



www.pl2022.pollub.pl
e-mail: pl2022@pollub.pl



**Zintegrowany
Program
Rozwoju
Politechniki
Lubelskiej**

*Biuro Projektu:
ul. Nadbystrzycka 38H
20-618 Lublin*

ORGANIZACJA PROCESÓW PRODUKCYJNYCH

Workbook

Autor: Arkadiusz Gola

Lublin, 2021 rok

PROGRAM WIEDZA EDUKACJA ROZWÓJ



**Fundusze
Europejskie**
Wiedza Edukacja Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



1. Wprowadzenie

Wszystkie przedsiębiorstwa poważnie myślące o swojej przyszłości, począwszy od ich powstania, w jakimś stopniu dążą do doskonałości, choć sama doskonałość może być różnie przez nie rozumiana. Dążenie do doskonałości ułatwia przedsiębiorstwom osiągać nowe i coraz wyższe cele, a tym samym skutecznie rywalizować na coraz bardziej wymagającym rynku. Ważnym środkiem osiągania celów, zwłaszcza w przedsiębiorstwach produkcyjnych, jest i powinno być w przyszłości, właściwe projektowanie i organizowanie procesów produkcyjnych zapewniające im sprawny i ekonomiczny przepływ produkcji.

Uzyskanie sprawnego przepływu produkcji, choć nie jest łatwe, to jednak możliwe do zrealizowania, ponieważ różnych sposobów osiągnięcia takiego przepływu jest dużo. Ogólnie wiadomo, że sprawny przepływ produkcji można uzyskać przez umiejętne zarządzanie procesami produkcyjnymi, tj. planowanie, organizowanie i sterowanie procesami. Mimo to trudno jest wskazać prostą i skuteczną drogę do uzyskania przez przedsiębiorstwo wydajnego systemu produkcyjnego. Współczesne przedsiębiorstwa wyróżniają się profesjonalizmem i indywidualizmem w zakresie tworzenia własnych struktur produkcyjnych, co zniechęca je do kopiowania znanych wzorców organizacji i zarządzania produkcją w przedsiębiorstwach działających nawet w tej samej branży¹.

Najważniejszym zadaniem organizatora produkcji i systemów produkcyjnych jest – niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa, i branży w której ono funkcjonuje - kształtowanie zjawisk zachodzących w procesie produkcyjnym, zgodnie z zakładanymi celami i przy uwzględnieniu wszelkich warunków i okoliczności występujących w realnych systemach przemysłowych. Wszelkie metody organizacji i zarządzania produkcją doskonałą dotychczasowe systemy produkcyjne lub umożliwiają projektowanie i realizację nowych systemów, w których czynniki produkcyjne powinny osiągać właściwy poziom. Zespolecie ich tworzy proces produkcyjny w przedsiębiorstwie – główny przedmiot nauki o organizacji i sterowaniu produkcją. Stosowanie rozwiązań zgodnych z zadaniami naukowej organizacji i zarządzania przyczyniać się powinno do racjonalnego prowadzenia działalności produkcyjnej, jako procesu bardzo złożonego, wymagającego znajomości i umiejętności rozwiązywania trudności i zagadnień wpływających w różnych kierunkach na jej wyniki². Na bazie właściwie zaprojektowanych i zorganizowanych procesów produkcyjnych budowane są projekty, które odnoszą się do nowo powstających lub funkcjonujących już systemów produkcyjnych lub przedsiębiorstw³.

Problemy organizacji procesów produkcyjnych dostosowywać się muszą do otoczenia charakteryzującego się rosnącą złożonością i turbulencją. Dlatego podstawowym kryterium efektywności funkcjonowania i rozwoju przedsiębiorstw staje się szybkość i elastyczność reagowania na sygnały otoczenia, które znacząco wpływają na procesy zarządzania produkcją. Są one ciągiem podejmowanych decyzji, uwarunkowanych zmieniającą się w czasie sytuacją przedsiębiorstwa, mających na celu prawidłowe ich funkcjonowanie.

¹ K. Szatkowski (red.), *Nowoczesne zarządzanie produkcją. Ujęcie procesowe*, PWN, Warszawa 2014,

² M. Brzeziński (red.), *Organizacja i sterowanie produkcją. Projektowanie systemów produkcyjnych i procesów sterowania produkcją*, Agencja Wyd. Placet, Warszawa 2002.

³ M. Brzeziński, *Organizacja produkcji w przedsiębiorstwie*, Wyd. Difin, Warszawa 2013.

Oczywiście najnowsze metody organizacji i zarządzania produkcją są i będą sukcesywnie wprowadzane w miarę narastania procesów pozytywnych zmian w aspektach techniczno-organizacyjnych i ekonomicznych oraz kultury zarządzania.

Cele dydaktyczne zajęć w ramach niniejszego przedmiotu obejmują:

- Poznanie pojęć, metod i technik organizacji procesów produkcyjnych
- Zdobycie wiedzy w zakresie narzędzi umożliwiających modelowanie i analizę efektywności procesów wytwórczych.
- Nabycie praktycznych umiejętności wykorzystywania poznanych narzędzi w procesach modelowania i analizy wykonalności procesów produkcyjnych.

2. Abecadło organizacji procesów produkcyjnych

2.1. Struktura i rodzaje procesów produkcyjnych

Proces produkcyjny jest to całokształt czynności jaki jest niezbędny do wykonania danego wyrobu. Biorąc pod uwagę różnorodność wytwarzanych wyrobów można sądzić, że procesy produkcyjne także różnią się między sobą. Ich przebieg w czasie i przestrzeni uzależniony jest przede wszystkim od rodzaju procesów technologicznych i sposobu organizacji komórek produkcyjnych, w których procesy te są realizowane. Mogą różnić się także złożonością i skomplikowaniem nawet w ramach tego samego procesu technologicznego. I tak np. procesem produkcyjnym jest produkcja śmietany, jabłek, butów, pralek, silników elektrycznych, mebli, jak i wydobywanie węgla kamiennego w kopalni.

Procesy produkcyjne podzielić można z uwagi na różne kryteria⁴:

1. Podział uwzględniający ciągłość i przebieg w czasie:

- **procesy dyskretne** – inaczej nazywane nieciągłymi. Cechą charakterystyczną tych procesów jest ingerencja człowieka w proces. Może to być ingerencja bezpośrednia lub poprzez zautomatyzowane urządzenia produkcyjne takie jak; obrabiarki CNC, roboty i manipulatory przemysłowe. Występują one w przemyśle elektromaszynowym, samochodowym, odzieżowym, elektronicznym itp. W praktyce jeśli przebieg dyskretny w pewnych przedziałach czasu jest stały, to możemy traktować go jak przebieg ciągły (umownie ciągły).
- **procesy ciągłe** – przebiegają bez przerw w całodobowym cyklu pracy. Do tych procesów zalicza się procesy aparaturowe występujące w całkowicie zautomatyzowanych procesach produkcyjnych. Są one charakterystyczne dla przemysłu ciężkiego takiego jak; przemysł chemiczny, energetyka, ciepłownictwo.

⁴ I. Durlik, *Inżynieria zarządzania*, Placet, Warszawa 1998; M. Brzeziński (red.), *Organizacja i sterowanie produkcją, Projektowanie systemów produkcyjnych i procesów sterowania produkcją*, Placet, Warszawa 2002.

2. Podział uwzględniający rodzaj stosowanej technologii:

- **wydobywcze** - pozyskiwanie kopalin takich jak; ropa naftowa, węgiel, rudy metali.
- **przetwórcze** - dotyczą zmiany właściwości fizykochemicznych surowców i prowadzą często do uzyskania zupełnie nowych materiałów.
- **obróbkowe** - powodują zmiany wymiarów i kształtów lub struktury wewnętrznej przedmiotów pracy.
- **montażowe i demontażowe** – procesy montażowe polegają na składaniu wyrobu lub jego poszczególnych fragmentów z pojedynczych części. Natomiast procesy demontażowe są odwrotnością procesów montażowych. Procesy te wykorzystuje się podczas remontów i napraw urządzeń lub przygotowaniu wyrobu do spedycji.
- **naturalne i biotechnologiczne** – powodują zmianę struktury powierzchniowej i wewnętrznej przedmiotów pracy, a także produktów powstałych w wyniku oddziaływania organizmów żywych, np. utylizacja szkodliwych substancji przemysłowych.

3. Podział uwzględniający udział pracy ludzkiej:

- **procesy pracy** – procesy do których realizacji niezbędny jest człowiek,
- **procesy naturalne** – stygnięcie odlewu, suszenie drewna, fermentacja maślanek itp.

4. Podział uwzględniający wykorzystanie środków pracy:

- **ręczne** – wykonawca za pomocą prostych narzędzi bezpośrednio oddziałuje na przedmioty pracy.
- **ręczno-maszynowe** – pracownik za pomocą maszyny roboczej obrabia przedmioty pracy.
- **maszynowe** – maszyna obrabia przedmiot pracy, a rolą pracownika jest sterowanie maszyną roboczą.
- **zautomatyzowane** – są to procesy realizowane w elastycznych systemach produkcyjnych (ESP). Rola człowieka sprowadza się do programowania maszyn produkcyjnych i sterowania procesem produkcyjnym.
- **zintegrowane komputerowo** – są to procesy realizowane w ramach zintegrowanych systemów produkcyjnych (CIM).

5. Podział uwzględniający złożoność procesów:

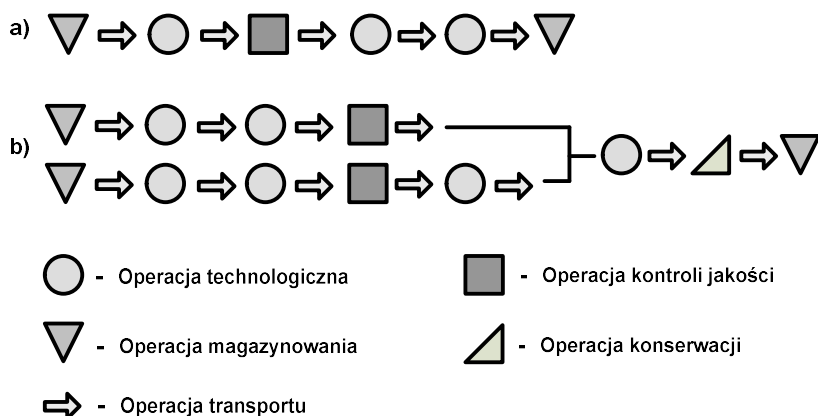
- **procesy proste** – jest to zbiór operacji produkcyjnych dotyczących jednej części wyrobu, łącznie z operacjami pomocniczymi – rys. 1.a).
- **procesy złożone** – powstają z dwóch i więcej procesów prostych powstałych w trakcie procesu montażu – rys. 1.b).

Procesy proste, jak i procesy złożone są bezpośrednio powiązane ze strukturą wyrobu.

6. Podział uwzględniający przedmiot odniesienia:

Procesy można rozpatrywać w odniesieniu do:

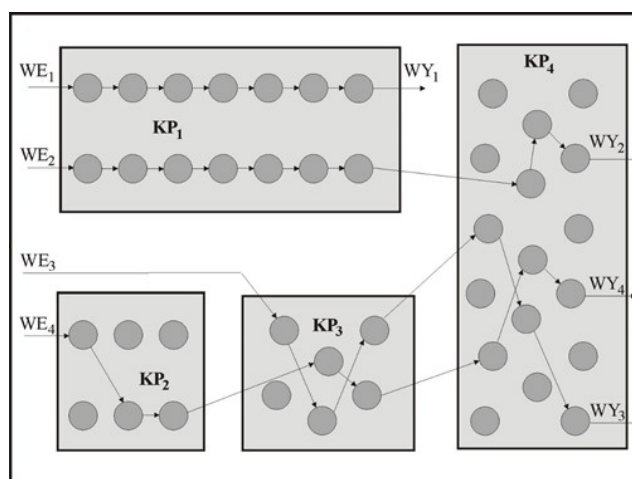
- **wyrobu,**
- **komórki produkcyjnej,**
- **technologii grupowej.**



Rys. 1. Graficzny sposób mapowania procesów prostych i złożonych.

Źródło: K. Szatkowski (red.), *Nowoczesne zarządzanie ... op. cit.*

Proces produkcyjny wyrobu jest to zbiór operacji produkcyjnych zmierzających do wyprodukowania danego wyrobu bez względu w jakich komórkach produkcyjnych są one realizowane, np. wyroby A (WE_1-WY_1), B (WE_2-WY_2), C (WE_3-WY_3), D (WE_4-WY_4) na rys. 2. Z kolei proces produkcyjny komórki produkcyjnej jest to zbiór operacji produkcyjnych realizowanych w danej komórce produkcyjnej, np. KP1, KP2, KP3 na rys. 2. Proces produkcyjny uwzględniający technologię grupową dotyczy zbioru procesów produkcyjnych rodziny wyrobów, dla których zastosowano produkcję w oparciu o metodę technologii grupowej (*Group Technology*).

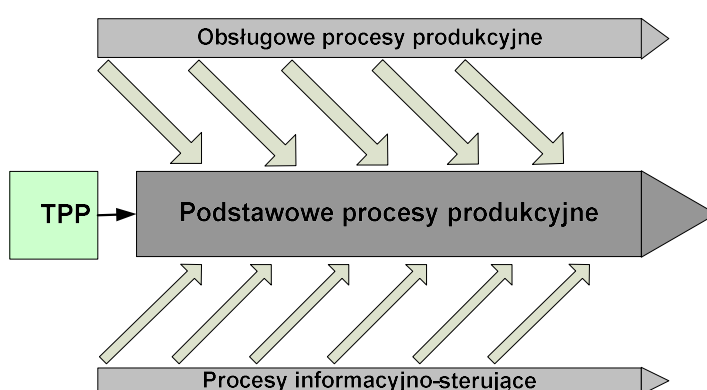


Rys. 2. Proces produkcyjny wyrobu i komórki produkcyjnej

Źródło: opracowanie własne

7. Podział uwzględniający podrzędność procesów produkcyjnych.

Na rys. 3 przedstawione są trzy rodzaje procesów odpowiedzialnych za produkcję wyrobów. Środkową część rys zajmują **podstawowe procesy produkcyjne**, dlatego można wnioskować, że są one najważniejsze. Podstawowe procesy produkcyjne są bardzo ściśle powiązane z procesami technologicznymi, czyli procesami bezpośrednio odpowiedzialnymi za jakość, funkcjonalność przyszłego wyrobu, a także za opłacalność przyszłej produkcji.



Rys. 3. Schemat ukazujący podrzędność procesów produkcyjnych

Źródło: K. Szatkowski (red.), *Nowoczesne zarządzanie ... op. cit.*

Pozostałe procesy tj. **obsługowe (pomocnicze) procesy produkcyjne** na powyższe cechy wyrobu wpływają w niewielkim stopniu choć mają duży wpływ na kształtowanie się kosztów produkcji. **Procesy informacyjno-sterujące** stanowią otoczenie zarówno podstawowych procesów produkcyjnych, jak i pomocniczych. Są one niezbędne do sterowania procesem produkcyjnym, a od ich jakości zależy sprawność procesów produkcyjnych.

Z uwagi na odmienną specyfikę możliwych procesów produkcyjnych nie sposób ich wszystkich omówić w ograniczonej objętościowo pracy, dlatego procesy produkcyjne w dalszej części rozdziału będą dotyczyły tylko **procesów obróbczych** i **montażowych** w przemyśle elektromaszynowym i samochodowym.

2.2. Czynniki warunkujące sposób organizacji produkcji

Sposób organizacji produkcji zależy od wielu czynników, jednak najważniejsze z nich to:

1. rodzaj produkowanych przedmiotów,
2. forma przebiegu produkcji,
3. typ produkcji (stopień specjalizacji produkcji),

4. rodzaj struktury produkcyjnej,
5. sposób rozmieszczenia i mocowania maszyn produkcyjnych,
6. stopnia zautomatyzowania procesów produkcyjnych,
7. umiejętności i doświadczenie kadry inżyniersko-technicznej.

