryczny czas obróbki detali (Suma T) maleje w tempie logarytmicznym (rys. 5). Przy łącznej analizie obydwu z ww. czasów występuje więc punkt siodłowy, który może stanowić kryterium wyboru liczby operacji transportowych.

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, sposób zapuszczania wyrobów do produkcji ma bezpośredni wpływ zarówno na długość cyklu produkcyjnego partii wyrobów, jak również stopień wykorzystania posiadanych zdolności produkcyjnych.



Rys. 5. Zależność pomiędzy liczbą partii transportowych sumarycznym czasem poświęconym na przebrojenia maszyn (Suma TPZ) oraz sumarycznym czasem procesu obróbki (Suma T)

Biorąc pod uwagę presję rynku związaną ze skracaniem terminów realizacji zamówienia, preferowanym układem wydaje się być równoległy układ spływu części w trakcie procesu. Niestety układ ten posiada dwie bardzo istotne wady w postaci rosnącej (wraz z liczbą partii transportowych) liczby operacji transportowych oraz brakiem ciągłości pracy na wybranych stanowiskach produkcyjnych. O ile pierwszy z ww. problemów można ograniczać poprzez reorganizację gniazda produkcyjnego w kierunku L i U-kształtnych linii produkcyjnych o tyle brak ciągłości nakłada realne problemy z bilansowaniem zdolności produkcyjnych maszyn i całego systemu produkcyjnego. Jak pokazują wykonane analizy, wraz ze zmniejszaniem liczby partii transportowych (co jest warunkiem skrócenia długości procesu technologicznego) automatycznie wzrasta liczba operacji przebrojenia, co powoduje dwa negatywne skutki w postaci rosnących kosztów przebrojenia (przekładających się na koszt produkcji wyrobu) oraz rosnącej rzeczywistej zajętości stanowiska roboczego w wyniku wielu operacji przebrojenia.

W konsekwencji wybór określonego układu spływu części w trakcie procesu produkcyjnego jest sprawą indywidualną, zależną od konkretnych warunków związanych z realizowanym zamówieniem oraz ograniczeniami danego przedsiębiorstwa. Przy wyborze któregoś z trzech przedstawionych powyżej układów należy uwzględnić realia przemysłowych procesów produkcyjnych, jak również stopień wykorzystania siły roboczej i środków pracy, zamrożenia środków obrotowych, stopnia złożoności procesów produkcyjnych, w których mimo wszystko należy dążyć do wyboru najracjonalniejszych form koordynacji przebiegu produkcji. W praktyce zwykle produkuje się wiele wyrobów równocześnie, co ma wpływ na wyznaczanie długości okresów technologicznych, związanych np. z kolejnością wykonywania operacji na stanowiskach, kolejnością uruchamiania produkcji partii różnych wyrobów i inne.

Literatura

- Więcek D.: Wpływ czynników kosztotwórczych na szacowanie kosztów produkcji elementów maszyn. Organizacja i zarządzanie: Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 2017 z. 101, s. 533-544.

2. Jasica G., Heinrich M.: Kształtowanie jakości wyrobu w procesie produkcyjnym, Problemy eksploatacji, nr 2/2012, s. 79-91.
3. Gola A., Małyшек E., Sobaszek Ł.: Logistyczne dylematy organizacji przepływu produkcji [w:] Świć A., Gola A.: Techniczno-organizacyjne aspekty projektowania procesów i urządzeń, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 2017, s. 52-65.
4. Szatkowski K. (red.): Nowoczesne zarządzanie produkcją. Ujęcie procesowe. PWN, Warszawa 2014.
5. Burduk A.: Modelowanie systemów narzędziem oceny stabilności procesów produkcyjnych. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2013.
6. Dudziak A., Zajac G.: Nowoczesne zarządzanie rozwojem produktu w kontekście integracji systemów informatycznych. Logistyka, 5, 2016, 115-120.
7. Lewandowski J., Skołod B., Plinta D.: Organizacja systemów produkcyjnych, PWE, Warszawa 2014.
8. Pająk E., Klimkiewicz M., Kosieradzka A.: Zarządzanie produkcją i usługami, PWE, Warszawa 2014.
9. Janik W. (red.): Rachunek kosztów w działalności produkcyjnej i usługowej. Wyd. Wyższej Szkoły Przedsiębiorczości i Administracji, Lublin, 1999.
10. Gola A, Świć A., Kramar V.: A multiple-criteria approach to machine-tool selection for focused flexibility manufacturing systems, Management and Production Engineering Review (2011), Vol. 2, No. 4, pp. 21-32.
11. Gola A., Świć A.: Directions of Manufacturing Systems' Evolution from the Flexibility Level Point of View, [w:] R. Knosala (ed.) Innovations in Management and Production Engineering. Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2012, 226-238.
12. Czerska J.: Pozwól płynąć swojemu produktowi. Tworzenie ciągłego przepływu. Wyd. Placet, Warszawa, 2011.
13. Brzeziński M.: Organizacja produkcji w przedsiębiorstwie, Wyd. Difin, Warszawa 2013.
14. Lis S.: Organizacja i ekonomika procesów produkcyjnych w przemyśle maszynowym, PWN, Warszawa 1984.
15. Knosala R. (red.): Inżynieria produkcji. Kompendium wiedzy. PWE, Warszawa 2017.
16. Gawlik J., Plichta J., Świć A.: Procesy produkcyjne, PWE, Warszawa 2013.
17. Durlik I.: Inżynieria zarządzania. Cz. I. Wyd. Placet, Warszawa 2007.

Dr inż. Arkadiusz GOLA
Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych
Wydział Mechaniczny
Politechnika Lubelska
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36
tel.: (0-81) 538 45 35
e-mail: a.gola@pollub.pl