

DYLEMATY WYZNACZANIA WIELKOŚCI PARTII PRODUKCYJNEJ W PRZEDSIĘBIORSTWACH Z SEKTORA MŚP

Monika KULISZ, Arkadiusz GOLA

Streszczenie: Wielkość partii produkcyjnej jest jednym z kluczowych parametrów w procesie planowania i organizacji produkcji – wpływa on bowiem zarówno na wybór sposobu zarządzania produkcją, jak też kluczowe parametry wyjściowe procesu takie jak długość cyklu produkcyjnego czy wysokość kosztów wytwarzania. Choć w literaturze przedmiotu przedstawianych jest wiele metod wyznaczania wielkości partii produkcyjnej dostępne rozwiązania rzadko znajdują zastosowanie w realiach przemysłowych. W niniejszym artykule podjęto próbę analizy wybranych metod wyznaczania wielkości partii produkcyjnej z punktu widzenia trudności w ich praktycznym zastosowaniu. Analizy dokonano przez pryzmat przedsiębiorstw produkcyjnych z sektora MŚP.

Słowa kluczowe: organizacja produkcji, partia produkcyjna, optymalizacja, minimalizacja kosztów.

1. Wprowadzenie

Globalizacja gospodarcza, która postępuje począwszy od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia, powoduje coraz to ostrzejsze warunki konkurencji na rynku dóbr i usług [1]. W wielu przypadkach głównym czynnikiem przewagi konkurencyjnej a tym samym kryterium celu produkcji stają się minimalizacja czasu i kosztu produkcji [2]. Przedsiębiorstwa, chcąc zaspokoić potrzeby konsumentów muszą sprawnie realizować procesy produkcyjne przy jednoczesnym zapewnieniu minimalnych kosztów wytwarzania [3]. W konsekwencji wymagania te narzucają wymóg zmiany podejścia zarówno w obszarze projektowania systemów produkcyjnych, jak też organizacji produkcji [4-6].

W szczególnej sytuacji pozostają małe i średnie przedsiębiorstwa, które z jednej strony - w porównaniu do dużych przedsiębiorstw – posiadają przewagę w elastyczności i dynamice działania – z drugiej jednak mają ograniczony dostęp do zaawansowanych narzędzi wspomagających proces zarządzania produkcją [7]. W rezultacie organizacja i sterowanie procesami produkcyjnymi oparte są na intuicji doświadczonych pracowników, którzy w procesie podejmowania decyzji wykorzystują proste metody i narzędzia - często wykorzystując wyłącznie proste formuły matematyczne i podstawowe oprogramowanie biurowe. Tym samym wyzwaniem nauki w obszarze zarządzania produkcją staje się nie tylko opracowywanie zaawansowanych matematycznie i technologicznie metod i narzędzi ale też poszukiwanie prostych rozwiązań mogących stanowić wsparcie dla przedsiębiorstw o ograniczonych zasobach technicznych i finansowych [8].

Jako przykład problemu decyzyjnego o wysokiej istotności z punktu widzenia realiów przemysłowych [4], a także aktualności w obszarze badań naukowych [9], w niniejszym artykule pojęto zagadnienie wyznaczania wielkości partii produkcyjnej. Jak wynika z doświadczeń autorów, mimo iż w literaturze dostępnych jest co najmniej kilka prostych analitycznych metod wyznaczania wielkości partii produkcyjnych – przedsiębiorstwa w codziennej działalności rzadko sięgają do formalnych metod analitycznych. Otwartym

pozostaje więc pytanie: *Jakie ograniczenia mogą mieć wpływ na niski poziom implementacji dostępnych metod kalkulacji wielkości partii produkcyjnej w działalności operacyjnej przedsiębiorstw (zwłaszcza tych z sektora MSP)?*

2. Istota i cele wyznaczania partii produkcyjnej

Mimo, iż pojęcie partii produkcyjnej jest powszechnie znane, w literaturze nie istnieje jednoznaczna definicja tego pojęcia. Przykładem mogą tu być chociażby definicje podawane przez J. Burshe'a, który partię produkcyjną definiuje jako „*ilość przedmiotów obrabianych w kolejności na jednym stanowisku roboczym, bez przerw na wykonanie innych czynności produkcyjnych*” [10] czy też B. Liwowskiego i R. Kozłowskiego, którzy partię produkcyjną rozumieją jako „*łączną liczbę wyrobów tego samego rodzaju (czyli część serii) wykonanych w określonym ciągu technologicznym bez przerw, w których ciąg ten zajmowałby się wytwarzaniem innych produktów*” [11]. W ramach niniejszego opracowania oparto się na definicji M. Brzezińskiego, według której pod pojęciem partii produkcyjnej rozumie się „*liczbę detali wykonywanych w ścisłej kolejności przy jednorazowym nakładzie czasu przygotowawczo-zakończeniowego*” [12].