Ad 1. Rodzaj produkowanych przedmiotów w istotny sposób może wpłynąć na sposób organizacji produkcji, obok tych czynników które standardowo decydują o sposobie organizacji produkcji. Mogą to być dodatkowe cechy wytwarzanych przedmiotów takie jak: ich ciężar lub gabaryty, sposób organizacji kontroli jakości, sposób konserwacji, czy też jednostkowe koszty wytwarzanych przedmiotów. Współcześnie dużą wagę przywiązuje się do ekonomiki produkcji, dlatego przedmioty o wysokim koszcie jednostkowym produkcji powinny być traktowane w sposób priorytetowy. Dla nich powinno organizować się sztywne formy organizacji produkcji, tj. linie potokowe stałe lub zmienne, a dopiero w następnej kolejności przedmioty o mniejszym koszcie jednostkowym, testując o ile to możliwe, również formy potokowe generujące niższe koszty produkcji. Do analizy i oceny kosztów jednostkowych produkcji wykorzystać można zasadę Pareto.

Ad. 2. Wyróżnia się trzy możliwe formy przebiegu produkcji między stanowiskami roboczymi, tj. **sposób szeregowy, szeregowo-równoległy i równoległy**. Wybór każdej formy przebiegu produkcji generuje inne konsekwencje techniczno-ekonomiczne. Od strony organizacyjnej najłatwiej zorganizować przebieg szeregowy. Jednak z uwagi na długi cykl przepływu produkcji sposób ten nie jest współcześnie zalecany do stosowania. Wszędzie tam gdzie jest to możliwe należy stosować przebieg równoległy lub szeregowo-równoległy niezależnie od tego, czy jest to produkcja w partiach produkcyjnych, czy też produkcja po jednej sztuce.

Ad. 3 i 4. zagadnienia szczegółowo omówione w kolejnych podpunktach (odpowiednio 2.3 i 2.4).

Ad. 5. Sposób organizacji produkcji zależy może także od sposobu rozmieszczenia maszyn roboczych, a szczególnie od tego czy maszyny te można w łatwy i dogodny sposób przestawić w związku z reorganizacją struktury produkcyjnej. Problem mogą stanowić duże wielotonowe maszyny produkcyjne mocowane na solidnych fundamentach betonowych, do których czasami trzeba dostosować marszrutę technologiczną wyrobu. Obecnie do realizacji procesów technologicznych preferowane są niewielkie jednozadaniowe i łatwo przestawialne maszyny produkcyjne, z których w krótkim czasie można tworzyć dowolną konfigurację co podnosi efektywność produkcyjną komórki produkcyjnej. Warunkiem łatwego przestawiania maszyn jest odpowiednia konstrukcja podstawy i wyposażenie jej w odpowiednie zaczepy do mocowania. Natomiast maszyny produkcyjne muszą być wyposażone w silne i pewne uchwyty.

Ad. 6. W konwencjonalnych systemach produkcyjnych pracownicy mają do czynienia z maszynami produkcyjnymi o różnym stopniu automatyzacji. Można spotkać maszyny produkcyjne niezautomatyzowane, wymagające obsługi ręcznej, maszyny półautomatyczne, wymagające częściowej obsługi i maszyny całkowicie zautomatyzowane wymagające jedynie zamocowania przedmiotu w obrabiarkę i jej włączenia. Rodzaj zastosowanych obrabiarek zmienia sposób organizacji pracy w analizowanych komórkach produkcyjnych w zakresie ich obsługi. Dodatkowo wymusza na pracownikach

obsługi wielostanowiskowej, a co za tym idzie obsługi wielozawodowej. Zwiększa się popyt na pracowników o wyższych i bardziej wszechstronnych kwalifikacjach na rzecz pracowników o niskich i jednostronnych kwalifikacjach.

Ad. 7. Potencjał produkcyjny przedsiębiorstwa nie zależy jedynie od wyposażenia materialnego. Często czynnikiem decydującym jest kapitał intelektualny pracowników przedsiębiorstwa w tym także kadry inżyniersko-technicznej. Im wyższe umiejętności i doświadczenie pracowników projektujących i organizujących przepływ produkcji, tym są one bardziej zaawansowane od strony organizacyjnej, generujące niższe koszty produkcji i bardziej przyjazne pracownikom.

2.3. Typy produkcji

Typem produkcji nazywa się stopień specjalizacji stanowiska roboczego i związany z nim poziom stabilności wykonywanej tam produkcji⁵.

Stopień specjalizacji stanowiska roboczego uzależniony jest od liczby realizowanych na nim operacji lub liczby przebrojeń. Im większa liczba operacji lub przebrojeń tym mniejszy stopień specjalizacji. Zatem do określenia typu produkcji przydatne są dwa mierniki:

- 1) **współczynnik liczby operacji technologicznych** lub **przebrojeń** przypadających na stanowisko robocze,
- 2) **współczynnik obciążenia** stanowiska roboczego.

Pierwszy współczynnik określamy przy użyciu następującej zależności:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n L_p}{L_{st}}, \quad (1)$$

gdzie:

k - współczynnik liczby przebrojeń w badanej komórce produkcyjnej,
 L_p - liczba wykonywanych przebrojeń w danej komórce produkcyjnej,
 L_{st} - liczba stanowisk roboczych w danej komórce produkcyjnej.

Przyjęto umownie następujące zakresy współczynnika k oznaczające poszczególne typy produkcji:

- $k = 1$ - typ produkcji masowej,
- $k = 2 \div 10$ - typ produkcji wieloseryjnej,
- $k = 10 \div 20$ - typ produkcji średnioseryjnej,

⁵ S. Lis (red.), *Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych i sterowanie produkcją*, Wyd. Pol. Warszawskiej, Warszawa 1978, M. Brzeziński (red.), op.cit..

- $k = 20 \div 30$ - typ produkcji małoseryjnej,
- $k > 30$ - typ produkcji jednostkowej.

Drugi miernik, to **współczynnik obciążenia** stanowiska roboczego:

$$\eta_{sti} = \frac{z_{gi}}{m_{gi}} = \frac{N_i \cdot t_i}{F_i \cdot \varphi} \quad (2)$$

gdzie:

η_{sti} - współczynnik obciążenia stanowiska roboczego obróbką i - tej części,

z_{gi} - zadanie godzinowe dla i -tej części,

m_{gi} - możliwość godzinowa dla i -tego zadania produkcyjnego,

N_i - program produkcyjny i -tej części,

F_i - fundusz czasu pracy danego stanowiska roboczego,

t_i - pracochłonność jednostkowa obróbki i -tej części,

φ - korekcyjny współczynnik wykonania normy.

W oparciu o współczynnik η_{sti} , przyjęto następującą klasyfikację typów produkcji:

- $\eta_i = 1$ - typ produkcji masowej,
- $\eta_i = 0,5 \div 0,2$ - typ produkcji wielkoseryjnej,
- $\eta_i = 0,2 \div 0,05$ - typ produkcji średnioseryjnej,
- $\eta_i = 0,05 \div 0,03$ - typ produkcji małoseryjnej,
- $\eta_i < 0,03$ - typ produkcji jednostkowej.

Każdy typ produkcji pociąga za sobą inną organizację przebiegu produkcji. Im większa specjalizacja stanowisk roboczych tym wyższy poziom organizacji produkcji. Należy jednak pamiętać, że im wyższy poziom organizacji produkcji tym produkcja jest bardziej sztywna, tj. mniej jest podatna na szybkie zmiany spowodowane najczęściej niestabilnością rynku.

Niżej zostaną przedstawione poszczególne typy produkcji, tj. **produkcję jednostkową, masową i seryjną**, pamiętając, że produkcja seryjna mieści w sobie **produkcję małoseryjną, średnioseryjną i wielkoseryjną**.

Produkcja jednostkowa (indywidualna) - produkcja pojedynczych wyrobów (lub niewielkiej ilości wyrobów). Produkcję charakteryzuje najniższy stopień specjalizacji stanowisk roboczych. Najczęściej jest to produkcja niepowtarzalna, ponieważ każdy kolejny wyrób może mieć wprowadzone mniejsze bądź większe zmiany konstrukcyjne. Produkcja ta realizowana jest na indywidualne zamówienie. Przykładem produkcji jednostkowej jest produkcja jachtów pełnomorskich lub dużych transformatorów energetycznych.

Produkcja jednostkowa charakteryzuje się następującymi cechami:

- niepowtarzalny asortyment produkcji,
- uniwersalny park maszynowy, przystosowany do wykonywania różnorodnych operacji,

- proste i ubogie oprzyrządowanie produkcji,
- wysoko wykwalifikowana kadra pracowników inżynieryjno-technicznych,
- elastyczne normy czasu,
- niewielki stopień mechanizacji i automatyzacji produkcji,
- ramowy charakter technologicznego przygotowania produkcji wyrobów,
- konieczność opanowania większej liczby zawodów przez pracowników.

Produkcja seryjna polega na jednoczesnej i bezpośrednio następującej po sobie produkcji określonej liczby (partii) jednakowych wyrobów. Cechą charakterystyczną produkcji seryjnej jest podobieństwo wyrobów i stopień specjalizacji stanowisk roboczych, a nie określona liczba produkowanych wyrobów.

Produkcja seryjna wyróżnia się następującymi cechami:

- podobny pod względem technologicznym asortyment produkcji, lecz różnej wielkości,
- występuje częściowa lub pełna powtarzalność operacji produkcyjnych na określonych stanowiskach roboczych,
- przy produkcji tych samych wyrobów występują okresy powtarzalności produkcji,
- przebieg produkcji jest w większej części ustabilizowany,
- środki produkcji specjalizowane z mniejszym zakresem oprzyrządowania specjalnego,
- spływ produkcji odbywa się seriami (partiami) w rytmicznie występujących okresach powtarzalności.

Produkcja masowa polega na długotrwałej lub stałej produkcji jednakowych wyrobów (części) na stanowiskach roboczych. Jest to produkcja o najwyższym stopniu specjalizacji stanowisk roboczych i stabilności produkcji.

Cechy produkcji masowej:

- asortyment produkcji taki sam w dłuższym czasie,
- niezmiennie obciążenie stanowisk roboczych,
- wymaga dokładnego i starannego technicznego przygotowania produkcji,
- stanowiska robocze tworzą najczęściej linie produkcyjne,
- duża specjalizacja pracy pracowników uzyskujących w ten sposób dużą wprawę,
- występuje pełna powtarzalność operacji na stanowiskach roboczych,
- środki produkcji stanowią najczęściej maszyny specjalne,
- wykorzystuje się przede wszystkim oprzyrządowanie specjalne,
- wymaga starannego i dokładnego technicznego przygotowania produkcji,
- występują krótkie cykle produkcyjne i niskie koszty produkcji.

W tabeli 1. dokonano porównania ww. typów produkcji.

Tabela 1. Porównanie typów produkcji

Cechy charakterystyczne	Typ produkcji		
	Jednostkowa	Seryjna	Masowa
Program produkcji	mały	średni	wielki
Środki produkcji	uniwersalne	specjalizowane	specjalne
Powtarzalność produkcji	nie występuje	częściowo występuje	pełna
Obciążenie stanowisk	niskie i zmienne	średnie i powtarzalne	duże i stałe
Rozmieszczenie środków produkcji	funkcjonalne	gniazdowe	liniowe
Kwalifikacje pracowników	wysokie i zróżnicowane (uniwersalne)	średnie	niskie (specjalizacja zawodowa)
Zakres operacji	duży	średni	mały
Oprządkowanie produkcji	znikome/małe	średnie	duże/bardzo duże

Źródło: opracowanie własne na podstawie: K. Szatkowski (red.), *Nowoczesne zarządzanie ... op. cit.*

2.4. Formy produkcji

Formą organizacji produkcji (krótko - formą produkcji) nazywamy sposób powiązania stanowisk roboczych w procesie produkcyjnym poszczególnych wyrobów.

Zasadniczo formy organizacji produkcji dzielą się na dwie grupy, tj:

- **nierytmiczne** - (*niepotokowe, niepowtarzalne, niestabilizowane, zmiennoseryjne*),
- **rytmiczne** - (*potokowe, powtarzalne, ustabilizowane, stałoseryjne*).

W historycznym rozwoju systemów produkcyjnych wykształciły się dwie podstawowe formy organizacji produkcji, tj. formy nierytmiczne i rytmiczne. Jako pierwsze wykształciły się formy nierytmiczne. Były one charakterystyczne dla *warsztatów rzemieślniczych* i *manufaktur* które produkowały znaczne ilości wyrobów z dużym udziałem prac ręcznych. Charakterystyczną cechą ówczesnej produkcji była:

- wysoka specjalizacja produkcji wykonywanych czynności,
- brak powtarzalności produkcji w zakresie uzyskiwanych parametrów wyrobu,
- niewielka ilość nieskomplikowanych maszyn produkcyjnych,
- brak planowania i przygotowania produkcji w dłuższej perspektywie czasowej.

Z początkiem drugiej połowy XIX wieku manufaktury zaczęły się przekształcać w **fabryki**, czyli miejsca w których produkcja wyrobów zorganizowana była na dużą skalę przy dużym udziale maszyn produkcyjnych.

Powstanie pierwszych fabryk nie spowodowało całkowitej likwidacji manufaktur, gdyż w różnej formie przetrwały one na świecie do dnia dzisiejszego. Szczególnie ma to miejsce w branży odzieżowej w krajach rozwijających się i w sektorze dóbr luksusowych w krajach wysoko rozwiniętych. Do sektorów tych można

zaliczyć: krawiectwo, jubilerstwo, produkcja luksusowych samochodów, niewielkie ilości unikalnych urządzeń, sprzętu laboratoryjnego itp.

2.4.1. Produkcja nierytmiczna

W historycznym rozwoju systemów produkcyjnych forma nierytmiczna wykształciła się jako pierwsza. Było to związane z produkcją niewielkiej ilości wyrobów w małych i średnich zakładach produkcyjnych silnie uzależnionych od popytu rynkowego. Taka produkcja nie wykazuje żadnej lub jedynie minimalną powtarzalność operacji produkcyjnych na poszczególnych stanowiskach roboczych, co skutkuje dużą częstotliwością ich przeobrażania.

Produkcja nierytmiczna charakteryzuje się ona następującymi cechami:

- niskim stopniem oprzyrządowania stanowisk roboczych,
- dużymi zapasami produkcji w toku,
- najczęściej stosowaną technologiczną strukturą produkcyjną,
- planowanie produkcji opiera się na systemie zleceńowym,
- bieżącym przydziałem zadań produkcyjnych do stanowisk roboczych,
- sterowanie produkcją odbywa się za pomocą *cyklogramów*.

Rodzaje form nierytmicznych

W głębszym podziale można dokonać następującej klasyfikacji form produkcji nierytmicznej:

- **niepotokowa w komórkach produkcyjnych o strukturze technologicznej** – pomiędzy stanowiskami roboczymi, a obrabianymi przedmiotami nie ma ścisłych powiązań,
- **niepotokowa w komórkach o strukturze przedmiotowej** – mogą występować przypadkowe lub w ogóle nie muszą występować powiązania z sąsiednimi stanowiskami roboczymi,
- **niepotokowa w liniach produkcyjnych** - brak regularnej powtarzalności wykonywania przedmiotów z uwagi na okresowy sposób produkcji. Poszczególne okresy może dodatkowo cechować różna wielkość produkcji.

2.4.2. Produkcja rytmiczna

Podstawową cechą produkcji rytmicznej jest występowanie *stałego okresu powtarzalności produkcji*, tj. cyklicznym powtarzaniem się na stanowiskach roboczych takich samych zadań produkcyjnych.

Ponadto produkcja rytmiczna charakteryzuje się:

- ścisłym powiązaniem stanowisk roboczych,
- przydziałem takich samych operacji produkcyjnych do poszczególnych stanowisk roboczych,
- wysokim stopniem oprzyrządowania specjalnego stanowisk roboczych,
- przedmiotową strukturą produkcyjną,
- małą podatnością na szybkie zmiany,

- mniejszymi zapasami produkcyjnymi w toku,
- sterowaniem produkcji za pomocą *harmonogramów wzorcowych*,
- rozliczaniem produkcji w oparciu o system planów raportów i kart limitów materiałowych.

W rytmicznej formie organizacji produkcji występuje zawsze przedmiotowa tendencja specjalizacji komórek produkcyjnych.

