

Jerzy MAZURCZAK\*, Ireneusz GANIA\*

## BADANIE MOŻLIWOŚCI POGŁĘBIANIA SPECJALIZACJI PRZEDMIOTOWEJ SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH

W projektowaniu struktur systemów produkcyjnych przyjmuje się jako generalne kryterium tworzenie jednostek specjalizowanych przedmiotowo. W odniesieniu do istniejących struktur produkcyjnych ogólne badanie na podział, a więc zbadanie możliwości pogłębienia specjalizacji przedmiotowej, jest krokiem o tyle ważnym i przydatnym, że wstępnie informuje o możliwości podziału na mniejsze jednostki produkcyjne (również specjalizowane przedmiotowo). Dla systemów nowopowstających bada się możliwość podzielenia całego zbioru detali (przewidywanego do produkcji) i stanowisk roboczych na jednostki specjalizowane przedmiotowo. Ocenę możliwości podziału istniejącej jednostki produkcyjnej I stopnia na mniejsze, wyspecjalizowane przedmiotowo, lub możliwości tworzenia od podstaw nowych jednostek, można uzyskać na podstawie tzw. wskaźników podatności na podział.

**Słowa kluczowe:** organizacja systemów produkcyjnych, struktura produkcyjna, specjalizacja systemów produkcyjnych.

### 1. WPROWADZENIE

Podstawową rolę w projektowaniu przedsiębiorstw przemysłowych odgrywa projektowanie organizacji systemów produkcyjnych. Główną funkcją tego systemu jest realizacja przemysłowego procesu produkcji. System produkcyjny można podzielić na szereg współpracujących podsystemów, takich jak: podsystem technicznego przygotowania produkcji, produkcji podstawowej, transportu, narzędziowy itp. W złożonym procesie projektowania organizacji przedsiębiorstw przemysłowych konieczne staje się opracowanie projektów organizacji tych podsystemów, a wśród nich projektu organizacji systemów produkcyjnych realizujących procesy podstawowe. Zawartość takiego projektu jest uzależniona od

---

\* Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

konkretnych warunków produkcyjno-organizacyjnych. Nie ulega natomiast wątpliwości, że projektowanie struktury produkcyjnej zajmuje w nim czołowe miejsce, zarówno przy projektowaniu nowych, jak i przy modernizacji istniejących obiektów.

Przez pojęcie struktury produkcyjnej (struktury systemu produkcyjnego) należy rozumieć [1, s. 20] sposób podziału procesu produkcyjnego pomiędzy jednostki produkcyjne jako podmioty procesu produkcji razem ze związkami wewnętrznymi i zewnętrznymi wynikającymi ze współpracy stanowisk roboczych i jednostek produkcyjnych wyższego rzędu (gniazd, linii, oddziałów) w ramach procesu produkcyjnego wydziału czy zakładu. Inaczej jest to układ komórek (jednostek) produkcyjnych i formy ich wewnętrznych powiązań kooperacyjnych w procesie produkcji [6, s. 99]. Jak wynika z powyższych definicji, elementami składowymi struktury produkcyjnej są jednostki produkcyjne (JP) o różnych stopniach złożoności: 0 – stanowisko robocze, I – gniazdo, linia, warsztat, brygada, II – oddział, III – wydział [5]. Można więc przyjąć [2, 3, 9], że projektowanie struktury produkcyjnej jest równoznaczne (równorzędne) z projektowaniem i organizacją struktur systemów produkcyjnych.

Kształtowanie struktury produkcyjnej można traktować jako kombinatoryczne łączenie stanowisk roboczych powiązanych procesem technologicznym razem z optymalizacją tych powiązań, lub też jako grupowanie przedmiotów pracy przewidzianych do wykonania w jednej jednostce produkcyjnej. Projektowanie struktury produkcyjnej podejmuje się najczęściej w dwóch przypadkach:

- zakład nie istnieje i ma powstać w ramach rozwoju branży,
- konieczna jest rekonstrukcja (modernizacja) struktury produkcyjnej istniejącego zakładu.

W związku z powyższym proces projektowania struktur będzie polegał na tworzeniu lub dzieleniu istniejących jednostek produkcyjnych (w szerszym znaczeniu jednostek organizacyjnych JO). O wydzieleniu lub utworzeniu jednostki organizacyjnej decydują dwa działające równolegle czynniki:

- wyraźnie wydzielająca się specjalizacja robót,
- rozmiar robót w danej specjalności.