Zgodnie z [13] wielkość partii produkcyjnej należy dobierać tak, aby odpowiadała ona ilościowym zadaniom produkcyjnym (programom produkcyjnym) oraz ekonomicznym wymaganiom produkcji wykonywanej w realnych, techniczno-organizacyjnych warunkach przebiegu procesu produkcyjnego. Przy jej wyborze zachodzi więc konieczność uwzględniania wielu czynników, które wymagają odmiennych decyzji, przemawiających za zwiększaniem wielkości partii produkcyjnej lub na odwrót, wymagających jej minimalizacji.

Zwiększenie partii produkcyjnej może pociągać za sobą zarówno korzystne, jak i niekorzystne skutki. Do skutków korzystnych zalicza się [12-14]:

- zmniejszenie nakładów na ustawienie i przygotowanie produkcji w przeliczeniu na jednostkę produkcji,
- wykorzystanie w większym stopniu dysponowanego funduszu czasu pracy stanowisk roboczych poprzez zmniejszenie czasu przebrojeń,
- zwiększenie wydajności pracy robotników w wyniku tzw. produkcyjnego uczenia się,
- zmniejszenie kosztów produkcji związane z wymienionymi wyżej czynnikami,
- uproszczenie organizacji i zarządzania produkcją, zwłaszcza planowania operatywnego, ewidencji produkcji, zarządzania dyspozytorskiego itp.

Do skutków niekorzystnych należą zaś [12-14]:

- wydłużenie cyklu produkcyjnego,
- zwiększenie zapasów produkcji w toku, potrzebnej powierzchni i pomieszczeń produkcyjno-magazynowych,
- wzrost zamrożenia środków obrotowych i odsetek od kredytu na środki obrotowe, opodatkowania zapasów itp.,
- zmniejszenie elastyczności procesu produkcyjnego i jego adaptabilności.

Ponadto, idąc za Bursche, przy doborze partii produkcyjnej wyrobu należy uwzględnić następujące czynniki [15]:

- partia produkcyjna wyrobu powinna zawierać taką liczbę sztuk, aby stanowiskochłonność (pracochłonność) wykonania zasadniczych operacji nie była mniejsza od jednej zmiany roboczej (ze względu na wprawę pracownika),

- partia wyrobu winna być tak dobrana, aby jej okres powtarzalności równał się wielokrotności dnia roboczego (ze względu na ułatwienie ewidencji),
- partie produkcyjne różnych detali wykonywanych w jednej komórce produkcyjnej powinny mieć równe okresy powtarzalności lub okresy te powinny stanowić wzajemne wielokrotności,
- przy produkcji na automatach lub innych urządzeniach o dużym czasie wymiany narzędzi pożądane jest, aby stanowiskochłonność partii produkcyjnej odpowiadała okresowi trwałości narzędzi,
- w przypadku urządzeń o dużej zmienności wykonywanych na nich operacji, zbyt małe wielkości partii produkcyjnych mogą spowodować zbyt duże udziały czasu przebrojeń, co może sprawić, że zaplanowana produkcja nie zostanie wykonana w okresie dysponowanego funduszu czasu tego urządzenia, a aby temu zapobiec należy obliczyć dla tego urządzenia minimalny okres powtarzalności, a następnie wielkości minimalnych partii produkcyjnych.

W konsekwencji niewiele jest chyba problemów, które trudniej jest krótko i przejrzysto objaśnić, niż znaczenie określania wielkości partii produkcyjnej [16, 17].

3. Metody wyznaczania wielkości partii produkcyjnej

Początki zainteresowania problematyką optymalizacji wielkości partii produkcyjnej sięgają roku 1914 i związane są z tak zwanym wzorem Harrisa – w literaturze często znanego jako formuła Wilsona [18]. Jego idea opiera się na możliwości zaadoptowania formuł umożliwiających optymalizację wielkości partii dostawy dla potrzeb określania wielkości partii produkcyjnej. W przeciągu ostatnich stu lat powstało bardzo wiele wzorów i modeli optymalizacji wielkości dostawy [16]. Najbardziej znanymi i rozpowszechnionymi w literaturze (zob. np. [9,16,17]) sposobami określania wielkości partii są metody opisane przez Josepha Orlicky'ego, który wyróżnił dziewięć głównych metod [11 za: 17]:

- stała wielkość partii (ang. *fixed order quantity*),
- partia na partię (ang. *lot for lot*),
- partia pokrywająca zapotrzebowanie okresowe (ang. *fixed period requirements*),
- zmienna wielkość partii (stały cykl zamawiania) (ang. *period order quantity*),
- minimalny koszt jednostkowy (ang. *least unit cost*),
- minimalny koszt całkowity (ang. *leasts total cost*),
- partia okresowo bilansowana (ang. *part period balancing*),
- algorytm Wagnera-Within'a (ang. *Wagner-Within algorithm*).