Rodzaje form rytmicznych

Można wyróżnić następujące, szczegółowe formy tej produkcji:

- **potok synchroniczny** - zespół stanowisk roboczych ustawionych zgodnie z przebiegiem procesu technologicznego, przeznaczonych do produkcji jednego asortymentu przedmiotów. Każde stanowisko robocze wykonuje tylko jedną operację. Potok jest zsynchronizowany jeśli czasy poszczególnych operacji są równe taktowi produkcji lub stanowią jego wielokrotność.
- **potok asynchroniczny** - organizuje się, gdy synchronizacja w czasie operacji jest niemożliwa lub nieopłacalna, a ustawienie stanowisk roboczych, zgodnie z kolejnymi operacjami technologicznymi daje określone korzyści np. skraca cykl produkcji.
- **potok z przymusowym taktem** – takt linii wymuszony jest środkiem transportu międzystanowiskowego. Może on być płynny lub przerywany na okres trwania taktu.
- **potok zautomatyzowany** – automatyzacja może dotyczyć zarówno sposobu obróbki na stanowiskach roboczych, jak i automatyzacji transportu międzystanowiskowego.

Powyższe formy organizacji produkcji, a szczególnie potok zsynchronizowany i niesynchronizowany mogą występować w jednym z następujących układów linii produkcyjnej:

- **potok stały** – wytwarzany jest tylko jeden rodzaj części (jeden wyrób),
- **potok zmienny** – wytwarzane są dwie lub więcej części (wyróbów),
- **potok złożony** – okresowo wytwarzane są seryjnie różne części (wyroby).

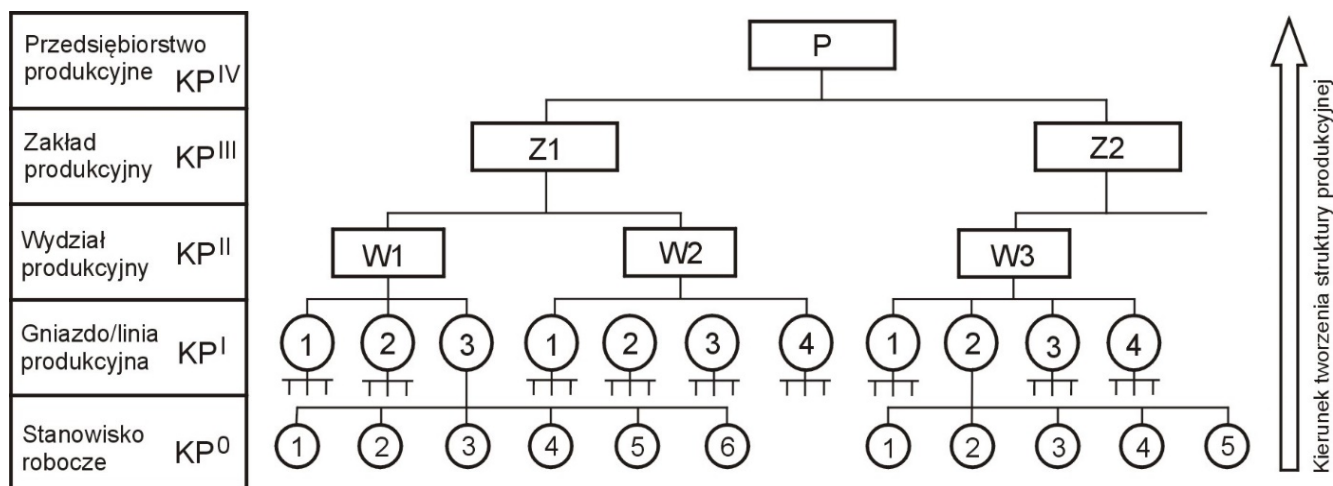
2.5. Rodzaje struktur produkcyjnych

2.5.1. Istota struktury produkcyjnej

Strukturą produkcyjną nazywamy układ komórek produkcyjnych oraz zespół związków kooperacyjnych zachodzących między nimi, właściwy dla danego systemu produkcyjnego jako całości⁶.

Struktura produkcyjna powstaje w wyniku grupowania komórek produkcyjnych niższego rzędu. Komórkami zerowego stopnia są stanowiska robocze. Jeśli zatem zgrupujemy kilka stanowisk roboczych otrzymamy **gniazdo produkcyjne** lub **linię produkcyjną**, czyli komórkę produkcyjną pierwszego stopnia. Jeśli z kolei zgrupujemy kilka gniazd lub linii produkcyjnych, to otrzymamy **wydział produkcyjny**, czyli komórkę drugiego stopnia. Powtarzając tę procedurę jeszcze dwa razy otrzymamy komórkę produkcyjną czwartego stopnia, czyli **przedsiębiorstwo produkcyjne** (rys. 4).

⁶ M. Brzeziński (red.), *Organizacja i sterowanie...*, op. cit.



Rys. 4. Proces tworzenia struktury produkcyjnej przedsiębiorstwa

Źródło: opracowanie własne

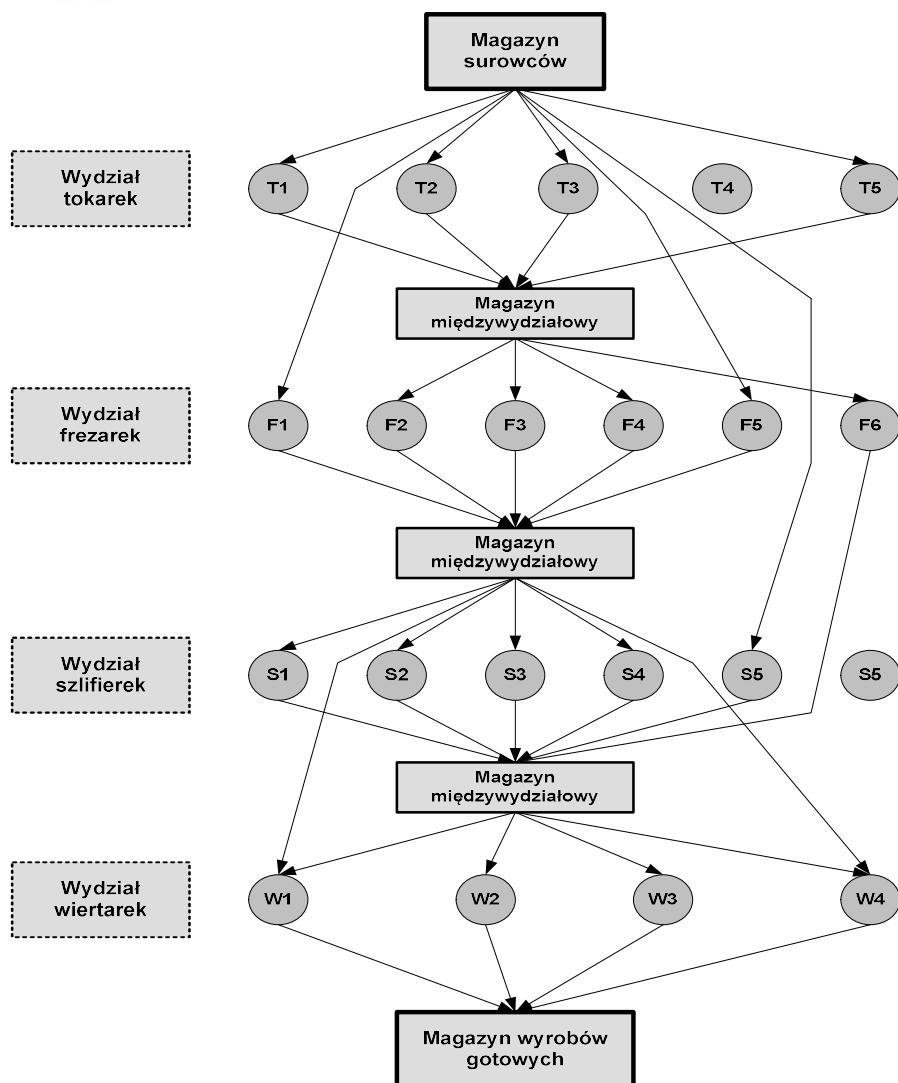
W praktyce przemysłowej najbardziej znane są dwie tendencje tworzenia struktur produkcyjnych, tj.:

- technologiczna,
- przedmiotowa.

2.5.2. Struktura technologiczna

W strukturach technologicznych ważne jest **podobieństwo technologiczne** maszyn produkcyjnych. Mogą one wykonywać różne zbiory części o podobnych operacjach technologicznych. W przeszłości jeśli jakiś zbiór części wymagał operacji toczenia, to tworzone gniazdo tokarek, jeśli operacji frezowania, to tworzone gniazdo frezarek. Dla dużych programów produkcyjnych tworzone odpowiednio wydziały frezarek, tokarek, szlifierek itp. (rys. 5).

Struktury technologiczne były niemal powszechnie stosowane w przedsiębiorstwach do lat 60-tych ubiegłego wieku. Wynikało to z prostszej organizacji procesów produkcyjnych w komórkach o strukturze technologicznej i lepszym wykorzystaniu maszyn produkcyjnych, które były drogie i musiały być w pełni wykorzystane. Struktury te zadawały się także niższymi kwalifikacjami zarówno pracowników bezpośrednio obsługujących stanowiska robocze, jak i kadry zarządzającej przepływem produkcji.



Rys. 5. Przepływ produkcji w warunkach struktury technologicznej

Źródło: K. Szatkowski (red.), *Nowoczesne zarządzanie ... op. cit.*

Zalety struktury technologicznej:

1. Prosta przejrzysta organizacja przepływu produkcji.
2. Możliwość przejęcia zadań produkcyjnych z sąsiednich stanowisk roboczych w przypadku awarii którejś z maszyn produkcyjnych lub absencji pracownika.
3. Prostsze sterowanie przepływem produkcji.

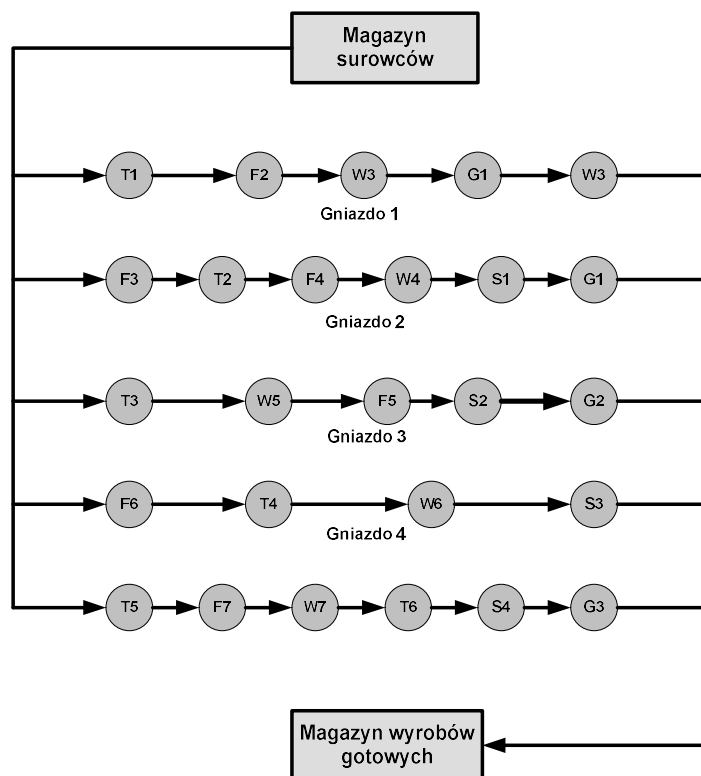
Wady struktury technologicznej:

1. Wysokie koszty transportu z powodu przemieszczania produkcji między wydziałami produkcyjnymi dużymi środkami transportu.
2. Duży poziom zapasów produkcji w toku.
3. Dłuższy cykl produkcyjny w stosunku do struktury przedmiotowej.
4. Układ technologiczny wymaga na ogół większej powierzchni produkcyjnej niż układ przedmiotowy.

2.5.3. Struktura przedmiotowa

Przedmiotowa tendencja (zwana także przedmiotową specjalizacją) tworzenia struktury produkcyjnej opiera się na kryterium **podobieństwa wyrobów** (przedmiotu pracy) lub **grupy wyrobów** (części).

Struktura charakteryzuje się tym, że maszyny robocze w gniazdach produkcyjnych ustawione są zgodnie z kolejnością procesów technologicznych wytwarzanych części. Różne procesy technologiczne wymuszają stosowanie odmiennych technologicznie maszyn produkcyjnych, co z kolei wymusza inną organizację pracy gniazd produkcyjnych (rys. 6).



Rys. 6. Przepływ produkcji w warunkach struktury przedmiotowej

Źródło: K. Szatkowski (red.), *Nowoczesne zarządzanie ... op. cit*

Zalety struktury przedmiotowej:

- możliwość produkcji całej części lub podzespołu wyrobu w jednym miejscu,
- niższe koszty transportu z uwagi na bliskie sąsiedztwo stanowisk roboczych,
- możliwość organizacji produkcji na zasadzie przepływu ciągłego.

Wady struktury przedmiotowej:

- wymaga dobrego planowania produkcji,
- awaria jednej maszyny w tzw. ciągu technologicznym może spowodować zatrzymanie w nim produkcji,
- wymaga większych kwalifikacji osób zarządzających komórką produkcyjną z uwagi na większą różnorodność maszyn produkcyjnych.

2.5.4. Wybór właściwej struktury produkcyjnej

Przy wyborze właściwej struktury produkcyjnej, w konkretnych warunkach istniejącej lub nowo projektowanej jednostce produkcyjnej, należy uwzględnić szereg czynników takich jak:

- charakterystyka, złożoność i rodzaj produkowanych wyrobów,
- liczebność, zróżnicowanie programów produkcji oraz rozmiary asortymentowe,
- właściwości i charakter procesów technologicznych,
- stopień specjalizacji i powiązania kooperacyjne jednostki produkcyjnej,
- charakterystyki zaangażowanych stanowisk roboczych (np. występowanie stanowisk typu ciężkiego, unikalnych itp.),
- ograniczenia, w dysponowanej powierzchni produkcyjnej,
- koszty produkcji łącznie z kosztami transportu.

Każdy z wymienionych czynników może mieć większy lub mniejszy wpływ na projektowanie struktury produkcyjnej, zależny od rzeczywistych warunków, określających pewne ramy w doborze optymalnego rozwiązania.

2.6. Zasady racjonalnej organizacji procesów produkcyjnych

Zarówno projektując, jak i organizując procesy produkcyjne należy mieć na uwadze pewne zasady, których przestrzeganie przynosi pozytywne rezultaty. Zasad tych nie należy stosować w sposób obligatoryjny, lecz raczej traktować jako dobre rady. Stosowanie ich w praktyce ułatwia tworzenie struktur produkcyjnych ze sprawnym przepływem produkcji.

Są to następujące zasady:

- **zasada proporcjonalności** – komórki produkcyjne w przedsiębiorstwie należy obciążać zadaniami produkcyjnymi proporcjonalnie do ich możliwości produkcyjnych,

- **zasada liniowości** – marszrutu technologiczne procesów produkcyjnych powinny przebiegać bez nawrotów i niepotrzebnych skrzyżowań,
- **zasada ciągłości** – przebieg procesu produkcyjnego powinien być ciągły, tzn. należy unikać wszelkich przerw produkcyjnych wydłużających cykl produkcyjny,
- **zasada koncentracji** – zarówno maszyny jak i procesy produkcyjne powinny być skoncentrowane na jak najmniejszym obszarze, zachowując jednak obowiązujące wymogi BHP w danej jednostce produkcyjnej,
- **zasada równoległości** – w miarę możliwości procesy produkcyjne powinny być realizowane równolegle (współbieżnie). Skraca to znacząco cykl produkcyjny jednak przy większym zaangażowaniu zasobów produkcyjnych,
- **zasada rytmiczności** – organizując procesy produkcyjne powinno dążyć się do uzyskania stałego okresu powtarzalności produkcji (rytmu produkcji),
- **zasada elastyczności** – projektując strukturę produkcyjną należy dążyć do jej szybkiej rekonfiguracji umożliwiającej szybkie przestawienie produkcji na inne wyroby. Ułatwia to przedsiębiorstwu szybkie dostosowanie się do zmiennych warunków rynkowych.