Pierwszy czynnik dotyczy podobieństwa technologicznego robót i produkowanych przedmiotów. Celem jest zawężenie ich różnorodności. Należy tak wyselekcjonować przedmioty i operacje, aby zbliżyć się do pracy ciągłej, o małym stopniu zróżnicowania, w celu uzyskania wysokiego stopnia specjalizacji maszyn i urządzeń. Grupuje się więc przedmioty o określonym stopniu podobieństwa, w celu zastosowania odpowiednich technik wytwarzania, w zbiory o jak najmniejszej różnorodności.

Drugi czynnik to rozmiar robót mierzony zazwyczaj ich pracochłonnością i powtarzalnością. Rozmiar pracy musi być na tyle duży, aby na poszczególnych stanowiskach roboczych i w jednostkach produkcyjnych występowało pełne zatrudnienie (odpowiednie obciążenie robotami). Często z powodu braku pełnego zatrudnienia musimy godzić się na większą różnorodność, kojarząc w jednostce

organizacyjnej wykonanie operacji i przedmiotów o mniejszym podobieństwie. Rozmiar robót ma wpływ na stabilizację produkcji w systemach produkcyjnych (jednostkach produkcyjnych wszystkich szczebli złożoności).

Należy jeszcze raz podkreślić, że działanie powyższego prawa podziału i tworzenia JO dotyczy zarówno budowy nowych jednostek produkcyjnych (obszarem projektowania objęty jest wówczas określony zbiór przedmiotów do wykonania w tworzonej jednostce), jak również dzielenia istniejących już jednostek na mniejsze, odpowiednio specjalizowane, w tym celu stosuje się badanie możliwości pogłębiania specjalizacji przedmiotowej systemów produkcyjnych, przy użyciu narzędzi przedstawionych w dalszej części artykułu.

## 2. SPECJALIZACJA JEDNOSTEK PRODUKCYJNYCH

Rozmiar robót jako jeden z dwóch czynników prawa tworzenia i podziału JO powoduje potrzebę ograniczania wielkości jednostek organizacyjnych. Konieczność ograniczania wielkości JO (w tym oczywiście produkcyjnych) i potrzeba sprawnego, kompetentnego kierowania nimi powoduje, że specjalizacja tych jednostek przybiera dwojaki charakter: przedmiotowy i technologiczny.

A. Specjalizacja przedmiotowa. W strukturze produkcyjnej specjalizacja przedmiotowa w procesach produkcyjnych wyraża dążenie do zamknięcia w jednostce całości procesu produkcyjnego wyrobu (złożonego i prostego). Kryterium łączenia stanowisk w jednostkach specjalizowanych przedmiotowo jest ich współpraca przy wykonywaniu określonego wyrobu (wyrobów). Powstają w ten sposób takie jednostki, jak np. gniazdo wałków, linia tulejek, gniazdo kół zębatych itp. Tak zwana czysta specjalizacja przedmiotowa (w literaturze problemu i w praktyce używa się pojęcia pełne domknięcie specjalizacji przedmiotowej) polega na zamknięciu w jednej jednostce produkcyjnej całości procesu obróbki przedmiotu [6, s. 105]. Specjalizacja przedmiotowa powoduje między innymi [2, 4, 9]: zawężenie różnorodności wykonywanych robót, przybliżenie do warunków pracy ciągłej, wyposażenie w maszyny i urządzenia specjalistyczne, zmniejszenie liczby stanowisk i pracowników odpowiedzialnych za wykonanie operacji i wyrobów, możliwość określenia w każdej chwili stanu zaawansowania obróbki przedmiotów, skrócenie cyklu produkcyjnego, racjonalną gospodarkę narzędziową, decentralizację zarządzania, znaczne uproszczenia w procesie informacyjnym.

B. Specjalizacja technologiczna. Kryterium łączenia stanowisk w jednostkach specjalizowanych technologicznie stanowi podobieństwo technik wytwarzania stosowanych na danych stanowiskach [4, 5]. Powstają w ten sposób takie jednostki, jak np. gniazdo tokarek, gniazdo szlifierek, gniazdo frezarek. Czysta specjalizacja technologiczna jest wynikiem zastosowanie tych samych technik wytwarzania (na przykład gniazdo tokarek uniwersalnych TUD40, gniazdo frezarek FYC32). W jednostkach tych, w odróżnieniu od jednostek specjalizowanych przedmiotowo

występuje: rozproszona odpowiedzialność za jakość i liczbę wykonywanych przedmiotów oraz za terminowość wykonania, większy zakres zabiegów kontrolnych i ewidencyjnych, trudność w opanowaniu całości procesu produkcyjnego, przekazanie sterowania całością procesu jednostce nadrzędnej, nieproporcjonalna komplikacja systemu informacyjnego.