Metoda stałej wielkości partii może być wykorzystana dla każdego wyrobu, ale w praktyce powinna być ograniczona tylko do wybranej grupy wyrobów. Jest odpowiednia dla wyrobów z wystarczająco wysokim kosztem zamawiania, dla wykluczenia zamawiania, okres za okresem, według wielkości zapotrzebowań.

Metoda ekonomicznej wielkości partii może być traktowana jako szczególny przypadek poprzedniej metody, w którym wielkość partii określona jest na podstawie rachunku ekonomicznej wielkości partii kalkulowanej według formuły (1) [9].

$$EWP = \sqrt{\frac{2 * K_{zp} * U}{I * K_j}}, \quad (1)$$

gdzie: K_{zp} – koszt uruchomienia produkcji/koszt zamówienia; U – średnie roczne zapotrzebowanie I – koszt utrzymania zapasów rocznie (współczynnik), K_j – jednostkowy koszt wytworzenia.

Idea formuły EWP polega na poszukiwaniu optimum kosztów utrzymania zapasów i kosztów składania zamówień.

Metoda partia na partię określana jest jako zamawianie dyskretne. Jest najłatwiejszą i najprostszą ze wszystkich istniejących metod określania wielkości partii. Zapewnia pokrycie zapotrzebowań na okres za okresem, a planowane wielkości zamówień są zawsze równe wielkościom pokrywanych zapotrzebowań.

Metoda partii pokrywającej zapotrzebowanie okresowe jest równoważna z zasadą „X miesięczny zapas”. Jej racjonalną podstawą jest to, iż okres pokrycia może być określony przypadkowo lub intuicyjnie. W obrębie tej metody użytkownik określa, ile okresów powinno pokryć każde planowane zamówienie.

Metoda zmiennej wielkości partii opiera się na logice EWP, zmodyfikowanej dla wykorzystania w warunkach dyskretnego zmiennego popytu. Wykorzystując znany przyszły popyt przedstawiany przez harmonogram zapotrzebowań dla danego wyrobu, obliczany jest EWP według standardowej formuły, określając liczbę zamówień, które powinny być umiejscowione w ciągu okresu planistycznego.

Metoda partii o najmniejszym koszcie jednostkowym zakłada minimalizację łącznych kosztów produkcji i magazynowania. Ma charakter iteracyjny, ponieważ bada się w niej kilka wariantów, w celu znalezienia rozwiązania optymalnego.

Metoda partii o najmniejszym koszcie całkowitym opiera się na teoretycznym założeniu, że suma kosztów produkcji i kosztów utrzymania zapasów będzie minimalna dla wszystkich partii w ciągu planowanego okresu, jeśli wartości tych kosztów będą do siebie zbliżone.

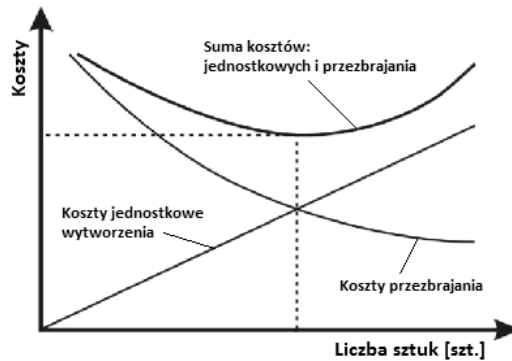
Metoda partii okresowo bilansowanej opiera się na identycznych założeniach jak metoda najmniejszego kosztu całkowitego. Jedynym odstępstwem jest dodanie rutynowej regulacji nazywanej „patrz w przód/patrz w tył”.

Algorytm Wagnera-Within'a oparty jest na procedurze optymalizacji programowania dynamicznego i ocenia wszystkie możliwe warianty zamawiania dla pokrycia zapotrzebowań w każdym okresie omawianego horyzontu planistycznego.

Nieco inne sposoby kalkulacji wielkości partii produkcyjnej zaproponował M. Brzeziński [12-14]. W szczególności sformułował on następujące metody:

- metoda minimalnych kosztów produkcji S_{opt} ;
- metoda udziału czasu przebrojenia S_{ek} ;
- metoda według okresu powtarzalności rytmicznej produkcji S_i .

Metoda minimalnych kosztów produkcji S_{opt} opiera się na określeniu optymalnej partii produkcyjnej, przy której jednostkowy całkowity koszt wytwarzania przyjmuje wartość najmniejszą [12].



Rys. 1. Wykres kosztów produkcji w zależności od wielkości partii produkcyjnej [19]

W metodzie tej, ekonomiczną wielkość partii produkcyjnej dla poszczególnych operacji technologicznych określa się wg formuły (2) [20]:

$$S_{opt} = \sqrt{\frac{K_p * 200 * N_w}{K_{uz} * p * F_j}}, \quad (2)$$

gdzie: p – stopa procentowa płacona z tytułu zamrożenia środków obrotowych w ciągu jednej godziny (przyjmuje się godzinę jako okres rozliczeniowy),

$$p = \frac{p_r}{8760}, \quad (3)$$

p_r – roczna stopa procentowa, K_p – koszty przeobrażenia maszyny w celu wykonania danej operacji, K_{uz} – wielkość środków ulegających zamrożeniu w (po) danej operacji, N_w – roczny program produkcyjny wyrobu, F_j – ujednoczony roczny fundusz czasu pracy j -tego stanowiska.

Optymalna wielkość partii produkcyjnej dla całego procesu produkcyjnego obliczana jest na podstawie formuły (4) [20]:

$$S_{opt} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n K_{pj} * 200 * N_w}{\sum_{j=1}^n K_{uzj} * p * F_j}}, \quad (4)$$

gdzie: j – numer kolejnej operacji, K_{uzj} – wielkość środków ulegających zamrożeniu w całym procesie technologicznym, N_w , p , F_j – określenia jak powyżej.

Metoda udziału czasu przeobrażenia, nazywana jest również m.in. metodą techniczno-ekonomiczną. Opiera się ona założeniu, że czas przygotowawczo-zakończyeniowy do czasu wykonania danej partii nie może przekroczyć dopuszczalnego dla tej relacji poziomu [12,21].

Poziom tej relacji to empiryczny współczynnik strat czasu na przezbrajanie stanowisk roboczych q i przyjmowany jest w zakresie od 0,02 do 0,15. Stosowane jest założenie, że dla wyrobów tanich jest on w granicach od 0,02 do 0,05, zaś dla drogiej od 0,06 do 0,15. Ekonomiczną wielkość partii produkcyjnej dla jednej operacji technologicznej wyznacza się wykorzystując formułę (5) [12-14]:

$$S_{ek} = \frac{t_{pz}}{q * t_j} \quad (5)$$

gdzie: t_j – czas jednostkowy, t_{pz} - czas przygotowawczo-zakończeniowy, q - empiryczny współczynnik strat czasu na przezbrajanie stanowisk roboczych.

Dla całego procesu produkcyjnego należy przyjąć wartość uśrednioną liczoną wg wzoru (6):

$$S_{ek_sr} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{pzj}}{q * \sum_{j=1}^n t_{jj}} \quad (6)$$

Metoda *według okresu powtarzalności* jest metodą ściśle dedykowaną dla produkcji rytmicznej. Wielkość partii produkcyjnej jest w tym przypadku określana z zastosowaniem formuły (7) [12-14]:

$$S_i = X_p * z_{gi} \quad (7)$$

gdzie: S_i – wielkość partii produkcyjnej i -tego detalu, X_p – przyjęty okres powtarzalności, z_{gi} – zadanie godzinowe i -tego detalu.

Metoda ta przeznaczona jest dla potrzeb organizacji produkcji wielkoseryjnej i masowej, charakteryzującej się wysokim poziomem stabilności. Jej zastosowanie znaleźć można chociażby w procesie wydzielania komórek produkcyjnych w systemie produkcji rytmicznej (zob. np. [20] – ćwiczenie 6).

Mówiąc o metodach wyznaczania wielkości partii produkcyjnej należy również wspomnieć, iż w literaturze znaleźć można również podejścia oparte na zasadzie ciągłego przepływu (gdzie wielkość partii produkcyjnej z założenia wynosi 1) (zob. np. [22]), czy też wykorzystujące zaawansowane techniki obliczeniowe w postaci algorytmów genetycznych (zob. np. [9]). Specyfika małych i średnich przedsiębiorstw – najczęściej realizujących zmienną produkcję wieloasortymentową i nie posiadających dostępu do zaawansowanego oprogramowania komputerowego – powoduje, że ich zastosowanie w przypadku w takich przedsiębiorstwach jest ograniczona – a tym samym nie pozostają przedmiotem zainteresowania niniejszego artykułu.