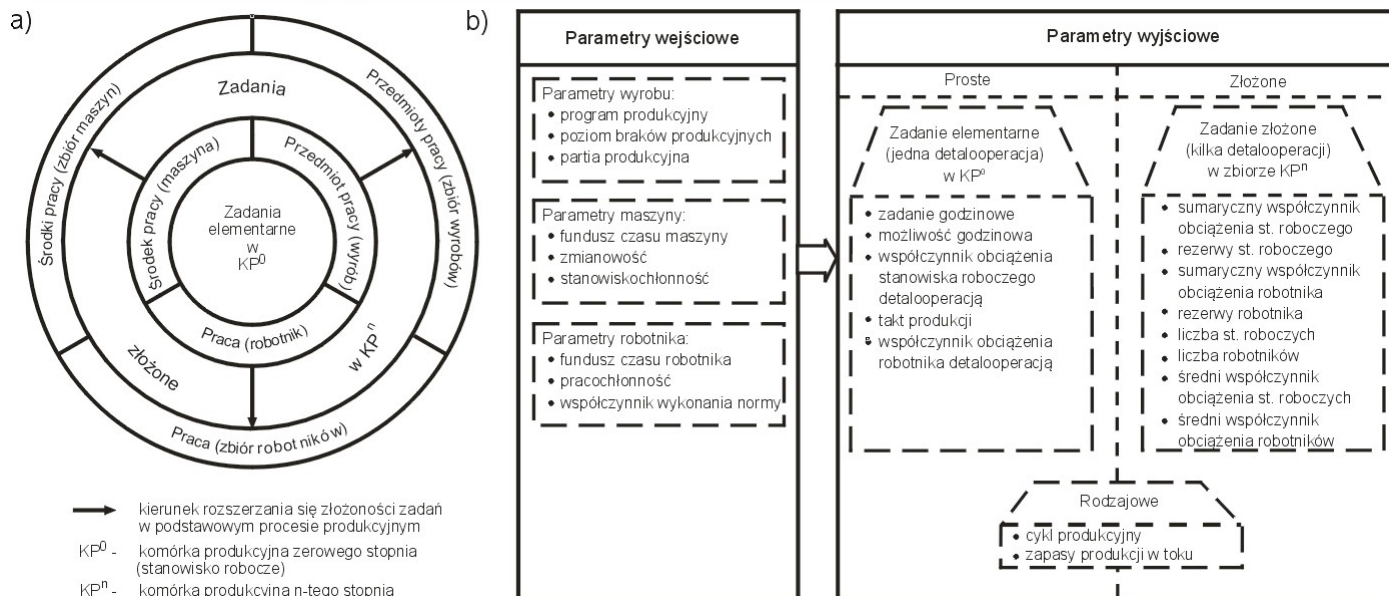
2.7. Parametry w procesie planowania i organizacji procesów produkcyjnych

2.7.1. Klasyfikacja parametrów procesu produkcyjnego

Przystępując do realizacji organizowania procesu produkcyjnego, zawsze należy mieć na uwadze, że trzy zasadnicze czynniki produkcji (przedmioty pracy, środki pracy i praca ludzka) muszą być tak dobrane i skoordynowane, by wyroby były wykonywane w jak najkrótszym czasie i w sposób jak najbardziej ekonomiczny. Udział każdego z tych czynników jest różny w zależności od postaci i jakości surowca, charakteru procesu produkcji, stopnia mechanizacji i automatyzacji produkcji, sprawności środków pracy, jakości pracy ludzkiej i stopnia zorganizowania procesu produkcyjnego. Zmiana cech poszczególnych czynników powoduje ich zmienny udział w procesie produkcyjnym, co wymaga odpowiedniego ich doboru i dostosowania do siebie. Chodzi zatem o łączenie w odpowiednim czasie i miejscu niezbędnych czynników produkcji oraz sterowanie nimi i zachodzącymi między nimi proporcjami. Rozwiązanie tych zagadnień jest możliwe tylko na podstawie analizy wszystkich czynników i ich parametrów, gdyż one wpływają na przebieg procesu produkcyjnego.

Na ostateczny stopień efektywności podstawowego procesu produkcyjnego wpływa więc ilość jak i jakość poszczególnych parametrów opisujących stany czynników produkcji, które oddziałują we wzajemnym, ścisłym związku (zob. rys. 7a). Istniejące klasyfikacje najczęściej dzielą parametry produkcyjno-organizacyjne na wejściowe i wyjściowe. Natomiast proponowana klasyfikacja⁷ opiera się na założeniu ścisłego przypisania określonych parametrów czynnikom produkcji; przedmiotom pracy, środkom pracy i samej pracy. Również brane jest pod uwagę stadium w jakim znajdują się parametry w trakcie „obróbki” oraz moment przenikania się i uzyskiwania złożoności wzajemnych relacji (rys. 7b).

⁷ M. Brzeziński (red.), *Organizacja i sterowanie* op. cit.



Rys. 7. Klasyfikacja parametrów procesu produkcyjnego: a) schemat powiązań czynników produkcji w podstawowym procesie produkcyjnym, b) schemat klasyfikacji i powiązań parametrów produkcyjno-organizacyjnych podstawowego procesu produkcyjnego

Źródło: M. Brzeziński, *Organizacja produkcji... op. cit*

Parametrami wejściowymi nazywa się parametry trzech czynników produkcji, które przygotowywane są na wejściu procesu produkcyjnego (również procesu projektowania) pod względem rzeczowym, związków ilościowych oraz relacji czasowo-przestrzennych. Ich dobór odbywa się oczywiście w oparciu o przyjęte wcześniej, właściwe metody pracy, procesy technologiczne i środki produkcji. Każdy z trzech czynników produkcji otrzymuje⁸, poprzez odpowiednie zbiory parametrów, określone wielkości związane z szeroko pojętymi zadaniami produkcyjnymi do wykonania w określonym czasie.

Parametry wyjściowe są to zbiory parametrów normatywnych, powstałe z przenikania się parametrów wyrobów i stanowisk roboczych. Obowiązują one w trakcie realizacji procesu produkcyjnego a uzyskiwane są po zakończeniu procesu projektowania. Dzielą się na parametry:

- proste,
- złożone,
- rodzajowe.

⁸ Oczywiście wyrób, traktowany jako zadanie do wykonania „przenosi” na maszynę i robotnika swoje parametry, dlatego w proponowanej klasyfikacji te dwie wielkości są umieszczone już po wstępnym „przeniesieniu” ich na maszynę czy też robotnika.

Parametry wyjściowe **proste** dotyczyć będą zadania elementarnego, czyli detalooperacji wykonywanej na określonym detalu, obciążającej pracą określone stanowisko robocze i robotnika.

Parametry wyjściowe **złożone** dotyczyć będą zadania złożonego ze zbioru detalooperacji, obciążających pracą zbiór stanowisk roboczych i robotników.

Parametry wyjściowe **rodzajowe** w zależności od momentu czasowego i złożoności procesu produkcyjnego, mogą dotyczyć określonej detalooperacji lub zbioru detalooperacji, wykonywanych na prostym stanowisku roboczym lub zbiorze stanowisk roboczych. Dlatego przybierać one mogą, w ujęciu czasowym, różne wielkości – od minimum do maksimum – tworząc rodzajowe grupy tych parametrów.

Tak sklasyfikowane parametry można poddać właściwym procedurom obliczeniowym, zmierzającym do ustalenia relacji zachodzących między możliwościami produkcyjnymi istniejącej lub nowo projektowanej jednostki produkcyjnej, a postawionymi przed nią zadaniami do wykonania. Poszczególne parametry produkcyjno-organizacyjne opisujące przebieg podstawowego procesu produkcyjnego posiadają formuły obliczeniowe⁹, przy użyciu których można wyznaczyć niezbędne wielkości parametrów traktowanych później jako zbiór normatywów sterowania przebiegiem produkcji. Definiowaniem, interpretacją i matematycznym zapisem tych parametrów zajmiemy się poniżej, utrzymując kolejność prezentacji zgodną z proponowaną klasyfikacją.

2.7.2. Parametry wejściowe

I. Parametry przedmiotu pracy (wyrobu)

Program produkcyjny, poziom braków produkcyjnych

Pod pojęciem **programu produkcyjnego** rozumie się rodzaje (asortyment) oraz ilość produkowanych wyrobów, zespołów, detali lub usług w określonym przedziale czasu. Najczęściej jego wielkość odnoszona jest do jednego roku i wyrażana przy użyciu mierników naturalnych takich jak: sztuki, kilogramy, tony, metry, litry itp. Liczba przewidzianych do produkcji wyrobów jest najczęściej stosowanym miernikiem w przemyśle elektromaszynowym, w odniesieniu nie tylko do wyrobów finalnych lecz również do zespołów, kompletów detali i detali.

Przedsiębiorstwo ustala programy produkcji wyrobów finalnych uwzględniające potrzeby rynkowe. Program produkcyjny przedsiębiorstwa jest więc kompromisem między tym, co przedsiębiorstwo chciałoby produkować, aby osiągnąć największe korzyści, a tym, co musi produkować ze względu na potrzeby rynku. Pozostałe programy produkcyjne zespołów, podzespołów, detali oraz części zamiennych ustalone powinny być przez producenta na bazie struktury wyrobów finalnych.

⁹ Szczegóły obliczania i projektowania wszystkich parametrów znajdzie czytelnik w pracy: M. Brzeziński (red.), *Organizacja produkcji. Materiały do ćwiczeń i projektowania*, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 2002.

Wyznaczanie programów produkcji dla kolejnych jednostek konstrukcyjnych wyrobów produkowanych w przedsiębiorstwie jest zazwyczaj rzeczą trudną ze względu na:

- różnorodność asortymentu wytwarzanych wyrobów finalnych, dużą złożoność wyrobów przemysłu elektromaszynowego,
- niski stopień standaryzacji zespołów i detali,
- brak jednolitej symboliki wyrobów, opracowanej dla wykorzystywania w ramach systemów informatycznych.

Do określania wielkości programów produkcji można stosować następujące metody¹⁰:

- algebry macierzowej,
- grafoanalityczną,

z zastosowaniem automatycznego rozwijania wyrobów za pomocą EMC.

Mając ustalone wielkości programów produkcyjnych, przy użyciu jednej z powyższych metod, dla kolejnych stopni wyrobów należy ustalić poziom produkcji detali, który obowiązywać będzie w realnym procesie produkcyjnym. Wiadomo, iż w czasie produkcji powstają braki (sztuki wadliwe), co wymaga już na wejściu procesu produkcyjnego odpowiedniego zwiększenia ilości materiałów i półwyrobów. Uzyskujemy to obliczając korygowane programy produkcji. Przykładowo dla i-tego detalu:

$$N_i = N_{di}(1 + b_{di}), \quad (3)$$

gdzie: N_i – korygowany program produkcji i-tego detalu w szt./rok,

N_{di} – planowany, docelowy program produkcji i-tego detalu (uwzględniający N_{fi} oraz N_{fzi}) w szt./rok,

b_{di} – planowany, docelowy poziom braków produkcyjnych i-tego detalu w %.

Planowany poziom braków produkcyjnych b_{di} dobierany powinien być na podstawie badań statystycznych zaszczości produkcyjnych wyrobów podobnych pod względem konstrukcyjno-technologicznym do wyrobu (detalu), którym się zajmujemy oraz przy uwzględnieniu warunków produkcyjno-organizacyjnych wytwarzania porównywanych wyrobów (detali).

Partia produkcyjna

Organizacja procesu produkcyjnego wymaga podziału programu produkcyjnego wyrobów finalnych na serie produkcyjne, które następnie w sposób świadomy (według określonego kryterium lub celu) dzielone są na mniejsze zbiory detali.

Partia produkcyjna jest to liczba detali wykonywanych w ścisłej kolejności przy jednorazowym nakładzie czasu przygotowawczo-zakończeniowego. Wielkość (liczność) partii produkcyjnej jest niezmienna w fazie docelowej, ustabilizowanej produkcji. W fazie wcześniejszej, w tzw. okresie rozruchu

¹⁰ Zob. M.Brzeziński (red.), *Organizacja produkcji. Materiały ..., op. cit.*

produkcji mamy do czynienia z pojęciem *partii rozruchowej*, której wielkość zmienia się wraz z upływem czasu.

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. A więc przy jej wyborze zachodzi konieczność uwzględniania wielu czynników, które wymagają odmiennych decyzji, przemawiających za zwiększaniem wielkości partii produkcyjnej lub na odwrót, wymagających jej minimalizacji.

Zwiększanie partii produkcyjnej może pociągać za sobą zarówno korzystne, jak i niekorzystne skutki. Do skutków korzystnych zaliczamy:

- 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 przezbrojeń,
- zwiększanie wydajności pracy robotników w wyniku tzw. produkcyjnego uczenia się,
- polepszanie jakości produkcji w wyniku tzw. jakościowego uczenia się,
- zmniejszanie kosztów produkcji związane z wymienionymi wyżej czynnikami,
- uproszczenie organizacji i zarządzania produkcją, zwłaszcza planowania operatywnego, ewidencji produkcji, zarządzania dyspozytorskiego itp.

Do skutków niekorzystnych należą:

- wydłużanie 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.

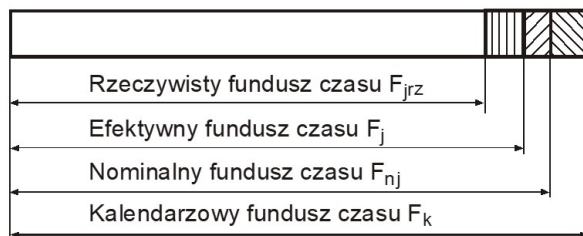
Wobec powyższego wielkość partii produkcyjnej powinna być taka, aby nakłady całkowite były minimalne oraz spełnione zostały warunki techniczno-organizacyjne, zapewniające najdogodniejsze rozłożenie cząstkowych zadań procesu produkcyjnego. Niestety wszystkie znane w literaturze przedmiotu sposoby, określają w zasadzie, tylko szacunkowo najkorzystniejszą wielkość partii produkcyjnej i dlatego w praktyce najczęściej wyniki obliczeń korygowane są o czynniki nieilościowe. Do obliczeń stosuje się następujące metody określania wielkości partii produkcyjnej:

- minimalnych kosztów produkcji,
- według udziału czasu przezbrojenia,
- według okresu powtarzalności rytmicznej produkcji.

II. Parametry środka pracy (maszyny)

Jednym z najważniejszych i obiektywnych mierników w organizacji procesu produkcyjnego jest czas, który w przypadku maszyny determinuje okres jej użytkowania. Związane jest to z różnymi poziomami

funduszu czasu pracy maszyny, jakie wystąpić mogą w odniesieniu do najbardziej charakterystycznego okresu planowania (1 roku) eksploatacji maszyny. Ilustruje je rys. 8.



Rys. 8. Podział funduszu czasu pracy maszyny

Źródło: M. Brzeziński, *Organizacja produkcji...* op. cit

1. **Kalendarzowy fundusz czasu F_k** – jest to liczba godzin wynikająca z iloczynu liczby dni w roku i liczby godzin na dobę:

$$F_k = 24 \cdot K_d \quad , \quad (4)$$

gdzie: K_d – liczba dni w roku.

2. **Nominalny fundusz czasu maszyn F_{nj}** – jest to fundusz uwzględniający wolne dni od pracy w roku oraz zmianowość:

$$F_{nj} = (K_d - N^r - S_w - S_{wo}) \cdot 8 \cdot z_m \quad , \quad (5)$$

gdzie: N^r – liczba niedziel w roku,

S_w – liczba świąt w roku (z wyłączeniem świąt przypadających w niedziele),

S_{wo} – liczba wolnych sobót w roku,

z_m – zmianowość.

3. **Efektywny fundusz czasu maszyny (stanowiska roboczego) F_j :**

$$F_j = F_{nj} \cdot \eta_{pj} \quad , \quad (6)$$

gdzie: η_{pj} – planowany współczynnik uwzględniający przestoje maszyny (stanowiska roboczego), przyjmowany najczęściej w granicach 0,94 – 0,96.

4. **Rzeczywisty fundusz czasu maszyny (stanowiska roboczego) F_{jrz} :**

$$F_{jrz} = F_j \cdot \eta_{jrz} \quad , \quad (7)$$

gdzie: η_{jrz} – współczynnik wykorzystania efektywnego funduszu czasu (określany diagnostycznie po realizacji procesu produkcyjnego).