Porównując te dwa rodzaje specjalizacji, należy również uwzględnić czynnik kosztów transportu, zdecydowanie niższy w jednostkach przedmiotowych. W jednostkach technologicznych powstają długie i trudne do zorganizowania drogi transportowe. Ponieważ transport nie przebiega rytmicznie, wyroby są przez długi czas składowane przy stanowiskach. W jednostkach przedmiotowych uzyskujemy znacznie niższe koszty magazynowania oraz zamrożenia robót w toku.

W przemyśle maszynowym jednostki produkcyjne należy więc kształtować według specjalizacji przedmiotowej z możliwością elastycznego wytwarzania. Duże jednostki produkcyjne o znacznym asortymencie przedmiotów należy poddać badaniu i optymalnemu pogłębieniu specjalizacji przedmiotowej dostosowanej do warunków poszczególnych wyselekcjonowanych podzbiorów ich asortymentu [1]. Wynika z tego, że kształtując strukturę produkcyjną, należy dążyć do utworzenia maksymalnej liczby jednostek o specjalizacji przedmiotowej. Jednocześnie należy mieć na uwadze, że specjalizacja przedmiotowa nie jest przeciwstawna specjalizacji technologicznej [2, s. 89]. Pogłębieniu jednej z nich towarzyszy zazwyczaj pogłębienie się drugiej.

### 3. OCENA MOŻLIWOŚCI PODZIAŁU

Przyjmuje się jako generalne kryterium w projektowaniu struktur systemów produkcyjnych tworzenie jednostek specjalizowanych przedmiotowo. Dla istniejących struktur produkcyjnych badanie na podział, a więc badanie możliwości pogłębienia specjalizacji przedmiotowej wstępnie informuje o możliwości podziału istniejących systemów na mniejsze jednostki produkcyjne (również specjalizowane przedmiotowo). Dla systemów nowopowstających bada się możliwość podzielenia całego zbioru detali (przewidywanego do produkcji) i stanowisk roboczych na jednostki specjalizowane przedmiotowo.

Ocenę możliwości podziału istniejącej jednostki produkcyjnej I stopnia złożoności na mniejsze, wyspecjalizowane przedmiotowo, lub możliwości tworzenia od podstaw nowych jednostek przedmiotowych można uzyskać na podstawie tzw. wskaźników podatności na podział.

Pierwszym ze wskaźników podatności na podział jest wskaźnik podziału poziomego  $d$ , ukazujący powtarzalność stanowisk roboczych w jednorodnej grupie stanowisk obliczany według wzoru [8, s. 27]:

$$d_r = \frac{r}{r_r} \quad (1)$$

gdzie:

$r$  – liczba stanowisk roboczych w jednostce produkcyjnej,

$r_r$  – liczba jednorodnych grup stanowisk.

Jednorodna grupa stanowisk (JGS) – inaczej grupa stanowisk wzajemnie zastępowalnych. W skład takiej grupy wchodzi stanowiska robocze o zbliżonej charakterystyce, pozwalającej na wzajemne zastępowanie się w ramach realizacji procesu produkcyjnego określonego zbioru detali.

Korzystając z macierzy (tablicy) powiązań przedmiotów pracy i stanowisk roboczych, gdzie wiersze stanowią przedmioty pracy a kolumny macierzy – JGS, należy zbadać możliwość rozdzielenia przedmiotów pracy (wierszy macierzy) na większą liczbę jednostek produkcyjnych w celu pogłębiania specjalizacji przedmiotowej w analizowanym systemie. Przedstawiono to na przykładach zamieszczonych w tabelach 1 i 3.

Tabela 1 zawiera macierz powiązań 8 przedmiotów pracy z 6 grupami stanowisk. Symbole X oznaczają fakt wykonania tzw. operacji rodzajowej na danej grupie stanowisk. Na operację rodzajową składa się jedna lub więcej operacji technologicznych, pod warunkiem wykonywania ich na tej samej grupie stanowisk.

Tabela 1. Macierz powiązań przedmiotów pracy i grup stanowisk 1 [9]

	JGS1	JGS2	JGS3	JGS4	JGS5	JGS6
A		X	X	X	X	
B		X	X	X		X
C		X		X	X	
D		X	X	X	X	
E	X	X	X		X	X
F		X	X	X		
G	X	X	X	X	X	
H		X	X		X	

Tabela 2 pokazuje przykładowo możliwość utworzenia potencjalnych jednostek produkcyjnych specjalizowanych przedmiotowo (utworzono trzy jednostki).