4. Sformułowanie problemu badawczego i analiza wybranych metod wyznaczania wielkości partii produkcyjnej

Szczegółową analizę metod wyznaczania wielkości partii produkcyjnej przeprowadzono dla formuł zaprezentowanych przez M. Brzezińskiego (tj. metoda minimalnych kosztów,

metoda udziału czasu przezbrojenia, metoda według okresu powtarzalności rytmicznej produkcji). Ze względów wskazanych w punkcie 2 pominięto zaawansowane techniki obliczeniowe oparte na metodach sztucznej inteligencji. W analizie nie brano również pod uwagę metod opisanych przez Josepha Orlicky'ego, które w ocenie autorów mogą służyć wyłącznie kalkulacji wielkości dostaw (np. materiałów do produkcji), a ich zastosowanie dla potrzeb określania wielkości partii produkcyjnej należy uznać jednoznacznie jako błędne (wielkość partii produkcyjnej nie jest bowiem pojęciem tożsamym z wielkością dostawy).

Dla potrzeb prowadzonej analizy zdefiniowano następujący problem badawczy: „Wybrane przedsiębiorstwo z sektora MŚP realizuje proces technologiczny detalu 07, który składa się z ośmiu operacji. Czasy jednostkowe oraz przygotowawczo-zakończeniowe dla poszczególnych operacji, określone przez normistę, przedstawiono w tabeli 1. Koszt materiału dla tego detalu wynosi 156,00 zł. Złożono roczny program produkcyjny wyrobu na poziomie 20 000 szt., stawkę godzinową pracowników określono na poziomie 14,00 zł/h, zaś roczną stopę procentową przyjęto na poziomie 11%. Należy określić wielkości partii produkcyjnej wykorzystując trzy ww. metody z jednoczesnym wskazaniem problemów w wyznaczaniu i wpływu wartości określonych parametrów występujących w zdefiniowanych formułach na uzyskany wynik końcowy”.

Tab. 1. Dane o procesie technologicznym detalu 07

Operacja	10	20	30	40	50	60	70	80	Σ
t_{pz} [h]	0,4	0,5	0,42	0,4	0,35	0,4	0,42	0,5	3,39
t_j [h]	0,08	0,05	0,06	0,14	0,09	0,13	0,08	0,06	0,69

W celu obliczenia partii produkcyjnej określono ujednoczony roczny fundusz czasu pracy j -tego stanowiska (F_j). W tym celu zastosowano wzór (8) [12]:

$$F_j = (K_d - N^r - S_w - S_{wo}) * 8 * z_m * \eta_{pj} \quad (8)$$

gdzie: K_d – liczba dni w roku, N^r – liczba niedziel w roku, S_w – liczba świąt w roku z wyłączeniem tych przypadających w niedzielę, S_{wo} – liczba wolnych sobót w roku, z_m – zmienność, η_{pj} – planowany współczynnik uwzględniający przestoje stanowiska roboczego (przyjmowany najczęściej w granicach 0,94-0,96).

Przedsiębiorstwo pracuje na dwie zmiany od poniedziałku do soboty. Ujednoczony roczny fundusz czasu pracy j -tego stanowiska dla roku 2017 wyniósł 4 512 h, gdzie: K_d – 365, N^r – 53, S_w – 10, S_{wo} – 2 (wliczono 1 dzień wolnego za święto przypadające w sobotę), z_m – 2, η_{pj} – 0,94.

Jako pierwszą poddano analizie metodę minimalnych kosztów produkcji S_{opt} . Obliczenie partii produkcyjnej dokonano wg wzoru (4). Koszty przezbrojenia maszyny wyznaczono wg wzoru (9)[20].

$$K_p = t_{pz} * sg \quad (9)$$

gdzie: sg – stawka godzinowa, K_p , t_{pz} – określenia jak powyżej.

Wielkość środków ulegających zamrożeniu w całym procesie technologicznym (K_{uz}) dla poszczególnych operacji liczono wg wzoru (10)[20]:

$$K_{uz} = K_m + \sum_{j=1}^n K_r \quad (10)$$

gdzie: K_m – koszt materiału; K_r – koszt robocizny.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń kosztów przebrojenia maszyny, kosztów robocizny oraz wielkości środków ulegających zamrożeniu w całym procesie technologicznym dla kolejnych operacji detalu 07. Na podstawie wzoru (4) i wyników z tabeli 2 wielkość partii produkcyjnej metodą minimalnych kosztów produkcji wynosi $S_{opt} = 162$ szt.

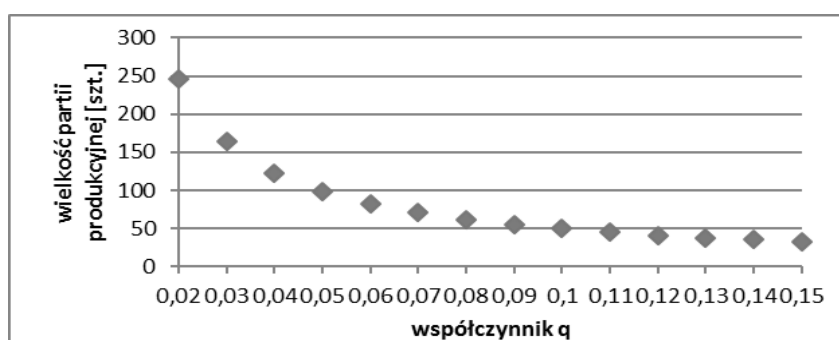
Tab. 2. Wyniki obliczeń kosztów przebrojenia maszyny K_p , kosztów robocizny K_r oraz wielkości środków ulegających zamrożeniu w całym procesie technologicznym K_{uz} dla kolejnych operacji detalu 07

Operacja	10	20	30	40	50	60	70	80	Σ
K_p [zł]	5,6	7	5,88	5,6	4,9	5,6	5,88	7	47,46
K_r [zł]	1,12	0,7	0,84	1,96	1,12	1,82	1,26	0,84	9,66
K_{uz} [zł]	157,12	157,82	158,66	160,62	161,74	163,56	164,82	165,66	1290

Kolejna metoda poddana analizie to metoda udziału czasu przebrojenia. Obliczeń dokonano na podstawie wzoru (6). W związku z tym, że trudno jest określić jaki powinien być współczynnik strat czasu na przezbieranie stanowisk roboczych q , poniżej przeanalizowano wszystkie przypadki tego współczynnika od 0,02 do 0,15. Wyniki tych obliczeń przedstawiono w tabeli 3 oraz na rys. 2.

Tab. 3. Ekonomiczna wielkość partii produkcyjnej w zależności od współczynnika strat czasu na przezbieranie stanowisk roboczych

q	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
Sek [szt.]	246	164	123	99	82	71	62	55	50	45	41	38	36	33



Rys. 2 Wielkość partii produkcyjnej w zależności od empirycznego współczynnika strat czasu na przezbieranie stanowisk roboczych

Można by było na podstawie otrzymanej już metodą minimalnych kosztów produkcji określić jaki powinien być współczynnik strat czasu na przezbieranie stanowisk roboczych q . W niniejszym przykładzie współczynnik q (11), po przekształceniach wzoru (6), otrzymano na poziomie $q=0,03$.

$$q = \frac{\sum_{j=1}^n t_{pz}}{S_{ek} * \sum_{j=1}^n t_j} = \frac{3,39}{162 * 0,69} = 0,03. \quad (11)$$

Jest to jednak sposób mało skuteczny, ponieważ przy zmianie wielkości partii produkcyjnej wartość współczynnika strat czasu na przeobrażanie stanowisk roboczych ulega zmianie. W celu zobrazowania tego zjawiska obliczono metodą minimalnych kosztów produkcji wielkość partii produkcyjnej dla różnych wartości programu produkcyjnego. Na podstawie tych wielkości partii produkcyjnej obliczono współczynnik strat czasu na przeobrażanie stanowisk roboczych. Zmianę tego współczynnika w zależności od przyjętej wielkości partii produkcyjnej przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 4. Wielkość partii produkcyjnej oraz współczynnika strat czasu na przeobrażanie stanowisk roboczych

Program produkcyjny [szt.]	Wielkość partii produkcyjnej [szt.]	współczynnik q wartość wyliczona	współczynnik q wartość przyjęta
10000	114	0,043096873	0,04
20000	162	0,030327429	0,03
25000	181	0,027143887	0,03
30000	198	0,024813351	0,02
40000	228	0,021548436	0,02

Można zatem stwierdzić, że przy zmiennym programie produkcyjnym i przy tym niezmiennym koszcie materiału wartość współczynnika strat czasu na przeobrażanie stanowisk roboczych znacznie ulega zmianie. Oznaczałoby to, że należy określać ten współczynnik nie tylko na podstawie tego czy wyrób jest tani czy drogi, ale również wpływ na niego ma program produkcyjny.

Ostatnią poddaną analizie metodą jest metoda według okresu powtarzalności. Wielkość partii produkcyjnej jest w tym przypadku określana jest wg wzoru (7). W tym celu należy obliczyć składowe równania (7): zadanie godzinowe detalu 07 wg wzoru (12)[20]:

$$z_g = \frac{N_i}{F_j} \quad (12)$$

oraz przyjąć okres powtarzalności na podstawie minimalnego okresu powtarzalności ($X_{min,j}$) wg wzoru (13)[20]:

$$X_{min,j} = \frac{t_{pz}}{1 - \sum \eta_j} \quad (13)$$

gdzie: η_j – sumaryczny współczynnik obciążenia j -tego stanowiska roboczego, liczony wg wzoru (14)[20]:

$$\eta_j = \frac{z_g}{m_{gj}}. \quad (14)$$

Tab. 5. Wyniki obliczeń możliwości godzinowej, sumarycznego współczynnika obciążenia stanowiska roboczego oraz minimalnego okresu powtarzalności dla kolejnych operacji detalu 07

operacja	10	20	30	40	50	60	70	80
t_j [h]	0,08	0,05	0,06	0,14	0,09	0,13	0,08	0,06
m_g [szt./h]	12,50	20,00	16,67	7,14	11,11	7,69	12,50	16,67
t_{pz} [h]	0,4	0,5	0,42	0,4	0,35	0,4	0,42	0,5
η	0,35	0,22	0,27	0,62	0,40	0,58	0,35	0,27
$X_{min. j}$	0,62	0,64	0,57	1,05	0,58	0,94	0,65	0,68

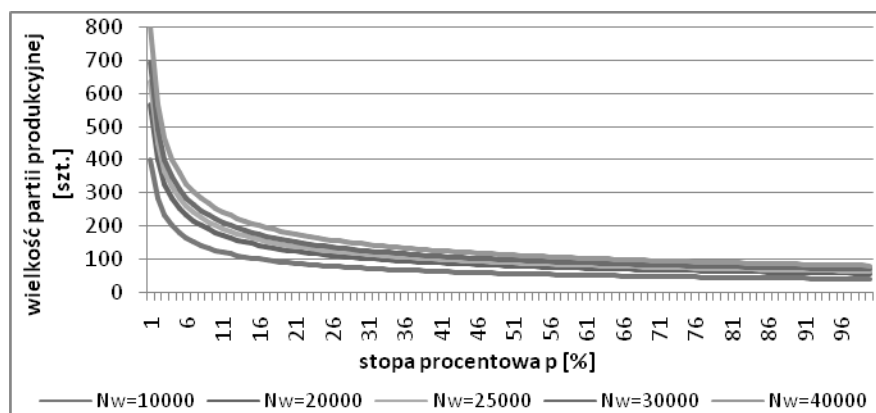
Zadanie godzinowe dla detalu 07 wynosi 4,43 szt./h. W tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń możliwości godzinowej m_g , sumarycznego współczynnika obciążenia stanowiska roboczego η oraz minimalnego okresu powtarzalności $X_{min. j}$ dla kolejnych operacji detalu 07. W literaturze [20] okres powtarzalności na podstawie minimalnego okresu powtarzalności jest wielokrotnością liczby osiem. Na podstawie wyników z tabeli 5 okres powtarzalności przyjęto na poziomie 8. Na podstawie wzoru (7) i wyników z tabeli 5 wielkość partii produkcyjnej metodą według okresu powtarzalności wynosi $S_i = 36$ szt.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

W artykule wyznaczono wielkości partii produkcyjnej trzema metodami. Metoda według okresu powtarzalności rytmicznej produkcji została nieodpowiednio dobrana do analizowanego przykładu, ponieważ przeznaczona jest ona do produkcji wielkoseryjnej i masowej, zaś analizowany przykład dotyczy sektora MŚP, gdzie najczęściej takie przedsiębiorstwa realizują produkcję małoseryjną lub seryjną.

Pozostają zatem dwie metody wyznaczania wielkości partii produkcyjnej nad którymi należałoby się zastanowić: metoda minimalnych kosztów produkcji oraz metoda udziału czasu przebrojenia. Jak już wspomniano wcześniej przy wykorzystaniu metody udziału czasu przebrojenia trudność polega na właściwym określeniu współczynnika strat czasu na przeobrażanie stanowisk roboczych. Wg literatury należy go uzależnić od tego czy wyrób jest tani czy drogi, poza tym wg przedstawionej powyżej analizy, należałoby go również uzależnić od wielkości programu produkcyjnego. Metoda pod względem obliczeń jest bardzo łatwa jednak w związku z brakiem dokładnych wskazówek jak określać współczynnik strat czasu na przeobrażanie stanowisk roboczych przysparza trudności w praktycznym jej zastosowaniu przez planistę produkcji. Drugą proponowaną metodą jest metoda minimalnych kosztów produkcji. Metoda ta pod względem obliczeń jest trochę trudniejsza niż poprzednia, ponieważ należy policzyć pierwiastek, jednak mając do dyspozycji podstawowe oprogramowanie biurowe nie przysparza większych problemów. Większość danych niezbędnych do obliczeń jest łatwa do określenia. Jednak metoda ta nie jest również bez wad. Niewiadomą w tej metodzie jest wielkość stopy procentowej i sposób jej przyjmowania. W literaturze nie jest wskazane jaka jest to stopa procentowa, a niestety ma ona znaczny wpływ na wielkość partii produkcyjnej, co zostało przedstawione na rys.3. W celu skutecznego stosowania tej metody należałoby ustalić wielkość stopy procentowej dla całego przedsiębiorstwa.

W niniejszym artykule podjęto próbę analizy wybranych metod wyznaczania wielkości partii produkcyjnej, w przedsiębiorstwach z sektora MŚP, z punktu widzenia trudności w ich praktycznym zastosowaniu. Według przeprowadzonej analizy wg autorów najbardziej zasadne jest stosowanie metody minimalnych kosztów produkcji, mimo jej ograniczenia



Rys. 3. Wpływ stopy procentowej p oraz wielkości programu produkcyjnego N_w na wielkość partii produkcyjnej

wynikającego z prawidłowego określenia wielkości stopy procentowej. Stosowanie metod wyznaczania wielkości partii produkcyjnej jest ważnym elementem procesu planowania produkcji, ponieważ z punktu widzenia przedsiębiorstwa, celem jest sprawne realizowanie procesów wytwarzania przy zapewnieniu minimalnych kosztów z tym związanych. Niestety przedsiębiorstwa w codziennej działalności rzadko korzystają z metod analitycznych, stosując metody intuicyjne bazujące na doświadczeniu pracownika.

Literatura

1. Burduk A.: Modelowanie systemów narzędziem oceny stabilności procesów produkcyjnych. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2013.
2. Świć A., Gola A.: Economic analysis of casing parts production in a flexible manufacturing system. *Actual Problems of Economics*, 3(141), 2013, 526-533.
3. Dudziak A., Zajac G.: Nowoczesne zarządzanie rozwojem produktu w kontekście integracji systemów informatycznych. *Logistyka*, 5, 2016, 115-120.
4. Esmaeilian B., Behdad S., Wang B.: The evolution and future of manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 39, 2016, 79-100.
5. 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.
6. Gola A.: Economic Aspects of Manufacturing Systems Design, *Actual Problems of Economics*, 6 (156), 2014, 205-212.
7. Wnuk S.: Małe i średnie przedsiębiorstwa – klasyfikacja, rola oraz bariery rozwoju. *Studia Ekonomiczne Regionu Łódzkiego*, 12, 2014, 125-134.
8. Werpachowski W.: Doskonalenie metod zarządzania produkcją w wybranych przedsiębiorstwach sektora MSP. Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2016.
9. Oleśków-Szłapka J.: Metoda określania wielkości partii i harmonogramowania produkcji dla zmiennego asortymentu wyrobów. Praca doktorska wykonana w Katedrze Zarządzania Produkcją i Logistyki. Politechnika Poznańska, Poznań, 2014.

10. Bursche J.: Planowanie wewnątrz-zakładowe i ewidencja produkcji. WNT, Warszawa, 1963.
11. Liwowski B., Kozłowski R.: Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją. Oficyna Wyd. Wolters Kluwers business, Warszawa, 2011.
12. Brzeziński M.: Organizacja produkcji. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2000.
13. Brzeziński M.: Organizacja produkcji w przedsiębiorstwie. Wyd. Difin, Warszawa, 2013.
14. Brzeziński M. (red.). Organizacja i sterowanie produkcją. Agencja Wyd. Placet, Warszawa, 2002.
15. Bursche J., Lis S., Wagner K., Wróblewski K.J.: Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych i sterowanie produkcją. cz. III. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1978.
16. Fertsch M., Gania I.: Zarządzanie przepływem materiałów. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2011.
17. Fertsch M.: Postawy zarządzania przepływem materiałów w przykładach. Biblioteka Logistyka, Poznań, 2003.
18. Davis K.R., McKeown P.G.: Quantitative models for management. PWS – Kent Publishing Company, Boston, 1984.
19. Żywicki K.: Planowanie procesów wytwarzania. Poznań, 2005, <http://zasada.zut.edu.pl>.
20. Brzeziński M. (red.). Organizacja produkcji – materiały do ćwiczeń i projektowania. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2002.
21. Pasternak K.: Zarys zarządzania produkcją. PWE, Warszawa, 2005.
22. Czerska J.: Pozwól płynąć swojemu produktowi. Tworzenie ciągłego przepływu. Wyd. Placet, Warszawa, 2011.

Dr inż. Monika KULISZ
Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa
Wydział Zarządzania
Politechnika Lubelska
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38
tel./fax: (81) 53844 80
e-mail: m.kulisz@pollub.pl

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