Zaprezentowane powyżej poziomy funduszu czasu pracy maszyny pokazują w ujęciu globalnym, jakie są możliwości wykorzystania czasu pracy maszyny w ciągu roku. Natomiast gdy skonkretyzujemy, przy użyciu

pracochłonności jednostkowej określonych wyrobów (detali), warunki wytwarzania tych wyrobów, to przydział określonej operacji do określonej maszyny (stanowiska roboczego) w ujęciu czasowym oznacza tzw. stanowiskochłonność. **Stanowiskochłonność** (maszynochłonność) jest to czas liczony w **stanowiskogodzinach** (w skrócie sg) i wyrażający okres zajęcia maszyny w celu wykonania określonej operacji. Przyjmując, że wszystkie czynności objęte czasem t_{pz} wymagają zajęcia maszyny (stanowiska roboczego) można obliczyć:

$$t_{zm} = \frac{t_{pz}}{S} + t_j \cdot \left[\frac{sg}{\text{operację}} \right], \quad (8)$$

gdzie: t_{zm} – czas zajęcia maszyny (stanowiskochłonność),
 t_{pz} – czas przygotowawczo-zakończeniowy,
 t_j – czas jednostkowy,
 S – wielkość partii produkcyjnej.

Stanowiskochłonność można określać nie tylko dla jednej operacji i jednej maszyny, lecz dla wyrobu i zbioru maszyn. Przykładowo dla detalu o k_{op} operacjach, czas zajęcia maszyn zaangażowanych do wykonania, tego detalu (T_d) wyniesie:

$$T_d = \sum_{k_{op}} \frac{t_{pz}}{S} + t_j \cdot \left[\frac{sg}{\text{detal}} \right]. \quad (9)$$

Analogicznie uzyskujemy stanowiskochłonność dla maszyn wytwarzających; zbiory detali, podzespoły, zespoły, wyroby finalne. Obliczenia te jednak są uproszczone i mogą służyć do orientacyjnego wstępnego obliczania potrzebnej liczby maszyn (stanowisk roboczych), niezbędnych w wykonaniu określonych zadań produkcyjnych (dla kolejnych stopni wyrobu finalnego).

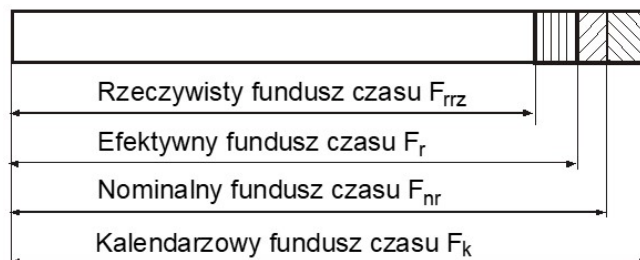
III. Parametry pracy (robotnika)

Analogicznie do funduszu czasu maszyny możemy wyznaczyć określone poziomy w funduszu czasu pracy robotnika. Graficzną interpretację poszczególnych poziomów funduszu czasu robotnika przedstawiono na rys. 9.

1. **Nominalny fundusz czasu robotnika** F_{nr} – jest to fundusz uwzględniający wolne dni od pracy:

$$F_{nr} = (K_d - N^r - S_w - S_{wo}) \cdot 8, \quad (10)$$

gdzie: K_d – liczba dni w roku,
 N^r – liczba niedziel w roku,
 S_w – liczba świąt w roku (z wyłączeniem świąt przypadających w niedziele),
 S_{wo} – liczba wolnych sobót w roku.



Rys. 9. Podział funduszu czasu pracy maszyny

Źródło: M. Brzeziński, *Organizacja produkcji... op. cit*

2. Efektywny fundusz czasu robotnika F_r :

$$F_r = F_{nr} \cdot \eta_{pr} , \quad (11)$$

gdzie: η_{pr} – planowany współczynnik uwzględniający przestoje robotnika.

3. Rzeczywisty fundusz czasu robotnika F_{rrz} :

$$F_{rrz} = F_r \cdot \eta_{rrz} , \quad (12)$$

gdzie: η_{rrz} – współczynnik wykorzystania efektywnego funduszu czasu robotnika (określany diagnostycznie po realizacji procesu produkcyjnego).

W organizacji procesu produkcyjnego kierujemy się zasadą najefektywniejszego wykorzystania, przystawionego powyżej, funduszu czasu pracy robotnika nie tylko w szerokim zakresie lecz również w aspekcie elementarnego połączenia „zadanie-maszyna-człowiek”. Dlatego bardzo często istnieje potrzeba oddzielenia czasu pracy ludzi od czasu pracy maszyny na stanowisku roboczym, kiedy czasy te nie pokrywają się ze sobą. Zadanie „niesione” przez przedmiot pracy (wyrób) dla maszyny nazywaliśmy stanowiskochłonnością, a dla robotnika pracochłonnością.

Pracochłonność wyraża, czas zajęcia robotnika przy wykonywaniu danej pracy (zadania) na wyrobie. Miarą pracochłonności są jednostki czasu od niesione do robotnika, który wykonuje określoną pracę w **roboczogodzinach** (w skrócie rg). Ustalenie pracochłonności danego zadania (operacji., detalu, podzespołu, zespołu, wyrobu lub dowolnej ich liczby) jest sprawą o wiele trudniejszą aniżeli w przypadku obliczania stanowiskochłonności. wynika to z faktu, iż czas pracy robotnika w wielu wypadkach nie pokrywa się z czasem zajęcia maszyny, a tego nie uwzględnia norma czasu, którą powszechnie się posługujemy. Dlatego w organizacji procesu produkcyjnego na etapie obliczeń orientacyjnych (wstępnych) przede wszystkim oblicza się stanowiskochłonność na podstawie normatywów, a pracochłonność określa się stosując współczynnik przeliczeniowy – uwzględniający stopień niepokrywania się czasów zajęcia maszyny

i robotnika – przy wykonywaniu tych samych prac (zadań). Przykładowo dla detalu, zależność stanowiskochłonności i pracochłonności jest równa:

$$T_d = k_w \cdot P_d . \quad (13)$$

gdzie: T_d – stanowiskochłonność detalu,
 P_d – pracochłonność detalu,
 k_w – współczynnik wielowarsztatowości;
 $k_w > 1$ dla obsługi wielostanowiskowej (wielowarsztatowej),
 $k_w < 1$ dla obsługi brygadowej.

Praktycznie ostateczną wielkość pracochłonności i jej stosunek do stanowiskochłonności, można precyzyjnie określić po szczegółowym zaprojektowaniu (zorganizowaniu) przebiegu procesu produkcyjnego. Wtedy pracochłonność jest podstawą do obliczania liczby robotników niezbędnych przy wykonaniu założonych zadań produkcyjnych.

Następnym parametrem bardzo ściśle związanym z czasem wytwarzania (pracochłonnością, czasem jednostkowym) jest **współczynnik wykonania normy**, który wyznaczamy z zależności:

$$\varphi_j = \frac{t_j}{t_{jk}} , \quad (14)$$

gdzie: φ_j – współczynnik wykonania normy dla j-tej operacji,
 t_j – czas jednostkowy j-tej operacji,
 t_{jk} – korygowany czas jednostkowy j-tej operacji (dla projektowanego układu organizacyjnego lub rzeczywisty czas jednostkowy dla diagnozowanego układu organizacyjnego).

Współczynnik φ_j dotyczy wydajności pracy robotników określonych zawodów: tokarzy, frezerów itp. Jego wartość ustala się na podstawie badań empirycznych – w zrealizowanych procesach produkcyjnych – a następnie po statystycznej „obróbce” wyznacza się jego wielkość normatywną według stopnia napięcia norm np. średnie, średnioprogresywne, progresywne.

Parametry wejściowe przenoszą swoje charakterystyki na zbiory parametrów wyjściowych, którym nadają przez ściśle współzależności obliczeniowe, określone skutki projektowe i realizacyjne.

2.7.3. Parametry wyjściowe

Stanowisko robocze, gdzie następuje ogniskowanie się podstawowych trzech czynników produkcji, powołane jest ze swej istoty do wykonywania zadań produkcyjnych, które nie powinny przekraczać możliwości wytwórczej tego stanowiska. W inżynierskim (fizycznym) ujęciu sprawności (η) procesu produkcyjnego na stanowisku roboczym można ogólnie zapisać:

$$\eta = \frac{\text{zadanie}}{\text{możliwości}} \leq 1 . \quad (15)$$

Przewidziane zadanie dla stanowiska roboczego może pochodzić od jednej detalooperacji¹¹ lub ich zbioru. Nastąpić może wtedy rozłożenie zadań (detalooperacji) na jeden typ stanowisk roboczych lub grupą różnych stanowisk roboczych, co bezpośrednio łączy się z „zaszufladkowaniem” zbioru powstających tu parametrów.

I. Parametry wyjściowe proste

Do grupy parametrów wyjściowych prostych zalicza się:

- zadanie godzinowe,
- możliwość godzinową,
- takt produkcji,
- współczynnik obciążania stanowiska roboczego określona detalooperacją,
- współczynnik obciążania robotnika określoną detalooperacją.

1. **Zadanie godzinowe** zwane często zadaniem produkcyjnym, jest to liczba wyrobów (detali) wynikająca z programu produkcyjnego wykonywanego w określonym okresie czasu oraz z odpowiedniego funduszu czasu stanowiska roboczego dla tego okresu czasu:

$$z_{gi} = \frac{N_i}{F_j}, \quad (16)$$

gdzie: z_{gi} – zadanie godzinowe i-tego detalu w szt/godz.,
 N_i – program produkcyjny i-tego detalu w szt/rok,
 F_j – fundusz czasu pracy j-tego stanowiska roboczego w godz./rok.

2. **Możliwość godzinowa** zwana także możliwością produkcyjną stanowiska roboczego, jest to liczba wyrobów (detali) jaką może wykonać stanowisko robocze w ciągu jednej godziny, wynikająca ze zdolności wytwórczych tego stanowiska przy wykonywaniu ij-tej detalooperacji:

$$m_{gij} = \frac{1}{t_{ijk}} = \frac{\varphi_j}{t_{ij}}, \quad (17)$$

gdzie: m_{gij} – możliwość godzinowa ij-tej detalooperacji w szt/godz.,
 t_{ijk} – korygowana pracochłonność jednostkowa ij-tej detalooperacji w godz/szt.,
 t_{ij} – pracochłonność jednostkowa (normatywna) ij-tej detalooperacji, w godz/szt.,
 φ_j – planowany, korekcyjny współczynnik wykonania normy j-tego stanowiska roboczego.

¹¹ **Detalooperacja** „ij” oznacza wykonywanie operacji technologicznej na detalu „i” przy użyciu obrabiarki „j”.

3. **Takt produkcji** jest to wielkość czasu pomiędzy spływem dwóch kolejnych detali:

$$\tau_j = \frac{F_j}{N_i}, \quad (18)$$

gdzie: τ_j – takt produkcji w godz/szt.,
 F_j, N_i – określenia jak wyżej.

4. **Współczynnik obciążenia stanowiska roboczego detalooperacją** wyraża stopień zajęcia stanowiska roboczego przy wykonywaniu określonej detalooperacji:

$$\eta_{ij} = \frac{z_{gi}}{m_{gij}} = \frac{N_i \cdot t_{ij}}{F_j \cdot \varphi_j}, \quad (19)$$

gdzie: η_{ij} – współczynnik obciążenia, j-tego stanowiska roboczego określoną detalooperacją „ij”,
 $z_{gi}, m_{gij}, N_i, t_{ij}, F_j, \varphi_j$ – określenia jak wyżej.

5. **Współczynnik obciążenia robotnika detalooperacją** określa stopień zajęcia robotnika przy wykonywaniu określonej detalooperacji

$$\eta_{rij} = \eta_{ij}, \quad (20)$$

gdzie: η_{rij} – współczynnik obciążenia r-tego robotnika określoną detalooperacją,
 η_{ij} – określenie jak wyżej.

II. Parametry wyjściowe złożone

Parametry te dotyczą sytuacji, w której kilka ij-tych detalooperacji obciąża pracą stanowisko robocze lub grupę różnorodnych stanowisk roboczych. W ich skład wchodzi następujące parametry:

- sumaryczny współczynnik obciążenia stanowiska roboczego,
- rezerwy stanowiska roboczego,
- sumaryczny współczynnik obciążenia robotnika,
- rezerwy w pracy robotnika,
- liczba stanowisk roboczych,
- liczba robotników,
- średni współczynnik obciążenia, stanowisk roboczych,
- średni współczynnik obciążenia robotników.

1. **Sumaryczny współczynnik obciążenia stanowiska roboczego** grupuje cząstkowe obciążenie od i -tych detalooperacji:

$$\eta_j = \sum_{i=1}^{i_d} \eta_{ij} \leq 1, \quad (21)$$

gdzie: η_j – sumaryczny współczynnik obciążenia j -tego stanowiska roboczego, i_d – liczba i -tych detali,
 η_{ij} – współczynnik obciążenia j -tego stanowiska roboczego i -tą detalooperacją.

2. **Rezerwy stanowiska roboczego** oznaczają stopień niedociążenia stanowiska roboczego:

$$\mu_j = 1 - \sum_{i=1}^{i_d} \eta_{ij} = 1 - \eta_j, \quad (22)$$

gdzie: μ_j – rezerwy j -tego stanowiska roboczego,
 η_j , i_d , η_{ij} – określenia jak wyżej.

3. **Sumaryczny współczynnik obciążenia robotnika** grupuje cząstkowe obciążenia od i -tych detalooperacji:

$$\eta_r = \sum_{i=1}^{i_d} \eta_{rij} = \sum_{i=1}^{i_d} \eta_{ij} \leq 1, \quad (23)$$

gdzie: η_r – sumaryczny współczynnik obciążenia r -tego robotnika,
 η_{rij} – współczynnik obciążenia r -tego robotnika i -tą detalooperacją,
 i_d , η_{ij} – określenia jak wyżej.

4. **Rezerwy w pracy robotnika** oznaczają stopień niedociążania pracą robotnika:

$$\mu_r = 1 - \eta_r, \quad (24)$$

gdzie: μ_r – rezerwy w pracy r -tego robotnika,
 η_r – określenie jak wyżej.

5. **Liczba stanowisk roboczych** (maszyn) – L_m [szt] dobierana jest z warunku (23) oraz optymalizacji kojarzenia określonych detalooperacji na poszczególnych stanowiskach roboczych.

6. **Liczba robotników** (bezpośrednio produkcyjnych) L_r [szt] dobierana jest na podstawie liczby stanowisk roboczych, możliwości stosowania obsługi wielowarsztatowej, harmonogramu obciążenia stanowisk roboczych oraz warunków techniczno-organizacyjnych.

7. **Średni współczynnik obciążenia stanowisk roboczych** – η_{jsr} oznacza uśrednioną wielkość obciążenia stanowisk roboczych w KP^n :

$$\eta_{jsr} = \frac{\sum_{j=1}^{L_m} \eta_j}{L_m}. \quad (25)$$

8. Średni współczynnik obciążenia robotników – η_{rsr} oznacza uśrednioną wielkość obciążenia pracą robotników bezpośrednio produkcyjnych w komórce produkcyjnej:

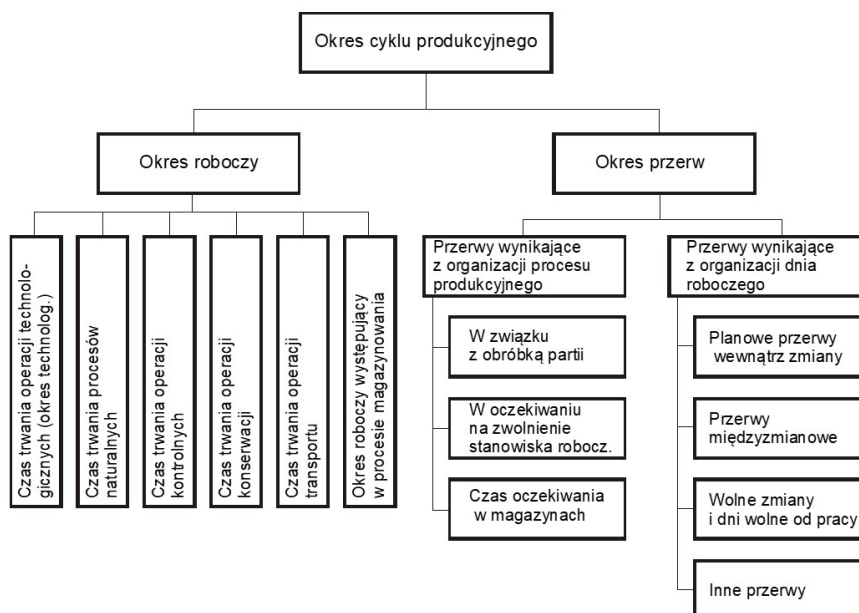
$$\eta_{rsr} = \frac{\sum_{r=1}^{L_r} \eta_r}{L_r} \quad (26)$$

W zbiorze parametrów wyjściowych prostych i złożonych znajdują się parametry mające charakter współczynników syntetycznych, które występują w zależności od stopnia komórek produkcyjnych. Syntetyczne współczynniki tworzą zespół parametrów, przy pomocy których łatwo i szybko można ocenić stopień wykorzystania stanowisk roboczych i robotników jak również stopień zorganizowania przebiegu procesu produkcyjnego w komórkach produkcyjnych.