Wskaźnik powtarzalności stanowisk stanowi miernik możliwości podziału omawianej macierzy (a więc JP) w poziomie i zwany jest stąd wskaźnikiem poziomej podatności na podział. Jeżeli wartość  $d_r$  zdąży do jedności – wskazuje to na

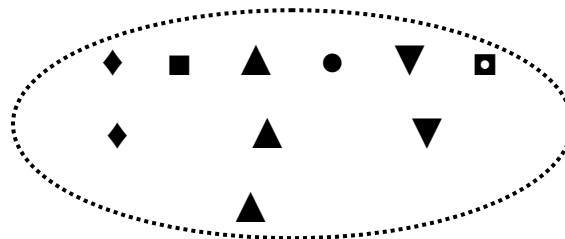
brak możliwości dokonania podziału analizowanej jednostki produkcyjnej. Musi występować odpowiednia liczba stanowisk w każdej grupie dla dokonania ich rozdzielenia pomiędzy różne systemy (np. dla JGS2, JGS3, JGS4, JGS5 – minimum 3 stanowiska).

Tabela 2. Potencjalne jednostki produkcyjne [9]

	JGS1	JGS2	JGS3	JGS4	JGS5	JGS6
A		X	X	X	X	
B		X	X	X		X
C		X		X	X	
D		X	X	X	X	
E	X	X	X		X	X
F		X	X	X		
G	X	X	X	X	X	
H		X	X		X	

Jak wspomniano wcześniej kształtowanie struktury produkcyjnej można traktować jako grupowanie przedmiotów pracy przewidzianych do wykonania w jednej jednostce produkcyjnej (jak w tabeli 2), lub jako łączenie stanowisk roboczych powiązanych procesem technologicznym, co zaprezentowano poniżej.

Przedstawiony na rys. 1 i 2 proste przykłady graficzne objaśniają sposób obliczania i interpretacji wskaźnika  $d_r$  dla jednostki produkcyjnej. Symbole graficzne oznaczają poszczególne jednorodne grupy stanowisk i liczbę stanowisk w poszczególnych JGS.



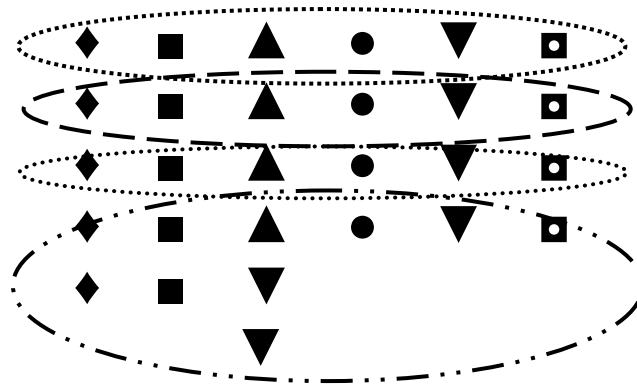
Rys. 1. Przykład I możliwości podziału JP [9]

Jak wynika z rys. 1 w przykładowej jednostce jest 10 stanowisk roboczych w 6 grupach JGS. Wobec powyższego wskaźnik  $d_r$  wynosi:

$$d_r = \frac{r}{r_r} = \frac{10}{6} = 1,66 \quad (2)$$

Praktycznie nie ma możliwości podziału tej jednostki na mniejsze, specjalizowane przedmiotowo, nie ma odpowiedniej liczby stanowisk aby je rozdzielić pomiędzy potencjalnymi JP. Na rys. 2 przedstawiono inny przykład dotyczący również 6 JGS, ale z większą liczbą stanowisk  $r = 28$ . Wskaźnik  $d_r$  wynosi:

$$d_r = \frac{r}{r_r} = \frac{28}{6} = 4,66 \quad (3)$$



Rys. 2. Przykład II możliwości podziału JP [9]

Tak wysoka wartość  $d_r$  wskazuje na możliwość podziału JP. Jak wynika z rys. 2 utworzono cztery jednostki produkcyjne specjalizowane przedmiotowo. We wstępnym badaniu możliwości podziału można przyjąć, że każdy przypadek, gdy wskaźnik ten jest większy od 2, istnieje możliwość pogłębiania specjalizacji przedmiotowej.

Drugim ze wskaźników podatności na podział jest wskaźnik pionowej podatności  $d_p$ :

$$d_p = \frac{r_r}{m_{r_{sr}}} \quad (4)$$

gdzie:

$r_r$  – liczba jednorodnych grup stanowisk,

$m_{r\bar{s}r}$  – średnia liczba operacji różnych (rodzajowych) w procesach detali stanowiących asortyment jednostki  $a$  (dotyczy operacji wykonywanych w analizowanej JP), obliczona według wzoru:

$$m_{r\bar{s}r} = \frac{m_r}{a} \tag{5}$$

gdzie:

$a$  – liczba detali,

$m_r$  – liczba operacji różnych (rodzajowych) wykonywanych w jednostce produkcyjnej.

Istota pionowego podziału macierzy  $a$ -JGS (asortyment – jednorodne grupy stanowisk) polega na próbie rozdzielenia kolumn tej macierzy, a więc grup stanowisk, na większą liczbę jednostek produkcyjnych. Przedstawiono to na przykładzie w tabeli 3 i 4.

Tabela 3. Macierz powiązań przedmiotów pracy i grup stanowisk 2 [9]

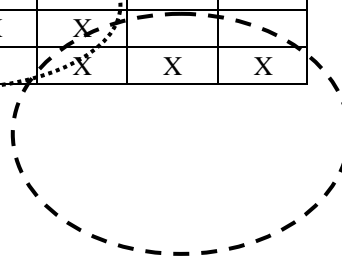
	JGS1	JGS2	JGS3	JGS4	JGS5	JGS6
A		X	X			
B	X	X	X	X		
C	X	X	X	X		
D				X	X	X
E				X	X	X
F				X	X	X
G				X	X	X
H				X	X	

W analizowanym przykładzie odpowiednie wartości wynoszą:

$$m_{r\bar{s}r} = \frac{m_r}{a} = \frac{24}{8} = 3,0 \quad d_p = \frac{r_r}{m_{r\bar{s}r}} = \frac{6}{3} = 2,0 \tag{6}$$

Tabela 4. Potencjalne jednostki produkcyjne 2 [9]

	JGS1	JGS2	JGS3	JGS4	JGS5	JGS6
A		X	X			
B	X	X	X	X		
C	X	X	X	X		
D				X	X	X





E				X	X	X
F				X	X	X
G				X	X	X
H				X	X	

Jak wynika z tabeli nr 4 utworzono dwie jednostki specjalizowane przedmiotowo. Warunkiem ich utworzenia jest posiadanie przynajmniej dwóch stanowisk roboczych w JGS4 lub zastosowanie kooperacji pomiędzy tymi jednostkami. Im większa jest wartość  $d_p$  tym jednostka jest bardziej podatna na utworzenie z zainstalowanych w niej grup stanowisk, mniejszych jednostek specjalizowanych przedmiotowo.

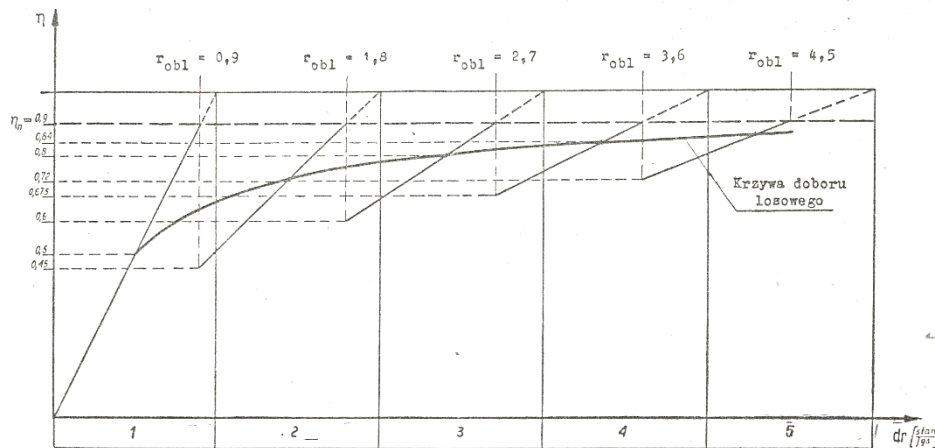
Syntetycznym wskaźnikiem możliwości podziału pionowego i poziomego jest wskaźnik granicznej podatności na podział obliczony według wzoru:

$$d_g = d_r \cdot d_p \tag{7}$$

Ukazuje on graniczną (ideową) szansę podatności na podział, a więc określa orientacyjną, graniczną szansę możliwych do uzyskania JP specjalizowanych przedmiotowo.

Istotne informacje o możliwości pogłębiania specjalizacji przedmiotowej uzyskać można również z analizy piłowego wykresu kształtowania obciążeń stanowisk roboczych oraz na podstawie analizy współczynnika domknięcia specjalizacji przedmiotowej.

Wykres piłowy przedstawiony na rys. 3 pokazuje jak w miarę stopniowego dociążania danej jednorodnej grupy stanowisk JGS operacjami przedmiotów pracy zmienia się współczynnik wykorzystania stanowisk  $\eta$ .



Rys. 3. Wykres piłowy obciążeń w ramach JGS [1]

Jeżeli jako normatyw przyjmiemy stopień wykorzystania stanowisk na przykład  $\eta_n = 0,9$  to każdy przypadek doboru operacji, który spowoduje spadek  $\eta$  poniżej 0,9 o wartość znaczącą stanowić będzie uszczerbek w wykorzystaniu stanowisk w ramach JGS w wyniku podziału jednostki produkcyjnej na mniejsze [1, s. 95]. Jeżeli natomiast dalszy dobór przekroczy  $\eta_n$  następuje konieczność zainstalowania w nowopowstałej jednostce produkcyjnej następnego stanowiska. Wzrost  $d_r$  spowoduje wtedy spadek wykorzystania grupy jako całości. Z rysunku widać, że krzywa łącząca punkty środkowe narastania obciążeń zbliża się asymptotycznie do  $\eta_n$  już przy dwóch stanowiskach ( $d_r = 2$ ) uzyskując wartość 0,72, a więc dającą znaczną szansę uzyskania stopnia wykorzystania zbliżonego do normatywnego = 0,9 przy szczególnym doborze przedmiotów. Przy  $d_r > 2$  szansa taka rośnie bardziej [1, s. 95].

#### 4. DOMKNIECIE SPECJALIZACJI PRZEDMIOTOWEJ

Tworząc jednostki produkcyjne specjalizowane przedmiotowo należy do nich dołączać każde stanowisko robocze, które znajdzie tam zatrudnienie. Są jednak stanowiska, które ze względu na odrębną technologię (na przykład obróbka cieplna, galwaniczna, itp.) lub potrzebne rozmiary robót, muszą być instalowane poza analizowaną jednostką, w innym systemie. Konieczna jest wówczas kooperacja analizowanej jednostki ze stanowiskami zainstalowanymi w innych jednostkach. Należy określić wielkości normatywne określające stopień kooperacji, powyżej których podział JP na mniejsze, specjalizowane przedmiotowo zatracą sens i nie prowadzi do celu, jakim jest pogłębianie specjalizacji przedmiotowej.

Współczynnik domknięcia specjalizacji przedmiotowej  $e_1$  obrazujący stopień powiązań kooperacyjnych z innymi jednostkami produkcyjnymi, obliczany jest według wzoru [9, s. 55]:

$$e_1 = \frac{m_{JP}}{m_c} \quad (8)$$

gdzie:

$m_{JP}$  – liczba operacji technologicznych przedmiotów pracy wykonywanych w jednostce produkcyjnej,

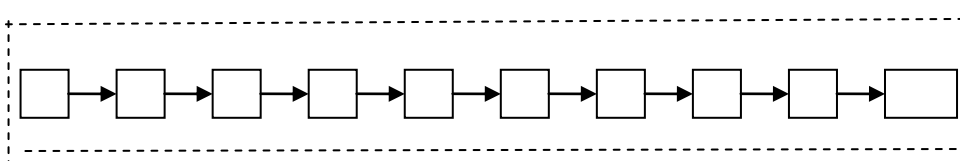
$m_c$  – całkowita liczba operacji technologicznych przedmiotów pracy wykonywanych w jednostce produkcyjnej (detali przyporządkowanych do JP).

Wskaźnik  $e_1$  stanowi jeden z dwóch mierników stopnia domknięcia specjalizacji przedmiotowej JP. Obrazuje on, poprzez ukazanie stosunku liczby operacji wykonywanych w JP do ogólnej liczby operacji w procesach technologicznych detali przyporządkowanych do tej jednostki, stopień rozproszenia procesu technologicznego pomiędzy różne jednostki produkcyjne. Niskie wartości  $e_1$  wskazują na koniecz-

ność dokonania korekty przydziału detali i JGS do jednostki lub innego podziału na JP w celu zwiększenia stopnia specjalizacji przedmiotowej. Jednocześnie przy analizowaniu możliwości podziału JP na jednostki mniejsze wskaźnik ten stanowi istotny element pomocny w ukierunkowaniu programu działań projektowych.

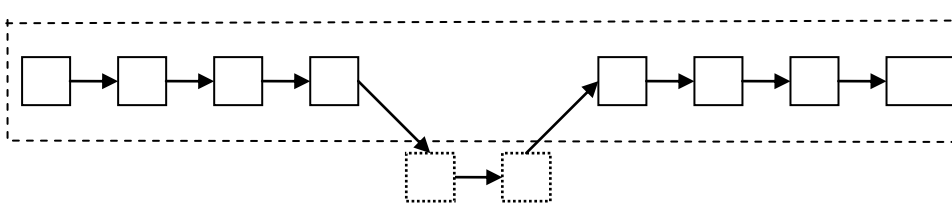
Wskaźnik ten, szczególnie przy analizowaniu możliwości podziału JP, stanowi istotny element kierujący dalszy program działania. Gdy w wyniku podziału następuje istotne pogorszenie współczynnika poniżej  $e_1 = 0,9$  do  $e_1 = 0,7$ , prowadzi to przeważnie do zaniechania podziału [1, s. 98].

Na rysunku 4 zamieszczono przykład JP domkniętej przedmiotowo.



Rys. 4. Przykład 1: JP domknięta przedmiotowo (oprac. własne)

Dla przykładu 1 współczynnik domknięcia  $e_1 = 1$  (nie występuje kooperacja z innymi systemami). Przykład drugi kooperacji analizowanej JP z systemem zewnętrznym – operacje nr 5 i 6 wykonywane są poza jednostką.

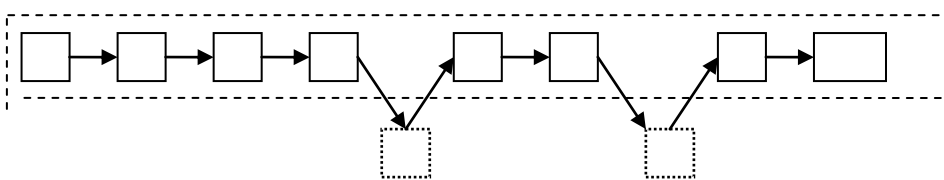


Rys. 5. Przykład 2: JP o niepełnym domknięciu (oprac. własne)

Dla tego przypadku, wg wzoru (8)

$$e_1 = \frac{8}{10} = 0,8 \quad (9)$$

Natomiast inny przykład przedstawiono na rysunku 6. Wynika z niego, że również dwie operacje wykonywane są poza analizowaną jednostką, jednak nie są one realizowane „po kolei”. Po wykonaniu w kooperacji operacji nr 5 następuje powrót przedmiotu pracy do analizowanej jednostki, wykonywane są operacje nr 6 i 7, następnie detal kierowany jest ponownie do jednostki zewnętrznej (operacja nr 8) i ponownie powraca do jednostki dla wykonania operacji 9 i 10.



Rys. 6. Przykład 3: JP o niepełnym domknięciu (oprac. własne)  
Dla tego przykładu, wg wzoru (8)

$$e_1 = \frac{8}{10} = 0,8 \quad (10)$$

Wynika z powyższego, że uzyskano wartość wskaźnika  $e$  identyczną jak wg rysunku 5 ( $e_1 = 0.8$ ). Sytuacja jest jednak diametralnie różna. Dla oceny stopnia domknięcia specjalizacji przedmiotowej danej JP istotne jest przede wszystkim „przerwanie” procesu technologicznego w wyniku kooperacji międzygiazdowej, międzywydziałowej lub zewnętrznej. Do oceny tego zjawiska służy wskaźnik ciągłości marszrut  $e_2$ .

$$e_2 = \frac{k_1}{m_c} \quad (11)$$

gdzie:

$k_1$  – liczba „przerwań” marszrut technologicznej detali przyporządkowanych do rozpatrywanej JP. Dla przykładu z rys.5  $k_1 = 1$ ,  $e_2 = 0,1$ , natomiast dla rys.6  $k_1 = 2$ ,  $e_2 = 0,2$ .

Wskaźnik  $e_2$  stanowi drugi miernik stopnia domknięcia specjalizacji przedmiotowej. Przez określenie liczby przerw procesów detali przyporządkowanych do tej jednostki (liczby „wyjść” detali z analizowanej JP w celu wykonania operacji w ramach kooperacji z innymi JP) możliwa jest ocena domknięcia przedmiotowego JP. Wskaźnik zbliżony do zera świadczy o wysokim stopniu domknięcia jednostki, a tym samym o zachowaniu ciągłości wykonywania procesów w JP.

Należy zaznaczyć, że prezentowane wskaźniki domknięcia specjalizacji przedmiotowej dotyczą powiązań kooperacyjnych analizowanej jednostki produkcyjnej z innymi systemami produkcyjnymi. Odrębnym problemem są powiązania kooperacyjne pomiędzy stanowiskami roboczymi w ramach jednostki produkcyjnej. Określenie takiego wskaźnika kooperacji, oznaczonego w literaturze symbolem  $\chi$  pozwala na dobór optymalnego typu struktury funkcjonalnej systemu (skoncentrowana, liniowa i gniazdowa prosta oraz złożona, rozproszona). Formuły obliczeniowe oraz przedziały wartości  $\chi$  dla konkretnych typów struktur systemów zawierają prace [2, 7, 12].

## 5. PODSUMOWANIE

Podstawą kształtowania kryteriów optymalizacji struktur systemów produkcyjnych powinna być generalna tendencja do pogłębiania specjalizacji przedmiotowej. Efekty tej specjalizacji występują szczególnie wyraźnie przy najwyższych formach organizacji produkcji, tj. formach potokowych. W związku z powyższym kształtując struktury systemów produkcyjnych dążymy do maksymalnego pogłębiania specjalizacji przedmiotowej, co oznacza maksymalizację liczby jednostek produkcyjnych o potokowej formie organizacji produkcji.

Wyniki przeprowadzonej analizy w zakresie badania podatności na podział i domknięcia specjalizacji przedmiotowej powinny wskazać zarówno kierunki projektowania nowej lub modernizacji istniejącej struktury produkcyjnej, jak i przede wszystkim jednostki produkcyjne w pierwszej kolejności wymagające rekonstrukcji. Z kolei niekorzystne wartości tych mierników już w początkowym etapie prac projektowych wskazują na niecelowość prób pogłębiania specjalizacji przedmiotowej, a tym samym modernizacji istniejącej struktury produkcyjnej.

Zaprezentowane powyżej wskaźniki wspomagające podejmowanie decyzji projektowych dotyczących organizacji struktur systemów produkcyjnych, zostały sprawdzone i zweryfikowane w pracach badawczo-projektowych realizowanych na rzecz przemysłu, głównie w obszarze restrukturyzacji i modernizacji systemów organizacyjnych przedsiębiorstw przemysłowych. Okazały się również bardzo przydatne w ramach zajęć dydaktycznych dotyczących projektowania systemów produkcyjnych.

## LITERATURA

- [1] Boszko J., Struktura organizacyjna przedsiębiorstwa i drogi jej optymalizacji, Warszawa, WNT, 1973.
- [2] Brzeziński M., Organizacja i sterowanie produkcją, Warszawa, Agencja Wydawnicza Placet 2002.
- [3] Durlik I., Inżynieria zarządzania, Katowice, AMP WN, 1993.
- [4] Fertsch M., Logistyka produkcji, Poznań, Biblioteka Logistyka, 2003.
- [5] Głowacka-Fertsch D., Fertsch M., Zarządzanie produkcją, Poznań, Wyższa Szkoła Logistyki, 2004.
- [6] Lis S., Organizacja i ekonomika procesów produkcyjnych w przemyśle maszynowym, Warszawa, PWN, 1984.
- [7] Lis S., Santarek K., Strzelczak S., Organizacja elastycznych systemów produkcyjnych, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Naukowe, 1994.
- [8] Mazurczak J., Wyrwicka M., Das Kennzahlensystem zur Beurteilung der Produktionsstruktur, [in:] Nase Gospodarstvo. Our Economy Review of Current Problems in Economics, 1-2 Letnik 42, Maribor, 1996.

- [9] Mazurczak J., Projektowanie struktur systemów produkcyjnych, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2002.
- [10] Mazurczak J., Mierniki kształtowania struktur produkcyjnych i form organizacji produkcji, [w:] Grzybowska K., Hadaś Ł, Metody i techniki doskonalenia w logistyce produkcji–studia przypadków, monografia, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2010.
- [11] Pajak E., Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja, Warszawa, PWN, 2006.
- [12] Schmigalla H., Methoden zur optimalen Maschinenanordnung, Berlin, VEB Verlag Technik, 1968.

**RESEARCH OF THE POSSIBILITY TO DEEPEN PRODUCT SPECIALIZATION OF PRODUCTION SYSTEMS**

Summary

The creation of units with product specialization is assumed to be a general criterion in the design of production systems' structure. In relation to the existing production structures, the general research of division, i.e. research on the possibility to deepen product specialization, is especially essential and useful as it preliminarily informs about the possibility of division into smaller production units (also with product specialization). For new systems, the possibility of dividing the whole set of items (predicted for production) and workplaces into product specialization units is being examined. Assessing the possibility of dividing existing grade I production units into smaller product specialized ones or a possibility to create new units from the beginning, may be achieved on the basis of the so called division susceptibility index.

**Keywords:** production systems organization, production structure, production systems specialization.