III. Parametry wyjściowe rodzajowe

Cykl produkcyjny

Cykl produkcyjny jest to okres pomiędzy rozpoczęciem a zakończeniem procesu produkcyjnego wyrobu, w którym surowiec lub materiał wyjściowy, przechodząc kolejne fazy wytwarzania, przekształcany jest w gotowy wyrób. Schemat struktury cyklu produkcyjnego ilustruje rys. 10.



Rys. 10. Schemat struktury cyklu produkcyjnego

Źródło: S. Lis, *Organizacja i ekonomika procesów*, op. cit.

W cyklu produkcyjnym można wyróżnić dwa podstawowe okresy:

1) roboczy, w którego skład wchodzi:

- a) okres trwania operacji technologicznych (okres technologiczny),
- b) okres operacji pozatechnologicznych:
 - kontroli,
 - naturalnych,
 - transportowych,
 - konserwacji,
 - magazynowania.

2) przerw, które wynikają z:

- a) oczekiwania na zwolnienie stanowiska roboczego,
- b) oczekiwania na kompletowanie detali, zespołów itp.,
- c) przyczyn organizacyjnych, takich jak nieprzewidziany brak dokumentacji, surowca, narzędzi, energii itp.,
- d) organizacji dnia roboczego tj. dni wolnych od pracy, zmianowości, przerw międzymianowych itp.

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

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

1. **Szeregowy** przebieg wykonania partii detali.

Szeregowy ruch partii od operacji do operacji lub stanowiska na stanowisko polega na tym, że obrobione detale przekazywane są do następnej operacji po wykonaniu operacji poprzedniej na wszystkich S sztukach partii. Układ taki, przy założeniu, że każda operacja wykonywana jest tylko na jednym stanowisku roboczym, przedstawia rys. 10.

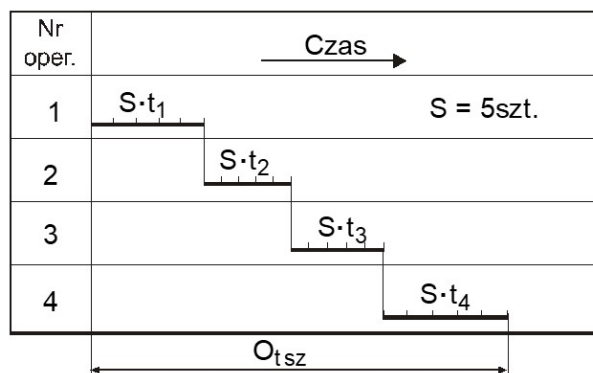
Okres technologiczny O_{tsz} partii detali stanowi sumę czasów trwania wszystkich, kolejnych n operacji technologicznych:

$$O_{tsz} = S \cdot \sum_{j=1}^n t_j, \quad (27)$$

gdzie: S – wielkość partii produkcyjnej,

t_j – czas jednostkowy j-tej operacji,

n – kolejny numer operacji w procesie technologicznym detalu.



Rys. 10. Schemat przebiegu partii detali w układzie szeregowym
Źródło: M. Brzeziński, *Organizacja produkcji...*, op. cit.

W sytuacji bardziej złożonej, gdy na jednym stanowisku roboczym obrabia się jednocześnie kilka egzemplarzy detali lub gdy jednocześnie tę operację wykonuje się na kilku stanowiskach roboczych, powyższy wzór przybiera postać:

$$O_{tsz}^m = S \cdot \sum_{j=1}^n \frac{t_j}{d_j \cdot L_{mj}}, \quad (28)$$

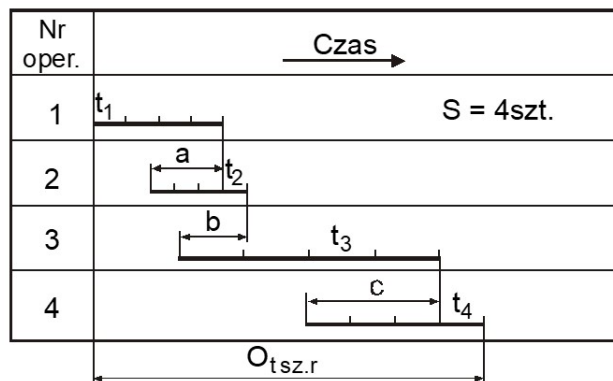
gdzie: O_{tsz}^m – okres technologiczny dla układu szeregowego z wykorzystaniem stanowisk wielostrumieniowych,
 d_j – liczba detali obrabianych równocześnie na jednym stanowisku roboczym dla j-tej operacji,
 L_{mj} – liczba stanowisk roboczych zajętych równocześnie wykonaniem j-tej operacji.

2. Szeregowo-równoległy przebieg wykonania partii detali.

Szeregowo-równoległy ruch partii od operacji do operacji lub ze stanowiska na stanowisko polega na tym, że obrobione detale przekazywane są do następnej operacji wcześniej niż zakończona jest operacja na wszystkich S sztukach partii. Wtedy detale 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 detali, w porównaniu z przebiegiem szeregowym, zapewnia skrócenie okresu technologicznego cyklu produkcyjnego o sumę pokrywających się „zakładek” czasu a, b, c (rys. 11).

$$O_{tsz,r} = S \sum_{j=1}^n t_j - (S - p_t) \sum_{j=1}^{n-1} t_{mn/j; j-1/}, \quad (29)$$

gdzie: p_t – wielkość partii transportowej.



Rys. 11. Schemat przebiegu partii detali w układzie szeregowo-równoległym
Źródło: M. Brzeziński, *Organizacja produkcji...*, op. cit.

Metodą analityczną długość okresu technologicznego dla układu szeregowo równoległego można określić wykorzystując formułę w postaci:

$$O_{tsz.r} = S \sum_{j=1}^n t_j - (S-1) \sum_{j=1}^{n-1} t_{mn/j; j-1/}, \quad (30)$$

gdzie: $O_{tsz.r}$ – okres technologiczny dla układu szeregowo-równoległego,
 S, t_j, n – określenia jak wyżej,
 $t_{mn/j; j-1/}$ – czas operacji mniej sięj w każdej, kolejnej parze porównywanych operacji.

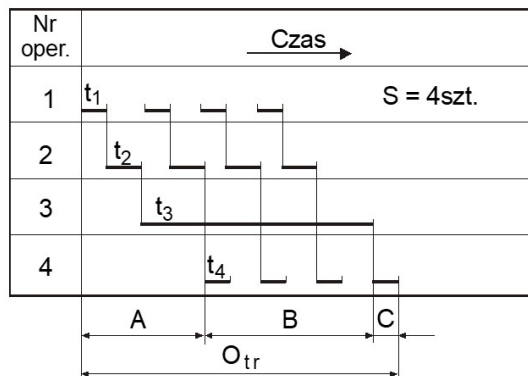
3. Równoległy przebieg wykonania partii detali

Równoległy ruch partii oznacza, iż poszczególne detale przechodzą na następną operację natychmiast po wykonaniu operacji poprzedniej, co stwarza sytuację, w której jedna partia jest w jednoczesnej, równoległej obróbce w różnych operacjach dla kilku stanowiskach roboczych). Graficzną ilustracją tego jest rys. 12.

W sytuacji gdy detale będą przekazywane ze stanowiska na stanowisko partiami transportowymi po p_t sztuk, to w takim przypadku będzie miał miejsce równoległy przebieg wykonania poszczególnych partii transportowych, zaś szeregowy przebieg detali w ramach partii transportowej. Wówczas długość okresu technologicznego można określić metodą analityczną wykorzystując formułę:

$$O_{tr} = p_t \sum_{j=1}^n t_j + (S - p_t) \cdot t_{max.j}. \quad (31)$$

gdzie: $t_{max.j}$ – czas najdłuższej operacji,
 S, t_j, n – określenia jak powyżej.



Rys. 12. Schemat przebiegu partii detali w układzie równoległym
Źródło: M. Brzeziński, *Organizacja produkcji...*, op. cit.

Analizując zaprezentowane formy przebiegu wykonywania partii detali łatwo zauważyć, że każdy z układów posiada pewne wady i zalety.

I tak **układ szeregowy** charakteryzuje się:

- najdłuższym okresem technologicznym,
- najmniejszą liczbą operacji transportowych,
- dużym stopniem wykorzystania stanowisk roboczych i ciągłości produkcji.

Jest on organizacyjnie najłatwiejszy do zrealizowania i stosowany przede wszystkim przy:

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

Układ szeregowo-równoległy cechuje:

- skrócenie długości okresu technologicznego (w porównaniu z układem szeregowym),
- zwiększona częstotliwość operacji transportowych,
- duży stopień wykorzystania stanowisk roboczych i ciągłość produkcji.

Stosowany jest najczęściej w produkcji seryjnej przy:

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

Równoległy układ przebiegu partii wykonania detali powoduje:

- skrócenie długości okresu technologicznego,
- zwiększenie liczby operacji transportowych,
- zwiększenie liczby przebrojeń.

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

Przy wyborze któregoś z trzech przedstawionych układów należy uwzględnić realia przemysłowych procesów produkcyjnych jak również stopień wykorzystania siły roboczej i środków pracy, zamrożenia środków obrotowych, stopnia złożoności wytwarzanych wyrobów, rozmiarów i pracochłonności produkcji. Wynika to z istoty podziału i 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 in. Zagadnienia te, w złożonych już układach, omówione będą w drugiej części skryptu, przy optymalizacji projektowania harmonogramów pracy maszyn i urządzeń.

Jednak okres technologiczny jest tylko jedną ze składowych w strukturze całego cyklu produkcyjnego. Wielkość cyklu produkcyjnego można określić następującą zależnością:

$$C_p = O_t + T_k + T_t + T_m + T_{os} + T_{om} + T_{od} \quad , \quad (32)$$

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,

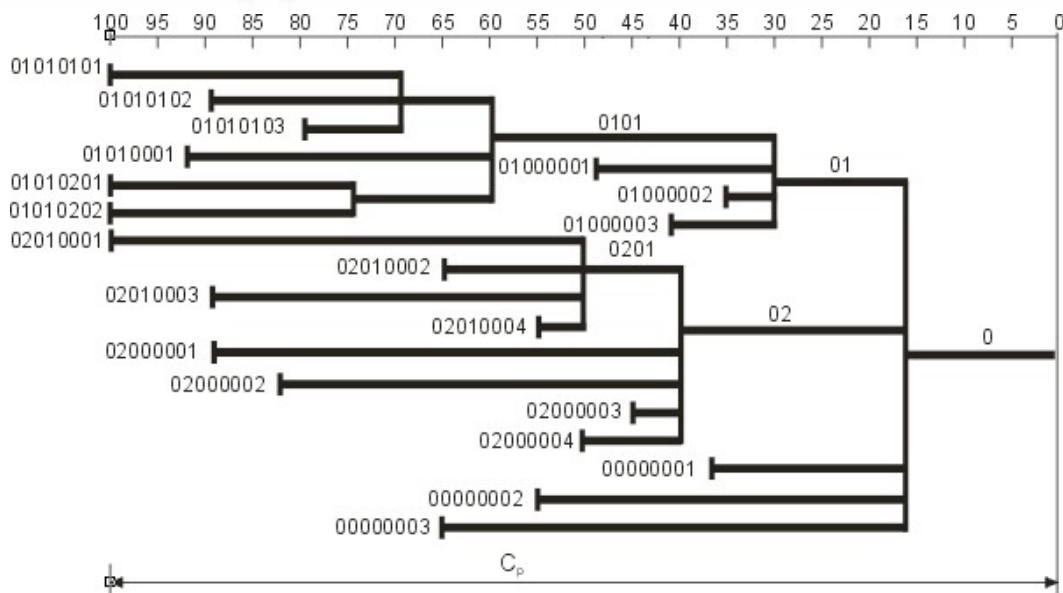
T_{os} – łączny czas oczekiwania międzyoperacyjnego partii detali na zwolnienie stanowiska roboczego,

T_{om} – łączny czas oczekiwania w magazynach kompletacyjnych, międzywydziałowych itp.,

T_{od} – okres przerw wynikających z organizacji dnia roboczego.

Ustalenie czasu trwania poszczególnych członów powyższej zależności zarówno dla wyrobu prostego (detalu) oraz wyrobów złożonych nastręcza wiele trudności. Do ich skwantyfikowania służą metody tradycyjne; graficzna, analityczna i grafoanalityczna oraz nowoczesna – metoda symulacji komputerowej.

Najdokładniejszą z trzech pierwszych jest **metoda graficzna**, która pozwala na uwzględnienie wszystkich elementów czasu cyklu. Stosowana jest najczęściej dla wyrobów złożonych, gdzie zadaniem organizacji przebiegu procesu produkcyjnego jest usytuowanie poszczególnych elementów wyrobu złożonego w czasie, by uzyskać najkrótszy cykl produkcyjny. Budowanie metodą graficzną, przebiegu cyklu produkcyjnego, opiera się na schemacie struktury wyrobu, złożoności wyrobu oraz strukturze procesu produkcyjnego wyrobu. Odbывается ono w odwrotnej kolejności do przebiegu procesu produkcji. Moment zakończenia produkcji traktuje się jako moment zerowy i od niego liczy się wstecz czas trwania produkcji, który wyznacza najdłuższy czas wykonania limitującego detalu lub podzespołu. Schemat takiego cyklogramu dla wyrobu złożonego przedstawia rys. 13. Cyklogramy mają ogromne zastosowanie w przemyśle elektromaszynowym dla produkcji o małych i średnich programach produkcyjnych.



Rys. 13. Cyklogram wyrobu złożonego
Źródło: M. Brzeziński, *Organizacja produkcji...*, op. cit.

Metoda analityczna jest mniej dokładna niż metoda graficzna, ponieważ operuje częściowo wielkościami przybliżonymi, uzyskiwanymi na podstawie badań statycznych. Literatura przedmiotu prezentuje wzory wskaźnikowe bazujące na zależności (32), które z założenia dają wyniki orientacyjne i przybliżone. Stosuje się je w ograniczonym zakresie w sytuacjach gdy występuje potrzeba szybkiego (i niezbyt dokładnego) wyliczenia długości cyklu produkcyjnego wyrobu w założeniach ofertowych.

Metody grafoanalityczne stosowane w określaniu cyklu produkcyjnego, charakteryzują się dużą przydatnością w sterowaniu przebiegiem bardzo złożonych procesów o długim czasie trwania, których elementy składowe mogą być ustalone normatywnie lub szacunkowo. Do najważniejszych metod grafoanalitycznych można zaliczyć: CPM (*Critical Path Method*), CPA (*Critical Path Analysis*), LESS (*Least Cost Estimating and Scheduling*), PERT, PERT/COST, RAMPS (*Resources Allocation and Multi-Project Scheduling*). Wymienione metody mają zastosowanie przede wszystkim w procesach produkcyjnych o niedużej powtarzalności tych procesów i przy niewielkich programach produkcyjnych wyrobów.

Metody symulacji komputerowej mają zastosowanie w nowoczesnych usługowych firmach projektowych lub przodujących przedsiębiorstwach o bardzo dobrym potencjale sprzętu komputerowego oraz zatrudniających wysokiej klasy specjalistów od modelowania i posługiwania się językami symulacji. Do podstawowych zalet tych metod należy zaliczyć zarówno możliwości badania np. skomplikowanych przebiegów procesu produkcyjnego (cykli produkcyjnych), jak i możliwości unikania czasochłonnej obserwacji ich rzeczywistych przebiegów. Metody te umożliwiają naśladownictwo, przy użyciu odpowiednich modeli, zjawisk przy nowo projektowanych przebiegach. procesów produkcyjnych jak i będących w eksploatacji systemów produkcyjnych. Oczywiście badanie i określanie w naszym przypadku

cyklu produkcyjnego, jest najczęściej jednym z elementów kompleksowego ujęcia – przy użyciu symulacji komputerowej – wszystkich czynników produkcyjnych w modelu procesu produkcyjnego.

Istotnym czynnikiem efektywności procesu produkcyjnego jest stosunek okresu roboczego do okresu przerw, ponieważ jego wielkość wpływa na optymalne wykorzystanie stanowisk roboczych i ekonomię działalności przedsiębiorstwa. Niestety w warunkach naszego przemysłu przestoje stanowią często 80 – 90 % w całym cyklu produkcyjnym wyrobu. Również długi cykl produkcyjny ujemnie wpływa na jego przystosowywanie do zmieniających się warunków rynkowych, co osłabia konkurencyjną siłę przedsiębiorstwa oraz może powodować ekonomiczne zużycie produkcji nie zakończonej. Z tych właśnie powodów nieodzowne jest skracanie cyklu produkcyjnego realizowane najczęściej w dwóch kierunkach:

- 1) skracanie okresu roboczego cyklu, poprzez usprawnienia w dziedzinie techniki i technologii,
- 2) skracanie (likwidowanie) okresu przerw cyklu, poprzez zmiany w organizacji produkcji i pracy.

W pierwszym podejściu (skracania okresu roboczego cyklu produkcyjnego) dążymy do uzyskania efektów poprzez:

- racjonalny podział pracy, uwzględniający dążenie do koncentracji operacji technologicznych,
- zwiększenie stopnia ciągłości przebiegu produkcji drogą podwyższania poziomu specjalizacji produkcji,
- stosowanie wielostrumieniowości, automatyzację produkcji,
- obniżenie pracochłonności i automatyzację czynności obsługowych i manipulacyjnych itp.

Skracanie natomiast okresu przerw cyklu produkcyjnego odbywa się generalnie rzecz biorąc przez racjonalizowanie przebiegu procesów produkcyjnych, w sferze projektowania organizatorskiego, jak i w bieżącym sterowaniu produkcją. Każda działalność organizatora produkcji winna przyczyniać się do skracania lub nawet eliminowania wszelkiego rodzaju przerw, co w skumulowanym efekcie daje skracanie okresu przerw cyklu produkcyjnego. W przypadku produkcji jednostkowej i małoseryjnej, gdzie udział okresu przerw do długości cyklu produkcyjnego dochodzi nawet do 80 %, dążymy do ujawniania rezerw we wszystkich czynnikach produkcji. Ogniskują się więc tutaj wszelkie problemy organizacji produkcji, trudne do jednolitego skwantyfikowania, gdyż wzajemnie się one warunkują i najczęściej są widoczne tylko we wspólnym oddziaływaniu na długość cyklu produkcyjnego.

Zapasy produkcji w toku

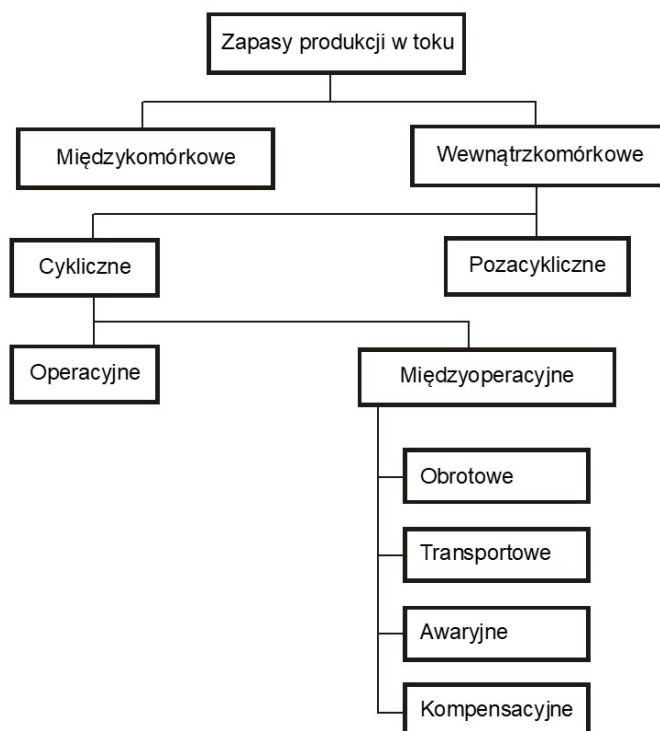
Zapasy produkcji są to materiały, detale, zespoły lub wyroby gotowe, które znajdują się w kolejnych stopniach (stadiach) zaawansowania procesu produkcyjnego. I tak można wyróżnić zasadnicze stadia odpowiadające różnego rodzaju zapasom:

- sfera przedprodukcyjna (zaopatrzenia); obejmuje tzw. zapasy materiałowe zawierające surowce, półwyroby i elementy, normalnie nabywane w handlu,
- sfera produkcji; obejmuje tzw. zapasy produkcji w toku, czyli w trakcie realizacji cyklu produkcyjnego,
- sfera poprodukcyjna (zbytu); obejmująca tzw. zapasy wyrobów gotowych (finalnych) jak również części zamiennych.

Zapasy produkcji, w każdej sytuacji, są niezbędne do utrzymania ciągłości i równomierności przebiegu procesów produkcyjnych. Wielkość ich powinna być na takim poziomie aby nie były zbyt małe, gdyż wtedy występuje niebezpieczeństwo wszelkiego rodzaju zaburzeń i zahamowań w procesie produkcyjnym, również nie mogą być zbyt duże ponieważ rosną wtedy koszty zamrożenia środków obrotowych i składowania.

Z uwagi na to, iż sfera przedprodukcyjna i poprodukcyjna jest poza obszarem tematyki niniejszego skryptu, w szczególności sposób zajmujemy się zapasami produkcji w toku.

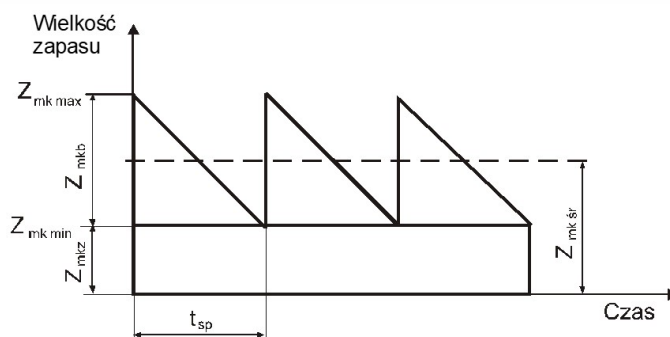
Zapas produkcji w toku jest to pewna ilość produkcji w czasie trwania cyklu produkcyjnego o różnym zakresie zaawansowania. Ze względu na miejsce powstawania zapasów i funkcji jaką one pełnią, można je podzielić jak na rys. 14. Zapasy produkcji w toku Z_{pt} obejmują zapasy powstające między komórkami produkcyjnymi wszystkich stopni oraz powstające wewnątrz komórki produkcyjnej pierwszego stopnia.



Rys. 14. Schemat klasyfikacji zapasów produkcji w toku

Źródło: S. Lis, *Organizacja i ekonomika procesów produkcyjnych ...*, op. cit.

Zapasy międzykomórkowe wynikają z nierównomiernej pracy poszczególnych komórek przy produkcji detali i montażu wyrobów. W celu eliminowania możliwości wystąpienia zakłóceń w procesie produkcyjnym pomiędzy tymi komórkami tworzy się (w sposób zamierzony) pewien zapas (rys. 15).



Rys. 15. Schemat kształtowania się zapasów międzykomórkowych
Źródło: S. Lis, *Organizacja i ekonomika procesów produkcyjnych ...*, op. cit.

Zapasy międzykomórkowe Z_{mk} dzieli się na:

- zapas bieżący Z_{mkb} ,
- zapas zabezpieczający Z_{mkz} .

Oprócz tego wyróżnia się następujące stany zapasów międzykomórkowych:

- zapas maksymalny Z_{mkmax} ,
- zapas minimalny Z_{mkmin} ,
- zapas średni Z_{mkzr} ,

Z rysunku wynika, iż zapas bieżący waha się w granicach od maksymalnego do minimalnego, w sytuacji gdy czas (t_{sp}) pomiędzy wpływem kolejnych partii produkcyjnych jest wielkością stałą. Gdyby ten czas nie został dotrzymany wtedy istnieje, możliwość czerpania z zapasu zabezpieczającego, w celu utrzymania ciągłości produkcji, który oczywiście po pewnym czasie należy uzupełnić do właściwego poziomu Z_{mkz} . Często operuje się także pojęciem zapasu średniego:

$$Z_{mkzr} = Z_{mkz} + \frac{1}{2} Z_{mkb} \quad (33)$$

Zapasy średni jest wielkością normatywną mówiącą o planowanej prawidłowości kształtowania się zapasów międzykomórkowych.

Zapasy wewnętrzne obejmują przeciętną liczbę określonych wyrobów (detali) znajdujących się w trakcie obróbki, w określonej komórce produkcyjnej pierwszego stopnia (KP^I). Dzieli się one na zapasy pozacykliczne i cykliczne (rys. 16).

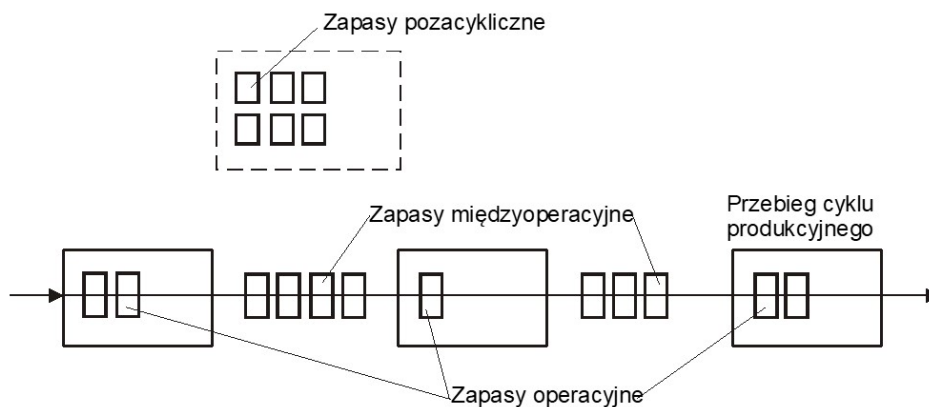
Zapasy pozacykliczne to zbiory wyrobów będących aktualnie (w momencie rozpatrywania) poza przebiegiem cyklu produkcyjnego. Kształtowanie się tych zapasów jest analogiczne jak dla wykresu piłowego zapasów międzykomórkowych (rys. 15).

Zapasy cykliczne obejmują detale „biegnące” aktualnie w cyklu produkcyjnym. Nazywane one są niekiedy zapasami technologicznymi, co nie jest ściśle ponieważ źródłem ich powstawania nie jest proces technologiczny, lecz organizacja przebiegu procesu produkcyjnego. Dlatego istnieje ścisła współzależność

kształtowania się wielkości tych zapasów z długością cyklu produkcyjnego:

$$Z_{wkc} = C_{pl} \cdot z_{gl} , \quad (34)$$

gdzie: Z_{wkc} – zapas wewnątrzkomórkowy cykliczny,
 C_{pl} – cykl produkcyjny i-tego detalu w komórce produkcyjnej I-go stopnia,
 z_{gl} – zadanie godzinowe dla i-tego detalu.



Rys. 16. Struktura zapasów wewnątrzkomórkowych
Źródło: M. Brzeziński, *Organizacja produkcji...*, op. cit.

Zapasy cykliczne można również podzielić, ze względu na aktualne miejsce ich przebywania, na zapasy:

- operacyjne,
- międzyoperacyjne.

Zapasy operacyjne obejmują detale aktualnie obrabiane na stanowiskach roboczych, których wielkość obliczamy z następującej zależności:

$$Z_{cop} = \sum_{j=1}^{L_{mj}} d_{ji} , \quad (35)$$

gdzie: Z_{cop} – zapas cykliczny operacyjny,
 d_{ji} – liczba i-tych detali obrabianych jednocześnie na stanowisku roboczym dla j-tej operacji,
 L_{mj} – liczba stanowisk roboczych wykonujących j-tą operację na danym rodzaju detali.

Zapasy międzyoperacyjne obejmują detale znajdujące się aktualnie pomiędzy stanowiskami roboczymi i oczekujące na dalszą obróbkę (na następnych stanowiskach roboczych, zgodnie z marszrutą

technologiczną). Można zaliczyć do nich następujące rodzaje zapasów:

- obrotowe,
- transportowe,
- kompensacyjne,
- awaryjne.

Zapasy obrotowe powstają w wyniku nierówności (braku synchroniczności) czasów operacji pomiędzy współpracującymi stanowiskami roboczymi – poprzedzającym i następującym. Wielkości tych zapasów są zależne od czasów operacji oraz ich wzajemnego usytuowania w czasie. Można je wyznaczać w sposób analityczny i graficzny.

Poziom zapasów obrotowych pomiędzy poszczególnymi stanowiskami roboczymi ulega ciągłej zmianie, gdyż na przemian one rosną do maksymalnej wielkości, a następnie zmniejszają się do minimum lub całkowicie zanikają. Ponieważ stanowią one podstawę do obliczania niezbędnej powierzchni odkładczej (magazynowej) na stanowiskach roboczych, dlatego potrzebna jest znajomość liczby sztuk detali tworzących się w postaci zapasów obrotowych. Literatura przedmiotu podaje zależności obowiązujące dla szczególnego przypadku gromadzenia się zapasów, a przecież niezbędne jest posługiwanie się zależnościami ogólną, uwzględniającą wszystkie możliwe przypadki.

Rysunek 2.23a przedstawia schematycznie zapas obrotowy pomiędzy stanowiskami 1 i 2. Wykres narastania produkcji w czasie T_1 reprezentowany jest przez prostą st1, a narastanie produkcji w czasie T_2 prostą st2. Stanowiska robocze wykonują partię produkcyjną detali o wielkości S sztuk. Wprowadzając dwa przekroje czasowe I – I oraz II – II uzyskujemy charakterystyczne czasy pracy stanowisk roboczych. Można więc zapisać, bazując na ogólnie znanej zależności, iż czas wykonania S sztuk o pracochłonności jednostkowej t_j jest równy:

W ogólnym przypadku wielkość zapasu obrotowego można ustalić korzystając ze wzoru::

$$Z_{ox}^{d-o} = \pm \left(\frac{T_j^d}{t_j^d} - \frac{T_{j+1}^o}{t_{j+1}^o} \right)_x, \quad (36)$$

gdzie: Z_{ox}^{d-o} – zapas obrotowy dostarczającym i odbierającym stanowiskiem roboczym w x -tym przekroju czasowym,

T_j^d – czas pracy dostarczającego stanowiska robocze o dla j -tej operacji,

t_j^d – czas jednostkowy j -tej operacji na dostarczającym stanowisku roboczym,

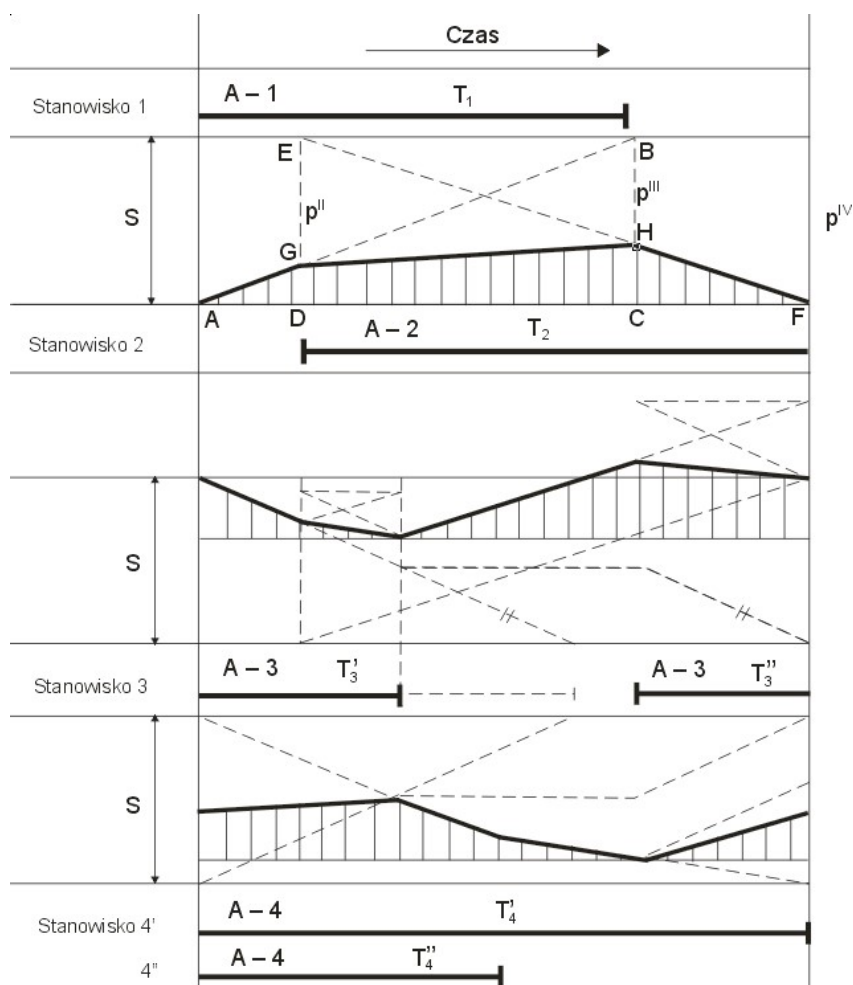
T_{j+1}^o – czas pracy odbierającego stanowiska robocze o dla operacji $j + 1$,

t_{j+1}^o – czas jednostkowy operacji $j+1$ na odbierającym stanowisku roboczym,

x – długość czasu rozpatrywanego przekroju czasowego.

Bardzo często wykresy przebiegu zapasów obrotowych mają stosunkowo skomplikowany charakter, co ilustruje rysunek 17. Wielkość zapasów wyznaczają zakresowane pola. Linie ciągłe pogrubione oznaczają czasy wykonania poszczególnych operacji (np. $T = t_j S$). Wielkość zapasów pomiędzy operacjami 1 i 2

wyznacza figura AGHF, która powstaje z nałożenia, na siebie trójkątów ABC i DEF. Charakterystyczne przekroje czasowe oznaczono p^I , p^{II} , p^{III} , p^{IV} . Nietrudno zauważyć, że w wyniku wykonywania operacji 1 zapas narasta od zera do BC, a operacja 2 wpływa na zmniejszenie tego zapasu od ED do zera. Ponieważ na odcinku DC równoległe z operacją 1 przebiega operacja 2, zatem dalszy przebieg kształtowania się zapasu pomiędzy tymi operacjami zależy od wydajności na stanowiskach wykonujących te operacje, a ściślej od różnicy tych wydajności.



Rys. 17. Wyznaczanie zapasów obrotowych metodą graficzną: - - - - - wykres narastania produkcji na stanowisku (stanowiskach); ——— wykres zapasów obrotowych; A – oznaczenie wyrobu; 1, 2, 3, 4 – numery operacji technologicznych; $T = t_j S$ – czas wykonania partii wyrobów o liczności S i o czasie jednostkowym t_j ; $T_3^I + T_3^{II} = T_3$; $T_4^I + T_4^{II} = T_4$

Źródło: M. Brzeziński, *Organizacja produkcji...*, op. cit.

Przecięcie się przeciwprostokątnych z liniami maksymalnego zapasu, pozwala na wyznaczanie punktów G i H oraz poprowadzenie linii określającej rzeczywiste kształtowanie się zapasu obrotowego pomiędzy operacjami 1 i 2. Z wykresu zapasów widzimy, że jeśli operacja dostarczająca obrabiane detale rozpoczyna się wcześniej niż odbierająca, to figura wyznaczająca zapasy ma postać wypukłą (operacje 1 i 2). Jeżeli zaś operacja odbierająca rozpoczyna się wcześniej niż dostarczająca lub też od niej wcześniej się kończy, to figura ma postać wklęsłą (operacje 2 i 3). Jednak zapas obrotowy musi wyrażać się zawsze wartością dodatnią (zob. wzór 36).

Zapasy transportowe tworzą detale znajdujące się w trakcie przekazywania ich z jednej operacji obróbczej na następną. Wielkość tego zapasu można obliczyć:

$$Z_t = \frac{T_{dost}}{\tau} , \quad (37)$$

gdzie: Z_t – zapas transportowy,

T_{dost} – okres czasu między dwoma dostawami pakietu transportowego lub partii detali z jednej operacji na następną,

τ – takt spływu produkcji.

Zapas kompensacyjny tworzony jest w sposób celowy dla wyrównania ewentualnych różnic w wydajności pracy robotników, które mogą wystąpić w ciągu zmiany roboczej: Jego wielkość obliczamy ze wzoru:

$$Z_k = \frac{\sum_{i=1}^2 t_{odch.}}{\tau} , \quad (38)$$

gdzie: Z_k – zapas kompensacyjny,

$\sum_{i=1}^2 t_{odch.}$ – suma maksymalnych odchylen w rzeczywistym czasie do czasu normatywnego (uzyskuje się je z badań statystycznych zebranych z dwóch kolejnych operacji),

τ – takt spływu produkcji.

Właściwie określoną wielkość zapasu kompensacyjnego pozostawia się (w pojemniku) przy stanowisku roboczym.

Zapasy awaryjne są to zapasy konieczne ze względu na możliwości wystąpienia awarii, któregoś ze stanowisk roboczych i tworzone w celu zachowania ciągłości produkcji. W przypadku awarii przed stanowiskiem gromadzą się zapasy nieobrobionych na nim detali, a na stanowiskach następnych występują niedobory. Dlatego przy stanowiskach najbardziej narażonych na awarie, unikalnych i trudnych do zastąpienia, przygotowuje się wcześniej zapasy wyliczone z następującego wzoru:

$$Z_a = \frac{t_{aw}}{\tau} = t_{aw} \cdot z_g, \quad (2.79)$$

gdzie: Z_a – zapas awaryjny,
 t_{aw} – przewidywany czas usunięcia awarii,
 τ – takt spływu produkcji,
 z_g – zadanie godzinowe.

Omówione powyżej rodzaje zapasów międzyoperacyjnych są funkcją czterech poznanych zapasów Z_o , Z_t , Z_k , Z_a . Charakter tej funkcji jest zależny od organizacji procesu produkcyjnego i rzeczywistych warunków panujących podczas realizacji produkcji. Dlatego określanie przeciętnego zapasu międzyoperacyjnego nie może być arytmetyczną sumą poszczególnych rodzajów zapasów. Mają one pulsujące charakterystyki, w kolejnych fragmentach realizacji procesu produkcyjnego. Wobec tego projektanci powinni posługiwać się maksymalnymi wielkościami, dla każdego z rodzajów zapasów międzyoperacyjnych, aby prawidłowo zaprojektować niezbędne ilości potrzebnych zapasów oraz niezbędną powierzchnię składową i pól odkładczych przy kolejnych stanowiskach roboczych.

Podsumowując zagadnienia, dotyczące parametrycznego opisu podstawowego procesu produkcyjnego, należy podkreślić ogromną przydatność sformalizowanego opisu poszczególnych grup parametrów produkcyjno-organizacyjnych, tak bardzo istotną w diagnostyczno-projektowym rozwiązywaniu problemów organizatorskich. Parametryczne współzależności, o których wzmiankowano w całym rozdziale, pokazują złożoność przemysłowych procesów produkcyjnych, z którą projektanci – organizatorzy i kadra zarządzająca musi się uporać w czasie doskonalenia funkcjonowania systemów produkcyjnych. Przedstawione parametry stanowią elementarne „cegiełki” które poprzez optymalizujące działania projektanckie – w sferze organizacyjnego przygotowania produkcji – nabierają wymiaru wielkości normatywnych dla przyszłego realizowania procesów produkcyjnych.

Sposób i zakres wykorzystywania zbioru poznanych parametrów uzależniony będzie od systemu produkcyjnego (konwencjonalnego lub nowoczesnego) i jego formy organizacji produkcji. Dlatego specyfika i zakres wykorzystywania poznanych parametrów produkcyjno-organizacyjnych unaocznia się w trakcie szczegółowego projektowania określonych form organizacji systemów produkcyjnych.

3. Wykaz proponowanych zagadnień do dyskusji

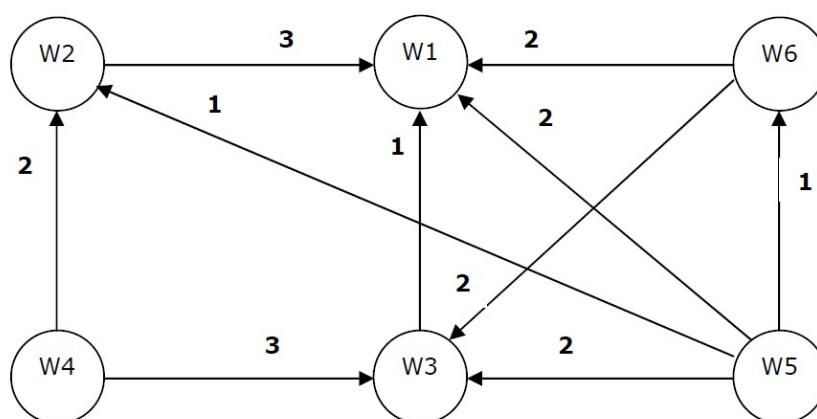
1. Pojęcie i klasyfikacja procesów produkcyjnych.
2. Czynniki warunkujące sposób organizacji produkcji.
3. Typy produkcji.
4. Formy produkcji.
5. Technologiczna i przedmiotowa struktura produkcyjna.
6. Zasady racjonalnej organizacji procesów produkcyjnych.
7. Klasyfikacja parametrów procesu produkcyjnego.

8. Parametry wejściowe procesu produkcyjnego.
9. Proste i złożone parametry wyjściowe procesu produkcyjnego.
10. Pojęcie i struktura cyklu produkcyjnego.
11. Charakterystyka szeregowego, szeregowo-równoległego i równoległego układu spływu części w procesie produkcyjnym.
12. Pojęcie i klasyfikacja zapasów produkcji w toku.

4. Ćwiczenia kontrolne

Ćwiczenie 1:

Dla struktury wyrobu złożonego W1 przedstawionej na rys. 1 oraz zapotrzebowania na poszczególne elementy oblicz sumaryczną wielkość programu produkcyjnego dla każdego z elementów składowych wyrobu.



Rys. 1. Struktura powiązań konstrukcyjnych wyrobu W1

Tab.1. Ilość wyrobów do wykonania wynikających z opracowanego planu produkcyjnego

Program produkcyjny W1	Części zamienne				
	W2	W3	W4	W5	W6
1060	48	29	19	21	54

Ćwiczenie 2:

Zgodnie z opracowanym procesem technologicznym proces produkcyjny części 00 00 00 02 składa się z realizowanych kolejno dziesięciu operacji (10, 20, ..., 100). Czasy przygotowawczo-zakończeniowe (t_{pz}),

czasu jednostkowe (t_j) zdefiniowane przez normistów oraz grupy zaszeregowania pracowników wykonujących poszczególne operacje zostały przedstawione w tabeli 1.

Tab. 1. Normy czasowe oraz grupy zaszeregowania pracowników dla procesu technologicznego części 00 00 00 02

Operacja	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
tpz [godz.]	0,42	0,50	0,15	0,41	0,15	0,55	0,15	0,30	0,40	0,28
tj [godz.]	0,07	0,06	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	0,09	0,02	0,015
Grupa zaszeregow. robotników wyk. Przebrowienia	8	7	7	8	8	7	8	8	8	7
Grupa zaszeregow. robotników produkcyjnych	6	5	5	5	6	5	6	6	6	7

UWAGA: Stawki godzinowe pracowników równe są dwukrotności przypisanej im grupy zaszeregowania!

Roczny program produkcyjny części wynosi $N_i = 4\,000$ szt., koszt materiału zużytego do produkcji jednej części wynosi $K_m = 19,30$ zł a roczna stopa procentowa dla z tytułu zamrożenia środków obrotowych wynosi $p_r = 6\%$.

Do obliczeń przyjąć rok kalendarzowy, w którym występuje 365 dni roboczych, 52 niedziele (wolne od pracy), 52 soboty niepracujące oraz 7 wolnych dni świątecznych (nie przypadających w soboty i niedziele). Przedsiębiorstwo pracuje na dwie zmiany, a planowany współczynnik uwzględniający przestoje stanowiska roboczego wynosi $\eta_{pj} = 0,974$.

Odpowiedzieć na pytanie: *Ile wynosi optymalna wielkość partii produkcyjnej dla danych zamieszczonych powyżej?*

Ćwiczenie 3:

Dla partii wyrobów $S=100$ szt. o procesie technologicznym przedstawionym w tabeli poniżej dokonać metodą analityczną i graficzną kalkulacji długości cyklu produkcyjnego analizując wpływ części w układach szeregowym, szeregowo-równoległym i równoległym. W układach szeregowo-równoległym i równoległym przyjąć wielkość partii transportowej $p_t = 25$ szt.

Tab. 1. Normy czasowe oraz grupy zaszeregowania pracowników dla procesu technologicznego części 00 00 00 02

Operacja	10	20	30	40	50
tj [godz.]	0,12	0,10	0,12	0,08	0,04

Ćwiczenie 4:

W komórce przedmiotowo zamkniętej co 0,08 godziny produkowana jest półka do samochodu dostawczego. Elementem wyjściowym do produkcji jest odkuwka. Proces technologiczny półki obejmuje następujące operacje.

Tab. 1. Proces technologiczny półki

Nr operacji	Nazwa operacji	Ilość stanowisk
10	Toczenie	1
20	Wiercenie	2
30	Rozwiercanie	1
40	Frezowanie	1
50	Szlifowanie	1

Harmonogram pracy poszczególnych stanowisk przedstawia rysunek 1

Nr operacji	Czas [godz.]							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10								
20								
30								
40								
50								

Rys. 1. Harmonogram pracy stanowisk roboczych

Operacja 20 odbywa się na 2 wiertarkach wielowrzecionowych, na których występują przerwy związane z wymianą i ustawieniem narzędzi. Czas wymiany narzędzi na stanowisku 20 wynosi 1,6 godz. Przedmioty obrabiane są partiami po 100 szt., tak też będą transportowane, czas dostawy między jedną operacją a drugą równy jest 0,16 godz. Na jednym ze stanowisk stwierdzono, że maksymalne odchylenie czasu rzeczywistego od czasu normatywnego wynosi 2 godz.

Obliczyć wielkość zapasów operacyjnych w pierwszej godzinie pracy stanowisk roboczych oraz ustalić stan zapasów międzyoperacyjnych tak aby zapewniały one ciągłość pracy stanowisk roboczych.

5. Podsumowanie zajęć

Najważniejszym zadaniem organizatora produkcji i systemów produkcyjnych jest – niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa, i branży w której ono funkcjonuje - kształtowanie zjawisk zachodzących w procesie produkcyjnym, zgodnie z zakładanymi celami i przy uwzględnieniu wszelkich warunków i okoliczności występujących w realnych systemach przemysłowych. Uczestnictwo w zajęciach z przedmiotu „Organizacja procesów produkcyjnych” umożliwia osiągnięcie następujących efektów kształcenia:

1. w zakresie wiedzy:

- zdobycie wiedzy w zakresie parametrów służących do opisu i oceny efektywności procesu produkcyjnego,
- zdobycie wiedzy w zakresie kształtowania przebiegu produkcji w zautomatyzowanych i zrobotyzowanych systemach produkcyjnych,

2. w zakresie umiejętności:

- nabycie umiejętności opracowania projektu organizacji produkcji gniazda produkcyjnego i dokonania analizy efektywności realizowanego procesu wytwórczego,
- nabycie umiejętności określenia długości cyklu produkcyjnego grupy części produkowanych w zrobotyzowanym gnieździe produkcyjnym,

3. w zakresie kompetencji społecznych:

- gotowość do myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy.