

POLITECHNIKA LUBELSKA

Opracowanie zbiorowe
pod redakcją Marka Brzezińskiego

STEROWANIE PRODUKCJĄ

Lublin 1999

151228

OPINIODAWCA:

Prof. dr hab. inż. Klemens J. Wróblewski

Wydano za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

ISBN 83-88110-70-5

© Copyright by Politechnika Lubelska 1999

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI LUBELSKIEJ
ul. Bernardyńska 13, 20-950 Lublin

Nakład 500 egz., Ark. wyd. 7,14

Druk i oprawa: Drukarnia Politechniki Lubelskiej
ul. Bernardyńska 13, 20-950 Lublin

2,1

SPIS TREŚCI

Wykaz symboli	7
Przedmowa.....	9
1. Wprowadzenie	11
1.1. Planowanie i sterowanie produkcją jako proces w przedsiębiorstwie przemysłowym	11
1.2. Projektowanie systemów produkcyjnych a proces sterowania produkcją	15

Część I. Klasyczne metody sterowania produkcją

2. Tradycyjne podejście do zagadnień sterowania produkcją.....	25
2.1. Funkcje i istota sterowania przepływem produkcji	25
2.2. Zasady sterowania przepływem produkcji	28
2.3. Normatywy sterowania przepływem produkcji	34
3. Metody międzykomórkowego sterowania przepływem produkcji	37
3.1. Metoda sterowania według taktu produkcji.....	38
3.2. Metoda sterowania według okresu powtarzalności produkcji.....	41
3.3. Metoda sterowania według cyklu produkcyjnego	43
3.4. Metoda sterowania według cyklu i wyprzedzeń.....	47
3.5. Metoda sterowania według programu i zapasów.....	50
3.6. Metoda sterowania według stanów maksimum-minimum zapasów magazynowych.....	51
3.7. Metoda sterowania według stanu zamówieniowego zapasów magazynowych.....	54

4. Metody wewnątrzkomórkowego sterowania przepływem produkcji	57
4.1. Sterowanie przepływem produkcji w liniach potokowych	58
4.2. Sterowanie przepływem produkcji w komórkach produkcyjnych specjalizowanych przedmiotowo	61
4.3. Sterowanie przepływem produkcji w gniazdach specjalizowanych technologicznie	63
5. Dokumentacja produkcyjna i jej funkcje w procesie sterowania przepływem produkcji	67
5.1. Przewodnikowy system dokumentacji produkcyjnej	70
5.2. System planów-raportów i kart limitów materiałowych	74
5.3. Systemy pośrednie	77
5.4. Dokumentacja odchyleniowa	79
5.5. Dokumenty na wykonanie prac pomocniczych	80
5.6. Dokumentacja braków produkcyjnych	81
5.7. Ewidencja produkcji w toku	82
5.8. Dokumentacja inwentaryzacyjna	83

Część II. Nowoczesne metody sterowania produkcją

6. Najnowsze tendencje w sterowaniu produkcją	87
6.1. Nowoczesne pojmowanie przedsiębiorstwa	87
6.1.1. Zarządzanie logistyczne	88
6.1.2. Komputerowo zintegrowane systemy produkcyjne	91
6.2. Nowoczesne koncepcje sterowania produkcją	93
7. Metody typu MRP	97
7.1. Planowanie potrzeb materiałowych – MRP I	97
7.2. Planowanie zasobów produkcyjnych – MRP II	105
7.3. Planowanie zasobów przedsiębiorstwa – MRP III/ERP	109
8. Technologia optymalizacji produkcji – OPT	113
8.1. Wąskie gardła w procesach produkcyjnych	113
8.2. Charakterystyka metody OPT	115
8.3. Powiązania OPT, MRP II oraz JIT	117
9. Japońskie systemy sterowania – JIT, KANBAN	121
9.1. Ogólna charakterystyka systemów JIT	121
9.2. Podstawowe cechy JIT	124

9.3. Korzyści płynące z zastosowania koncepcji JIT	127
9.4. Technika KANBAN	128
Załączniki.....	135
Literatura.....	143

WYKAZ SYMBOLI

b	– wielkość braków,
B_i	– ilość braków w komórce dostarczającej elementy w planowanym okresie produkcyjnym,
C	– czas pobytu określonej ilości, długość cyklu,
C_d	– cykl dostawy (przedział czasu od momentu złożenia zamówienia do momentu otrzymania dostawy),
D	– zapotrzebowanie na wyroby właściwe dla danego stanowiska [szt./jednostkę czasu],
M_p	– liczba przedmiotów dostarczonych na linię w okresie planistycznym,
n_k	– ogólna liczba pojemników (kontenerów) i odpowiadających im kart <i>kanban</i> ,
N	– zapas normatywny,
N_d	– liczba elementów dobrych wykonanych w danym okresie,
N_i	– ilość elementów w planie spływu produkcji komórki dostarczającej elementy na dany okres,
N_{i+1}	– ilość elementów w planie spływu produkcji komórki odbierającej elementy w tym samym okresie,
N_u	– wielkość produkcji uruchamianej (plan uruchomienia),
N_z	– wielkość produkcji zakończonej (plan zakończenia),
P_k	– liczba wyrobów w pojemniku (pojemność kontenera) [szt./pojemnik],
Q_d	– ilość dopływająca w danej jednostce czasu,
Q_o	– ilość odpływająca (potrzebna) w danej jednostce czasu,
S_z	– wielkość zużycia elementów w jednostce czasu,

T	– cykl rotacji pojemnika (kontenera) [jednostki czasu],
T_d	– termin dopływu określonej ilości (potrzeby),
$T_{d(i+1)}$	– termin dopływu (i+1) partii przedmiotów,
T_o	– termin odpływu określonej ilości,
T_{od}	– planowane przerwy pracy w linii (śniadania, szkolenia BHP, itp.),
T_{omax}	– maksymalne opóźnienie w czasie (w dniach) od planowanego terminu spływu partii produkcyjnej elementów,
T_{zo_i}	– termin zakończenia odpływu i-tej partii przedmiotów,
W	– stałe wyprzedzenie (stały okres pobytu),
Z	– ilość przebywająca (zapas) w komórce,
Z_k	– zapasy kompensacyjne,
Z_{max}	– maksymalny stan zapasu przedmiotów,
$Z_{n(i+1)}$	– normatyw zapasu wewnątrzkomórkowego w komórce (i+1),
Z_o	– zapasy obrotowe,
Z_{op}	– zapasy operacyjne,
Z_s	– stan zamówieniowy przedmiotów,
Z_t	– zapasy transportowe
Z_{wc}	– wielkość zapasu cyklicznego w linii (normatyw),
Z_{wck}	– stan zapasu cyklicznego na koniec poprzedniego okresu planistycznego,
Z_{wcki}	– stan inwentaryzacyjny zapasu cyklicznego na koniec okresu plani- stycznego,
$Z_{wk(i+1)}$	– aktualny stan zapasu wewnątrzkomórkowego w komórce (i+1),
τ_l	– takt produkcji linii rzeczywisty,

PRZEDMOWA

U progu trzeciego tysiąclecia problemy organizacji i zarządzania związane z całym „wnętrzem” przedsiębiorstwa, dostosowywać się będą do otoczenia charakteryzującego się rosnącą złożonością i turbulencją. Bezsowna i pilna wydaje się więc potrzeba przygotowania nowych podręczników, wynikająca z nieuchronności uzupełniania i wzbogacania wiedzy o przedsiębiorstwie.

Podstawowym kryterium efektywności funkcjonowania i rozwoju przedsiębiorstwa staje się szybkość i elastyczność reagowania na sygnały otoczenia, które znacząco wpływają na procesy podstawowe i wspierające (pomocnicze), a przede wszystkim na procesy sterowania produkcją. Są one ciągiem podejmowanych decyzji, uwarunkowanych zmieniającą się w czasie sytuacją przedsiębiorstwa, mających na celu prawidłowe funkcjonowanie z ekonomicznego i organizacyjnego punktu widzenia.

W skrypcie prezentujemy dorobek tradycyjnego nurtu naukowej organizacji i zarządzania produkcją zawarty w części pierwszej oraz współczesne osiągnięcia nauki tzw. czwartej generacji – określanej zarządzaniem systemowym – której najważniejsze metody związane ze sterowaniem produkcją przedstawiono w drugiej części skryptu. Ponieważ opracowanie przeznaczone jest dla studentów uczelni technicznych, wybór metod sterowania produkcją oparto o wiodące kryterium: praktyczności i możliwości ich wdrażania w aktualnych warunkach organizacyjnych polskich przedsiębiorstw. Oczywiście najnowsze metody prawdopodobnie będą sukcesywnie wprowadzane w miarę narastania procesów pozytywnych zmian w aspektach techniczno-organizacyjnych, ekonomicznych oraz kultury zarządzania restrukturyzowanych przedsiębiorstw przemysłowych.

Dlatego wybrano te metody sterowania produkcją, które przyszłym absolwentom pozwolą się odnaleźć w „polskiej rzeczywistości przemysłowej”, a jednocześnie przygotowują ich do przeobrażeń według najnowszych standardów zarządzania produkcją.

Wymieniona na końcu opracowania literatura może być pomocna dla poszerzenia wiadomości, zgodnie z wymaganiami wykładowcy lub indywidualnymi zainteresowaniami czytelnika.

Zespół autorski w dyskusji na zebraniach naukowo-dydaktycznych dopracował ostateczną formę skryptu, w którym poszczególne rozdziały opracowali: dr hab. inż. – prof. Politechniki Lubelskiej Marek Brzeziński: przedmowa i rozdz. 1; mgr inż. Anna Dolecka: rozdz. 7; dr inż. Zbigniew Pastuszak: rozdz. 6, 8, i 9; mgr inż. Adam Rozwałka: współautor rozdz. 2 i 4; dr inż. Kazimierz Szatkowski: 3 i 5; prof. dr hab. inż. Klemens J. Wróblewski: współautor rozdz. 2 i 4.

Skrypt *Sterowanie produkcją* przeznaczony jest dla studentów studiów dziennych i zaocznych na kierunku *Zarządzanie i Marketing* oraz praktyków przemysłowych tzn. ekspertów firm konsultingowych i kadry menedżerskiej w przedsiębiorstwach.

Lublin, marzec 1999 r.

Marek Brzeziński

1. WPROWADZENIE

1.1. PLANOWANIE I STEROWANIE PRODUKCJĄ JAKO PROCES W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRZEMYSŁOWYM

Centralnym procesem każdego systemu zarządzania produkcją jest planowanie, którego zadaniem staje się wygenerowanie właściwego planu oraz rozłożenie go w czasie. Możliwości zrealizowania założonych celów tworzy określona hierarchia planów, uzależnionych najczęściej od długości przedziału czasowego. Najodleglejszym horyzontem charakteryzują się plany dotyczące ogólnej strategii przedsiębiorstwa, a najkrótszym plany operacyjnego sterowania produkcją. W powszechnej świadomości przemysłowej istnieją trzy zasadnicze rodzaje planów:

- *plany strategiczne*; określane i prowadzone dla osiągnięcia głównych celów i misji przedsiębiorstwa,
- *plany taktyczne*; określające sposoby wcielania w życie planów strategicznych i będące instrumentem realizacji celów ustalonych przez plan taktyczny,
- *plany operacyjne*; określające sposoby wcielania w życie planów taktycznych i będące instrumentem realizacji celów ustalonych przez plan operacyjny.

Planowanie strategiczne¹ (zob. np. [28]) najczęściej rozumiane jest jako zespół działań ujętych w czasie, zmierzających do reagowania przedsiębiorstwa (firmy) na zmieniające się otoczenie i życzenia lub oczekiwania klientów. Jest ono procesem długofalowym, o dużym poziomie ryzyka i niepewności, o okre-

¹ Planowaniu strategicznemu poświęcony jest w strukturze naszych studiów odrębny przedmiot „Zarządzanie strategiczne”, dlatego czytelnik odnajdzie tam niezbędne informacje i metodyczne aspekty tworzenia takich planów.

ślonych stylach czy sposobach tworzenia takich planów, opartych o prognozowanie: ekonomiczne, techniczne oraz zapotrzebowania i sprzedaży.

Proces planowania i sterowania produkcją jest „wmontowany” oczywiście w globalny proces planowania: strategicznego, taktycznego i operacyjnego. Jego zakres i stopień szczegółowości uzależniony jest (powinien być) od aktualnej sytuacji przedsiębiorstwa, jego poziomu technicznego i organizacyjnego. Na ogół nie można stosować jednakowych systemów sterowania produkcją we wszystkich komórkach produkcyjnych przedsiębiorstwa, gdyż przedsiębiorstwa o jednolitym typie i jednakowej formie organizacji produkcji spotykamy bardzo rzadko. Dlatego na pośrednich i niższych szczeblach zarządzania, które w niniejszym opracowaniu będą nas interesowały szczególnie, określane są dla jednostek funkcjonalnych właściwe plany taktyczne i operacyjne.

Na poziomie taktycznym sporządza się [13] przede wszystkim:

- plany zasobów materiałowych i produkcyjnych,
- plany sterowania jakością produktów,
- plany utrzymania ruchu i niezawodności urządzeń, sieci i instalacji produkcyjnych.

Natomiast planowanie i sterowanie operacyjne polega na [13]:

- przydzieleniu zleceń produkcyjnych, dostarczeniu wyposażenia narzędziowego, materiałów, instrukcji wykonawczych oraz zapewnieniu obsługi na poszczególnych stanowiskach pracy,
- ustaleniu kolejności wykonywania zadań,
- określeniu początkowego i końcowego terminu wykonania zadań,
- aktualizacji stanu zaawansowania prac,
- korekcji programów,
- określeniu i korygowaniu stanu zapasów produkcji w toku,
- badaniu jakości wykonania i korygowaniu odchyleń w odniesieniu do wzorca lub normy,
- badaniu poziomu kosztu realizacji i korygowania odchylek w odniesieniu do wzorca lub tzw. kosztu normatywnego.

Jak już widać z powyższego zestawienia zakresu poszczególnych rodzajów planowania, natężenie procesów planistycznych będzie zależne od poziomu zarządzania oraz od tego jak szeroko potraktujemy to pojęcie. Różnie w literaturze przedmiotu jest definiowane planowanie i sterowanie produkcją, gdzie funkcjonuje

wiele podobnych pojęć tj. planowanie i kontrola przebiegu produkcji, planowanie operatywne produkcji oraz sterowanie i kontrola przebiegu produkcji.

W najbardziej usystematyzowany sposób można jednak wyróżnić dwa pojęcia z tym związane [56]:

- **sterowanie produkcją**; to funkcja kierowania i regulacji przepływu materiałów obejmująca cały cykl wytwarzania, począwszy od określenia zapotrzebowania na surowce, aż do dostawy produktu finalnego²,
- **sterowanie przepływem produkcji**; obejmujące działania nieodległego i bliższego przedziału czasu, planu zbytu wyrobów finalnych i wynikających z niego planów produkcji wyrobów, podzespołów, zespołów i części oraz z ustaleniem zapotrzebowania na materiały.

Sterowanie produkcją będziemy więc traktowali jako pojęcie nadrzędne w stosunku do pojęcia sterowania przepływem produkcji, z uwagi na poszerzone i bardziej kompleksowe podejście do procesu zarządzania przedsiębiorstwami – jako kształtowania funkcji i procesów logistycznych – w kierunku koncepcji zintegrowanego zarządzania. Zorientowana na zarządzanie integracja wszystkich funkcji i procesów logistycznych nabiera podstawowego znaczenia, ponieważ warunkuje nie tylko efektywne ich przetworzenie i transformację, lecz także otwiera nowe możliwości wykorzystania potencjalnych efektów w działalności: operacyjnej, taktycznej i strategicznej.

Ponieważ sterowanie produkcją zawiera elementy planowania na trzech poziomach zarządzania, a sterowanie przepływem produkcji ciąży w stronę planowanie operacyjnego, wydzielić można dwa zasadnicze podejścia metodyczne³:

- **nowoczesne**; sterowanie produkcją z wykorzystaniem metod opierających się o nową filozofię zarządzania produkcją,
- **klasyczne**; sterowanie przepływem produkcji z wykorzystaniem metod opierających się o tradycyjne zasady organizacji produkcji w konwencjonalnych systemach produkcyjnych.

² Definicja podana przez Amerykańskie Towarzystwo Sterowania Produkcją i Zapasami (APICS), skupiające specjalistów z całego świata zajmujących się omawianą problematyką.

³ Podział współczesnych metod sterowania produkcją na klasyczne (konwencjonalne, tradycyjne) i nowoczesne jest często stosowany przez autorów różnych publikacji – zob. np. podział w pracy [13, cz. I] dokonany przez I. Durlika. Oczywiście pamiętamy tutaj, iż metody nowoczesne często wykorzystują (bez klasyki ani rusz) elementy zawarte w metodach klasycznych, co świadczy zawsze o pewnej umowności takich klasyfikacji. Weryfikatorem jednych i drugich metod jest proces ich wdrażania, uzależniony od poziomu tech.-organizacyjnego określonego przedsiębiorstwa oraz wiedzy i kultury zarządzania reprezentowanej przez tamtejszą kadrę menadżerską.

Filozofia zintegrowanego zarządzania przedsiębiorstwem bazuje na *logistyce* jako koncepcji planowania, sterowania, organizowania i kontrolowania fizycznego obiegu towarów i jego informacyjnych uwarunkowań, wspomagających systemowe ujęcie zarządzania przedsiębiorstwem (zob. np. [3]). Zwiększa to orientację rynkową przedsiębiorstwa oraz jego elastyczność i zdolności dostosowawcze do zmian. Logistyka jest zorientowana na racjonalizację systemu organizacyjnego przedsiębiorstwa i całego układu (łańcucha) fizycznego obiegu towarów i jego informacyjnych uwarunkowań w przedsiębiorstwie i otoczeniu. Dlatego w tak *nowoczesnym* pojmowaniu zarządzania przedsiębiorstwami zawierają się następujące *metody sterowania produkcją*:

- Planowanie Potrzeb Materiałowych – MRP I (*Material Requirements Planning*), metoda łącząca sterowanie zapasami z planowaniem produkcji,
- Planowanie Zasobów Produkcyjnych – MRP II (*Manufacturing Resource Planning*), metoda odnosząca się do planowania hierarchicznego produkcji; od elementów planowania strategicznego i taktycznego, poprzez operacyjne, aż do harmonogramowania obróbki wyrobów,
- Planowanie Zasobów Przedsiębiorstwa – MRP III/ ERP (*Enterprise Resource Planning*), uniwersalna metoda odnosząca się do wszystkich istotnych zasobów przedsiębiorstwa w aspekcie: marketingowym, logistycznym i finansowym,
- Technologia Optymalizacji Produkcji – OPT (*Optimized Production Technology*), metoda optymalizująca przepływy materiałów, półproduktów, produktów przez wąskie gardła,
- Dokładnie Na Czas – JIT (*Just-in-Time* wraz z techniką KANBAN), metoda eliminująca zapasy oraz przyspieszająca przepływ materiałów, półproduktów i produktów w układzie logistycznym przedsiębiorstwa.

Wymienione powyżej metody (zob. cz. II niniejszego opracowania) mogą być wdrażane dzięki zastosowaniu najnowszych technologii informacyjnych, dążących do jednoczesnego ich stosowania w celu integracji przepływu materiałów, półproduktów, produktów oraz informacji w całym łańcuchu logistycznym. Łączy on dostawców, producentów, dystrybutorów i klientów, zwiększając elastyczność w dostosowaniu się produkcji, do potrzeb i zamówień klientów na rynku.

Ponieważ polskie przedsiębiorstwa nie są jeszcze w większości przygotowane do wprowadzania powyższych metod, odnosimy się również do praktycznie sprawdzonych i popularnych w przemyśle – *klasycznych metod sterowania*

przepływem produkcji. Jest ich w sumie kilkanaście (zob. cz. I niniejszego opracowania) i w historycznym ujęciu były prezentowane w naszej literaturze w pracach: J.L. Burbidge'a⁴ [8], T. Hanusza [19], J. Burschego [9], St. Lisa [33], J. Kwieka [30], J. Włoczewskiego [51] i K.J. Wróblewskiego [56]. Zawierają się one w dwóch obszarach tj. sterowania międzykomórkowego i sterowania wewnątrzkomórkowego. *Sterowanie międzykomórkowe* dotyczy każdej (w tym i wyższego rzędu) komórki w odniesieniu do wszystkich stopni złożoności w strukturze produkowanych wyrobów. Natomiast *sterowanie wewnątrzkomórkowe* obejmuje swym zakresem wyznaczanie i kontrolę przebiegu realizacji zadań produkcyjnych wyłącznie w podstawowych komórkach produkcyjnych.

Doświadczenie autorów zebrane w wielu przedsiębiorstwach podpowiadało, aby zawrzeć w opracowaniu jako równoprawne oba nurty tj. nowoczesne i klasyczne podejście do zagadnień sterowania produkcją. Wynikało to ze świadomości, iż konfrontacja wiedzy przyszłych absolwentów z rzeczywistością może być zbyt bolesna a przecież istotną cechą nauki o zarządzaniu jest to, że nie sposób jest jej oddzielić od praktyki.

1.2. PROJEKTOWANIE SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH A PROCES STEROWANIA PRODUKCJĄ

Projektowanie jest jednym z podstawowych i najstarszych rodzajów twórczej działalności ludzkiej. Jest to proces planowania modelu systemu, który ma być zrealizowany, gdzie model jest hipotetyczną konstrukcją myślową, będącą uproszczonym obrazem badanego fragmentu rzeczywistości (niektórzy utożsamiają pojęcie modelu z pojęciem wzorca, a więc czegoś, do czego się dąży). Zwykle proces projektowania kojarzony jest z tworzeniem obiektów materialnych, ale występuje on również w odniesieniu do tworów zorganizowanych i systemów działania – szczególnie nas interesujących *systemów produkcyjnych*.

Badaniem i tworzeniem zasad postępowania związanych z kształtowaniem rozwiązań organizacyjnych, zajmuje się metodologia organizowania. Jej rozwój towarzyszy nieodłącznie rozwojowi nauki o organizacji i zarządzaniu. Wynikiem tego rozwoju jest różnorodność teoretycznych i praktycznych koncepcji projektowania rozwiązań organizacyjnych. Znajomość ich istoty, genezy, moż-

⁴ J.L. Burbidge profesor Oxford University na początku lat 60-tych w Polsce, prowadził wykłady dla kadry naukowo-dydaktycznej z zakresu organizacji i sterowania produkcją.

liwości i ograniczeń oraz wzajemnych powiązań stanowi niezbędny składnik wiedzy organizatora i menedżera.

Głównym przedmiotem organizacji i zarządzania produkcją jest *proces produkcyjny*, w którym człowiek i jego praca oraz środki i przedmioty pracy, występują w określonych relacjach. Organizacja produkcji, która ma tak długą historię jak praca człowieka, zmieniała się w sposób ewolucyjny w miarę rozwoju przemysłu, wzrostu mechanizacji i automatyzacji produkcji. W takim samym stopniu zmieniały się cele i zadania działalności organizatora produkcji. Od organizatora jako kierownika określonego szczebla, kierującego procesem produkcyjnym lub jego fragmentem, do „organizatora-projektanta”, który z niezbędnym wyprzedzeniem potrafi w sposób precyzyjny przewidzieć (zaprojektować) przebieg tego procesu produkcyjnego. Wobec tego rośnie rola organizatora jako projektanta *procesów i systemów produkcyjnych*.

Systemy produkcyjne będące od kilkudziesięciu lat przedmiotem zainteresowania badaczy organizacji produkcji, ulegają pod wpływem nowych metod produkcji etapowym zmianom strukturalnym i funkcjonalnym, związanym również ze skalą wytwarzanej tam produkcji. Doskonalenie przekształceń technologicznych i metod produkcji przesądziło o nieuniknionym przechodzeniu do coraz nowocześniejszych rozwiązań techniczno-organizacyjnych. Pogłębiający się stopień integracji systemów produkcyjnych, elastycznej automatyzacji i komputerowego wspomagania wszystkich etapów cyklu wytwórczego, ukształtował nowe kierunki rozwoju; od *konwencjonalnych* form organizacyjnych – ku *nowoczesnym* systemom produkcyjnym.

Przemiany zachodzące w nowoczesnych przedsiębiorstwach wywołują coraz większe zapotrzebowanie na wiedzę integrującą projektowanie procesów technologicznych z projektowaniem i organizacją procesów produkcyjnych oraz systemów produkcyjnych. Można przewidzieć, że w najbliższej przyszłości cały proces projektowania będzie przebiegał na drodze interaktywnej współpracy projektanta z komputerem. Tak kompleksowo rozumiane zadania organizatora-projektanta, wzbogacone o komputerowo wspomagane projektowanie, podkreśla twórczą stronę tego zawodu.

Wspólną cechą wszystkich *metodyk projektowania* jest dążenie do sformułowań tak ogólnych, aby mogły się one odnosić do potencjalnie możliwych sytuacji. Syntetyzujący podział na metodyki projektowania konwencjonalnych i nowoczesnych systemów produkcyjnych, zgodnie z klasyfikatorem typów i form organizacji

produkcji, obejmuje obszary projektowe dotyczące: produkcji rytmicznej, nierytmicznej i ***elastycznych systemów produkcyjnych*** – ESP (*Flexible Manufacturing System – FMS*). Z metodykami projektowania tych trzech form organizacji, zapoznaliśmy się w przedmiocie „Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych” [4], [5]. ***Konwencjonalne systemy rytmicznej i nierytmicznej produkcji*** traktować należy jako obraz stanu istniejącego, który z biegiem czasu będzie uzupełniany o doskonalsze, nowoczesne systemy produkcyjne – ESP, a w dalszej perspektywie także ***komputerowo zintegrowane systemy produkcyjne*** (*Computer Integrated Manufacturing*) – CIM⁵. Teoria organizacji i zarządzania produkcją w pewnych obszarach wyprzedza praktykę przemysłową. Pojawienie się więc ESP a w przyszłości CIM oczywiście jeszcze bardzo długo nie wyeliminuje swych klasycznych już poprzedników, a jedynie pozwoli przedsiębiorstwom o lepszej kondycji finansowej, na wprowadzanie tych tak bardzo kapitałochłonnych systemów. Do projektanta-organizatora będzie właśnie należał wybór, w konkretnych warunkach przedsiębiorstwa, poziomu rozwiązań organizatorskich zapewniających najlepsze efekty produkcyjno-organizacyjne i ekonomiczne.

Dotychczas organizacja produkcji była zorientowana na techniczne uwarunkowania procesu wytwarzania, które znacznie silniej determinowały jego kształt i przebieg niż czynniki zewnętrzne, a technologia stanowiła punkt odniesienia dla organizacji produkcji. Sekwencja „konstrukcja-technologia-organizacja” tworzyła wytyczne dla projektowania procesów i systemów produkcyjnych.

Aby we współczesnych warunkach skutecznie i efektywnie organizować proces produkcyjny trzeba to robić zupełnie inaczej niż dawniej. Po pierwsze, miejsce parametrów technicznych jako bazy organizacji produkcji zajmują parametry dotyczące sfery zbytu – niezależnie od samego przedsiębiorstwa – i wymagania klientów co do jakości, ilości oraz terminów dostaw. Natomiast strona techniczna produkcji staje się zmienną zależną, tzn. wybór technologii wynika z założonej jakości i elastyczności produkcji, możliwości finansowych, sytuacji rynkowej itd. Schemat projektowania procesów przemysłowych można więc ująć obecnie w postaci triady: „zbyt-organizacja-technika”. Po drugie, zasada maksymalnego wykorzystania (maszyn, ludzi, surowców), jako ogólnego prawidła racjonalnego gospodarowania, traci rację bytu na rzecz zasady maksymalnie szybkiego, elastycznego reagowania na bodźce otoczenia oraz zasady minimalnego zamrożenia środków obrotowych, co praktycznie sprowadza się do ko-

⁵ Systemom tym poświęcony jest odrębny przedmiot w strukturze naszych studiów.

nieczności minimalizowania czasów trwania (długości) procesów produkcyjnych. Po trzecie wreszcie, należy uwzględnić fakt, że rozwój cywilizacyjny stwarza w całym świecie pragnienie atrakcyjnej i nie monotonnej pracy, a postęp techniczny umożliwia istotną redukcję czynności wyczerpujących fizycznie, na rzecz czynności: planowania, nadzorowania, kontrolowania i utrzymania ruchu, a więc funkcji związanych ze sterowaniem produkcją.

Powyższe podejścia związane są, historycznie i metodologicznie, z dwoma głównymi formami organizacji produkcji w konwencjonalnych i nowoczesnych systemach produkcyjnych. Wynikają one przede wszystkim z charakteru metodyk projektowania tych systemów (komórek produkcyjnych), w obszarze których dokonujące się tam procesy planowania i sterowania produkcją przebiegają w sposób odmienny. W pierwszym podejściu z dużym wyprzedzeniem czasowym, a w drugim według technik *on-line*, najlepiej w czasie rzeczywistym i w warunkach wspomagania komputerowego.

Dla klasycznego już układu systemów produkcji rytmicznej i nierytmicznej, proces planowania i sterowania produkcją odbywa się w następującym ciągu zbioru czynności: planowanie techniczno-ekonomiczne → planowanie międzykomórkowe → planowanie wewnątrzkomórkowe (omawiamy w cz. I. skryptu). Tak skonstruowany proces planowania produkcji w przedsiębiorstwie ma na celu doprowadzenie zadań produkcyjnych do wydziałów, oddziałów, brygad i stanowisk roboczych. Dokonują tego służby planistyczne, znajdujące się na różnych szczeblach struktury przedsiębiorstwa, których zadaniem jest harmonizowanie i regulowanie przebiegu wykonania poszczególnych rodzajów planów produkcji.

Pierwsze z nich obejmuje zarówno samą produkcję jak i zatrudnienie, płace, zużycie materiałów, koszty produkcji, finanse itd., co stanowi organiczny związek technicznych, produkcyjnych i finansowych zadań przedsiębiorstwa. Drugi rodzaj planów tworzony jest w ramach zadań *planowania międzykomórkowego*, które koordynuje współpracę pomiędzy poszczególnymi komórkami produkcyjnymi przedsiębiorstwa. Należy tutaj podkreślić, że zakres planowania międzykomórkowego zależy od tendencji i stopnia specjalizacji komórek produkcyjnych. W przypadku specjalizacji przedmiotowej koordynacja międzykomórkowa nie występuje w ogóle lub w niewielkim zakresie. Natomiast w przypadku specjalizacji technologicznej, funkcje planowania międzykomórkowego rozszerzają się, gdyż proces produkcyjny wyrobów przebiega przez wiele komórek produkcyjnych. Ostatni rodzaj planowania tj. *planowanie wewnątrzkomórkowe* ma za zadanie

wyznaczenie i koordynację planów pracy stanowisk roboczych wchodzących w skład określonej komórki – odnoszone najczęściej do KP^I (komórki produkcyjnej I-szego stopnia). Zakres tego planowania zależy przede wszystkim od typu i formy organizacji produkcji oraz związanego z tym stopnia szczegółowości i stabilności przydziału zadań produkcyjnych do stanowisk roboczych.

Każdy z w/w rodzajów planów nie tylko przygotowuje niezbędny podział zadań produkcyjnych, lecz zapewnia również odpowiednie ich rozmieszczenie w czasie i odpowiednie zaawansowanie produkcji w toku. Stosowane są różne wielkości odcinków planistycznych w zależności od typu i formy organizacji produkcji tj.: miesiąc, dekada, tydzień, okres powtarzalności, dzień, zmiana robocza i godzina. Ponieważ to planowanie pełni, w sferze zarządzania przedsiębiorstwem „podfunkcję” w ciągu czynności: planowanie, ewidencjonowanie, kontrolowanie i koordynowanie przebiegu produkcji – jawi się ono jako główna czynność sterowania produkcją.

Proces sterowania produkcją, w trakcie projektowania konwencjonalnych systemów produkcyjnych (zob. [4, cz. II]), przebiega w sposób cząstkowy na poszczególnych poziomach (etapach, modułach) projektowania. I tak w przypadku produkcji rytmicznej napotykamy tam na znaczne uproszczenia związane z typowymi funkcjami sterowania przebiegiem produkcji. Wynika to z faktu, iż w kolejnych etapach obowiązującej metodyki, zostały już podjęte decyzje, co do przydziału zadań produkcyjnych do wydzielonych zbiorów stanowisk roboczych tworzących KP^I tj. potoki stałe, zmienne czy złożone. Podobnie jest w przypadku produkcji nierytmicznej dla gniazd przedmiotowych wydzielonych metodą technologii grupowej (w naszym opracowaniu wg algorytmu grupowania hierarchicznego – AGH). W Etapie 3 obu metodyk, dotyczącym harmonogramowania produkcji, uzyskujemy przydziały zadań produkcyjnych w czasie, których odwzorowaniem graficznym są: harmonogramy wzorcowe rytmicznej produkcji i harmonogramy (wykresy) Gantta w przypadku produkcji nierytmicznej. Dlatego łącznikiem pomiędzy planowaniem między i wewnątrzkomórkowym jest tutaj przebieg procesu produkcyjnego – jego struktura i kierunek realizacji oraz formy organizacji produkcji, które są dominującym czynnikiem w sposobie i zakresie sterowania produkcją w konwencjonalnych systemach produkcyjnych.

Współczesne przedsiębiorstwa przemysłowe coraz częściej przechodzą od konwencjonalnego ujęcia procesu produkcyjnego do nowoczesnej filozofii organizacji i zarządzania produkcją, wymuszoną nie tylko przez teorię lecz także

narzuconą przez nowsze generacje systemów technicznych i informatycznych. Efektem tego jest wprowadzanie systemów organizacyjnych, które wymagają oczywiście wsparcia środkami informatycznymi służącymi do zdobywania, selekcji, magazynowania, odnajdywania i wykorzystywania informacji w organizacji i zarządzaniu przedsiębiorstwem. Informacja stała się więc de facto czwartym, po przedmiocie pracy, środku pracy i pracy żywej, czynnikiem produkcji niezbędnym w organizacji nowoczesnych systemów produkcyjnych.

Wobec tego w sferze technologiczno-organizacyjnej zabiega się o tworzenie elastycznych systemów produkcyjnych (ESP), a w sferze przygotowania i bieżącego sterowania o integrację z systemami wytwarzania przy użyciu odpowiednich systemów informatycznych ewoluujących ku komputerowo zintegrowanym systemom wytwarzania – CIM. Stan zaawansowania współczesnej techniki komputerowej w dużym już stopniu umożliwia pełną automatyzację wszystkich etapów cyklu: „projektowanie wyrobu → projektowanie procesu technologicznego → projektowanie procesu produkcyjnego → planowanie i sterowanie procesem wytwarzania wyrobu”.

Sterowanie produkcją w nowoczesnych systemach produkcyjnych w porównaniu z konwencjonalnymi wymaga bardziej precyzyjnego i aktualnego sporządzania planów produkcji wynikających z procesów podejmowania decyzji związanych z burzliwym otoczeniem. Następuje tutaj „zamazanie się” klasycznego podziału na planowanie międzykomórkowe i wewnątrzkomórkowe (oparte o typ „tłoczący” przebieg produkcji) i przejście na systemy typu „ssącego”. Są one mniej wrażliwe na zakłócenia i łatwiej reagują na zmiany popytu oraz skracają cykle produkcyjne i zmniejszają zapasy produkcyjne. Dąży się więc do opracowywania systemów sterowania „zorientowanych na wydarzenia”, zgodnych z filozofią JIT (zwaną również filozofią zarządzania stratami), zapewniających produkcję na najwyższym poziomie, w odpowiednim czasie i przy możliwie najniższych kosztach wytwarzania.

Metodologiczne powiązania procesów projektowania systemów produkcyjnych i sterowania produkcją, będą coraz bardziej nabierały cech dynamicznego i całościowego (holistycznego) traktowania zagadnień organizacji i zarządzania produkcją. Zacierać się więc będą granice pomiędzy poszczególnymi etapami i metodami projektowania organizatorskiego, zmierzającymi ku integracji i równoległości działań projektanckich⁶, co wydatnie ma skracać cykle przygotowania

⁶ Jest to przeciwieństwem liniowo-sekwencyjnego podejścia do projektowania.

produkcji. Przykładem takiego podejścia jest koncepcja projektowania współbieżnego (*Concurrent Engineering – CE*) wypływająca z *filozofii odchudzonej produkcji* (*Lean Production*) wyrobów o zmniejszonych kosztach wytwarzania i wysokiej jakości każdego etapu cyklu życia wyrobu oraz wyraźnym skróceniu czasu przygotowania produkcji.

Współbieżne projektowanie (zob. np. [49]) obejmuje pełen cykl projektowania produktu oraz procesów wytwarzania i sterowania produkcją, wiążąc niejako „trzy światy” – klientów, projektantów i wytwórców. Organizacja CE w formie wielozadaniowej, interdyscyplinarnej i wielofunkcyjnej pracy zespołowej, zwiększa skuteczność oraz eliminuje wiele barier działania i kontroli przedsięwzięć związanych z przygotowaniem i wdrażaniem produkcji innowacji technicznych, zgodnie z zasadą redukowania czasu od „pomysłu do rynku”. Członkowie takich zespołów to pracownicy działów: marketingu, konstrukcyjno-technologicznego i organizacyjnego przygotowania produkcji, zaopatrzenia itd., biorący udział w bieżącym kontrolowaniu i realizacji projektu na drodze komunikacji komputerowej. Projektem kieruje lider zwany projektmenedżerem, a jego grupa posiada znamiona zespołu wirtualnego. Zastosowanie zaawansowanej techniki komputerowej pozwala na stworzenie spójnego środowiska komputerowego ułatwiającego realizację projektów. Natomiast opracowanie systemów komputerowych umożliwia utworzenie: modeli produktu i jego eksploatacji, modeli procesów wytwarzania, modeli organizacji i sterowania produkcją itd. Narzędzia interaktywnego dialogu przy wykorzystaniu kanałów komunikacji przyspieszają wymianę informacji wśród członków zespołów problemowych, jak również pomiędzy zespołami, utrzymując tym samym kontrolę nad zmianami konfiguracji projektu i całego procesu projektowania.

Tak więc projektowanie współbieżne stwarza metodyczne i organizacyjne możliwości uproszczenia i poprawienia klasycznych metod projektowania organizacji i sterowania produkcją. Można więc z całą pewnością przewidzieć, że przyszłość projektowania i zarządzania produkcją uwarunkowana będzie rozwojem technologii komputerowej, a metody te ukierunkowane zostaną na interdyscyplinarność działań i satysfakcjonowanie klienta, jako ogniwa w procesie projektowania organizatorskiego – systemy: *Lean Production – Retailing* czy *Simultaneous Marketing*.

Część I

Klasyczne metody sterowania produkcją

2. TRADYCYJNE PODEJŚCIE DO ZAGADNIEŃ STEROWANIA PRODUKCJĄ

2.1. FUNKCJE I ISTOTA STEROWANIA PRZEPŁYWEM PRODUKCJI

Klasyczne podejście do zagadnień sterowania produkcją obejmuje działania związane z przepływem produkcji, z wykorzystaniem metod opierających się o tradycyjne zasady organizacji produkcji, w konwencjonalnych systemach produkcyjnych. W tym podejściu charakterystyczne jest to, że podstawowe funkcje są realizowane w różnych komórkach przedsiębiorstwa, zazwyczaj bez koordynacji i w różnych przedziałach czasu co stwarza dodatkowe problemy. Ponadto wyniki otrzymuje się z opóźnieniem co utrudnia działania interwencyjne.

Całość procesu sterowania produkcją można traktować jako celowy, etapowy proces realizowania kilku składowych tego procesu. Do elementów składowych procesu sterowania stanowiących jego funkcje należą:

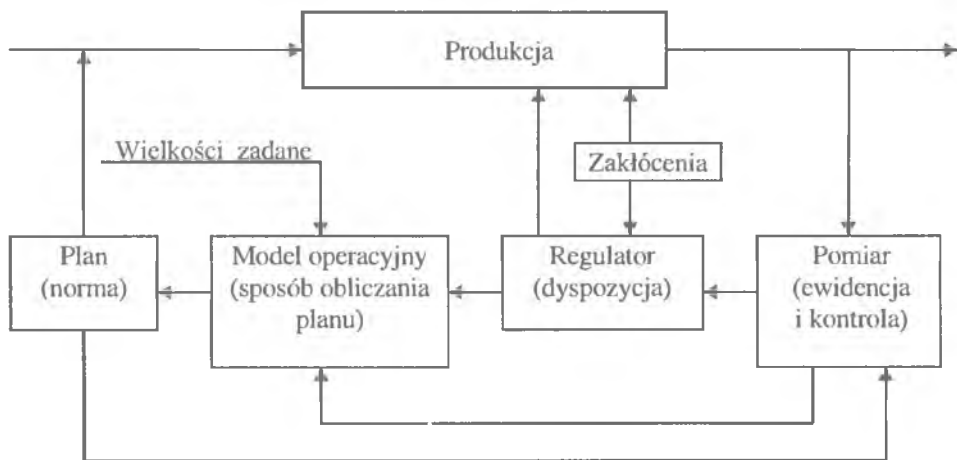
- **planowanie** produkcji – polegające na określaniu liczby (sztuk, ton, itp.) wyrobów, ich zespołów, części lub operacji i wynikających stąd ilości potrzebnych materiałów, urządzeń i ludzi (z uwzględnieniem skali czasu);
- **ewidencjonowanie** liczby wykonanych wyrobów lub operacji, zużytych materiałów, godzin pracy urządzeń i ludzi (z uwzględnieniem skali czasu);
- **kontrolowanie** – porównywanie liczby zaplanowanych do wykonania wyrobów, operacji, zużytych materiałów, godzin pracy urządzeń i ludzi z faktycznie wykonanymi lub zużytymi oraz kontrolowanie dostępności środków produkcji i gotowości do podjęcia przewidzianych działań (z uwzględnieniem skali czasu);

- **korygowanie** zaplanowanej do wykonania liczby wyrobów lub operacji i wynikających stąd ilości potrzebnych materiałów, urządzeń i ludzi w kolejnych okresach.

Ogólny schemat systemu sterowania produkcją przedstawia rys.2.1.

Na schemacie sterowania produkcją zostały wyróżnione określone bloki. Niektóre z nich mogą wyobrażać podsystemy realizujące funkcje sterowania przepływem produkcji. Schemat ten może dotyczyć obiektu dowolnego stopnia, a więc np. wydziału, oddziału, gniazda, linii czy też stanowiska roboczego. Różne będą tylko zakresy i sposoby realizowania funkcji sterowania w odniesieniu do wymienionych obiektów.

Blok **produkcja** reprezentuje komórki produkcyjne i magazyny, czyli tzw. komórki ruchu przez które wyroby lub operacje przechodzą lub w których są wykonywane.



Rys.2.1. Schemat sterowania przepływem produkcji [56]

Realizacja procesu produkcyjnego powinna się odbywać zgodnie z ustalonym dla danego okresu planistycznym lub ustalonym na bieżąco **planem**, który stanowi normę sterowania. Ustalony dla danego okresu plan może zawierać różne informacje, np. asortyment produkowanych wyrobów, rodzaje operacji, liczbę sztuk, terminy wykonania, potrzebna ilość materiałów, czasy jednostkowe operacji, czasy przygotowawczo-zakończeniowe, ilości partii

produkcyjnych, wielkość zapasów produkcji w toku. Dane te mogą być normami przepływu produkcyjnego.

Pomiar rzeczywistych parametrów obrazujących wyniki realizacji procesu produkcyjnego obejmujące ewidencję i kontrolę, czyli porównanie ich z założonymi parametrami (normami) w celu ustalenia odchyłeń lub tylko stwierdzenia stanu rzeczywistego. Na tej podstawie podejmuje się decyzje korekty przebiegu kontrolowanego procesu (likwidacji odchyłeń) lub zmierzające do uruchomienia produkcji następnych wyrobów.

Rzeczywisty przebieg procesu produkcyjnego wykazuje z reguły odchylenie od ustalonych norm. Przyczyną tego są różnego rodzaju **zakłócenia** zewnętrzne i wewnętrzne. Mogą to być np. zmiany wydajności pracy, awarie, powstawanie braków produkcyjnych, nieterminowe dostawy materiałów i odbiór wyrobów lub ich części, braki oprzyrządowania, dokumentacji, nowe pilne zamówienia itp. Dlatego też niezbędna jest pętla sprzężenia zwrotnego w której skład wchodzi dalsze bloki.

Podejmowane decyzje i wydawane dyspozycje mogą dotyczyć bieżącego przydziału operacji do stanowisk, czyli bieżącej korekty i koordynacji parametrów przebiegu procesu w komórce produkcyjnej. Mogą także dotyczyć celowej zmiany planu dla następnego okresu planistycznego. Decyzje te zapadają w odpowiednich komórkach służby planistycznej, którą na schemacie reprezentuje **regulator**.

Wydzielony blok, zwany umownie **modelem operacyjnym**, przedstawia procedurę obliczeń i postępowania przy ustalaniu planów produkcji, ich korygowaniu, obliczaniu norm, ustalaniu priorytetów kolejności uruchamiania produkcji wyrobów oraz ich partii produkcyjnych i operacji, określaniu parametrów kontrolnych, a także interpretacje pomiaru. O systemie sterowania przepływem produkcji decyduje model operacyjny tego systemu, zawierający algorytm planowania, ewidencji, kontroli i korekty przepływu produkcji. Z różnic między algorytmami wynikają różnice w sposobach i zakresach sterowania w poszczególnych systemach sterowania produkcją.

Podsumowując można stwierdzić za [56], że sterowanie przepływem produkcji jest to planowanie, ewidencja, kontrola i korekta przepływu przedmiotów (materiałów i wyrobów) przez komórki przepływu (komórki produkcyjne, składy i magazyny) w ilości i w czasie.

2.2. ZASADY STEROWANIA PRZEPŁYWEM PRODUKCJI

System sterowania produkcją w każdym systemie produkcyjnym powinien być dostosowany do panujących w nim warunków produkcyjno-organizacyjnych. Będzie on zatem zależał np. od rodzaju wyrobów, stabilności i powtarzalności ich asortymentu, programów produkcyjnych, procesów produkcyjnych, itp. Można określić pewne formuły i zasady¹, które są podstawą do identyfikacji modeli sterowania produkcją.

W każdej z komórek produkcyjnych przedsiębiorstwa przepływ produkcji można scharakteryzować poprzez następujące elementy:

- dopływ przedmiotów do komórki,
- odpływ przedmiotów z komórki,
- pobyt przedmiotów w komórce.

Działanie zasad sterowania przepływem produkcji polega na ustalaniu dopływu przedmiotów do komórki produkcyjnej, który zapewniłby wyznaczony odpływ. Ustalony dopływ reprezentuje potrzeby komórki i stanowi warunek ilościowy bądź terminowy, który musi być spełniony, aby można było zrealizować wyznaczony odpływ. Ustalony dla danej komórki dopływ nie wyznacza jednak odpływu z komórek poprzednich, które dostarczają wyroby. Dopływ może pochodzić z różnych źródeł - magazynów i komórek produkcyjnych.

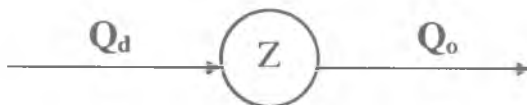
Typowy proces produkcji w przemyśle maszynowym (i pokrewnych) ma charakter nieciągły (dyskretny). Możemy jednak procesy dyskretne w pewnym przedziale czasu traktować jako ciągłe [56]. Przepływ umownie ciągły może wystąpić w przypadkach gdy można przyjąć, że w danej komórce przepływają ciągle te same przedmioty, w pewnej (niekoniecznie stałej) ilości w kolejnych przedziałach czasu. Ma to więc miejsce w produkcji masowej, a także seryjnej, gdy wyznaczanie przepływu następuje w większych przedziałach czasu.

Jeśli nie możemy przyjąć założenia o istnieniu przepływu umownie ciągłego traktuje się go jako dyskretny.

Wyznaczanie elementów przepływu może odbywać się w oparciu o dwie formuły [56].

1. Formuła sterowania ilością Q (w przypadku przepływu umownie ciągłego) którą zapisujemy graficznie:

¹ Ich koncepcję opracował jeden z nestorów „polskiej szkoły organizacji i sterowania produkcją” – J. Bursche.



gdzie:

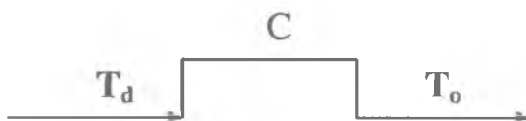
Q_d – ilość przedmiotów dopływająca w danej jednostce czasu,

Q_o – ilość przedmiotów odpływająca (potrzebna) w danej jednostce czasu,

Z – ilość przedmiotów przebywająca (zapas) w komórce.

W tej formule ustalenie potrzeb (dopływu) następuje w tej samej jednostce czasu co wyznaczenie odpływu $T = const$ ($T_d = T_o$).

2. Formuła sterowania terminami T (w przypadku przepływu dyskretnego), którą zapisujemy graficznie:



gdzie:

T_d – termin dopływu określonej ilości przedmiotów,

T_o – termin odpływu określonej ilości przedmiotów,

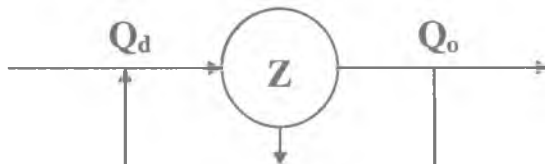
C – czas pobytu określonej ilości, długość cyklu.

W tej formule ilość potrzebna jest równa ilości odpływającej $Q = const$ ($Q_d = Q_o$).

Dla każdej z wymienionych formuł wyróżnić można trzy zasady sterowania przepływem produkcji.

Formuła Q – sterowania ilością

Q I – Zasada sterowania zapasem i ilością odpływającą



Wielkość dopływu (potrzeby) są uzależnione od wielkości odpływu, zapasu normatywnego i rzeczywistego lub obliczeniowego.

$$Q_d = Q_o + (N-Z), \quad (2.1)$$

gdzie:

N – zapas normatywny,

Z – zapas rzeczywisty (aktualny), bądź obliczeniowy.

Zapasy obliczeniowe – uwzględnia stan rzeczywisty zużycia w okresie cyklu dostawy ewentualnie inne planowane zmiany (odpływu i dopływu).

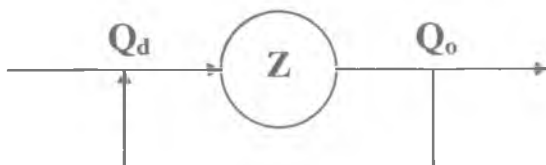
Wielkość potrzeb Q_d w danym okresie jest równa wielkości odpływającej Q_o w tym okresie plus różnica między normatywnym stanem zapasu N , a rzeczywistym (bądź obliczeniowym) Z .

Jako przykład zastosowania zasady QI można podać sytuację gdy ilość wyrobów, która jest przyjmowana do planu produkcji zakładu jest sumą zapotrzebowania użytkowników w danym okresie planistycznym i odchyłeń od normatywu zapasów wyrobów gotowych we wszystkich komórkach.

Z kolei zgodnie z tą zasadą liczba elementów potrzebnych dla linii produkcyjnych zsynchronizowanych obliczana jest jako suma elementów występujących w planie linii dla danego okresu i odchyłeń od normatywu zapasu elementów dla tej linii.

W liniach niesynchronizowanych zasada QI stosowana jest do ustalania potrzeb stanowisk roboczych. Potrzeby stanowiska poprzedzającego obliczane są jako suma potrzeb stanowiska następnego i odchyłeń od normatywu zapasu dla tego stanowiska.

Q II – Zasada sterowania ilością odpływającą



Wielkość potrzeb zależy od wielkości odpływu (ewentualnie z uwzględnieniem braków).

$$Q_d = Q_o + b, \quad (2.2)$$

gdzie:

b - wielkość (ilość) braków.

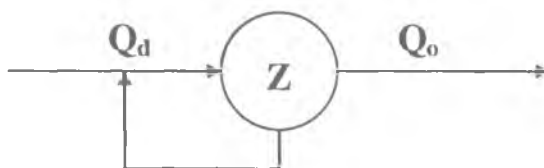
Jest to odmiana poprzedniej zasady przy założeniu, że normatyw zapasu jest równy zero. Wielkość potrzeb Q_d w danym okresie jest równa wielkości odpływu Q_o w tym okresie plus braki b .

Przykładem zastosowania zasady QII jest sytuacja gdy ilość wyrobów przyjmowana do planu produkcji zakładu równa jest zapotrzebowaniu odbiorców.

Z kolei liczba elementów potrzebnych na wejściu do wydziału jest równa liczbie elementów gotowych na wyjściu w danym okresie plus braki.

Podobnie liczba potrzebnych elementów przed stanowiskiem jest równa liczbie elementów na wyjściu w danym okresie plus braki.

Q III – Zasada sterowania zapasem



Potrzeby w danym okresie są zależne od zapasu normatywnego i rzeczywistego lub obliczeniowego. Ilość odpływająca nie bierze udziału w obliczaniu potrzeb.

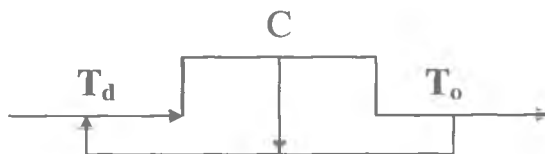
$$Q_d = N - Z. \quad (2.3)$$

Wielkość potrzeb Q_d w danym okresie jest równa różnicy między zapasem normatywnym i rzeczywistym lub obliczeniowym. W tym przypadku ilość odpływająca Q_o nie jest rejestrowana.

Zasada ta jest stosowana często do sterowania poziomem zapasów w magazynie. Przykładem zastosowania jest sytuacja gdy zakład posiada określony górny poziom zapasów wyrobów gotowych. Ilość potrzeba na uzupełnienie jest różnicą między normatywem (ustalonym jako maksimum), a stanem rzeczywistym lub obliczeniowym.

Formuła T – sterowania terminami

T I – Zasada sterowania terminem odpływu i okresem pobytu



Termin dopływu (potrzeb) jest uzależniony od terminu odpływu i okresu pobytu. W tym przypadku okres pobytu jest równy cyklowi produkcyjnemu

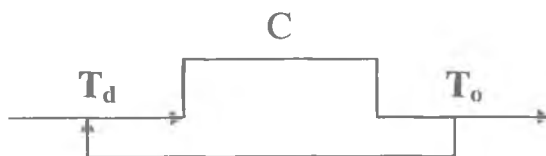
$$T_d = T_o - C, \quad (2.4)$$

gdzie: C – cykl produkcyjny wyrobu.

Termin dopływu (potrzeb) jest obliczany jako różnica między terminem odpływu T_o i cyklem produkcyjnym C wyrobu.

Przykładem zastosowania zasady TI jest sytuacja gdy mając określone terminy odpływu wyrobów z wydziału oraz biorąc pod uwagę cykle produkcyjne wyrobów rozplanowuje się je i wyznacza terminy rozpoczęcia produkcji wyrobów na wydziale. Podobnie dla stanowisk roboczych - mając terminy odpływu (zakończenia produkcji) przy uwzględnieniu cykli produkcyjnych wyrobów wyznacza się zadania produkcyjne dla stanowisk określając terminy rozpoczęcia produkcji wyrobów lub ich partii.

T II – Zasada sterowania terminem odpływu



Termin potrzeb (dopływu przedmiotów) jest uzależniony od terminu odpływu. Okres pobytu nie jest tu mierzony, jest natomiast ustalany jako wielkość stała, równa standardowemu wyprzedzeniu dla danej komórki.

$$T_d = T_o - W, \quad (2.5)$$

gdzie: W – stałe wyprzedzenie (stały okres pobytu)

Termin potrzeb (dopływu przedmiotów) jest obliczany jako różnica między terminem odpływu T_o i stałym wyprzedzeniem W .

Przykładem zastosowania zasady TII jest sytuacja gdy produkcja części w wydziale mechanicznym powinna się odbywać z wyprzedzeniem jednego miesiąca w stosunku do montażu ($W=1$ miesiąc). Wtedy jeśli montaż ma odbywać się w lutym to części na wydziale mechanicznym powinny być wykonane w styczniu. Należy jednak także dodać, że zastosowanie tej zasady możliwe jest w przypadku gdy cykle produkcyjne wyrobów są krótsze lub co najwyżej równe okresowi wyprzedzenia.

T III – Zasada sterowania okresem pobytu

Termin dopływu przedmiotów uzależniony jest od okresu pobytu przedmiotów (cyklu).

Zasada ta jest stosowana prawie wyłącznie do sterowania przepływem przedmiotów w magazynach [56].

Termin potrzeb $T_{d_{i+1}}$ (dopływu kolejnej następnej partii przedmiotów) jest ustalany na termin zakończenia odpływu poprzedniej partii przedmiotów T_{zo_i} .

$$T_{d_{i+1}} = T_{zo_i}, \quad (2.6)$$

gdzie:

$T_{d_{i+1}}$ – termin dopływu partii o numerze (i+1) przedmiotów,

T_{zo_i} – termin zakończenia odpływu i-tej partii przedmiotów.

Terminy stopniowego odpływu kolejnych przedmiotów (ich zbiorów) nie są kontrolowane. Kontrolowane są natomiast stany magazynowe przy każdorazowym wydaniu przedmiotów.

Przykładem zastosowania zasady T III jest sytuacja, gdy odbiorca zamawia nową partię elementów, gdy poprzednia osiąga stan zamówieniowy. Zasada często jest stosowana do sterowania przepływem w magazynach międzywydziałowych w odniesieniu do drobnych części wchodzących w skład różnych wyrobów.

System sterowania – rozumiany jako zespół rozwiązań dla całego przedsiębiorstwa, jest najczęściej kombinacją rozwiązań opartych na różnych formułach i zasadach sterowania. Na innej zasadzie może być oparte sterowanie produkcją części wspólnych (zunifikowanych wchodzących do różnych wyrobów, a na innej części wchodzących do jednego wyrobu. Podobnie na innej zasadzie może być oparte sterowanie produkcją w kuźni i w wydziale mechanicznym, a na innej w wydziale montażu.

Dobierając odpowiednią zasadę sterowania przepływem produkcji dla określonych warunków trzeba uwzględniać zatem takie elementy jak: wyroby i ich programy produkcyjne, komórki przepływu i współpracujące z nimi komórki oraz długość okresów planistycznych.

2.3. NORMATYWY STEROWANIA PRZEPŁYWEM PRODUKCJI

Sprawne funkcjonowanie procesu sterowania przepływem produkcji zależy między innymi od odpowiedniego przygotowania dokumentów i zawartych w nich niezbędnych informacji źródłowych, stanowiących dane wejściowe, oraz od ich sprawnej aktualizacji. Do dokumentów tych należy zaliczyć:

- specyfikacje techniczne wyrobów,
- schematy montażowe wyrobów,
- plany (karty) technologiczne,
- wykazy maszyn i urządzeń,
- wykazy pracowników bezpośrednio produkcyjnych,
- inne związane np. ze specyfiką przedsiębiorstwa, organizacją procesów produkcyjnych, itp.

Wymienione dokumenty i zawarte w nich podstawowe dane wraz z planem zbytu dają możliwość budowy operatywnego planu produkcji i sterowania przepływem produkcji. Wielkości te wykorzystywane w swej źródłowej postaci mają jednak niewygodną formę i często są powodem dużej pracochłonności prac planistycznych. Dlatego też wymagają przetworzenia i przygotowania w postaciach, które umożliwią i ułatwią pracę w zakresie sterowania przepływem produkcji. Należy także zaznaczyć, że wymieniona wcześniej dokumentacja nie zawsze jest opracowana w tak dużym zakresie i tak szczegółowo. W takim przypadku większe zadania spadają na służby sterowania przepływem produkcji, które we własnym zakresie opracowują tzw. normatywy sterowania przepływem produkcji.

Normatywy sterowania przepływem produkcji – to proste i sumaryczne złożone dane wykorzystywane do budowy operatywnych planów produkcji oraz sterowania przepływem produkcji. Związane są one z poszczególnymi elementami przepływu produkcji (dopływ, pobyt i odpływ).

Do zasadniczych normatywów umożliwiających budowę operatywnego planu produkcji i sterowania przepływem produkcji należą:

- ilość braków produkcyjnych,
- wielkość serii produkcyjnych,
- wielkość partii produkcyjnych,
- współczynniki wykonania norm,
- pracochłonność (stanowiskochłonność) jednostkowa wyrobów,
- długość cykli produkcyjnych,

- takty produkcji wyrobów,
- okresy powtarzalności produkcji,
- wielkość zapasów produkcji w toku,
- wielkość przerw międzyoperacyjnych,
- dysponowane fundusze czasu pracy,
- harmonogramy obciążeń stanowisk.

Charakterystyka wymienionych wyżej parametrów została zawarta w [4] dlatego też obecnie nie będzie przedstawiana, gdyż jest dobrze znana studentom z przedmiotu „Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych”.

Normatywy te są wykorzystywane do sporządzania operatywnych planów produkcji i następnie sterowania przepływem produkcji, w oparciu o poznane wcześniej zasady. W części przedsiębiorstw, podobnie jak dane wejściowe zawarte w dokumentach podstawowych, również normatywy sterowania przepływem produkcji są zorganizowane w postaci odpowiednich zbiorów stanowiąc tzw. bazę danych normatywnych.

3. METODY MIĘDZYKOMÓRKOWEGO STEROWANIA PRZEPŁYWEM PRODUKCJI

W skład dużego przedsiębiorstwa przemysłowego wchodzi szereg wyspecjalizowanych wydziałów (komórek), których zaangażowanie w produkcji podstawowej przedsiębiorstwa jest dość zróżnicowane. Takie wydziały jak odlewnie, kuźnie, tłocznie, narzędziownie itp. są w dużym stopniu wydziałami samodzielnymi, dlatego część swojej produkcji w postaci półwyrobów (wyrobów gotowych) mogą przeznaczać bezpośrednio na sprzedaż. Komplikuje to proces organizacji produkcji w tych komórkach, gdyż będąc integralną częścią przedsiębiorstwa są one w pierwszym rzędzie zobowiązane są do wykonania zadań produkcyjnych związanych z produkcją podstawową przedsiębiorstwa. Z drugiej strony wykorzystując zainstalowany potencjał produkcyjny w tych komórkach powinny prowadzić produkcję w taki sposób, aby produkcja uboczna zwiększała ich rentowność.

Zadaniem planowania międzykomórkowego jest zatem takie sporządzanie planów produkcyjnych poszczególnych komórek, dla których priorytetem jest plan produkcji podstawowej przedsiębiorstwa.

Samo planowanie produkcji ogranicza się tutaj do ustalenia tylko niektórych danych związanych z produkcją wyrobów, najczęściej jest to wielkość produkcji oraz termin wykonania zadania produkcyjnego bez wnikania w organizację procesu produkcyjnego nierzadko decydującego o możliwościach realizacji tych zadań. Konieczny jest zatem wybór optymalnego sposobu sterowania przepływem produkcji między komórkami umożliwiający sprawną realizację przyjętych planów produkcyjnych. Wybór sposobu sterowania przepływem produkcji nie jest sprawą łatwą. Z jednej strony jest on uwarunkowany czynnikami wewnętrznymi

nymi w przedsiębiorstwie (do których przede wszystkim należy zaliczyć poziom techniczno-organizacyjny przedsiębiorstwa oraz umiejętności i kwalifikacje pracowników), a z drugiej strony czynnikami zewnętrznymi (są to przede wszystkim wymagania rynku i postęp techniczny). Postęp techniczny zmienia rzeczywistość gospodarczą niezależnie od tego czy dane przedsiębiorstwo uczestniczy w tych zmianach, czy też nie. Innymi słowy pojedyncze przedsiębiorstwo nie ma wpływu na postęp techniczny, dlatego przyjętej metody sterowania przepływem produkcji w przedsiębiorstwie nie można traktować w sensie zachowawczym. Prawidłowo dobrana metoda z jednej strony uwzględniając ograniczenia wewnętrzne tkwiące w przedsiębiorstwie powinna elastycznie dostosowywać się do ciągłych zmian w wymaganiach rynku.

Kryteria wyboru metod sterowania przepływem produkcji mogą być różne (były one szczegółowo omówione w punkcie 2.1. skryptu) jednak ostateczna decyzja dotycząca wyboru konkretnej *metody sterowania międzykomórkowego* powinna być kompromisem między poziomem techniczno-organizacyjnym przedsiębiorstwa, a rachunkiem ekonomicznym. Kompromis ten z reguły trudno uzyskać głównie ze względu na różnice w wymogach technicznej i ekonomicznej efektywności produkcji. Inżynierowie i technicy często preferują wymogi techniczne, natomiast dla ekonomistów technika musi się sprawdzić w sensie kosztów produkcji i w poziomie osiąganego przez przedsiębiorstwo rentowności. W warunkach gospodarki rynkowej osiągnięcie takiego kompromisu jest dla przedsiębiorstwa koniecznością, gdyż warunkuje przyszły sukces handlowy podejmowanej produkcji.

3.1. METODA STEROWANIA WEDŁUG TAKTU PRODUKCJI

Metoda sterowania według taktu stosowana jest dla komórek zorganizowanych w linii potokowej. Cechą charakterystyczną produkcji potokowej są stałe ograniczenia czasowe którym podlegają wszystkie stanowiska robocze wchodzące w skład linii potokowej. Produkcja jest zsynchronizowana oznacza to, że każde stanowisko robocze wykonuje ściśle określoną operację technologiczną w wyznaczonym stałym okresie czasu. Synchronizacji podlegają także dostawy materiału niezbędnego do produkcji, odbiór gotowych wyrobów z linii jak i zadania wynikające ze służb kontroli jakości. Każdy błąd lub inne zakłócenie w pracy pojedynczego stanowiska pracy wpływa bezpośrednio na pracę całej

linii produkcyjnej. Sytuacja ta powoduje, że linię produkcyjną o organizacji potokowej należy traktować jako całość. Zadaniem służb nadzoru produkcji jest zatem takie sterowanie przebiegiem produkcji pojedynczych stanowisk roboczych, żeby całej linii produkcyjnej zapewnić najwyższą sprawność działania (przestrzeganie ustalonego reżimu produkcji).

Takt produkcji jest podstawowym normatywem planowania i kontroli produkcji dla linii potokowych. Mnożąc takt produkcji przez liczbę planowanych elementów otrzymać można czas pracy linii potokowej. Znając dodatkowy normatyw jakim jest wydajność jednostkowa linii potokowej i mnożąc tą wartość przez czas jej pracy otrzymać można liczbę elementów jakie można wytworzyć w linii w określonym czasie jej pracy.

Sterowanie według taktu produkcji polega na:

1. Wyznaczeniu wielkości produkcji zakończonej wynikającej z zapotrzebowania odbiorców na wyroby przedsiębiorstwa dla danego okresu planistycznego (np. miesiąc).
2. Uwzględnieniu wielkości braków powstających w linii produkcyjnej a także ich kontroli w procesie produkcji.
3. Kontroli stanu zapasu cyklicznego oraz prowadzeniu działań umożliwiających utrzymywanie go na ustalonym poziomie (odnawianie stanu zapasu po jego naruszeniu).
4. Zapewnieniu ciągłości dostaw materiału na linię produkcyjną i sprawnego odbioru gotowych wyrobów z linii.
5. Kontrolowaniu, korygowaniu i ewidencjonowaniu przepływu produkcji.
6. Ustaleniu okresowego planu produkcji uruchamianej (dopływ).
7. Okresowym rozliczaniu produkcji (np. miesiąc).

Prawidłowo zaplanowana i realizowana produkcja powinna ograniczać możliwość tworzenia się zapasów. Zapasy zawsze unieruchamiają kapitał obrotowy przedsiębiorstwa zatem idealnym rozwiązaniem w tego typu produkcji byłoby całkowite wyeliminowanie zapasów z bieżącej produkcji. Praktyka przemysłowa dowodzi jednak, że istnieje uzasadnienie dla tworzenia zapasów w sytuacjach awaryjnych dla pracy linii potokowej np. awaria maszyn bądź urządzeń w komórkach poprzedzających. Z przyczyn powyższych, jak i też z powodu powstawania braków w czasie produkcji należy oprócz określania produkcji zakończonej określać także wielkość produkcji uruchamianej (dopływ) w postaci

przygotowanych materiałów lub przedmiotów do dalszej obróbki. Wielkość produkcji uruchamianej (N_u) można obliczyć ze wzoru (zob. [19] i [56]).

$$N_u = N_z + (Z_{wc} - Z_{wck}) + b_x, \quad (3.1)$$

gdzie:

N_z – wielkość produkcji zakończonej (plan zakończenia),

Z_{wc} – wielkość zapasu cyklicznego¹ w linii (normatyw),

Z_{wck} – stan zapasu cyklicznego na koniec poprzedniego okresu planistycznego,

b_x – przewidywana liczba braków.

Teraz z kolei należy sprawdzić, czy dla zaplanowanej wielkości produkcji uruchamianej linia posiada wystarczające zdolności produkcyjne. Analizy takiej można dokonać obliczając takt, jaki wynika z ustalonego planu uruchomienia:

$$\tau_s = \frac{F_j \cdot \eta_{pj} - T_{od}}{N_u} \quad (3.2)$$

gdzie:

F_j – nominalny fundusz czasu pracy linii w okresie planistycznym,

η_{pj} – współczynnik wykorzystania nominalnego funduszu czasu, uwzględniający przestoje konserwacyjno-reмонтowe,

T_{od} – planowane przerwy pracy w linii (śniadania, szkolenia BHP, itp.).

Takt produkcji (τ_s) obliczony z powyższego wzoru należy porównać z taktem z którym faktycznie pracuje linia (τ_l).

$$\text{Jeśli} \quad \tau_l > \tau_s, \quad (3.3)$$

to może oznaczać, że linia powinna pracować więcej niż na jedną zmianę np. dwie zmiany.

Wielkość zapasu cyklicznego wyznacza się z następującego wzoru

$$Z_{wc} = Z_{cop} + Z_t + Z_k, \quad (3.4)$$

gdzie:

Z_{cop} – zapas operacyjny,

Z_t – zapas transportowy,

Z_k – zapas kompensacyjny.

Wielkość zapasu cyklicznego jest normatywem dla linii potokowej. W czasie produkcji zapas ten należy na bieżąco kontrolować. Wymagane jest także ciągłe uzupełnianie zapasu do wielkości ustalonej Z_{wc} . W praktyce kontrola stanu zapasu cyklicznego sprowadza się do bieżącego rejestrowania liczby przedmiotów

¹ W pracy [19] zapas cykliczny określany jest mianem zapasu technologicznego.

opuszczających linię produkcyjną, liczby materiałów bądź przedmiotów stanowiących dopływ produkcji oraz liczby przedmiotów zaliczanych do braków. Porównanie tak otrzymanego wyniku z planowaną wielkością zapasu pozwala na szybkie ustalenie wielkości uchybu.

Sposób rozliczania produkcji polega na obliczeniu zapasu cyklicznego w linii na koniec okresu dla którego planowana była produkcja (zob. [19] i [56]).

$$Z_{wck} = Z_{wcp} + M_p - N_d - b_x, \quad (3.5)$$

gdzie:

Z_{wcp} – zapas cykliczny na początku okresu planistycznego,

M_p – liczba przedmiotów dostarczonych na linię w okresie planistycznym,

N_d – liczba elementów dobrych wykonanych w danym okresie.

Nawet prawidłowy sposób prowadzenia ewidencji materiałów dostarczanych na linię, wielkości braków, zapasu cyklicznego i wyrobów gotowych opuszczających linię nie uchroni służb nadzoru produkcji przed powstawaniem ubytków przedmiotów spowodowanych czynnikami innymi niż ww. (np. kradzież, zagubienie przedmiotów lub roztargnienie pracownika). Dlatego okresowo należy przeprowadzać inwentaryzację, która ujawni rzeczywisty stan zapasu cyklicznego na koniec danego okresu. Wielkość odchylenia między wielkością rejestrowaną a rzeczywistą (O_d) wyznacza się ze wzoru (zob. [19] i [56])

$$O_d = Z_{wcki} - Z_{wck}, \quad (3.6)$$

gdzie:

Z_{wcki} – stan inwentaryzacyjny zapasu cyklicznego na koniec okresu planistycznego.

Jeśli ubytki przedmiotów są znaczne, to należy je uwzględnić w następnym okresie planistycznym.

3.2. METODA STEROWANIA WEDŁUG OKRESU POWTARZALNOŚCI PRODUKCJI

Metodę sterowania według okresu powtarzalności (rytmu) produkcji stosuje się w warunkach produkcji powtarzalnej (rytmicznej). Ten sposób sterowania dotyczy komórek o produkcji ustabilizowanej (linie potokowe, gniazda mało-przedmiotowe) i wysokim poziomie organizacji produkcji. Okres powtarzalności produkcji serii przedmiotów jest wielkością względnie stałą i stanowi normatyw produkcji.

Sterowanie przepływem przedmiotów w produkcji powtarzalnej wymaga ścisłego przestrzegania ustalonego przebiegu produkcji zgodnie z ustalonym harmonogramem. Wzorcowy harmonogram produkcji sporządzany jest dla okresu powtarzalności produkcji. Zawiera on takie informacje jak:

- spis operacji wykonywanych na stanowiskach roboczych,
- kolejność wykonywania poszczególnych operacji,
- czas wykonania poszczególnych operacji na partii przedmiotów,
- cykle produkcyjne wykonania partii przedmiotów,
- wzorcowe terminy rozpoczęcia i zakończenia wykonywanej operacji oraz partii przedmiotów.

Harmonogram wzorcowy narzuca komórkom realizującym założoną wielkość produkcji określony tok postępowania (reżim produkcji). Zachowanie tego toku produkcji wymaga ścisłej kontroli przebiegu produkcji w komórkach, szczególnie kontroli wielkości zapasu cyklicznego.

Sterowanie według okresu powtarzalności produkcji sprowadza się do (zob. [19] i [56]):

1. Ustalenia okresowego (np. miesiąc) planu produkcji zakończonej (odpływ).
2. Ustalenia wielkości zapasu cyklicznego.
3. Kontroli zapasu cyklicznego i ustalenia wielkości odchyłeń od tego zapasu.
4. Określenia liczby przedmiotów na pokrycie braków produkcyjnych.
5. Kontroli wielkości braków powstających w czasie produkcji.
6. Ustalenia okresowego planu produkcji uruchamianej (dopływ).
7. Okresowego rozliczenia produkcji.

Spływ produkcji zakończonej zależny jest od zapotrzebowania na przedmioty komórek następnych, tj. komórki produkcyjnej następnej w kierunku procesu technologicznego oraz komórki odpowiedzialnej za zbyt wyrobów do odbiorcy.

Wielkość produkcji uruchamianej wyznacza się podobnie jak w metodzie sterowania według taktu tj. stanowi ona sumę produkcji zakończonej, wielkości odchylenia między zapasem cyklicznym wynikającym z harmonogramu produkcji (wielkość normatywna) a zapasem faktycznym oraz liczby braków.

W wyniku przemieszczania się przedmiotów zgodnie z kolejnymi operacjami technologicznymi mogą powstać odchylenia dotyczące okresu pobytu w komórce od okresu wynikającego z harmonogramu wzorcowego. Powodować to może

zakłócenia w przyszłej produkcji, dlatego występujące odchylenia w przepływie produkcji powinny być wyrównywane w następnym okresie powtarzalności.

Warunkiem prawidłowego sterowania przepływem przedmiotów w komórce jest bieżąca ewidencja i kontrola przebiegu produkcji. Korekty odnośnie przebiegu można nanosić bezpośrednio na harmonogram wzorcowy. Zdarza się, że w tym samym okresie powtarzalności obróbce poddawanych jest kilka partii takich samych przedmiotów. Przedmioty te z różnych powodów mogą być przesuwane z jednej partii do drugiej. Należy tego unikać, gdyż sytuacja taka utrudnia rozliczanie każdej partii przedmiotów z osobna. Jeśli przemieszczanie przedmiotów z jednej partii do drugiej powtarza się to bardziej celowe jest rozliczanie produkcji w sposób okresowy, który polega na porównywaniu stanu zapasu cyklicznego (rejestrowanego) ze stanem inwentaryzacyjnym na koniec okresu i wyznaczeniu odchyłeń. Odchylenia te należy skorygować podczas produkcji następnych partii przedmiotów.

3.3. METODA STEROWANIA WEDŁUG CYKLU PRODUKCYJNEGO

Metoda sterowania według cyklu stosowana jest do produkcji nieustabilizowanej wyrobów złożonych o długich cyklach produkcyjnych, tj. maszyn i urządzeń produkcyjnych. Ten sposób sterowania obecnie zalicza się do metod przestarzałych z powodu wysokiego stopnia trudności i pracochłonności ręcznego sporządzania planu przebiegu produkcji, chociaż współczesne wykorzystanie techniki komputerowej powoduje, że jest on nadal chętnie wykorzystywany w przemyśle.

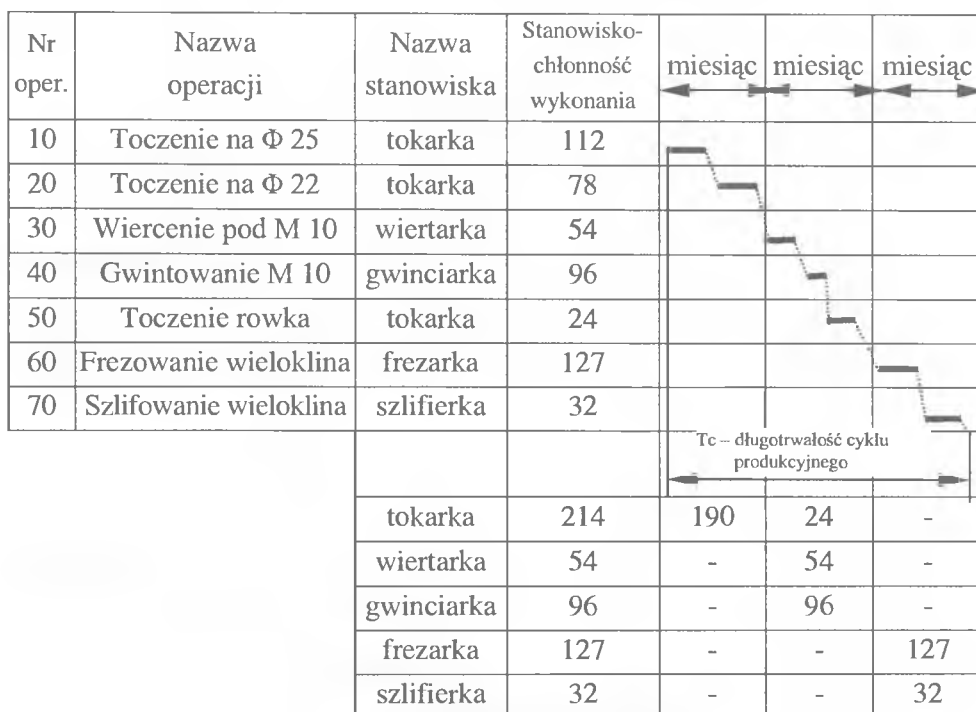
Podstawą planowania produkcji w tej metodzie jest cykl produkcji wyrobu, który obecnie uzależniony jest w coraz większym stopniu od wymagań odbiorców. W odróżnieniu od poprzednich metod dla których cykl produkcji jest także istotnym parametrem produkcji, to w tej metodzie stanowi on podstawę indywidualnego sterowania przepływem produkcji każdej partii wyrobów (tzn. ustalenia odpływu, pobytu i dopływu). Sytuacja ta powoduje, że dla każdego okresu planistycznego i dla każdej komórki produkcyjnej należy sporządzić nowy harmonogram przebiegu produkcji, który rzadko się powtarza. Istotną pomoc w opracowaniu harmonogramu spełnia indywidualny cyklogram produkcji sporządzony na podstawie schematu montażowego wyrobu uwzględniającego procesy technologiczne jakim są poddawane elementy składowe wyrobu. Wzajemne powiązania

terminów realizacji procesów technologicznych części, podzespołów, zespołów i wyrobu gotowego zależą od warunków organizacyjno-technicznych w danej komórce. W komórce o wysokim poziomie organizacyjnym kolejną operację technologiczną można zacząć wykonywać bezpośrednio po poprzedniej operacji, osiągając w ten sposób najbardziej sprawny przebieg produkcji.

Jeśli przedsiębiorstwo ma kłopoty z realizacją tak „napiętego” cyklogramu z uwagi na niższy poziom organizacyjny, to wskazane jest wprowadzić niewielkie przerwy (luzy) między kolejnymi etapami procesu technologicznego. Te niewielkie luzy mają na celu zapewnić terminową realizację następnej fazy procesu technologicznego w przypadku opóźnienia realizacji operacji technologicznej w fazie poprzedniej.

Cyklogramy produkcji nie decydują jeszcze ostatecznie o przebiegu produkcji w poszczególnych komórkach. Istotne znaczenie ma bowiem także bilans obciążenia stanowisk roboczych sporządzony dla każdego rozpatrywanego okresu planowania produkcji. Obciążenia stanowisk roboczych i jego bilansowanie z dysponowanym funduszem czasu pracy dokonuje się na podstawie pracochłonności (stanowiskochłonności) poszczególnych operacji i ich rozmieszczenia w rozpatrywanych okresach cyklu produkcyjnego (rys. 3.1). Bilansowanie obciążenia dotyczy jednorodnych grup stanowisk roboczych tzn. takich, na których bez zmiany oprzyrządowania i czasu można uzyskać podobny efekt technologiczny. Należy dążyć aby rozkład obciążenia w poszczególnych jednorodnych grupach stanowisk był możliwie równomierny. W celu zapewnienia pewnej elastyczności regulowania przebiegu produkcji nie należy wykorzystywać pełnego dysponowanego funduszu czasu pracy poszczególnych stanowisk, lecz pozostawić niewielkie luzy w obciążeniu stanowisk. Pozwoli to na wyeliminowanie ewentualnych zaburzeń procesu produkcyjnego.

Czasami opracowanie szczegółowych cyklogramów dla wyrobów złożonych jest zbyt skomplikowane, dlatego w tych sytuacjach można korzystać z cyklogramów ramowych (rys. 3.2), które zawierają informacje dotyczące jedynie części wiodących (szczególnie stanowiskochłonnych), tj. główne etapy montażu oraz czas i rodzaj obróbki. Z pozostałych elementów tworzy się grupy, które następnie przypisuje się do poszczególnych zespołów wyrobu.



Rys. 3.1. Rozkład stanowiskochłonności produkcji partii przedmiotów w poszczególnych okresach cyklu produkcyjnego [19]

Plan okresowy komórki produkcyjnej w takim przypadku obejmuje (zob. [33] i [56]):

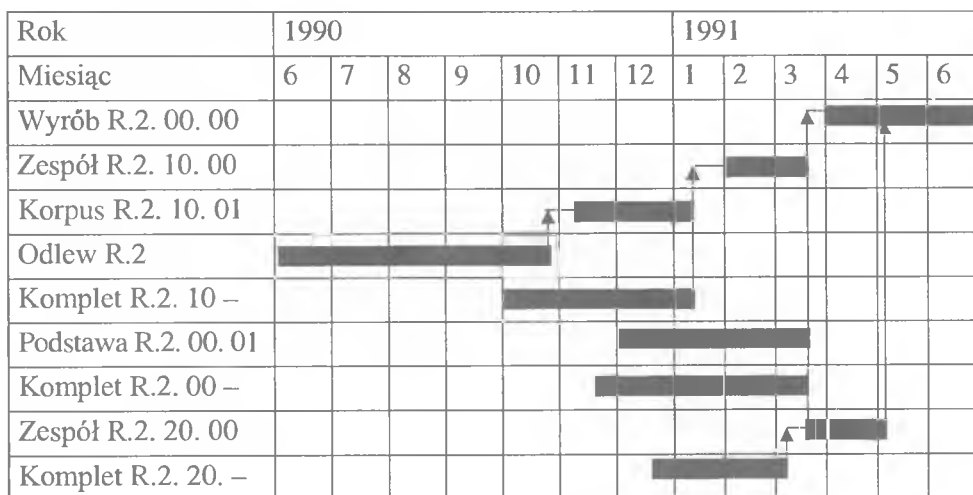
1. Wykaz części wiodących i wykazy elementów wchodzące w skład poszczególnych grup, które mają być zakończone w wyznaczonym terminie według zleceń odbiorców.
2. Wykaz części wiodących i wykaz elementów obejmujących poszczególne grupy, których produkcja ma być rozpoczęta w wyznaczonym terminie według zleceń odbiorców.
3. Liczbę stanowiskogodzin (roboczegodzin) na poszczególne zlecenia umożliwiającą zbilansowanie planowanych obciążeń ze zdolnością produkcyjną komórki.

Korzystanie z cyklogramów ramowych ułatwiają karty kompletowo-ewidencyjne, szczególnie w zakresie bilansowania planowanych obciążeń. Wykonanie operacji rejestruje się przez skreślenie odpowiedniego obciążenia stanowiska. Podsumowania dokonuje się na koniec okresu planistycznego otrzy-

mując liczby stanowiskogodzin wykonanych na grupę (komplet) i liczbę godzin pozostałych do wykonania w następnym okresie planistycznym.

Ogólnie sterowanie według cyklu produkcyjnego wymaga:

1. Określenia produkcji końcowej zgodnie z zapotrzebowaniem na wyroby.
2. Ustalenia okresowego planu produkcji uruchamianej.
3. Ustalenia przepływu produkcji i jej zbilansowania z dysponowanym funduszem czasu jednorodnych grup stanowisk roboczych.
4. Bieżącej ewidencji i kontroli przepływu produkcji i natychmiastowego usuwania wszelkich zakłóceń.



Rys. 3.2. Przykład cyklogramu ramowego [56]

Ewidencję przepływu produkcji wyrobu prowadzi się bezpośrednio na cyklogramie roboczym zaznaczając wykonane już elementy składowe wyrobu. Natomiast rozliczanie produkcji polega na rozliczaniu każdej partii wyrobów oddzielnie. Sposób ten polega na tym, że porównuje się wielkość produkcji uruchamianej (partii wyrobów) z wielkością produkcji wykonanej. Różnice między tymi wielkościami stanowią braki (udokumentowane kartami braków) lub odchylenia (różnice nieudokumentowane).

3.4. METODA STEROWANIA WEDŁUG CYKLU I WYPRZEDZEŃ

Metodę sterowania według cyklu i wyprzedzeń stosuje się w odniesieniu do produkcji niestabilizowanej o niskim poziomie organizacji produkcji. Podstawą sterowania produkcji w tej metodzie jest nadal cyklogram produkcji, jednak z uwagi na niski poziom organizacyjny przedsiębiorstwa wprowadzane są do cyklogramu dodatkowe rezerwy czasowe (wyprzedzenia kalendarzowe) na nieprzewidziane zdarzenia w trakcie realizacji procesu produkcyjnego. Wyprzedzenia kalendarzowe mogą wynikać także ze świadomego planowania przebiegu produkcji, jeśli produkcja ta dotyczy przedmiotów tanich, nieskomplikowanych i nie mających istotnego wpływu na termin zakończenia produkcji wyrobu (wyprzedzenia o okres planistyczny np. miesiąc).

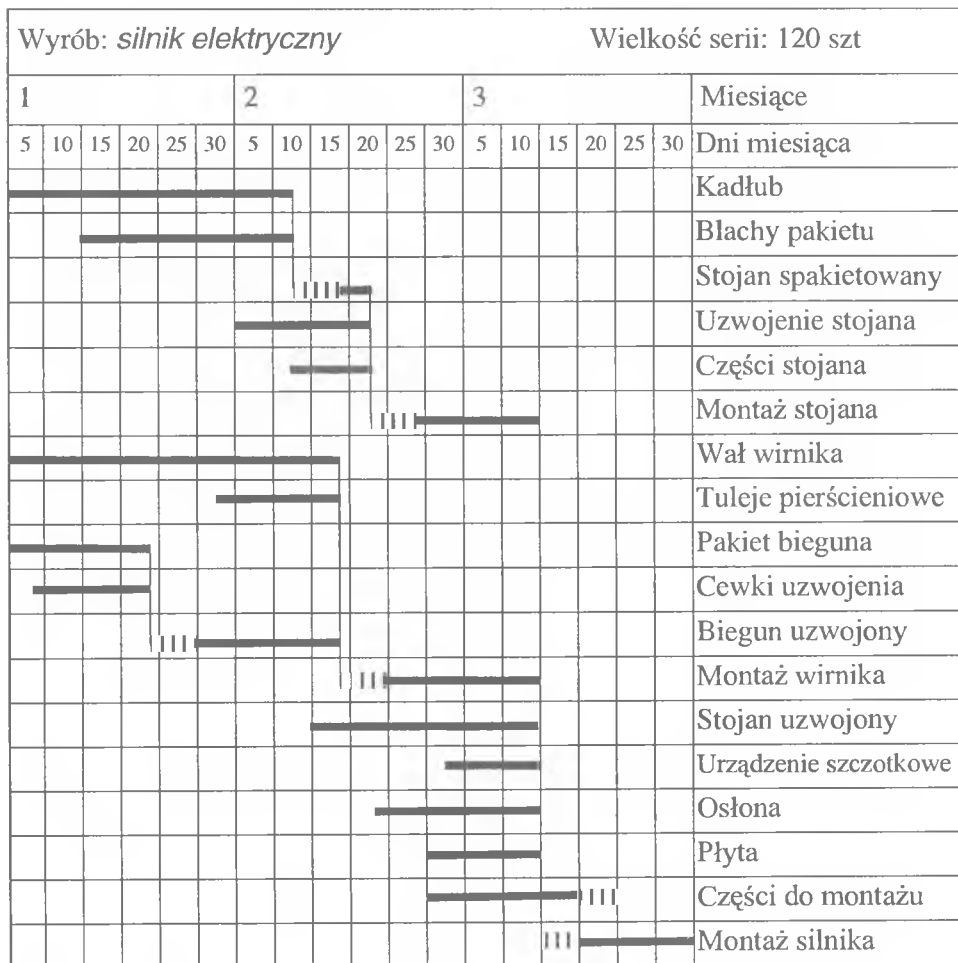
Poziom organizacji produkcji w przedsiębiorstwach jest zróżnicowany, nawet jeśli przedsiębiorstwa mają podobną specyfikę produkcji. Przedsiębiorstwa o wysokim poziomie organizacyjnym są w sytuacji korzystniejszej ponieważ mogą prowadzić produkcję w oparciu o krótsze cyklogramy produkcji, co ma istotne znaczenie z uwagi na odbiorców wyrobów finalnych. Przedsiębiorstwa te, mogą realizować produkcję według „napiętych” cyklogramów nie uwzględniających tzw. luzów między kolejnymi fazami procesów technologicznych i montażu.

Jeśli poziom organizacji produkcji przedsiębiorstwa uniemożliwia stosowanie powyższego sposobu, to należy uwzględnić niewielkie przerwy między kolejnymi fazami procesu technologicznego każdego elementu, tj. rezerwowe wyprzedzenia kalendarzowe.

Proces produkcyjny dla komórek o niskim poziomie organizacyjnym można zorganizować także według innych zasad, tj. w oparciu o wyprzedzenie o okres planistyczny (np. miesiąc). Wybór konkretnego sposobu uzależniony jest od specyfiki wytwarzanego wyrobu a różnice w sposobie sterowania dotyczą głównie typu cyklogramu według którego realizowana jest produkcja.

Do planowania produkcji według cyklu i wyprzedzeń wykorzystuje się zatem dwa rodzaje cyklogramów (rys. 3.3 i 3.4). Do sterowania przepływem przedmiotów bardzo dużych i złożonych o długim cyklu produkcyjnym wykorzystuje się cyklogram pierwszy. Planowanie produkcji w tym przypadku polega na wydłużeniu poszczególnych faz obróbki technologicznej i montażu zespołów o rezerwowe wyprzedzenia kalendarzowe, co daje w efekcie ogólne wydłużenie cyklu produkcyjnego.

Rezerwowe wyprzedzenia kalendarzowe spełniają swoją funkcję tylko wtedy jeśli nie będą one automatycznie włączane do realizowanych cykli produkcyjnych. Pracownicy realizujący produkcję tym sposobem muszą mieć świadomość, że wyprzedzenia kalendarzowe stanowią rezerwę wyłącznie na sytuacje awaryjne jakie mogą powstać w czasie produkcji wyrobu.



Rys. 3.3. Cyklogram wyrobu z rezerwowymi wyprzedzeniami kalendarzowymi [19]

Drugi sposób sterowania przepływem produkcji dotyczy przedmiotów o niewielkim stopniu złożoności i o małym koszcie własnym. Cały cykl produkcyjny wyrobu podzielony jest na równe okresy planistyczne według rodzaju procesów technologicznych i montażu podzespołów i zespołów. Cyklogram produkcji spo-

rzządzany jest w taki sposób, że elementy potrzebne do montażu wyrobów w danym okresie planistycznym powinny być wykonane w okresie poprzednim. Oznacza to, że wykonanie zadania w komórce odbierającej elementy do dalszej produkcji (K_O) uzależnione od wykonania zadania w komórce dostarczającej te elementy (K_D). Można to przedstawić w formie następującego zapisu

$$K_D \rightarrow K_O, \quad (3.7)$$

Warunkiem prawidłowego funkcjonowania tej metody jest zasada zgodnie z którą poszczególne cykle procesów technologicznych wchodzące w skład cyklogramu nie powinny być dłuższe od okresu planistycznego. Metoda ta znacznie komplikuje się jeśli cykl dowolnej fazy procesu technologicznego przekracza jeden okres planistyczny np. (obróbka mechaniczna). Wówczas należy dokonać podziału przedmiotów na grupy a następnie ustalić, które będą wykonywane w pierwszym okresie planistycznym, które w drugim a których cykl wykonania będzie wynosić dwa okresy planistyczne. Ma to znaczenie przy obliczaniu obciążenia stanowisk pracy.

Miesiące	1	2	3	4	5
Wyrób – tokarka pociągowa Wielkość partii - 30 szt.					
Odlewanie					
Obróbka mechaniczna:					
– elementy grupy (x)					
– elementy grupy (y)					
– elementy grupy (z)					
Montaż podzespołów i zespołów					
Montaż końcowy wyrobu					

Rys. 3.4. Cyklogram wyrobu z wyprzedzeniem według miesięcy [19]

Warto także zauważyć, że cyklogram wyrobu z wyprzedzeniem o okres planistyczny tylko ogólnie odnosi się do kolejnych faz procesu technologicznego bez

wnikania w poszczególne operacje technologiczne wchodzące w skład tych faz. Wynika z tego że cały ciężar bieżącego sterowania przepływem produkcji przechodzi na poziom sterowania wewnątrzkomórkowego, w którym ustala się terminy i kolejność operacji technologicznych na elementach składowych wyrobu.

Istotną wadą tego sposobu sterowania jest tworzenie się nadmiernych zapasów elementów w magazynach międzykomórkowych, oczekujących na dalszą obróbkę, co jest sprzeczne ze współczesnymi zasadami zarządzania przedsiębiorstwem, zgodnie z którymi nadmierne zapasy unieruchamiają kapitał obrotowy przedsiębiorstwa, który powinien krążyć i pomnażać zysk.

3.5. METODA STEROWANIA WEDŁUG PROGRAMU I ZAPASÓW

W przedsiębiorstwach przemysłowych rzadko się zdarza, żeby wszystkie wydziały prowadzące produkcję części składowych wyrobu oraz prowadzące montaż podzespołów i zespołów miały produkcję zsynchronizowaną. Sytuacja taka najczęściej wynika ze sposobu organizacji produkcji półwyrobów (wyrobów) w poszczególnych komórkach, tj. z podziałem na partie (dla elementów składowych wyrobu) i bez podziału na partie (dla montażu podzespołów i zespołów wyrobu). Trudności w zsynchronizowaniu produkcji mogą wystąpić nawet w ramach jednego wydziału realizującego taką samą fazę technologiczną np. montaż podzespołów, zespołów i wyrobu finalnego. Wynika stąd konieczność tworzenia przez poszczególne komórki pewnego zapasu międzyoperacyjnego utrzymanego na odpowiednim poziomie w celu utrzymania ciągłości produkcji. Taką rolę może spełniać jednostka ewidencyjno-planistyczna, a mianowicie magazyn międzykomórkowy.

Podstawą planowania produkcji dla współpracujących komórek jest plan montażu wyrobów finalnych, a właściwie ilość elementów wchodząca w skład wyrobów finalnych w danym okresie planistycznym. Ogólny wzór na obliczanie planu spływu produkcji komórki ma następującą postać [33]

$$N_i = N_{i+1} + (Z_{n(i+1)} - Z_{wk(i+1)}), \quad (3.8)$$

gdzie:

N_i – ilość elementów w planie produkcji zakończonej komórki dostarczającej elementy na dany okres,

N_{i+1} – ilość elementów w planie produkcji zakończonej komórki odbierającej elementy w tym samym okresie,

$Z_{n(i+1)}$ – normatyw zapasu wewnątrzkomórkowego w komórce $(i+1)$,

$Z_{wk(i+1)}$ – bieżący stan zapasu wewnątrzkomórkowego w komórce $(i+1)$.

Elementy wadliwe (braki) pojawiające się w produkcji można uwzględnić w dwojaki sposób:

1. Zwiększając ogólną ilość produkowanych elementów w danej komórce o ilość braków powstających w tej komórce.
2. Zwiększając normatyw zapasu zabezpieczającego w magazynie międzykomórkowym o ogólną ilość braków powstających we współpracujących komórkach.

Ilość zapasu zabezpieczającego w magazynie międzykomórkowym można wyznaczyć z następującego wzoru [33]:

$$Z_{mkz} = B_i + B_{i+1} + T_{omax} \cdot S_z, \quad (3.9)$$

gdzie:

Z_{mkz} – zapas międzykomórkowy zabezpieczający (normatyw),

B_i – ilość braków w komórce dostarczającej elementy w okresie między kolejnym wyrównaniem zapasu,

B_{i+1} – ilość braków w komórce wykorzystującej elementy do dalszej obróbki bądź montażu między kolejnym wyrównaniem stanu zapasu,

T_{omax} – maksymalne odchylenie w czasie (w dniach) od planowanego terminu spływu partii produkcyjnej elementów,

S_z – wielkość produkcji na jednostkę czasu.

Sposób obliczania zapasu zabezpieczającego międzykomórkowego w metodzie sterowania według programu i zapasów nie uwzględnia zapasów cyklicznych tworzonych w ramach poszczególnych komórek produkcyjnych, dlatego w praktyce stosuje się uproszczenie tej metody sprowadzające się do stosowania jednego z dwóch wariantów. Pierwszy polega na nie tworzeniu zapasu zabezpieczającego międzykomórkowego i odpowiednim powiększeniu zapasu cyklicznego, a drugi sposób polega na włączeniu zapasu cyklicznego do zapasu zabezpieczającego i odpowiednim powiększeniu go o wielkość zapasu cyklicznego.

3.6. METODA STEROWANIA WEDŁUG STANÓW MAKSYMUM-MINIMUM ZAPASÓW MAGAZYNOWYCH

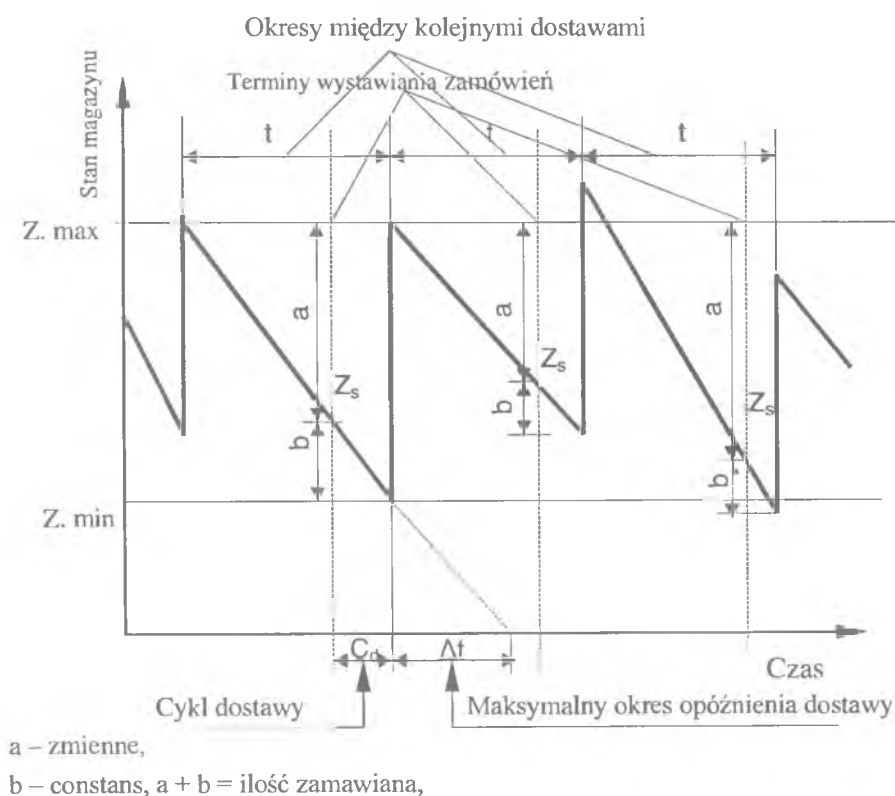
Sterowanie przepływem produkcji w tym przypadku opiera się nie o informacje pochodzące z bieżącej produkcji wyrobów lecz o informacje pochodzące z magazynów międzykomórkowych, dotyczące stanu zapasów przedmiotów w maga-

zynach przeznaczonych do dalszej obróbki technologicznej bądź montażu. Decyzja o podjęciu produkcji nowej partii wyrobów zależy głównie od stanu przedmiotów w magazynie pod koniec okresu planistycznego. Ten sposób sterowania dotyczy najczęściej produkcji przedmiotów znormalizowanych bądź zunifikowanych jednocześnie wykorzystywanych w procesie produkcji wyrobów złożonych przez różne komórki przedsiębiorstwa.

W metodzie tej ustala się następujące normatywy przepływu produkcji;

- stan minimalny zapasu magazynowego – Z_{min}
- stan maksymalny zapasu magazynowego – Z_{max}
- okres między dostawami, po którym wystawiane jest zamówienie – t .

Ideę sterowania według stanów maksimum-minimum zapasów magazynowych przedstawiono na rys.3.5.



Rys. 3.5. Schemat sterowania według stanów maksimum – minimum zapasów magazynowych (stałe okresy między kolejnymi dostawami) [56]

Działalność magazynowa w długim okresie czasu podzielona jest na równe okresy planistyczne (kwartał, miesiąc). Pod koniec każdego okresu planistycznego dokonuje się kontroli stanu magazynowego przedmiotów, której efektem jest wystawienie zamówienia w celu uzupełnienia zapasu przedmiotów. Zamówienie wystawione przez magazyn jest podstawą uruchomienia produkcji brakującej liczby przedmiotów.

W systemie tym uwzględnia się tzw. stan zamówieniowy zapasu magazynowego – (Z_s) informujący o tym jaka jest wielkość zapasu magazynowego w momencie kontroli magazynu pod koniec okresu planistycznego (lub inaczej, wielkość zapasu w momencie wystawienia zamówienia). Z_s – jest w tej metodzie wielkością zmienną uzależnioną od bieżącego zapotrzebowania produkcji w poszczególnych komórkach.

Liczbę przedmiotów będących obiektem zamówienia wyznacza się z następującego wzoru [33]

$$Z_z = Z_{max} - Z_s + S_z \cdot C_d, \quad (3.10)$$

gdzie:

Z_{max} – maksymalny stan zapasu przedmiotów,

Z_s – aktualny stan zamówieniowy przedmiotów,

S_z – średnie statystyczne zużycie części na jednostkę czasu (np. dzienne),

C_d – cykl dostawy (czas od momentu złożenia zamówienia do chwili otrzymania dostawy).

Cechą charakterystyczną tego sposobu sterowania są stałe okresy dokonywania kontroli stanów magazynowych i stałe terminy dostaw zamawianych przedmiotów.

Zaletą prezentowanej metody jest to, że jest ona prosta, pewna w działaniu i tylko w niewielkim stopniu absorbuje uwagę pracowników działu planowania. Wadą natomiast jest jej mała elastyczność w przypadku nagłej zmiany zapotrzebowania przedmiotów do produkcji, co wiąże się ze zmianą normatywów przepływu produkcji, które powodują po ustaniu zwiększonego zapotrzebowania na przedmioty, utrzymywanie znacznych stanów magazynowych.

Sterowanie według metody maksimum – minimum zapasów magazynowych sprowadza się do [56]:

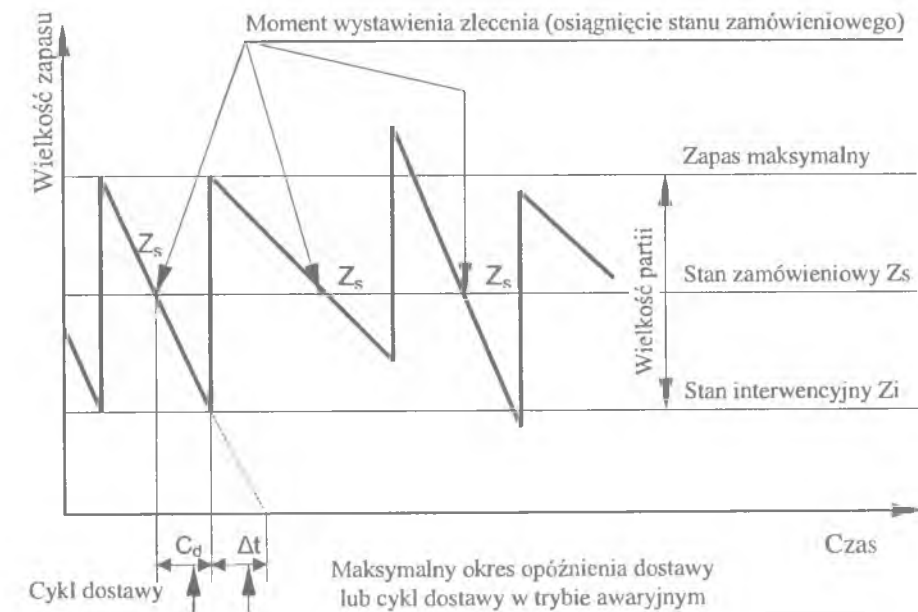
1. Ustalenia normatywów maksimum i minimum stanów zapasów magazynowych.
2. Ustalenia terminów kontroli stanów magazynowych i dostaw.
3. Sporządzaniu zamówień na brakującą liczbę przedmiotów.

4. Uruchomienia i organizowania przebiegu produkcji zamówionej partii przedmiotów.
5. Uruchomienia i organizowania przebiegu produkcji partii przedmiotów w trybie awaryjnym, tj. na podstawie zawiadomienia o stanie minimalnym.
6. Bieżącej ewidencji przebiegu produkcji partii przedmiotów.
7. Rozliczenia partii produkcyjnej przedmiotów.

3.7. METODA STEROWANIA WEDŁUG STANU ZAMÓWIENIOWEGO ZAPASÓW MAGAZYNOWYCH

Sposób ten wykorzystywany jest do sterowania przepływem przedmiotów w magazynach na które w trakcie produkcji zapotrzebowanie jest nierównomierne. Sterowanie to różni się od poprzedniego tym, że decyzja o uruchomieniu produkcji brakującej partii przedmiotów wynika nie z okresowej kontroli stanu zapasów magazynowych, lecz od osiągnięcia określonego stanu (tzw. stanu lub punktu zamówieniowego) zapasu przedmiotów w magazynie.

Ideę tego sposobu sterowania przedstawia rys. 3.6.

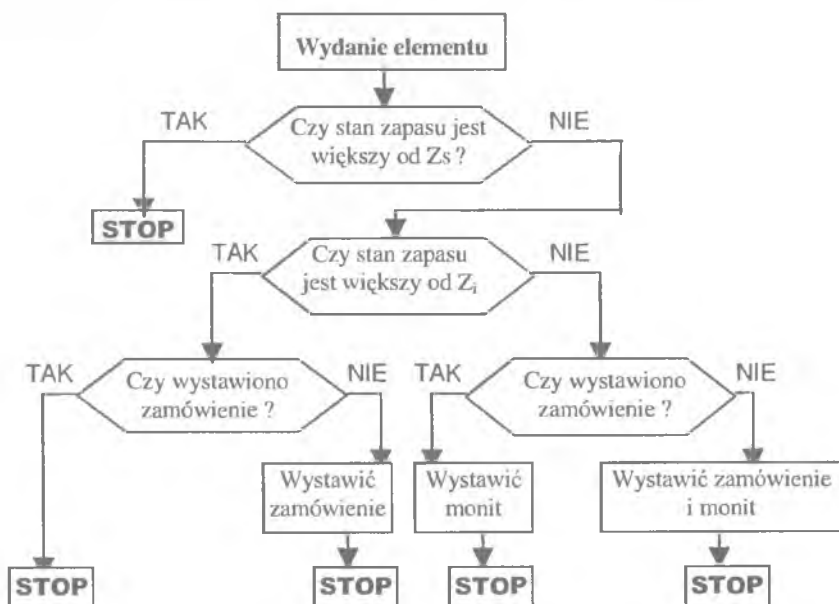


Rys. 3.6. Schemat sterowania według stanu zamówieniowego zapasów magazynowych (stałe wielkości dostaw) [56]

Prawidłowe działanie tego sposobu sterowania uzależnione jest od ścisłej kontroli stanu zapasów magazynowych. Każdorazowe pobranie przedmiotu (partii przedmiotów) z magazynu połączone jest z kontrolą stanu magazynowego. Nowe zamówienie na przedmioty wystawiane jest w momencie kiedy poziom stanu zapasów przedmiotów w magazynie zrówna się z poziomem stanu zamówieniowego. Dostawa dotyczy partii przedmiotów zawsze o tej samej ustalonej wielkości.

Stan zamówieniowy (Z_s) jest to wielkość stanu zapasów zapewniająca produkcyjne zapotrzebowanie na przedmioty z magazynu, od momentu złożenia zamówienia do momentu otrzymania dostawy. Stan zamówieniowy jest w tym przypadku normatywem sterowania przepływem przedmiotów w magazynie. Stan maksymalny i minimalny są także normatywami i wyznaczane są w analogiczny sposób jak w metodzie poprzedniej. Stan minimalny nazywany jest także zapasem interwencyjnym. Informacja o obniżeniu się poziomu zapasu przedmiotów do poziomu zapasu interwencyjnego uruchamia tryb awaryjny dostawy przedmiotów.

Algorytm postępowania przy kontroli stanu magazynowego przedmiotów i wystawienia zamówienia przedstawiony jest na rys.3.7.



Z_s – stan zamówieniowy zapasu

Z_i – stan interwencyjny zapasu

Rys. 3.7. Schemat algorytmu wystawiania zamówienia [56]

Stała wielkość dostaw oraz zmienne terminy wystawiania zamówień to główne cechy charakterystyczne tej metody różniące ją od metody sterowania według stanów maksimum-minimum. Jeśli chodzi o wady metody, to są one podobne jak w metodzie poprzedniej.

Sterowanie według stanu zamówieniowego zapasów magazynowych sprowadza się do:

1. Ustalenia normatywów maksimum i minimum stanów magazynowych.
2. Ustalenia normatywu dla stanu zamówieniowego.
3. Kontroli poziomu stanów zapasów przy każdorazowym wydaniu przedmiotów.
4. Wysyłaniu zamówień na dostawę przedmiotów po osiągnięciu ustalonego poziomu stanu magazynowego.
5. Organizacji produkcji partii przedmiotów w trybie normalnym.
6. Organizacji produkcji partii przedmiotów w trybie awaryjnym.
7. Bieżącej ewidencji spływu partii elementów do magazynu.
8. Kontroli produkcji partii elementów będących przedmiotem zamówienia.

W rozdziale przedstawione zostały podstawowe metody międzykomórkowego sterowania przepływem produkcji. W metodach tych położono głównie nacisk na problemy merytoryczne pomijając aspekt praktycznego wykorzystania tych metod w rzeczywistych warunkach produkcyjnych przedsiębiorstwa. Ponieważ warunki te w poszczególnych przedsiębiorstwach są odmienne dlatego zakres wykorzystania i stopień modyfikacji konkretnych metod może być także różny. Na sytuację tę ma przede wszystkim wpływ zakres i stopień wykorzystania techniki komputerowej w przedsiębiorstwie oraz umiejętności i kreatywność pracowników zajmujących się problematyką organizacji produkcji.

4. METODY WEWNĄTRZKOMÓRKOWEGO STEROWANIA PRZEPŁYWEM PRODUKCJI

Sterowanie wewnątrzkomórkowe jest to ciąg prac związanych z wyznaczaniem zadań produkcyjnych oraz ich ewidencjonowaniem, kontrolowaniem i korygowaniem, dla komórek produkcyjnych pierwszego stopnia i stanowisk roboczych na podstawie planu komórki wyższego stopnia.

Cele wewnątrzkomórkowego sterowania przepływem produkcji zgodnie z ich hierarchią ważności są następujące [56]:

- zakończenie prac w planowanym czasie,
- skrócenie do minimum cykli produkcyjnych wyrobów,
- ograniczenie do minimum czasów przygotowawczo-zakończeniowych.

Sterowanie wewnątrzkomórkowe ma swoją specyfikę, polegającą na:

- ścisłym powiązaniu z przygotowaniem i kontrolą gotowości środków zarówno do wykonania zadania, jak i materiału, pomocy warsztatowych, stanowiska pracy, obsady osobowej transportu, rysunków itp.;
- ścisłym powiązaniu kontroli i ewidencji zadania, którego narzędziem jest dokumentacja warsztatowa.

Rozwiązania w zakresie sterowania wewnątrzkomórkowego są zależne od odmian organizacji produkcji w poszczególnych komórkach produkcyjnych. W związku z tym wyróżnić można następujące sposoby sterowania wewnątrzkomórkowego:

- sterowanie przepływem produkcji w liniach potokowych (według zasady Q I lub Q II);

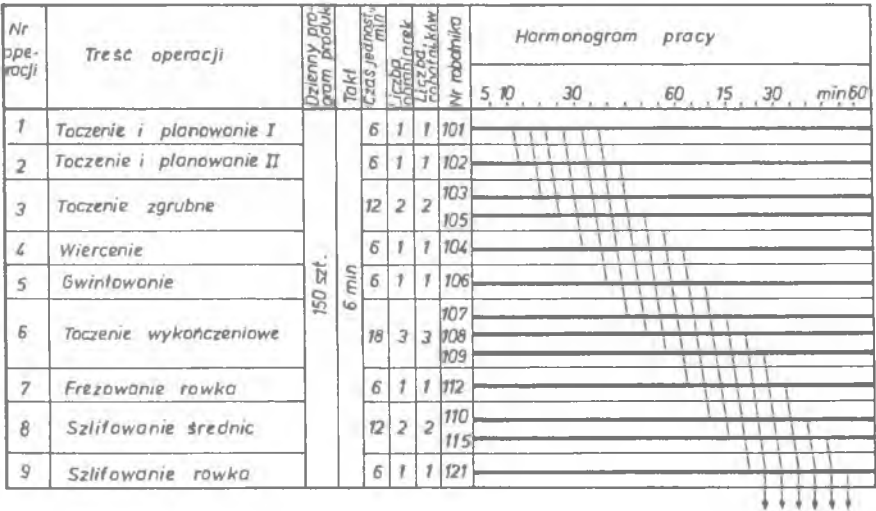
- sterowanie przepływem produkcji w komórkach specjalizowanych przedmiotowo (według zasady T I);
- sterowanie przepływem produkcji w komórkach specjalizowanych technologicznie (według zasad T I, T II, T III).

4.1. STEROWANIE PRZEPŁYWEM PRODUKCJI
W LINIACH POTOKOWYCH

Sterowanie przepływem produkcji w liniach potokowych odnosi się do:

- linii potokowych stałych zsynchronizowanych,
- linii potokowych stałych niezsynchronizowanych,
- linii potokowych zmiennych.

Linia potokowa stała – to grupa stanowisk przeznaczonych do wykonywania jednego rodzaju przedmiotów, w której każde stanowisko wykonuje jedną operację. Stanowiska są rozmieszczone zgodnie z kolejnością operacji w procesie technologicznym przedmiotu obrabianego. Linia jest zsynchronizowana gdy czasy wykonania poszczególnych operacji są sobie równe lub stanowią wzajemne wielokrotności. Miarą wydajności linii jest takt, który stanowi normatyw pracy dla linii. Przykład wzorcowego harmonogramu pracy linii potokowej stałej zsynchronizowanej (ciągłej) przedstawia rys.4.1.



Rys. 4.1. Harmonogram wzorcowy linii potokowej stałej zsynchronizowanej [56]

W linii potokowej stałej zsynchronizowanej nie ma potrzeby określania bieżących zadań stanowiska roboczego, ponieważ każde stanowisko linii wykonuje ciągle tę samą detalooperację i każde stanowisko (lub kilka stanowisk wykonujących tę samą operację) musi wykonać taką liczbę sztuk, jaką stanowi plan całej linii w danym okresie planistycznym. Zazwyczaj określa się plan każdej zmiany pracy linii.

Podstawę sterowania przepływem produkcję w liniach potokowych zsynchronizowanych stanowią zatem: bieżąca ewidencja wykonanych na każdej zmianie wyrobów – narastająco od początku okresu planistycznego oraz ewidencja stanu zapasu cyklicznego na linii, który powinien być uzupełniany codziennie lub na każdej zmianie do wysokości ustalonego normatywu.

Linia potokowa stała niezsynchronizowana charakteryzuje się takimi samymi cechami jak linia zsynchronizowana, lecz różni się od niej brakiem synchronizacji stanowisk roboczych. Linie potokowe niezsynchronizowane organizuje się w sytuacji gdy synchronizacja pracy stanowisk jest niemożliwa lub nieopłacalna, a z kolei ustawienie stanowisk w kolejności zgodnej z kolejnością operacji w procesie technologicznym wyrobu daje pewne korzyści.

Normatywem pracy linii niezsynchronizowanej jest okres obsługi linii (okres powtarzalności), tzn. okres. po upływie którego powtórzy się identyczny przebieg pracy robotników. Stanowiąc powinien on wielokrotność taktu linii. Stąd też najdogodniejszym okresem obsługi jest jedna zmiana.

Podstawę sterowania przepływem produkcji w liniach potokowych niezsynchronizowanych stanowi wzorcowy harmonogram linii (rys. 4.2).

Nr operacji	Treść operacji	Liczba prac. wykonujących	Takt produkcyjny	Czas jednostkowy	Liczba stanowisk	Liczba pracowników	Symbol stanowiska	Harmonogram obciążeń stanowisk i pracowników							
								1	2	3	4	5	6	7	8
1	Planowanie			5	1	1	10	MF-7							
2	Toczenie			8	16	2	30	MT-9							
3	Wiercenie			1	0,2	1	50	MW-3							
4	Gwintowanie			4	0,8	1	50	MG-1							
5	Toczenie			2	0,4	1	30	MT-4							
6	Frezowanie			2,5	0,5	1	12	MF-2							
7	Frezowanie			9,8	2	2	21	MF-3							
8	Szlifowanie			2,4	0,48	1	12	MS-1							

Rys. 4.2. Przykład harmonogramu obciążeń stanowisk i pracowników w linii potokowej stałej niezsynchronizowanej [56]

Jak wynika z harmonogramu, obciążenie poszczególnych stanowisk w linii jest różne w zależności od czasu jednostkowego operacji. Przebieg produkcji na poszczególnych stanowiskach w linii organizuje się, tak aby robotnika zatrudnić kolejno na różnych stanowiskach.

Na skutek różnic w wydajności pracy poszczególnych stanowisk między kolejnymi stanowiskami tworzą się zapasy obrotowe Z_o .

Normatywem pracy linii potokowej niezynchronizowanej jest również zapas cykliczny, który w tym przypadku będzie sumą zapasów operacyjnych Z_{op} i zapasów obrotowych Z_o .

W przypadku dwóch kolejnych operacji o jednakowym czasie jednostkowym pomiędzy stanowiskami wykonującymi te operacje wystąpią także zapasy kompensacyjne Z_k i zapasy transportowe Z_t , które należałoby uwzględnić.

Funkcje sterowania przepływem produkcji w liniach niezynchronizowanych mają znacznie większe znaczenie niż w przypadku linii zsynchronizowanych. O ile każde nieprzewidziane (tzn. nie zabezpieczone zapasem gwarancyjnym) zahamowanie pracy linii zsynchronizowanych objawia się natychmiast przestojem wszystkich stanowisk, o tyle w liniach niezynchronizowanych przestój może nastąpić dopiero pod koniec okresu obsługi. Tym większego znaczenia nabiera bieżąca ewidencja i kontrola przepływu produkcji oraz zapasów technologicznych w linii.

W odniesieniu do całej linii niezynchronizowanej podobnie jak i linii zsynchronizowanej muszą być kontrolowane codziennie: liczba wyrobów spływających z linii, liczba powstałych braków, stan zapasu przedmiotów w linii oraz stan dostaw materiałów na linię.

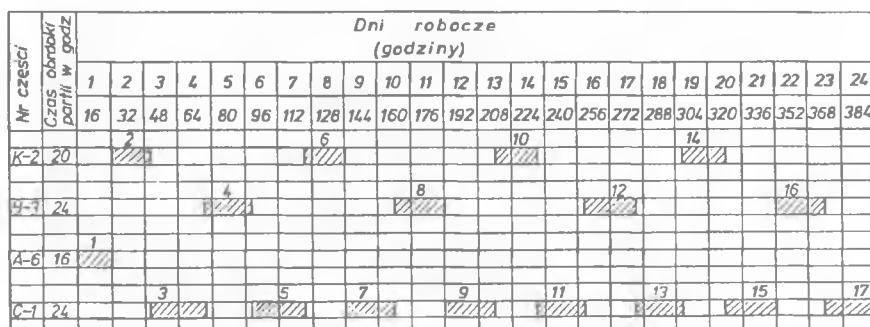
Linia potokowa zmienna w odróżnieniu do linii stałej jest przystosowana do kolejnej obróbki kilku różnych lecz technologicznie podobnych przedmiotów. Praca na linii odbywa się partiami produkcyjnymi. Po wykonaniu partii jednego przedmiotu następuje przebrojenie linii i wykonywana jest partia produkcyjna innego wyrobu.

W okresie między kolejnymi przebrojeniami linia potokowa zmienna pracuje jak linia stała (zsynchronizowana lub niezynchronizowana).

Po kilku przebrojeniach i wykonaniu kolejnych partii produkcyjnych różnych wyrobów linia wraca do obróbki drugiej partii produkcyjnej pierwszego wyrobu.

Sterowanie przepływem produkcji w linii potokowej zmiennej odbywa się za pomocą harmonogramu wzorcowego pracy linii (rys. 4.3) i sprowadza się przede

wszystkim do przestrzegania terminów uruchomienia i zakończenia produkcji poszczególnych partii wyrobów zgodnie z harmonogramem wzorcowym pracy linii. Z kolei obliczenie zapasu cyklicznego odbywa się dla każdej partii produkcyjnej podobnie jak w liniach stałych (zsynchronizowanych lub niesynchronizowanych).



Rys. 4.3. Przykład harmonogramu wzorcowego obciążeń linii potokowej zmiennej [56]

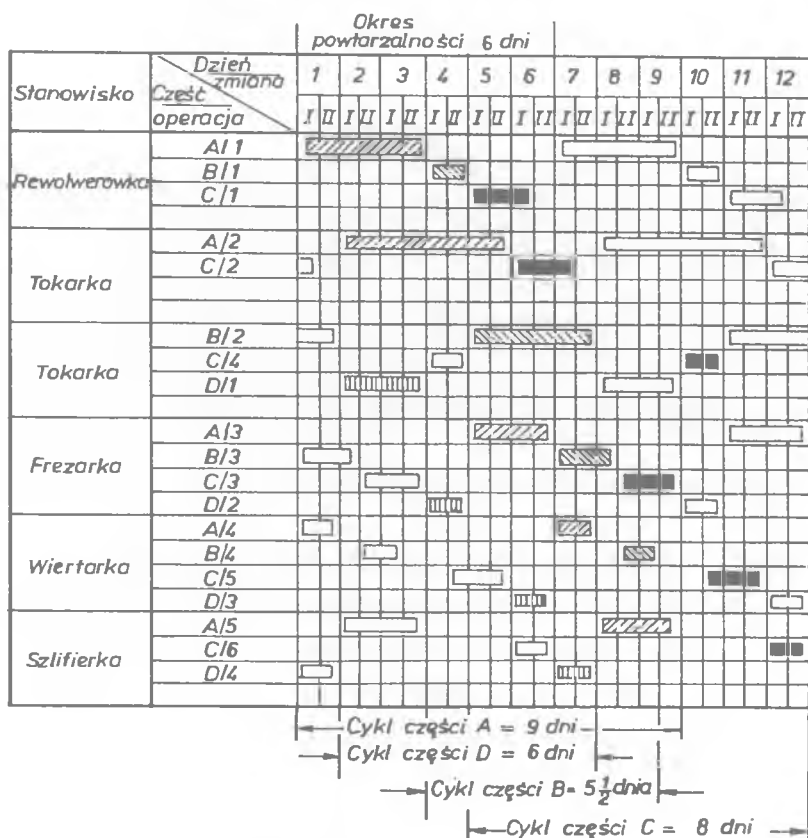
W liniach potokowych stałych zsynchronizowanych i zmiennych ma zastosowanie zasada sterowania ilością odpływającą ($Q II$). Z kolei linie potokowe stałe niesynchronizowane muszą być kontrolowane i regulowane z dnia na dzień gdyż zmienia się ilość wyrobów spływających z linii, ilość braków, stan zapasów w linii i stan dostaw materiałów na linię. W tym wypadku ma zastosowanie zasada sterowania wielkością odpływającą i zapasem ($Q I$).

4.2. STEROWANIE PRZEPŁYWEM PRODUKCJI W KOMÓRKACH PRODUKCYJNYCH SPECJALIZOWANYCH PRZEDMIOTOWO

W komórkach produkcyjnych specjalizowanych przedmiotowo praca ma charakter powtarzalny (choć nie zawsze). W tym przypadku podstawą sterowania są wzorcowe harmonogramy wzorcowe obciążeń stanowisk roboczych (rys. 4.4) (zob. także [4], [5]). Określają one czas wykonania poszczególnych operacji na stanowiskach, kolejność wykonania operacji, wzorcowe terminy oraz cykl wykonania poszczególnych partii wyrobów.

Harmonogram wzorcowy na ogół opracowuje się raz na rok. Musi on jednak każdorazowo podlegać uaktualnieniu przy zmianie struktury asortymentu programu produkcyjnego lub technologii produkcji.

Harmonogramy te stanowią podstawy planów szczegółowych poszczególnych stanowisk, jak i całych komórek produkcyjnych.



Rys. 4.4. Przykład harmonogramu wzorcowego pracy gniazda [56]

Zastosowanie harmonogramów wzorcowych jako instrumentu sterowania przepływem produkcji wymaga zapewnienia odpowiednich warunków organizacyjnych, do których należą:

- przestrzeganie dyscypliny technologicznej,
- terminowe dostawy materiałów,
- terminowe dostawy przyrządów i narzędzi,
- utrzymanie odpowiedniej sprawności maszyn i urządzeń,
- wykonanie norm pracy przez poszczególnych pracowników na poziomie nie odbiegającym od wykonania przeciętnego,
- dyscyplina pracy (niska absencja).

Nie przestrzeganie tych warunków może spowodować duże trudności realizacji produkcji na podstawie harmonogramu wzorcowego.

W przypadku sterowania w oparciu o harmonogram wzorcowy znajduje zastosowanie zasada sterowania terminem odpływu i cyklem (T I), gdyż termin dopływu wynika z terminu odpływu (zakończenia) i cyklu (okresu pobytu).

4.3. STEROWANIE PRZEPŁYWEM PRODUKCJI W GNIAZDACH SPECJALIZOWANYCH TECHNOLOGICZNIE

Gniazda specjalizowane technologiczne – gromadzą stanowiska jednego rodzaju i są podstawowymi formami organizacji procesu produkcyjnego w warunkach produkcji nierytmicznej. Takie formy organizacji procesu produkcyjnego (również przedmiotów o produkcji niepowtarzalnej) charakteryzują się brakiem powiązań pomiędzy poszczególnymi stanowiskami roboczymi ze względu na brak stałego przydziału operacji do konkretnych stanowisk roboczych i wynikającą z tego dużą zmiennością wykonywanych na nich robót.

W tych warunkach zakres planowania wewnątrzkomórkowego ulega znacznemu rozszerzeniu i obejmuje poza planowaniem pracy w czasie także zagadnienia rozdziału robót i ich przygotowania.

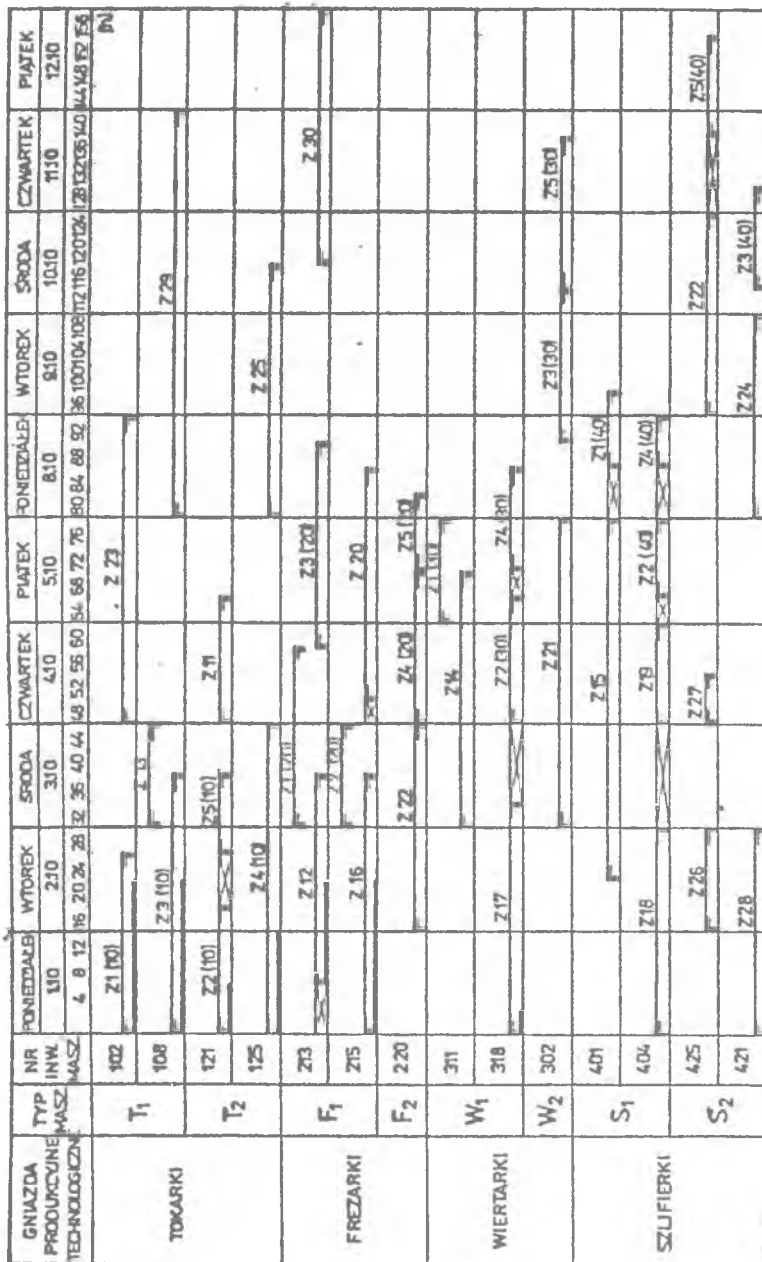
Rozplanowanie robót na stanowiska może odbywać się dwoma sposobami [56]:

- przez określenie terminów uruchomienia i zakończenia zleceń produkcyjnych,
- przez ustalenie stopnia pilności robót,

Pierwszy sposób jest realizowany za pomocą harmonogramów Gantta, a drugi za pomocą określonych reguł priorytetu dla poszczególnych zleceń lub operacji.

Warunkiem racjonalnego rozplanowania robót na stanowiska robocze jest określenie terminów zakończenia zleceń. Rozdzielnia może otrzymać dokumentację z ustalonymi terminami zakończenia zleceń (zasada T I lub T II) albo sama określać terminy zakończenia zleceń w okresie miesiąca (zasada T III).

Harmonogramy Gantta (rys. 4.5) są najbardziej znaną techniką sporządzania planów pracy dla stanowisk roboczych. Metoda ta jest precyzyjna i daje dobre wyniki, ale wymaga dużej sumienności i wkładu pracy planistów. Oparta jest na zasadzie T I. Harmonogramy (wykresy) Gantta nie powinny być sporządzane z dużym wyprzedzeniem (np. miesięcznym), gdyż zmiany w produkcji mogą je zdezaktualizować.



Rys. 4.5. Przykład harmonogramu Gantta [6]

Podstawą sporządzania harmonogramów Gantta są dane zawarte w dokumentacji warsztatowej, dotyczące terminów lub stopnia pilności i ich wykonania, czasów trwania poszczególnych operacji oraz przebiegu procesu technologicznego.

Harmonogramy Gantta umożliwiają wprowadzenie zmian do już rozplanowanego przebiegu produkcji.

Przykłady harmonogramów Gantta i pełniejsze informacje na temat ich sporządzania znaleźć można w [5].

Sterowanie przepływem produkcji za pomocą ustalania stopnia pilności robót stosuje się w przypadku gdy planowanie obciążeń stanowisk roboczych odbywa się na bieżąco lub z niewielkim wyprzedzeniem. Ma to miejsce w następujących sytuacjach [56]:

- występują operacje z krótkimi czasami wykonania,
- produkowane są proste wyroby nie związane z terminami wykonania wyrobów złożonych,
- produkowane są wyroby, których termin wykonania nie ma zasadniczego znaczenia dla wyprodukowania wyrobu złożonego, w skład którego wchodzi,
- produkowane są wyroby, których termin wykonania określa koniec okresu wyprzedzenia (w komórce nadrzędnej sterowanie przepływem produkcji odbywa się według okresu wyprzedzeń – zasada sterowania T II).

Decyzja dotycząca wyboru jakiegoś wyrobu bądź operacji spośród ich zbioru, który oczekuje na zaplanowanie do wykonania lub wykonanie bez względu na przyjęte kryterium jest nadaniem temu wyrobowi lub operacji najwyższego stopnia pilności czyli priorytetu. Planowanie obciążeń stanowisk roboczych i bieżące rozdzielnictwo robót odbywa się zatem poprzez nadawanie priorytetu wyrobom i ich operacjom.

W praktyce sterowania przepływem produkcji zarówno w odniesieniu do wyrobów, jak i operacji powszechnie są stosowane następujące priorytety [56]:

- dla wyrobów pilnych mających stały bezwzględny priorytet,
- dla wyrobów opóźnionych, na które powstaje nagłe zapotrzebowanie, np. nagłe zapotrzebowanie montażu na wyroby wchodzące do wyrobów finalnych,
- dla wyrobów drogich, które decydują o wykonaniu wartościowego planu produkcji,
- dla wyrobów o dużej stanowiskochłonności, pracochłonności lub długich cyklach produkcyjnych, itp.

Zastosowanie określonej reguły priorytetu umożliwia zrealizowanie pewnych założonych celów. W literaturze znanych jest ponad sto reguł priorytetu¹.

Oprócz sterowania przepływem produkcji za pomocą reguł priorytetu wymienić można inne tradycyjne (oczywiście poza autorytatywnymi decyzjami na odprawach dyspozytorskich) sposoby ustalania pilności robót [56]:

- za pomocą szaf rozdzielczych,
- za pomocą szaf rozdzielczych z zastosowaniem jednostek terminów,
- przy wykorzystaniu arkuszy postępu robót.

Oczywiście te sposoby mogą być wykorzystywane także z użyciem oprogramowania komputerowego.

Podsumowując należy zwrócić uwagę, że metody sterowania wewnątrzkomórkowego są ściśle związane z odmianami organizacji produkcji. W takim też ujęciu zostały przedstawione poczynając od linii potokowych stałych, do komórek specjalizowanych technologicznie realizujących produkcję niepotokową. Bez wątpienia też autonomia sterowania wewnątrzkomórkowego jest większa w przypadku komórek produkcyjnych o strukturze przedmiotowej niż w przypadku komórek o strukturze technologicznej. W tych ostatnich rozwinięta kooperacja wymaga częstego wyznaczania terminów pośrednich w ramach okresu planistycznego.

¹ Obszerne informacje dotyczące różnych reguł priorytetu i ich zastosowania znaleźć można w [55].

5. DOKUMENTACJA PRODUKCYJNA I JEJ FUNKCJE W PROCESIE STEROWANIA PRZEPŁYWEM PRODUKCJI

Działalność produkcyjna przedsiębiorstwa tworzy złożony i skomplikowany system, którego sprawność ogólna zależy od sprawności działania wszystkich elementów wchodzących w skład tego systemu. Jednym z elementów tego systemu jest zarządzanie dokumentacją przeznaczoną do sterowania przepływem produkcji a przede wszystkim jej ilość, jakość oraz sposób wykorzystania.

Dokumentację związaną z działalnością produkcyjną można ogólnie podzielić na następujące grupy:

- dokumentację techniczną,
- dokumentację produkcyjną (warsztatową),
- dokumentację dodatkową.

Dokumentacja techniczna, to głównie dokumentacja konstrukcyjna i technologiczna sporządzana na etapie technicznego przygotowania produkcji. Dokumenty wchodzące w skład tej dokumentacji mają charakter wybitnie zleceńowy.

Dokumentacja produkcyjna dotyczy właściwego przebiegu procesu produkcyjnego. W skład tej dokumentacji wchodzi następujące dokumenty (zob. [19], [33], [51] i [56]):

- dowody pobrania materiałów (*karty limitowe itp.*),
- dowody wykonanej pracy (*plany zmianowe*),
- dowody powstawania braków (*karty braków*),
- dowody przekazania produkcji gotowej lub nie zakończonej do innych komórek produkcyjnych lub magazynów (*dowody zdawczo-odbiorcze itp.*).

Dokumenty dodatkowe spełniają rolę podrzędną w stosunku do dokumentacji technicznej i produkcyjnej. Forma i treść tej dokumentacji obejmuje szeroki zakres zagadnień związanych z gospodarką materiałową, magazynową, płacową i korespondencją służbową włącznie.

Dokumentacja produkcyjna (warsztatowa) w sterowaniu przepływem produkcji spełnia głównie funkcję dyspozycyjną i ewidencyjno-sprawozdawczą. Dyspozycyjność dokumentacji produkcyjnej dotyczy zadań produkcyjnych i środków przeznaczonych na ich wykonanie. Z dokumentów tych wynika jakie prace mają być wykonane, w jaki sposób, w jakiej ilości i przez kogo. Ewidencja natomiast umożliwia kontrolę procesu produkcyjnego w wyniku analizy informacji zawartej w dokumentacji. Informacje te są także podstawą optymalnej działalności decyzyjnej dotyczącej dalszych losów produkcji zarówno w przypadku normalnego przepływu produkcji, jak i też w przypadku powstania odchyśleń od zakładanego planu produkcji. Ewidencja ilościowa przepływu produkcji służy nie tylko celom sprawozdawczym z realizacji poszczególnych etapów produkcji, ale jest podstawą analizy działalności gospodarczej, obliczania zarobków pracowników oraz określania kosztów całkowitych i jednostkowych produkcji.

Zakres i treść dokumentacji produkcyjnej powinien wynikać z przyjętego sposobu organizacji i sterowania produkcją. Dokumenty te powinny tworzyć sprawny system wspomagający proces produkcyjny. Zbiór dokumentów powinien być przejrzysty a jednocześnie dostarczać jak najwięcej danych o procesie produkcyjnym.

Dokumentacja produkcyjna jest nośnikiem szeregu informacji o różnorodnym przeznaczeniu. Część tych informacji wykorzystywana jest w działalności decyzyjnej służb nadzorujących produkcję, część z nich służy do celów sprawozdawczych, inne służą do celów rozliczeniowych bądź też do celów analityczno-badawczych np. analiza porównawcza produkcji prowadzonej w poprzednich okresach. Sytuacja ta powoduje, że stosowany system dokumentacji produkcyjnej musi spełniać następujące warunki:

- musi umożliwiać sprawne i skuteczne sterowanie przepływem produkcji zgodnie z przyjętą formą organizacji produkcji,
- uwzględniać specyfikę produkcji w przedsiębiorstwie (warunki techniczne, organizacyjne i ekonomiczne),
- w każdej chwili dawać rzetelną informację o stanie zaawansowania prac w toku produkcji,

- wynikać z przyjętego w przedsiębiorstwie systemu informatycznego w zakresie gromadzenia, przesyłania i przetwarzania danych,
- wspomagać proces zarządzania przedsiębiorstwem poprzez łatwy dostęp do gromadzonych informacji,
- musi być spójna z działem finansowym przedsiębiorstwa w zakresie naliczania kosztów materiałowych i robocizny,
- ułatwiać planowanie i sterowanie produkcją w przyszłości poprzez analizę danych otrzymanych z poprzednich okresów planistycznych,
- uwzględniać umiejętności i kwalifikacje kadry inżyniersko-technicznej przedsiębiorstwa,

Dokumentacja produkcyjna zmieniała się postać wraz z dokonującymi się zmianami w sposobie organizacji i zarządzania przedsiębiorstwem.

W przeszłości tj. w gospodarce centralnie sterowanej podejmowano liczne próby ujednolicenia dokumentacji produkcyjnej w ramach zjednoczeń i resortów. W działania te zaangażowany był także Polski Komitet Normalizacji i Miar. Prace te jednak nie przyniosły oczekiwanego rezultatu z uwagi na różnorodność czynników warunkujących procesy produkcyjne w poszczególnych przedsiębiorstwach. Dążenie do daleko posuniętej unifikacji dokumentacji produkcyjnej z jednej strony podyktowane było ograniczeniem różnorodności emitowanej dokumentacji, a z drugiej strony chodziło o wyeliminowanie tych dokumentów w których informacje były powielane. Działania te były możliwe jedynie w gospodarce pozbawionej mechanizmów wymuszających konkurencję pomiędzy przedsiębiorstwami.

Obecnie tj. w gospodarce rynkowej dążenie do unifikacji dokumentacji produkcyjnej utraciło swoje dotychczasowe podstawy. Przedsiębiorstwa są samodzielne i działają w warunkach silnej konkurencji. Każde przedsiębiorstwo stara sobie wypracować taki system dokumentacji produkcyjnej który w jego specyficznych warunkach funkcjonowania pozwala nie tylko na sprawne prowadzenie produkcji ale również poprzez nowatorskie i niekonwencjonalne rozwiązania pośrednio przyczynia się do wzmacniania jego pozycji na rynku. Podstawowym kryterium ilości i jakości stosowanej dokumentacji produkcyjnej stała się jej przydatność w przedsiębiorstwie. Na modyfikacje dokumentacji produkcyjnej nie miały wpływ wywarł także postęp techniczny w zakresie emisji dokumentacji. Chodzi oczywiście o rozwój techniki komputerowej i związanego z tym oprogramowania, który jak sądzono początkowo znacznie uprości i ograniczy ilość

emitowanej dokumentacji produkcyjnej. Praktyka przemysłowa dowiodła jednak, że prowadząc produkcję w oparciu o tradycyjne techniki organizatorskie nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie dokumentacji produkcyjnej z procesu planowania i sterowania przepływem produkcji. Nie było także powodów żeby rezygnować z dotychczasowych doświadczeń związanych z wykorzystaniem tradycyjnych systemów dokumentacji produkcyjnej, dlatego mimo częstej modyfikacji układu graficznego i treści dokumentacji związanej z przystosowaniem jej do systemu informatycznego przedsiębiorstwa, podstawowe wzornictwo i nazewnictwo systemów dokumentacji produkcyjnej pozostało w większości przedsiębiorstw takie samo.

Obecnie dokumentacja produkcyjna w większości przedsiębiorstw emitowana jest przy pomocy drukarek komputerowych na podstawie danych zgromadzonych w głównej bazie danych przez służby informatyczne przedsiębiorstwa. Dział przygotowania produkcji opracowuje szereg danych dotyczących poszczególnych operacji technologicznych składających się na cykl produkcyjny wyrobu. Dane te następnie przesyłane są do głównej bazy danych w przedsiębiorstwie (poczta elektroniczna), gdzie tworzą dostępny zbiór informacji dla służb związanych z bieżącą obsługą produkcji oraz umożliwiają emisję dokumentacji produkcyjnej w zależności od zapotrzebowania na wyroby przedsiębiorstwa.

Zastosowanie techniki komputerowej znacznie ułatwia prace związane z tworzeniem (szata graficzna) i obiegiem dokumentacji produkcyjnej. Dotyczy to głównie sposobu gromadzenia, przetwarzania i przysyłania danych o procesach produkcyjnych. Niezależnie jednak od umiejętności wykorzystania komputerów merytoryczne zagadnienia związane ze sterowaniem przepływem produkcji pozostaną zawsze takie same.

Omawiana niżej problematyka związana z dokumentacją produkcyjną dotyczy tradycyjnego sposobu organizacji i sterowania przepływem produkcji bez względu na stan zaawansowania i wykorzystania techniki komputerowej w tych procesach.

5.1. PRZEWODNIKOWY SYSTEM DOKUMENTACJI PRODUKCYJNEJ

System ten wykorzystuje się w niepotokowych formach organizacji procesu produkcyjnego, w których podstawą planowania i rozliczania produkcji jest partia wyrobów. Przewodnikowy system dokumentacji służy do planowania zadań w komórce, ewidencjonowania i korygowania przepływu produkcji, roz-

dzielania zadań na stanowiska robocze, rozdzielnictwa robót i kalkulacji kosztów. Istota tego systemu polega na wystawianiu dla każdej partii wyrobów nowego kompletu dokumentów produkcyjnych.

Podstawą uruchomienia produkcji partii wyrobów jest wystawione zlecenie produkcyjne, dlatego system ten często nazywa się systemem zleceniowym. Omawiany system swoją nazwę bierze od głównego dokumentu wchodzącego w skład kompletu dokumentów, tzn. przewodnika warsztatowego. Ogólnie w skład kompletu dokumentów w systemie przewodnikowym wchodzi (zob. [19], [33], [51] i [56]):

- karta przewodnia,
- karta rozdzielcza – (kopia karty przewodniej),
- karty pracy,
- dowód pobrania materiału.

Karta przewodnia – (przewodnik) jest kopią karty technologicznej. Wystawiany jest on dla całej partii wyrobów bądź też dla poszczególnych podzespołów, zespołów lub wybranych części wyrobu. Ilość części, zespołów lub podzespołów umieszczana w jednej karcie przewodniej jest uzależniona od pracochłonności, materiałochłonności, przepustowości stanowiska roboczego i pilności wykonania. Ilości te określa kierownik sekcji planowania produkcją według własnego rozważania, lub w porozumieniu z dozorem wydziałowym i zleca planistom do zastosowania przy emisji dokumentacji. Zaopatrzony w niezbędne informacje przewodnik wraz z innymi dokumentami przekazywany jest do rozdzielni robót w poszczególnych komórkach. Przewodnik zawiera następujące informacje:

- dane dotyczące wyrobu, partii produkcyjnej i numer zlecenia,
- dane dotyczące materiału wyrobu i norm zużycia,
- wykaz narzędzi i przyrządów specjalnych,
- wykaz operacji technologicznych,
- pracochłonność poszczególnych operacji i kategorie zaszeregowania robót,
- dane dotyczące ewidencji wykonanych operacji technologicznych, tj. ilość sztuk dobrych i braków.

Przewodnik przemieszcza się wraz z obrabianym materiałem ze stanowiska roboczego na kolejne stanowisko (bezpośrednio lub za pośrednictwem rozdzielni), zgodnie z kolejnymi operacjami technologicznymi. Po zakończeniu każdej operacji technologicznej kontrola jakości dokonuje kwalifikacji obra-

bianych elementów na sztuki dobre i wadliwe (braki). Dane te są zapisywane w przewodniku wraz z numerami kart braków, dzięki czemu przewodnik w każdej chwili daje obraz produkcji niezakończonych. Po zakończeniu procesu produkcyjnego następuje rozliczenie produkcji partii wyrobów. Polega to na zbilansowaniu liczby sztuk pobranych do produkcji (ewentualnie liczby wynikającej z podzielenia całego pobranego materiału przez normę zużycia materiału) z liczbą otrzymanych sztuk dobrych i braków. Wynik tej czynności zapisuje się na odwrocie przewodnika.

Podstawą emisji karty przewodniej jest harmonogram emisji dokumentacji serijnej sporządzany przez służby planowania produkcji na podstawie rocznego planu produkcji. Szata graficzna harmonogramu jest dowolna. Harmonogram powinien jednak zawierać następujące informacje:

- plan produkcji w danym m-cu,
- plan emisji dokumentacji w danym m-cu,
- rzeczywiste wykonanie wyrobu w danym m-cu,
- ilość uruchomionej dokumentacji jaka została na dany m-c po odliczeniu wykonania.

Harmonogram emisji oprócz bieżącej kontroli napełniania wydziałów produkcyjnych w dokumentację produkcyjną służy także do prognozowania zabezpieczenia materiałowego niezbędnego do prowadzenia produkcji.

Karta rozdzielcza jest to kopia przewodnika, która spełnia jednak inne zadanie. Służy ona głównie do rozdziału i ewidencji wykonanych robót i przez cały czas znajduje się w rozdzielni. Dzięki rozdzielnikowi jest możliwa bieżąca analiza zaawansowania robót w komórce produkcyjnej. Oprócz powyższych funkcji karta rozdzielcza służy także do rejestrowania wydawanych kart pracy lub służyć do rozliczania ilości pobranego materiału z magazynu do produkcji. Karty rozdzielcze spełniają swoją funkcję tylko wówczas jeśli są odpowiednio przechowywane w rozdzielni. Prawidłowe przechowywanie kart powinno zapewnić:

- łatwe planowanie przebiegu produkcji,
- łatwą kontrolę przebiegu produkcji poprzez przejrzysty układ kart,
- łatwy dostęp do kart.

W tym celu wykorzystywane są specjalne kartoteki (tzw. *kartoteki synoptic*) lub specjalnie wykonane szafy rozdzielcze z wieloma przegrodami. Rzut oka na taką kartotekę lub szafę rozdzielczą daje obraz stanu zaawansowania prac w to-

ku i jednocześnie ułatwia przydzielanie kolejnych zadań pracownikom jeśli jest to w gestii pracownika rozdzielni.

Po zakończeniu produkcji karta rozdzielcza jest wycofywana z rozdzielni.

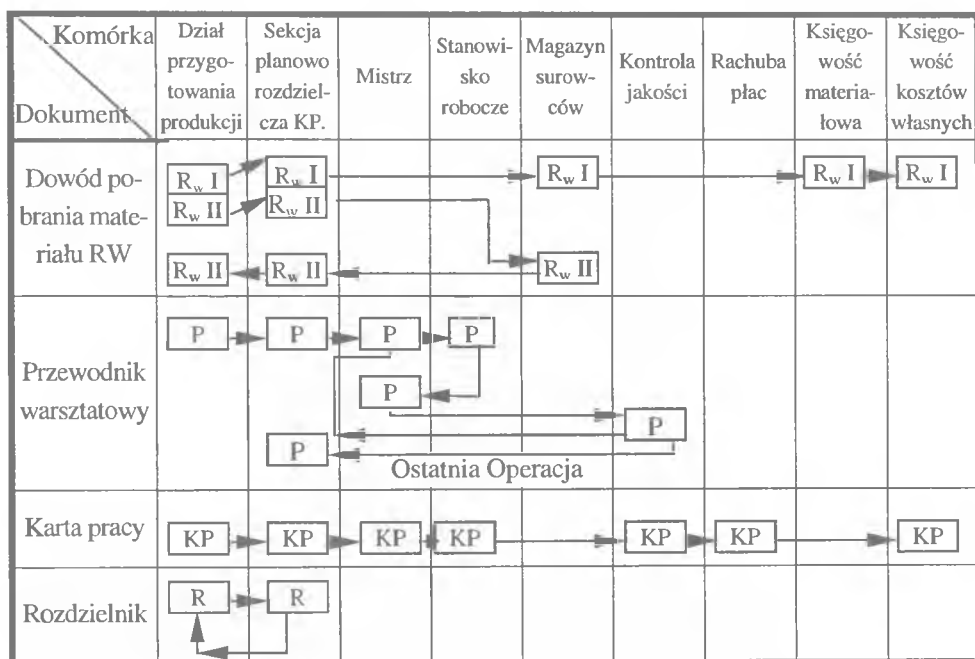
Karta pracy jest dokumentem wprowadzającym zadanie produkcyjne na stanowisko pracy i służy głównie do rozliczania pracownika z wykonanej pracy. Z kolei dla pracownika karta pracy jest dowodem wykonanej pracy za którą może żądać zapłaty. Karta pracy wystawiana jest na każdą operację wynikającą z realizowanego procesu technologicznego, dlatego układ rubryk w części nagłówkowej jest identyczny jak w przewodniku. Dalsza część karty służy do:

- ewidencji ilościowej wyrobów wykonanych prawidłowo,
- rozliczania pracownika za wykonaną pracę.
- kosztu robocizny bezpośredniej i miejsca jej powstania.

Karta pracy trafia do pracownika z chwilą rozpoczęcia pracy, co jest odnotowane odpowiednim wpisem (data i godzina rozpoczęcia pracy) do karty. W trakcie realizacji zadania produkcyjnego karta pracy pozostaje u pracownika. Po zakończeniu pracy mistrz wpisuje do karty i na odcinku kontrolnym ilość wykonanych elementów. Następnie karta pracy wraz z elementami dostarczana jest do komórki Kontroli Jakości, gdzie następuje kwalifikacja wyrobów na sztuki dobre i wadliwe (braki). Czynność ta potwierdzona jest wpisem na karcie pracy i odcinku kontrolnym. Karta pracy z powrotem wraca do rozdzielni, gdzie zapisana jest data zakończenia pracy. Natomiast odcinek kontrolny otrzymuje wykonawca pracy i po zdaniu go w rozdzielni otrzymuje następne zadanie produkcyjne. Z rozdzielni karta pracy trafia do rachuby płac i księgowości kosztów własnych, gdzie obliczane są płace pracowników i koszty robocizny bezpośredniej.

Dowód pobrania materiału (dowód **RW**) służy do jednorazowego pobrania z magazynu określonej ilości materiału. Dowód RW jest dokumentem uniwersalnym umożliwiającym pobranie z magazynu materiałów podstawowych i pomocniczych, limitowanych i Nielimitowanych. Wystawiony jest w kilku egzemplarzach przy czym oryginał otrzymuje magazyn z chwilą pobrania materiału przez komórkę produkcyjną. Dowód **RW** oprócz funkcji limitowania służy także do ewidencji kosztów materiałowych w ramach danego zlecenia.

Schemat obiegu dokumentów w systemie przewodnikowym przedstawiono na rys 5.1.



Rys. 5.1. Przykładowy schemat obiegu dokumentów w systemie przewodnikowym [56]

5.2. SYSTEM PLANÓW-RAPORTÓW I KART LIMITÓW MATERIAŁOWYCH

W produkcji wielkoseryjnej i masowej trwającej dłuższy okres czasu, wygodniej rozliczać wykonaną produkcję w sposób okresowy np. co miesiąc. Okres ten jest jednocześnie okresem kalkulacji kosztów materiałowych i obliczania zarobków pracowników. Przyjęta do stosowania forma dokumentacji w tych warunkach musi jednak uwzględniać wszelkie odchylenia od warunków określonych przez dział Przygotowania Produkcji. Najbardziej znanym systemem dokumentacji uwzględniającym nie partie produkcyjne lecz okres produkcji jest system składający się z następujących dokumentów (zob. [19], [33], [51] i [56]):

- karta limitu zużycia materiału,
- zmianowe plany-raporty.

Karta limitu zużycia materiału (karta limitowa) jest dokumentem dyspozycyjno-ewidencyjnym. Dyspozycyjność karty polega na tym, że służy ona do wielokrotnego pobierania materiału w ramach określonego limitu. Natomiast

ewidencyjność karty polega na bieżącym rejestrowaniu rzeczywistej ilości materiału pobranego do produkcji. Karta limitowa jest typowym dokumentem materiałowym, dla którego rozliczenie produkcji występuje okresowo. Ważna jest tylko przez jeden okres np. miesiąc bez względu na to, czy wyznaczona limitem ilość materiału została pobrana do produkcji, czy też nie. Podstawą wyznaczenia limitu są normy zużycia materiałów oraz miesięczne plany produkcji. Wyznaczony limit może być skorygowany jeśli przedsiębiorstwo przewiduje zmiany w miesięcznych planach produkcyjnych.

Kartę limitu wystawia się w dwóch egzemplarzach. Jeden przeznaczony jest dla komórki produkcyjnej pobierającej materiał, a drugi (oryginał) znajduje się w magazynie. Czynność pobrania materiału kwitowana jest podpisami osoby pobierającej i wydającej materiał z magazynu. Po wykorzystaniu limitu materiału karta przekazywana jest do księgowości materiałowej, gdzie zużyty materiał jest wyceniany i doliczany do kosztów bezpośrednich produkcji.

Zaletą kart limitowych jest to, że przy ich pomocy można pobierać mniejsze ilości materiału przez co nie zalegają one w magazynach wydziałowych bądź na stanowiskach pracy.

W zależności od przyjętego w przedsiębiorstwie sposobu rozliczania materiałów karty limitu mogą się różnić szatą graficzną i ilością zamieszczanych w nich informacji.

Zmianowy plan-raport jest również dokumentem dyspozycyjno-ewidencyjnym spełniającym jednak inne funkcje. Funkcja dyspozycyjności wyraża się w delegowaniu zadań dla poszczególnych stanowisk roboczych a funkcja ewidencyjna spełniana jest poprzez bieżące rejestrowanie wykonanych prac i na ich podstawie obliczanie zarobków wykonawców tych prac. Dokument ten wystawiany jest oddzielnie dla poszczególnych komórek produkcyjnych lub brygad pracowników. Zmianowy plan-raport jest dokumentem uniwersalnym. Korzystają z niego zarówno planiści, mistrzowie nadzorujący wykonawców powierzonego zadania, kontrolerzy jakości jak i służby finansowe przedsiębiorstwa w zakresie obliczania zarobków pracowników. Pojedynczy arkusz omawianego dokumentu podzielony jest na cztery podstawowe części:

- części dotyczącej opisu zadania do wykonania,
- części dotyczącej wykonania powierzonego zadania,
- oceny poprawności wykonania i odbioru zadania przez służby kontroli jakości,
- części dotyczącej rozliczenia pracodawcy z pracobiorcą za wykonanie pracy.

Część dotyczącą opisu zadania do wykonania wypełnią służby sterowania produkcją w danej komórce w której realizowany jest proces produkcyjny. W części tej zamieszcza się takie informacje jak; dane osobowe mistrza nadzorującego produkcję, wykaz rysunków konstrukcyjnych i operacji technologicznych dotyczących elementów, które mają być wykonane, normy czasu pracy, ilości sztuk elementów, które mają być wykonane, stawki godzinowe płac oraz w zależności od potrzeb kategoria zaszeregowania prac. Tak wypełniony dokument następnie przekazywany jest mistrzowi, który wyznacza wykonawców poszczególnych zadań a po zakończeniu zmiany rozlicza pracowników z liczby wykonanych sztuk i efektywnie przepracowanego czasu pracy. W dalszej kolejności służby kontroli jakości dokonują kwalifikacji wykonanych sztuk na dobre i braki z podziałem na braki płatne i zawinione przez pracownika. Wynik tej oceny zamieszczony zostaje w odpowiedniej części dokumentu. Po ocenie wykonanych prac przez służby KJ dokument przekazany zostaje do rachuby płac, gdzie zostają obliczone zarobki pracownika przez okres jednej zmiany. Obliczenie miesięcznego wynagrodzenia pracownika wymaga prowadzenia dodatkowej zbiorczej karty płac.

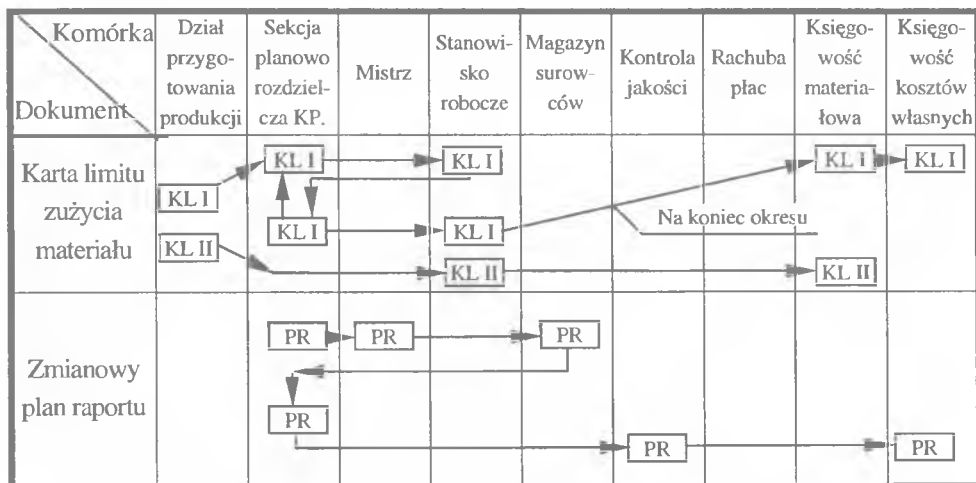
Jeśli wykonane elementy po każdej operacji przekazywane zostają do rozdzielni, to zmianowy plan-raport umożliwia pełną kontrolę robót w toku. W przypadku przekazywania elementów ze stanowiska roboczego na inne z pominięciem rozdzielni, zmianowy plan raport musi być uzupełniony kartą przebiegu produkcji (zał. 4) prowadzoną przez sekcje planowo-rozdzielcze.

W kartach tych rejestruje się na podstawie zmianowych planów raportów liczbę wykonanych elementów w poszczególnych operacjach w sposób narastający. Umożliwia to kontrolę poprawności obliczania należności (płace pracowników) za wykonane elementy w operacjach poprzednich. Zgodność stanu rzeczywistego z danymi naniesionymi na karcie sprawdza się od czasu do czasu przez inwentaryzację. Jeśli prace wykonywane są w trybie akordowym (praca zespołowa) stosuje się odmianę zmianowego planu-raportu na którym nanosi się wyniki pracy całego zespołu (zał. 2).

Podstawowe zalety wynikające ze stosowania zmianowych planów-raportów to:

- uniwersalność dokumentu, umożliwiająca jednocześnie planowanie i rozliczanie wykonanych prac,
- proste i rytmiczne obliczanie płac pracowników.

Przykładowy schemat obiegu dokumentów dla systemu planów-raportów i kart limitów materiałowych przedstawiono na rys. 5.2.



Rys. 5.2. Przykładowy schemat obiegu dokumentów w systemie planów raportów i kart limitów [56]

Prezentowane przykładowe schematy na rys. 5.1 i rys. 5.2 w konkretnych warunkach produkcyjnych mogą się znacznie różnić zarówno liczbą wystawionych egzemplarzy jak i liczbą komórek, do których są przekazywane. Znaczną pomoc w gromadzeniu danych, tworzeniu baz danych, przetwarzaniu i przesyłaniu informacji uzyskuje się w wyniku komputeryzacji tych procesów a szczególnie stosowania w nowoczesnych przedsiębiorstwach zintegrowanych systemów sieciowych obsługujących według jednakowego standardu cały obszar działalności przedsiębiorstwa w tym również obszar sterowania produkcją.

5.3. SYSTEMY POŚREDNIE

Różnorodność czynników warunkujących sposób organizacji procesów produkcyjnych w poszczególnych przedsiębiorstwach powoduje liczne modyfikacje omówionych wyżej dwóch podstawowych systemów dokumentacji produkcyjnej. Na szczególną uwagę zasługują dwie odmiany systemów pośrednich, tj (zob. [33] i [56]):

- system przewodnikowy z kartą obiegową,
- system raportów z wykonania produkcji w ciągu zmiany.

System przewodnikowy z kartą obiegową jest uproszczeniem systemu przewodnikowego (omawianego w punkcie 5.1.) polegającym na połączeniu karty przewodniej z kartą pracy. Efektem tego zabiegu jest tzw. karta obiegowa, która w określonych warunkach produkcyjnych z powodzeniem zastępuje system przewodnikowy z kartą przewodnią. Wykonuje się tylko jeden egzemplarz karty obiegowej

Karta obiegowa za pośrednictwem rozdzielni trafia do mistrza nadzorującego proces produkcji określonej partii elementów. Mistrz wpisuje do karty wykonawców prac i liczby wykonanych sztuk. Kwalifikację sztuk na dobre i braki dokonują pracownicy kontroli jakości dokonując odpowiednich wpisów do karty obiegowej. Podstawą zaliczenia sztuk do braków są karty braków z podziałem na braki zawinione przez pracownika i płatne. Pracownicy kontroli jakości mają możliwość ujawniania braków zarówno w trakcie wykonywania przez pracowników kolejnych procesów technologicznych jak i po zakończeniu procesu obróbki całej partii elementów.

Stosowanie systemu przewodnikowego z kartą obiegową znacznie odciąża pracowników rozdzielni. Ich rola ogranicza się tylko do pobrania wymaganej dokumentacji, pobrania odpowiedniej ilości materiału z magazynu, ewentualnego śledzenia i rejestrowania przebiegu produkcji i rozliczenia produkcji polegającego na zbilansowaniu sztuk pobranych do produkcji ze sztukami oddanymi do magazynu i sztukami zbrakowanymi. Wyroby gotowe pracownik rozdzielni przekazuje do magazynu wraz z dowodem przekazania wyrobów gotowych natomiast karta obiegowa przekazana zostaje do rachuby płac w celu obliczenia zarobków pracownikom za wykonaną pracę.

Okresem rozliczeniowym produkcji realizowanej przy pomocy karty obiegowej jest najczęściej przedział czasowy od 25-go do 24-go kolejnego miesiąca. Sytuacja ta komplikuje miesięczne rozliczanie produkcji, gdyż okres od 25-go do końca każdego miesiąca należy przewidzieć z „góry”. Jest to jednak konieczne z uwagi na czas niezbędny do naliczenia zarobków pracownikom w mijającym miesiącu za wykonaną pracę. Można to uznać za wadę kart obiegowych.

System raportów z wykonania produkcji w ciągu zmiany z kolei jest modyfikacją systemu planów-raportów i kart limitów materiałowych. Różnica dotyczy funkcji omawianych systemów w sterowaniu przepływem produkcji. System planów-raportów i kart limitów materiałowych w stosunku do systemu raportów z wykonania produkcji poszerzony jest o funkcje planistyczne. Podstawowym dokumentem w tym systemie jest zmianowy raport z wykonanej produkcji,

który służy wyłącznie do ewidencjonowania ilości wykonanych detali i pracowników odpowiedzialnych za przydzielone zadania. Dane te są niezbędne do prawidłowego wynagrodzenia pracowników za wykonaną pracę. Ilość wykonanych detali można rejestrować zarówno po zakończeniu każdej operacji technologicznej jak i też, po ostatecznym opuszczeniu komórki produkcyjnej.

Sposób ewidencjonowania produkcji ma wpływ jedynie na metodę obliczania zarobków pracowników. Celem stosowania tego systemu jest ograniczenie funkcji planistycznych związanych z dokumentem przy jednoczesnym zachowaniu funkcji ewidencyjnej.

5.4. DOKUMENTACJA ODCHYLENIOWA

Prezentowane dotychczas systemy dokumentacji charakteryzują się tym, że dane dotyczące przebiegu planowanej produkcji i związane z tym koszty wyznaczane są na etapie technicznego przygotowania produkcji. Rzeczywiste warunki produkcyjne muszą jednak uwzględniać możliwość powstania odchyłeń od zakładanych warunków a zatem możliwość ponoszenia przez przedsiębiorstwo dodatkowych kosztów związanych z produkcją danego wyrobu. Dokumentacja służąca do ewidencjonowania i rozliczania tych dodatkowych kosztów nosi nazwę dokumentacji odchyleniowej. Na każde odstępstwo od planowanego przebiegu produkcji musi wyrazić zgodę służba technologiczna przedsiębiorstwa. Typowymi i najczęściej stosowanymi dokumentami odchyleniowymi są (zob. [19], [33], [51] i [56]):

- karty materiałowe (dodatkowe lub zastępcze),
- dodatkowe karty pracy.

Karty materiałowe mogą występować jako dowody jednokrotnego lub wielokrotnego pobrania. Są one wystawiane w sytuacjach nietypowych dla przebiegu produkcji. Sytuacja taka może być spowodowana zaniżeniu normy zużycia materiału, złej technologii rozkroju, zbrakowania lub zaginięcia wyrobów w trakcie procesu produkcyjnego. W tym przypadku wystawiana jest *dodatkowa karta materiałowa*. Inicjatorem wystawienia karty jest mistrz nadzorujący produkcję lub służby sterowania produkcją. Muszą jednak oni uzyskać zgodę działu głównego technologa. Na karcie umieszcza się dane dotyczące ilości pobieranego materiału i komórki produkcyjnej dla której przeznaczony jest materiał.

Jeśli sytuacja awaryjna spowodowana jest niewłaściwą pracą służb zaopatrzeniowych, której efektem jest dostarczenie materiału do produkcji o niewła-

ściwych parametrach, to w tym przypadku po uzyskaniu akceptacji działu przygotowania produkcji można materiał ten pobrać do produkcji na podstawie *karty materiału zastępczego*.

Zastosowanie materiału zastępczego do produkcji określonego elementu może być uwzględnione już na etapie technicznego przygotowania produkcji. Wtedy w dokumentacji technicznej naniesione są odpowiednie poprawki. Jeśli takiej sytuacji nie uwzględniono to zgodę na zastosowanie materiału zastępczego musi wyrazić dział konstrukcyjny i technologiczny z uwagi na konieczność wprowadzenia odpowiednich zmian konstrukcyjnych i technologicznych. Materiał zastępczy można pobrać na podstawie karty pobrania materiału zastępczego lub karty limitu na materiał zastępczy. Z kolei podstawą wydania karty pobrania materiału zastępczego jest karta odstępstw zatwierdzana przez wszystkie zainteresowane zmianą działu przedsiębiorstwa. Charakterystyczną cechą tego dokumentu jest to, że w wydzielonej części tego dokumentu oblicza się różnicę między kosztem materiału podstawowego a kosztem materiału zastępczego.

Dodatkowe karty pracy stosowane są do obliczania dodatkowych płac pracowników. Karty pracy wystawiane są w następujących warunkach [33]:

- przy wykonywaniu operacji technologicznych określonych w dokumentacji technologicznej jako warunkowych,
- przy wykonywaniu operacji dodatkowych,
- w przypadku konieczności stosowania dopłat specjalnych do norm czasu pracy wynikających ze specyficznych warunków pracy np. hałas, zapylanie, wysoka temperatura itd.,
- w przypadku odzyskania części produkcji z braków naprawialnych.

Inicjatorem wystawienia wniosku na dodatkową kartę pracy jest mistrz, który jest jednocześnie zobowiązany podać uzasadnienie swej decyzji. Wniosek opiniowany jest przez pracowników sekcji normowania i technologa wydziałowego.

Dodatkowe karty pracy są drukami ścisłego zarachowania. Wzory karty dodatkowego pobrania materiału, karty pobrania materiału zastępczego i dodatkowej karty pracy czytelnik może znaleźć w pracy [33] i [56].

5.5. DOKUMENTY NA WYKONANIE PRAC POMOCNICZYCH

Koszty produkcji podzielić można na koszty bezpośrednie i koszty pośrednie związane z czynnikami produkcji pośrednio zaangażowanymi w proces produk-

cyjny. Do naliczania kosztów bezpośrednich służy wcześniej omówiona dokumentacja. Natomiast do określania kosztów pośrednich, ewidencjonowania obrotu materiałowego i ruchu wyrobów służy następująca dokumentacja (zob. [33] i [56]):

- 1) *dniówkowa karta pracy* – ponieważ większość prac pomocniczych wykonywana jest w systemie dniówkowym. Karta ta, nie pełni funkcji dyspozycyjnych lecz służy jedynie do rejestrowania rzeczywistego czasu pracy pracownika podczas jej wykonywania. Dniówkowa karta pracy wydawana jest przez pracowników służby sterowania produkcją.
- 2) *dowód zwrotu materiału (ZW)* – w przypadku pobrania zbyt dużej ilości materiału lub znacznej jego oszczędności podczas produkcji, zachodzi potrzeba zwrotu nadwyżek materiału do magazynu. Zdarzenie to odnotowane jest w dowodzie zwrotu materiału i pokwitowane przez magazyniera przyjmującego zwrot materiału. Następnie dokument przekazywany jest do księgowości materiałowej gdzie jest wyceniany, po to aby księgowość kosztów produkcji mogła dokonać stosownego odpisu.
- 3) *dokumenty przekazania wyrobów między komórkami produkcyjnymi (Pp)*,
- 4) *dokumenty przekazania z wydziału do magazynu i odwrotnie*,
- 5) *dokumenty przekazania materiału pomiędzy magazynami (Mm)*,

Powyższe trzy dokumenty służą do jednorazowego lub wielokrotnego przekazania wyrobów, jednak z zaznaczonym limitem.

- 6) *dokumenty przyjęcia wyrobu (Pw)* – przekazanie gotowych wyrobów z komórki produkcyjnej do magazynu zbytu jest odnotowane na dokumencie przyjęcia wyrobów. Dokument ten wystawiany jest przez służbę sterowania komórki produkcyjnej, po pozytywnej kwalifikacji jakościowej gotowych wyrobów przez dział kontroli jakości. Magazynier potwierdza przyjęcie gotowych wyrobów do magazynu a następnie przekazuje dokument do księgowości. W produkcji masowej dokumenty przekazania wyrobów gotowych mają postać raportów.

5.6. DOKUMENTACJA BRAKÓW PRODUKCYJNYCH

Podstawowym dokumentem służącym do ewidencji braków powstałych w czasie produkcji jest karta braków (zał. 6). Karta braków oprócz funkcji ewidencyjnej jest podstawowym źródłem informacji o przyczynach powstawania braków, może zatem być wykorzystana w dalszym etapie produkcji do analizy przyczynowej powstawania braków przez służby techniczne przedsiębiorstwa.

Fakt powstawania braków komplikuje przebieg produkcji wyrobów oraz zwiększa koszty produkcji, ponieważ produkcję wyrobów (detali) należy zwiększyć o zidentyfikowaną wielkość braków.

Karta braków jest zatem podstawą do wystawiania dodatkowej dokumentacji produkcyjnej, tj. dokumentacji materiałowej, płacowej oraz na uzupełnienie lub naprawę braków. Do karty braków zapisuje się m.in. następujące informacje;

- nazwę zabrakowanego przedmiotu,
- przyczynę powstawania braków,
- miejsce powstania braków,
- rodzaj operacji podczas której nastąpiło zabrakowanie,
- koszty braków,
- kwalifikacja braków na naprawialne bądź nienaprawialne,
- decyzja o dalszym losie braków.

Ogólna ilość braków zwiększa koszty produkcji wyrobu. Zatem dane z karty braków przekazywane są także do księgowości, której zadaniem jest obliczenie strat spowodowanych powstawaniem braków.

Sposób ewidencjonowania braków i związany z tym typ stosowanych dokumentów zależy w dużym stopniu od wielkości produkcji. Wypełnianie kart braków w produkcji masowej byłoby zbyt pracochłonne, dlatego bardziej odpowiednie są dla tego typu produkcji raporty powstawania braków, które łącznie określają ilość braków z podaniem przyczyny ich powstania.

5.7. EWIDENCJA PRODUKCJI W TOKU

Sprawne sterowanie przepływem produkcji wymaga spełnienia wielu warunków. Jednym z tych warunków jest prawidłowe prowadzenie ewidencji produkcji w toku.

Prosty sposób ewidencji produkcji w toku oparty na zasadzie prowadzenia kartoteki magazynowej przedstawiono poniżej.

Do ewidencji służy karta zawierająca m.in. trzy charakterystyczne kolumny z których jedna dotyczy przychodu, druga rozchodu a trzecia salda. Ewidencja produkcji w toku polega na bieżącym rejestrowaniu przychodu i rozchodu oraz obliczania salda. Przychód traktowany jest jak pobranie materiału, ewentualnie półfabrykatów, na podstawie kolejnych pobrań rejestrowanych w kartach limitu. Rozchód może oznaczać gotowe części zdane (na podstawie dowodów zdawczych) lub braki (na podstawie kart braków). Wyznaczenie salda polega na dodaniu do salda początkowego (wynikającego z ostatniego zapisu) pozycji

przychodu i odjęcie pozycji rozchodu. Poprawność prowadzonej ewidencji sprawdzana jest okresowo przez inwentaryzację.

5.8. DOKUMENTACJA INWENTARYZACYJNA

Środki obrotowe (materiały, półprodukty i produkty w toku) przedsiębiorstwa zaangażowane w procesy produkcyjne ciągle zmieniają swój stan ilościowy. Proces ten wymaga prowadzenia ciągłej ewidencji przychodu i rozchodu tych środków. Dodatkowo dochodzą inne czynniki które mogą spowodować, że w pewnych okresach mogą wystąpić określone rozbieżności między danymi księgowymi a stanem rzeczywistym. W sferze sterowania przepływem produkcji rozbieżności między danymi księgowymi a stanem rzeczywistym mogą być spowodowane następującymi czynnikami (zob. [33] i [56]):

- błędami w dokumentacji produkcyjnej,
- omyłkami przy wydawaniu i przyjmowaniu środków,
- zmianami jakościowymi,
- nadużyciami.

Sprawdzenia stanu rzeczywistego z danymi księgowości dokonuje się w drodze inwentaryzacji. Zakresem inwentaryzacji może być objęty:

- szczegółowy spis środków z natury,
- analizę porównawczą powstałych niezgodności,
- analizę przyczynową takiego stanu rzeczy,
- księgowanie różnic.

Spis z natury można przeprowadzić jedną z dwóch metod, tj. metodą inwentaryzacji okresowej lub metodą inwentaryzacji ciągłej.

Inwentaryzacja okresowa polega na okresowym, całościowym i jednorazowym dokonaniu spisu wszystkich środków będących przedmiotem prowadzonej inwentaryzacji. Środkami tymi w sferze sterowania przepływem produkcji są: materiały, produkcja w toku, półfabrykaty i wyroby gotowe. Inwentaryzacja okresowa z uwagi na szeroki zakres prac wymaga zaangażowania większej liczby pracowników. Termin inwentaryzacji jest znany wszystkim pracownikom. Pomimo dużego nakładu pracy inwentaryzacja okresowa stwarza lepsze warunki do całościowego ujęcia wszystkich składników majątku obrotowego przedsiębiorstwa.

Inwentaryzacja ciągła polega na fragmentarycznym, codziennym (lub co kilka dni) spisywaniu środków przez pewien okres czasu. Prowadzona jest przy użyciu

znacznie mniejszej liczby pracowników. Termin spisu jednak utrzymywany jest w tajemnicy z obawy, żeby osoby odpowiedzialne za gospodarkę tymi środkami nie mogły się do spisu przygotować. Ze względu na swą istotę inwentaryzacja ciągła nie nadaje się do zastosowania przy spisie produkcji w toku. Może być jednak stosowana do spisu materiałów, półfabrykatów i wyrobów gotowych.

Spisu dokonuje się na arkuszach spisowych (zał. 7), które są numerowane i stanowią druki ścisłego zarachowania.

Część II

Nowoczesne metody sterowania produkcją

6. NAJNOWSZE TENDENCJE W STEROWANIU PRODUKCJĄ

6.1. NOWOCZESNE POJMOWANIE PRZEDSIĘBIORSTWA

Eksponowane w literaturze światowej z zakresu zarządzania tzw. *podejście systemowe* zakłada, że przedsiębiorstwo jest całością, na której sprawne działanie składają się zarówno czynniki techniczne, jak i ekonomiczne, socjologiczne i psychologiczne [32]. Przedsiębiorstwa traktowane jako systemy, posiadają więc szereg cech determinujących ich kontakty z *otoczeniem*. Należą do nich: otwartość, postać społeczno-techniczna, złożoność oraz zdolność do usprawniania (rys. 6.1).



Rys. 6.1. Podstawowe cechy przedsiębiorstwa (opr. własne na podst. [38])

Porządkowanie procesów *społeczno-technicznych* zachodzących w przedsiębiorstwie odbywa się drogą realizacji funkcji (celu) przedsiębiorstwa przez ludzi

przy użyciu określonych środków technicznych. Dzięki nim składniki wejściowe (surowce, materiały, informacje itd.) transponowane są w produkty znajdujące swoich nabywców w otoczeniu.

Z powodu istniejącej *złożoności* (szereg wzajemnie na siebie oddziałujących jednostek o różnych wymiarach i przeznaczeniu) przedsiębiorstwa są systemami hierarchicznymi. Hierarchiczna budowa systemów ma znaczenie przy ich poznawaniu, badaniu i opisywaniu. Nie trzeba dokładnie znać wewnętrznych prawidłowości funkcjonowania poszczególnych elementów, na które podzieliłbyśmy system, a wystarczy stwierdzić, że podział systemu na subsystemy jest prawidłowy i na tej podstawie uzyskać niezbędną wiedzę o funkcjonowaniu systemu. Cecha ta, ułatwiając poznanie i dokonywanie zmian w systemie, pozwala na jego adaptowanie do zmieniającego się otoczenia. Systemy produkcyjne posiadają więc *zdolność do usprawniania*. Przedsiębiorstwa są bowiem „...celowo zaprojektowanym i zorganizowanym układem materialnym, energetycznym i informacyjnym eksploatowanym przez człowieka i służącym produkowaniu określonych produktów w celu zaspokajania różnorodnych potrzeb konsumentów” [13], a więc muszą ewoluować w kierunku tych potrzeb i podlegać ciągłym zmianom.

Otwartość przedsiębiorstw przejawia się w konieczności prowadzenia przez nie ciągłej wymiany materiałów, energii i informacji z otoczeniem. Wymiana ta polega na przekazywaniu do otoczenia produktów¹ wytworzonych w przedsiębiorstwie w zamian za materialne i pozamaterialne czynniki umożliwiające mu kontynuowanie lub ewentualne rozszerzanie działalności.

6.1.1. Zarządzanie logistyczne

Przedsiębiorstwo realizując swoją działalność operacyjną, zmuszone jest do ciągłej, bardzo sprawnej współpracy z otoczeniem. Odbywa się ona zarówno na poziomach poprzedzających działalność podstawową przedsiębiorstwa (dostawcy), jak również występujących po jej zakończeniu (klienci), a jej głównym celem jest szeroka wymiana informacji i zasobów.

Zagadnieniami tej wymiany zajmuje się coraz szerzej popularyzowana dziedzina nauki i praktyki, jaką jest *logistyka*. Według definicji Council of Logistics Management [2] (dla przedsiębiorstw przemysłowych): „Logistyka jest terminem opi-

¹ Wzorując się na określeniu Ph. Kotlera, dla potrzeb tej pracy przyjęto, że „... produktem jest każdy przedmiot wymiany rynkowej w postaci wyrobu (posiadającego określoną postać fizyczną) lub usługi” [26].

suującym proces planowania, realizowania i kontrolowania sprawnego i efektywnego ekonomicznie przepływu surowców, materiałów do produkcji, wyrobów gotowych oraz odpowiedniej informacji z punktu pochodzenia do punktu konsumpcji w celu zaspokojenia wymagań klienta. Działania logistyczne mogą obejmować: obsługę klienta, prognozowanie popytu, przepływ informacji, kontrolę zapasów, czynności manipulacyjne, realizowanie zamówień, czynności reparacyjne i zaopatrywanie w części, procesy zaopatrzeniowe, pakowanie, obsługę zwrotów, gospodarowanie odpadami, czynności transportowe i składowanie”.

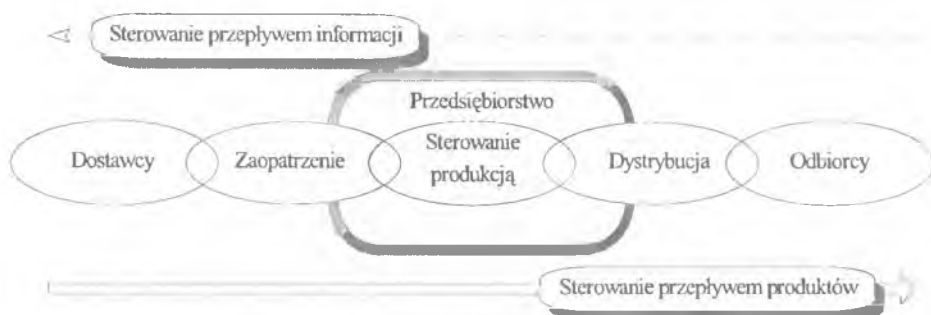
Przedsiębiorstwo jest więc jednym z elementów większego systemu gospodarczego, który stanowi dla niego swoisty nadsystem otoczenia [45]. Innymi słowy, logistyka to: „...logicznie skonstruowany dla mikro- lub mezoskali i wyposażony w niezbędne kanały przepływu informacji użytkowy system fizycznego przemieszczania (transferu) dóbr, zapewniający ich dopływ do pośrednich i końcowych ogniw łańcucha dostaw w potrzebnych ilościach i w ściśle ustalonych terminach, pozwalający na minimalizację zapasów we wszystkich ogniwach tego procesu i możliwie najtańszy w eksploatacji” [54].

Z ogólnym pojęciem logistyki związany jest również termin **logistyka marketingowa** [46]. Jest to: „...system planowania i działania mający dawać gwarancję, że towar, który został zamówiony, będzie dostarczony we właściwym czasie i miejscu, za pomocą najbardziej właściwego środka transportu, najkrótszą drogą i po możliwie najniższych kosztach. Logistyka marketingowa odnosi się nie tylko do fizycznego ruchu towarów między ogniwami dystrybucji (producentem, hurtownikiem i detalistą), lecz także do gospodarowania środkami produkcji w każdym przedsiębiorstwie w celu uzyskiwania wysoce sprawnego sposobu realizowania produkcji, wykonywania dostaw zamówionych towarów i minimalizowania zapasów”.

Zdyscyplinowanie i kontrola procesów realizowanych w przedsiębiorstwie nie mogą ograniczać się jedynie do przepływu produktów i informacji w fazie produkcji, ale muszą również obejmować fazy zaopatrzenia i dystrybucji”[50]. Każde przedsiębiorstwo będąc elementem złożonego systemu gospodarczego, posiada swoich dostawców i sprzedaje swoje produkty klientom. Układ trzech podstawowych elementów: *Dostawcy – Przedsiębiorstwo – Odbiorcy* określa się mianem **łańcucha logistycznego** lub **łańcucha dostaw** (rys. 6.2). Jego prawidłowe funkcjonowanie wymaga zintegrowanego zarządzania przepływami strumieni rzeczowych, opartego na decyzjach powstających z przetwarzania stru-

mieni informacyjnych przebiegających w przeciwnym kierunku. Zarządzanie takie obejmuje trzy podstawowe fazy:

- zaopatrzenia,
- produkcji,
- dystrybucji (zbytu).



Rys. 6.2. Łańcuch logistyczny (opr. własne na podst. [3])

Pojęcie łańcucha logistycznego można rozszerzyć również na skalę mezoekonomiczną, tzn. związków pomiędzy przedsiębiorstwami. Można więc posługiwać się następującymi określeniami:

- łańcuch logistyczny wewnętrzny – obejmujący procesy zachodzące w danym przedsiębiorstwie (a więc tzw. logistyka produkcji, czyli współpraca poszczególnych komórek produkcyjnych określonego przedsiębiorstwa),
- łańcuch logistyczny zewnętrzny – mając na myśli procesy logistyczne zachodzące pomiędzy różnymi samodzielnymi przedsiębiorstwami.

Proces **zarządzania logistycznego** polega na takim planowaniu, integrowaniu, koordynowaniu i kontroli działań wchodzących w zakres logistyki-mix (tj. utrzymywanie zapasów, przepływ informacji, magazynowanie i załadunek oraz transport), aby rynki zbytu (odbiorcy) były zaopatrywane najbardziej efektywnie z punktu widzenia kosztów.

Innymi słowy, zarządzanie logistyczne polega na zarządzaniu wszystkimi działaniami związanymi z przepływem materiałów i dóbr, realizowanymi w ramach łańcucha logistycznego, tj. od źródeł zaopatrzenia do użytkownika wyrobów gotowych, w celu poprawy działania systemu i tym samym zapewnienia dostępności produktu we właściwym miejscu, czasie i we właściwej ilości, przy możliwie najniższym poziomie kosztów.

6.1.2. Komputerowo zintegrowane systemy produkcyjne

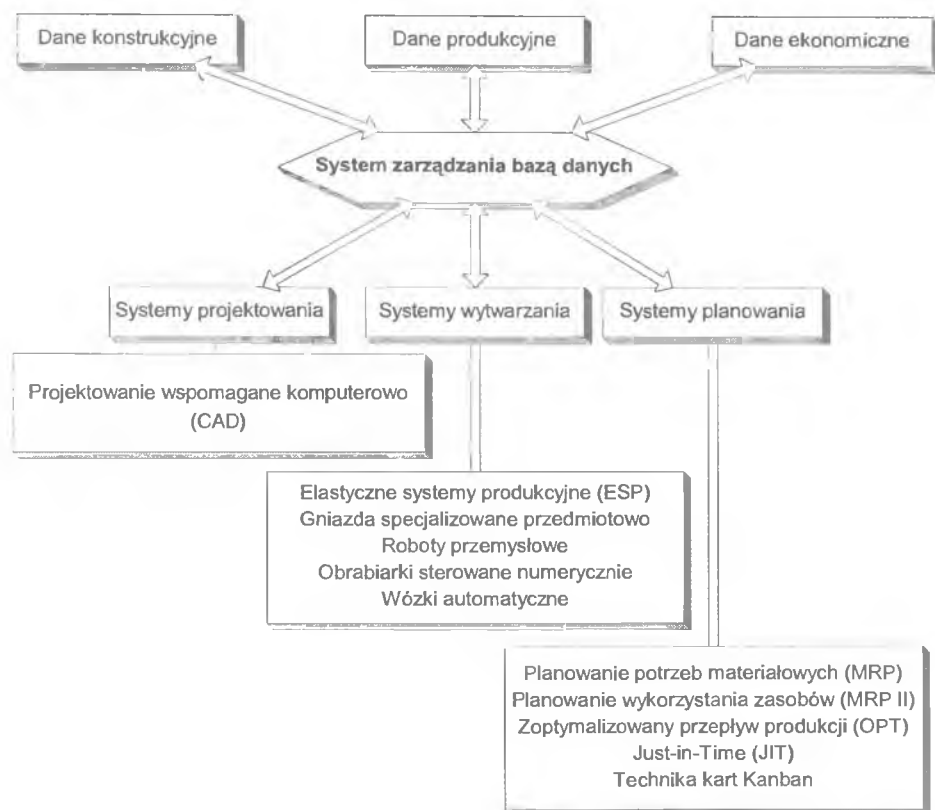
W ostatnich latach, zastosowanie komputerów we wszystkich rodzajach produkcji przemysłowej ciągle wzrasta. Zjawisko to dotyczy nie tylko sfery planowania, ale w coraz większym stopniu także technicznego przygotowania produkcji oraz sterowania wytwarzaniem, jakością i sprzedażą. Jak pisał I. Durlik: „*W miarę rozwoju komputeryzacji, technik informatycznych, a także budowanych na ich podstawie nowoczesnych urządzeń produkcyjnych, zmieniają się także formy organizacji produkcji*” [13]. Należy do nich zaliczyć:

- niezależne, komputerowo sterowane stanowiska obróbkowe i montażowe *CM (Computer Modul)*,
- elastyczne systemy wytwarzania *FMS (Flexible Manufacturing Systems)*,
- komputerowo wspomagane systemy wytwarzania *CAM (Computer Aided Manufacturing)*,
- komputerowo zintegrowane systemy wytwarzania *CIM (Computer Integrated Manufacturing)*.

Zintegrowane komputerowo systemy produkcyjne określane jako *CIM* (rys. 6.3), dzięki zastosowaniu komputerów oraz sterowanych nimi maszyn, urządzeń transportowych i innego rodzaju sprzętu, zapewniają wysoką integrację wszystkich funkcji przedsiębiorstwa związanych z kompleksowo pojętym wytwarzaniem. Oprócz czynności dotyczących rozwoju wyrobów, *CIM* obejmuje także zadania wynikające z realizacji zleceń, takie jak np.: planowanie i sterowanie przepływem produkcji, zarządzanie jakością, opracowywanie ofert dla klientów oraz kalkulację kosztów. Funkcje te są realizowane dzięki współpracy specjalnych modułów informatycznych z bazami danych.

Podstawowym celem funkcjonowania zintegrowanych systemów produkcyjnych jest zapewnienie sprawnej realizacji zleceń i zamówień produkcyjnych. Dzięki dokładnemu zdefiniowaniu kanałów informacyjnych (zapewniających uzyskiwanie na każdym etapie pracy aktualnych i niezbędnych danych) oraz specjalnie tworzonym bazom danych (zawierającym informacje o produkcji i realizowanych zamówieniach), wszystkie informacje powstające w procesach zaopatrzenia, konstruowania i przygotowania pracy, wytwarzania, montażu i sprzedaży, są wykorzystywane każdorazowo podczas planowania i sterowania produkcji (rys. 6.4). Dzięki temu procesy realizowane w *CIM* nabierają cech

charakterystycznych dla systemów *JIT*², wzrasta ich elastyczność i zdolność do podążania w kierunku nowych potrzeb klientów.



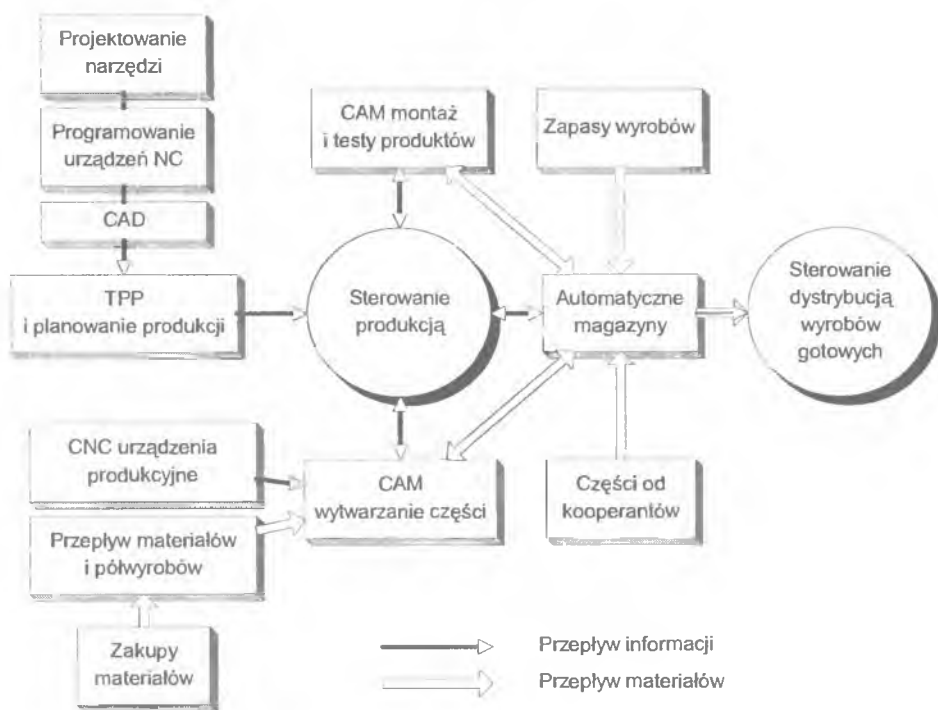
Rys. 6.3. Uproszczony schemat CIM [38]

Niewątpliwie istotną rolę w systemach *CIM* odgrywa integracja zewnętrzna, porównywalna do omówionych poniżej integracji wyprzedzającej i wstecznej. Zapewniana jest ona przez systemy elektronicznej wymiany danych *EDI* (*Electronic Data Interchange* [10]), umożliwiające ciągły kontakt z kooperantami i klientami bez konieczności fizycznego przesyłania dokumentów.

W opiniach zachodnich środowisk naukowych, dalsza ewolucja nowoczesnych, zintegrowanych systemów produkcyjnych prowadzić będzie do zacieśnienia współpracy w układzie *Firma – Klient* i prawdopodobnie zaowocuje

² *JIT* - *Just in Time*, system organizacji działania „akurat na czas”. Koncepcja ta dotyczy zarówno organizacji procesów wytwórczych jak i procesów logistycznych. Jej istotą jest dążenie do eliminacji zapasów i ograniczenia do minimum kosztów magazynowania.

powstaniem przedsiębiorstw określanych jako „Systemy Jednego Produktu” (*One-of-a-Kind-Production – OKP* [21]). Będą to systemy antropocentryczne (*Antropocentric Production Systems – APS* [52]) – tj. zorientowane na ludzi – opierające swą działalność na całkowitej „klientyzacji” produkcji. System takiego typu, pozostając w stanie ciągłej wymiany informacji z klientem, będzie przeprowadzał zmiany technologii i właściwości użytkowych wyrobu aż do momentu całkowitego zaspokojenia jego żądań i potrzeb.



Rys. 6.4. Struktura procesu zarządzania produkcją w warunkach komputerowego wspomagania [13]

6.2. NOWOCZESNE KONCEPCJE STEROWANIA PRODUKCJĄ

Przedsiębiorstwa podejmują różnorodne działania restrukturyzacyjne zmierzające do utrzymania lub odzyskania równowagi dynamicznej. Mogą tego dokonać m.in. poprzez przebudowę procesów (*reengineering* [18], [22]), unowocześnienie systemu organizacji i zarządzania (*lean management, lean production* [42]), zarządzanie strategiczne ukierunkowane na uzyskanie przewagi konkurencyjnej

poprzez wyprzedzające rozpoznawanie otoczenia przedsiębiorstwa (**HOSHIN** [36]), wdrożenie strategii zmniejszenia zdolności produkcyjnych i optymalnej ekonomicznie produkcji [13] oraz – w wyjątkowych przypadkach – poprzez konwersję produkcji. Zamierzone efekty może także przynieść wchodzenie w aliance strategiczne lub tworzenie grup strategicznych.

W dążeniu do sprawnego zarządzania działalnością podstawową (sterowania produkcją) przedsiębiorstwa korzystają z określonej podstawy metodyczno-intelektualnej, stanowiącej ogólną koncepcję prowadzenia procesów permanentnej restrukturyzacji i ciągłego dostosowywania działalności (również sfery sterowania produkcją) do zachodzących zmian.

Zmieniające się warunki funkcjonowania przedsiębiorstw wymagają od nich coraz większej produktywności i elastyczności. Rosnące wymagania klientów oraz ciągła presja firm konkurencyjnych, a także coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach życia nowoczesnych technik informatycznych powodują, że przedsiębiorstwa zmuszone są do ciągłego poszukiwania nowych rozwiązań organizacyjnych, umożliwiających im efektywną adaptację do zmian otoczenia.

Adaptacja ta przebiegać musi we wszystkich obszarach funkcjonowania przedsiębiorstwa. W szczególności dotyczyć zaś powinna przebiegu realizowanych przez nie procesów podstawowych (produkcyjnych bądź usługowych). Procesy te wywierają bowiem największy wpływ na jakość, niezawodność oraz fizyczne właściwości wytwarzanych wyrobów, a więc w efekcie – na poziom potencjalnej satysfakcji lub niezadowolenia klienta.

W związku z tym obserwuje się wzrost zainteresowania zarówno środowisk naukowych, jak i ośrodków reprezentujących praktykę przemysłową, poznawaniem oraz dostosowywaniem technik i metod zarządzania do wymagań stawianych nowoczesnemu przedsiębiorstwu przez jego zewnętrzne otoczenie. Szczególną uwagę przywiązuje się do konieczności zapewnienia sprawnego przebiegu procesów produkcyjnych drogą praktycznego wykorzystania nowoczesnych metod sterowania produkcją.

W porównaniu do podejścia tradycyjnego, nowoczesne metody sterowania produkcją oferują przedsiębiorstwu zdecydowanie większe możliwości adaptacji do dynamicznych zmian popytu rynkowego. Opierają się m.in. na:

- większej humanizacji procesów produkcyjnych, przejawiającej się wzrostem udziału pracowników w podejmowanych decyzjach produkcyjnych,

- bardziej elastycznych metodach planowania produkcji, wykorzystujących zarówno nowe metody prognozowania popytu rynkowego, jak i najnowsze osiągnięcia logistyki marketingowej,
- poprawie efektywności procesów produkcyjnych drogą praktycznego wykorzystania możliwości płynących z integracji wyprzedzającej i wstecznej (co ma swoje odbicie w funkcjonowaniu systemów typu *pull* – „zasysających”, „ssących”),³
- usprawnieniu realizowanych procesów, czego przejawem jest najczęściej znacząca redukcja zapasów przedprodukcyjnych, produkcyjnych oraz zapasów wyrobów gotowych, a także wzrost niezawodności funkcjonowania systemu przepływu informacji w przedsiębiorstwie.

Dzięki nowoczesnym metodom sterowania produkcją, przedsiębiorstwo może uzyskiwać lepsze wyniki finansowe (drogą eliminacji różnego rodzaju marnotrawstwa). Prowadzi to w efekcie do znaczącego wzrostu jego konkurencyjności oraz umocnienia pozycji rynkowej.

Wymienionym wcześniej koncepcjom (zarządzanie logistyczne, CIM), opisującym w całościowy, szeroki sposób funkcjonowanie systemu zarządzania przedsiębiorstwa i *sterowania produkcją*, towarzyszy szereg metod o nieco węższym zasięgu, wspierających je na poziomie taktycznym bądź operacyjnym. Do metod tych, zajmujących się bezpośrednio kwestią *sterowania produkcją*, możemy zaliczyć:

- metody typu MRP (MRP I, MRP II, MRP III/ERP),
- technologię optymalizacji produkcji – OPT (*Optimized Production Technology*),
- japońskie systemy sterowania: „dokładnie na czas” – JIT (*Just-in-Time*) oraz KANBAN.

Powyższe metody, przedstawione szczegółowo w dalszych rozdziałach niniejszego opracowania, mają wiele znaczących podobieństw. Można do nich zaliczyć m.in.:

- nacisk na obniżkę poziomu zapasów,

³ System *pull* funkcjonuje na zasadzie tworzenia popytu na każdym z etapów procesu produkcyjnego przez bezpośrednie oddziaływanie nabywcy na dostawcę. W odróżnieniu do systemów *push*, każda dostawa realizowana jest w odpowiedzi na konkretną potrzebę. Dzięki temu wytwarzany jest „popyt ciągniony” przez uczestników danego procesu produkcyjnego lub – w szerszym ujęciu – rynku.

- możliwość (a w przypadku MRP II i OPT konieczność) wspomagania komputerowego,
- identyfikację wąskich gardeł w procesach produkcyjnych oraz ograniczanie ich szkodliwego wpływu na realizowane procesy,
- konieczność dysponowania dobrymi prognozami rynkowymi.

Uważa się, że w wielu sytuacjach dobrym rozwiązaniem funkcji planowania jest kombinacja zastosowania systemu MRP II z wbudowanymi w planowanie zdolności produkcyjnej zasadami OPT oraz zastosowanie *kanbanów* do sterowania realizacją produkcji.

7. METODY TYPU MRP

7.1. PLANOWANIE POTRZEB MATERIAŁOWYCH – MRP I

Metoda MRP I (Material Requirement Planning) – Planowanie Potrzeb Materiałowych opracowana została przez APICS (*American Production and Inventory Control Society*) w roku 1957. Rozpowszechniona była w połowie lat 60-tych. MRP jest metodą zarządzania produkcją i zapasami produkcyjnymi obejmującą działania związane z wyprzedzającym ustaleniem rodzaju i wielkości zadań dla komórek produkcyjnych przedsiębiorstwa. Obejmuje planowanie potrzeb materiałowych oraz sposobów ich zaspokajania związanych z realizowanymi zleceniami produkcyjnymi.

Sterowanie zapasami dotychczas zajmowało się głównie zagadnieniami ilości, podczas gdy w praktyce największe znaczenie ma zagadnienie rozkładu zapotrzebowania w czasie.

System oparty jest zatem na dwóch wytycznych [39]:

- *zasadzie obliczania potrzeb* (w przeciwieństwie do prognozowania) w *zakresie elementów składowych wyrobu*,
- *zasadzie podziału czasowego*, tj. rozkładu danych o stanie zapasu w czasie.

Termin element składowy oznacza wszelkie pozycje zapasów, z wyjątkiem wyrobów gotowych (elementów, których produkcja została zakończona). Zapotrzebowanie na nie wynika z określonego planu produkcji. Wprowadzenie podziału czasowego pozwala na uchwycenie lub rozszerzenie informacji dotyczących rozkładu zapotrzebowania na poszczególne elementy składowe w czasie. Zapotrzebowanie na wszystkie elementy składowe i surowce oraz ich podział czasowy są wprowadzane z operatywnego planu produkcji przez system MRP I.

Zatem biorąc pod uwagę wytyczne, system ten jest przeznaczony do sterowania zapasami produkcyjnymi, do których zalicza się [56]:

- surowce w magazynie,
- elementy nie zakończone w magazynie,
- podzespoły w magazynie,
- elementy w toku produkcji,
- podzespoły w toku produkcji.

W przeciwieństwie do powszechnie stosowanych systemów zakładających ciągłość potrzeb, system MRP przyjmuje, że potrzeby na poszczególne rodzaje materiałów nie są zwykle równomiernie rozłożone w czasie, a raczej mają tendencję do występowania w zwiększonych ilościach w okresach nieregularnych, praktycznie rzecz biorąc są nieciągłe i skokowe. Nawet w przypadku równomiernego kształtowania się zapotrzebowania na wyrób gotowy zapotrzebowanie na elementy będzie nieciągłe i nierównomierne.

Niezbędne jest więc określenie założeń i warunków funkcjonowania standardowego systemu planowania potrzeb materiałowych, które są następujące [56]:

- istnienie operatywnego planu produkcji, który można przedstawić w kategoriach zestawienia materiałów,
- jednoznaczność identyfikacji wszystkich pozycji zapasów,
- istnienie zestawienia materiałów w okresie planowania,
- dostępność rekordów zawierających dane o stanie każdej pozycji zapasu,
- prawidłowość danych zbioru kartotekowego,
- znajomość cykli realizacji wszystkich pozycji zapasów,
- przyjmowanie i wydawanie każdej pozycji przez magazyn,
- dostępność wszystkich elementów danego zespołu w momencie uruchomienia zamówienia na wykonanie zespołu,
- dyskretność wydawania i zużywania elementów.

Działanie systemu MRP można w najogólniejszym ujęciu przedstawić jako [35]:

- określenie liczby i rodzaju elementów składowych wyrobów będących przedmiotem sprzedaży,
- zabezpieczenie dostępności elementów składowych w żądanej ilości, miejscu i czasie.

Funkcją wszystkich systemów MRP jest określenie potrzeb (brutto i netto), tzn. okresowych zapotrzebowań dyskretnych na każdą pozycję występującą

w zapasach. Dzięki temu uzyskuje się bowiem informacje niezbędne do prawidłowego ustalenia przebiegu działania związanego z zamawianiem. Działania te są częściowo wykonywane w sferze zaopatrzenia (zamówienia dotyczące zakupu z zewnątrz), a częściowo w sferze produkcji (zlecenia produkcyjne). Są to albo nowe działania, albo weryfikacja wcześniejszych. Nowe działania polegają na uruchomieniu zamówień na określoną ilość danej pozycji do realizacji w ustalonym terminie w przyszłości. Podstawowe dane niezbędne do przeprowadzenia nowych działań są następujące:

- identyfikacja pozycji (numer części),
- wielkość zamówienia,
- termin uruchomienia zamówienia,
- termin realizacji zamówienia.

Natomiast działania zmierzające do weryfikacji wcześniej podjętych działań sprowadzają się do [39]:

- zwiększenia zamówionej ilości,
- zmniejszenia zamówionej ilości,
- anulowania zamówienia,
- przyspieszenia terminu realizacji zamówienia,
- odroczenia terminu realizacji zamówienia,
- wstrzymania realizacji zamówienia (przesunięcia terminu realizacji na bliżej nieokreślony czas).

Zapewnienie informacji niezbędnych do prawidłowego przebiegu czynności zamawiania jest podstawową funkcją systemu MRP. W każdej działalności produkcyjnej istotne znaczenie ma znalezienie odpowiedzi na pytania: jakie materiały i elementy składowe są potrzebne, w jakich ilościach i kiedy. Celem systemu MRP jest dostarczenie tych właśnie odpowiedzi. Realizacja podstawowego celu systemu następuje drogą bezpośredniego obliczania *potrzeb netto* w zakresie każdej pozycji zapasów, podziału czasowego tych potrzeb oraz określenia odpowiedniego ich *pokrycia* [39]. Podstawowym działaniem MRP jest przekształcenie *potrzeb brutto* w potrzeby netto, pokrywane następnie przez (prawidłowo podzielone w czasie) zlecenia produkcyjne i zamówienia zewnętrzne.

Podstawowymi wyjściami systemu MRP są:

- zawiadomienie o uruchamianiu zamówień – wnioskuje złożenie planowanych zamówień,

- zawiadomienie o zmianach w planie – wnioskujące zmianę terminów realizacji otwartych zamówień,
- zawiadomienie o anulacji – wnioskujące anulowanie lub wstrzymanie realizacji otwartych zamówień,
- źródłowe dane analityczne o stanie zapasów,
- planowane zamówienia przewidziane do uruchomienia w przyszłości.

Ponadto system generuje wiele różnorodnych informacji dodatkowych odpowiednio do potrzeb użytkownika. Wyjścia te obejmują:

- zawiadomienia o odchyleniach dotyczące błędów, niezgodności oraz sytuacji niedopuszczalnych,
- prognozy poziomu kosztów zapasów (prognozy zapasów),
- sprawozdania dotyczące zobowiązań finansowych z tytułu zakupów od dostawców z zewnątrz,
- specyfikację źródeł popytu,
- sprawozdania kontrolne z wykonania.

Wszystkie wyjścia z systemu MRP są uzyskiwane w drodze przetwarzania wejść (odpowiednich danych) pochodzących z następujących źródeł (rys. 7.1):

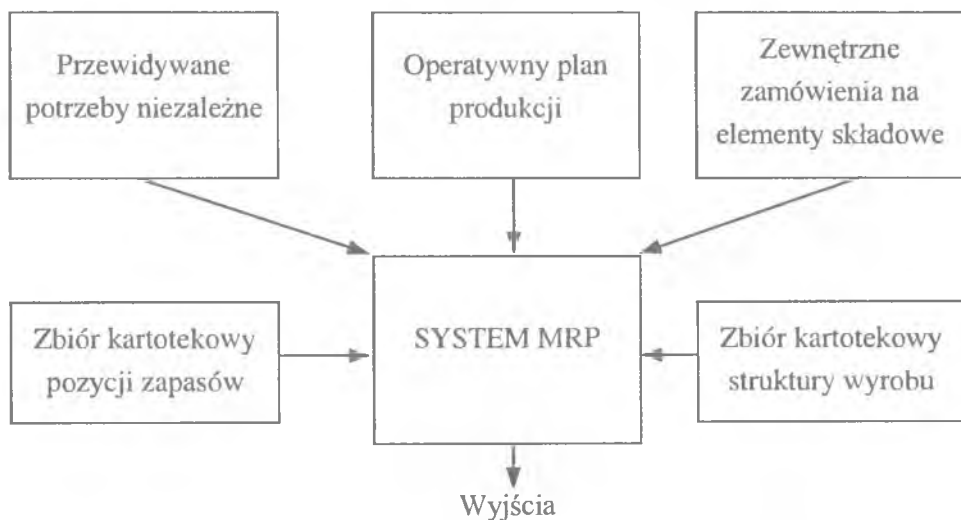
1. operatywnego planu produkcji,
2. zewnętrznych (spoza zakładu-użytkownika systemu MRP) zamówień na elementy składowe,
3. przewidywań dotyczących elementów, które są przedmiotem potrzeb niezależnych,
4. zbioru kartotekowego rekordów pozycji zapasów (zbiór główny),
5. zbioru kartotekowego zestawień materiałów (struktury wyrobów).

Operatywny plan produkcji stanowi główne wejście do systemu. Podstawowym celem tego systemu jest bowiem przetłumaczenie danych z planu na poszczególne zapotrzebowania dotyczące elementów składowych. Inne wejścia dostarczają jedynie informacji niezbędnych do osiągnięcia celu.

Operatywny plan produkcji jest planem nadrzędnym. Ustala się go w przekroju wyrobów końcowych. Mogą nimi być zarówno wyroby gotowe do sprzedaży, jak i zespoły z najwyższego szczebla, z których te wyroby są ostatecznie wytwarzane w wielu wersjach zgodnie z planem montażu końcowego.

Do **zewnętrznych zamówień na elementy składowe** zalicza się: zamówienia na części zamienne dla potrzeb serwisu, zamówienia kooperacyjne, zamówienia

poprzedniego wytwórcy danych urządzeń spowodowane przez innych wytwórców, którzy stosują je jako elementy składowe w swoich wyrobach, oraz wszystkie inne zamówienia specjalne, nie związane ze stałym planem produkcji.



Rys. 7.1. Źródła wejść do systemu MRP [39]

Przewidywane potrzeby niezależne stanowią wielkość zleceń na wyroby finalne, zależną od zapotrzebowania na nie. Zapotrzebowanie to prognozowane jest na podstawie badań rynkowych oraz w oparciu o przyjęte do realizacji zamówienia.

Zbiór kartotekowy pozycji zapasów obejmuje rekordy poszczególnych pozycji zapasów, zawierające dane o ich stanie. Dane te są niezbędne do ustalania potrzeb netto. Zbiór kartotekowy rekordów jest bieżąco aktualizowany przez ewidencję wszelkich transakcji materiałowych.

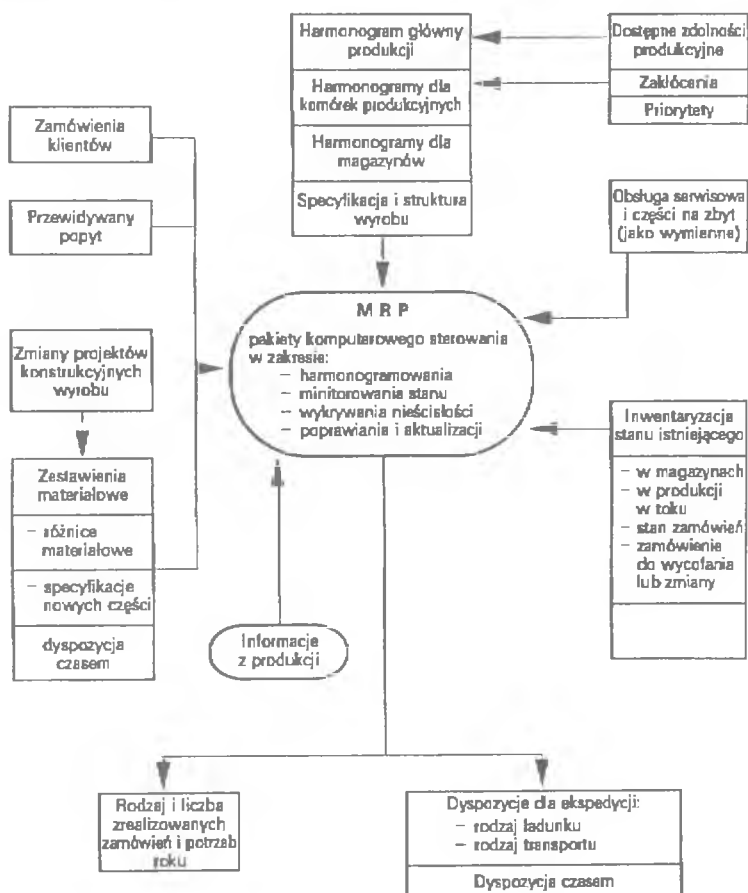
Zbiór kartotekowy zestawień materiałów zawiera informacje na temat powiązań między elementami składowymi a zespołami, mające zasadnicze znaczenie dla prawidłowego ustalania potrzeb brutto i netto.

Rozwój metody MRP był równoległy z rozwojem techniki komputerowej. Metoda łączy sterowanie zapasami z planowaniem produkcją. Wynikające z tego ręczne przetwarzanie danych wejściowych nie było dostatecznie szybkie. Adaptacje planów oraz harmonogramów nie nadążały za zapotrzebowaniem procesu planowania i sterowania w produkcji. Komputery wyeliminowały kwestię pracochłonności obliczeń i czasu. Stało się wtedy możliwe połączenie w jeden kompleksowy system takich zagadnień, jak: przewidywanie, określanie wielko-

ści zamówień i terminów dostaw, określanie wielkości partii produkcyjnych, momenty rozpoczęcia produkcji i wielkości zapasów w magazynach i procesie wytwarzania. W ten sposób MRP jest idealnym przykładem zastosowania syntezy systemów wspomaganych techniką komputerową [13].

Całościową strukturę systemu MRP I przedstawiono na rys. 7.2. Na podstawie rysunku można odczytać, że system MRP zawiera cztery pakiety komputerowego sterowania w zakresie:

- harmonogramowania,
- monitorowania stanu,
- wykrywania nieścisłości,
- poprawiania i aktualizacji.



Rys. 7.2. Struktura systemu MRP [13]

System łączy, sporządzany na podstawie dostępnych zdolności produkcyjnych, uwzględniając zakłócenia i biorąc pod uwagę priorytety, harmonogram główny produkcji z zestawieniem materiałów niezbędnych do wytworzenia produktu. Bada zapasy produkcyjne na podstawie inwentaryzacji stanu istniejącego i ustala, które części i surowce muszą być zamówione i w jakim czasie, aby były jak najkrócej składowane w procesie wytwarzania. Uwzględniając, kiedy różne części produktu końcowego mają być produkowane według harmonogramu oraz biorąc pod uwagę konieczne okresy otrzymania materiału, system rozdziela w czasie zamówienia na uzupełnienie zapasów w ten sposób, że części i materiały są dostępne w procesie wytwarzania w momencie, kiedy są potrzebne na stanowiskach roboczych. Ponieważ taki stan jest rzadko osiągalny w praktyce, system MRP w sposób ciągły lub okresowy kontroluje (dzięki czemu odkrywa nieścisłości), nanosi poprawki i aktualizuje harmonogramy.

Podsumowując przedstawiony schemat można powiedzieć, że harmonogramowanie komputerowe uwzględnia dostępne zdolności produkcyjne, stan zapasów, przewidywany popyt na wyroby powszechnego użytku i zamówienia konkretnych klientów. Według określonych zasad priorytetu system MRP I wydaje zamówienia dla produkcji, a także zlecenia na uzupełnienie zatrudnienia załogi, maszyn produkcyjnych i dostaw materiałowych. Dane potrzebne do sterowania przebiegiem produkcji są otrzymywane z pomiarów produkcji, zapasów produkcji i materiałowych oraz stanu zatrudnienia. Aby zrozumieć podstawowe zasady funkcjonowania MRP I niezbędne jest zaznajomienie się z techniką komputerową oraz terminologią komputerowego wspomaganie zarządzania. Komputer jest podstawowym narzędziem, lecz dane pochodzą z konwencjonalnych metod i narzędzi planowania produkcji i sterowania wytwarzaniem.

Podstawowe korzyści ze stosowania MRP I to [13]:

- *Niski poziom zapasów* – w MRP czas i rodzaj wyjścia z systemu wytwórczego ma priorytet, wobec tego zadaniem MRP jest dostarczanie bieżących informacji dla lepszego planu wytwarzania, który może zredukować średni czas realizacji.
- *Produkowanie możliwie bez spóźnień* – zestaw MRP może symulować różne alternatywne plany wytwarzania. Wiadomo bowiem, że niekiedy dostawa może być potwierdzona, a faktycznie termin dostawy może być niedotrzymany. W takiej sytuacji należy posłużyć się symulacją komputerową

i odpowiedzieć sobie na pytanie, jakie działania należy podjąć, aby zminimalizować straty.

- **Przyspieszenie i opóźnienie wykonania zamówień** – w sytuacji, gdy klient decyduje o odłożeniu zamówienia, musi być też opóźniona jego realizacja, a więc MRP odracza procesy wytwórcze części składowych, co pozwala na zwolnienie mocy maszyn dla innej zaległej produkcji. Może to zapobiegać nadmiernemu zapasowi surowców materiałowych w procesach produkcyjnych.
- **Długoterminowe planowanie rozwoju zdolności produkcyjnych.** Niezależnie od istoty skutecznego narzędzia, jakim jest MRP do kontroli materiałów i planowanego wykorzystania produkcji, może on także być używany do planowania długookresowego rozwoju zdolności produkcyjnych.

Systemy MRP są efektywnym instrumentem sterowania zapasami produkcyjnymi, ponieważ:

- pozwalają sprowadzać koszty zapasów do minimum,
- niezwłocznie reagują na zmiany,
- umożliwiają wysunięcie wniosków co do przyszłych sytuacji przez stosowanie analizy poszczególnych pozycji,
- zapewniają sterowanie zapasami oparte na działalności operatywnej, a nie na zapisach ewidencyjnych,
- umożliwiają dostosowanie wielkości zamówień do potrzeb,
- podkreślają szczególne znaczenie przebiegu czasowego potrzeb, ich pokrycia i działań związanych z zamawianiem.

Dzięki uwzględnieniu przebiegu czasowego system MRP może generować wyjścia służące jako właściwe wejścia do innych systemów związanych z działalnością produkcyjną, np. systemów: zakupów, planowania wydziałowego, dyspozycji, kontroli wydziałowej oraz planowania zapotrzebowania na zdolności produkcyjne. Prawidłowy system MRP I stanowi solidną podstawę dla innych zastosowań komputerów w sterowaniu produkcją i zapasami.

Stosowanie metody MRP I ogranicza się na ogół do produkcji o charakterze dyskretnym (jako przeciwieństwa produkcji ciągłej). Może być stosowana w warunkach produkcji wyrobów złożonych, jak i również w przedsiębiorstwach wytwarzających bardzo proste wyroby (nawet jednoczęściowe). Mogą to być zatem firmy mające wieloasortymentowe programy produkcyjne, zużywające w produkcji wiele różnych elementów składowych otrzymywanych z dużej liczby różnych materiałów oraz firmy wytwarzające małą liczbę asortymentów mate-

rialowych w procesach ciągłych. Jedynym warunkiem, który należy spełniać, aby zastosować system MRP jest określenie operatywnego planu produkcji.

7.2. PLANOWANIE ZASOBÓW PRODUKCYJNYCH – MRP II

Metoda MRP II (Manufacturing Resource Planning) Planowanie Zasobów Produkcyjnych, opracowana została przez APICS (*American Production and Inventory Control Society*) w roku 1989. Powstała na podstawie wcześniejszej metody MRP I poprzez jej rozwój. Dodano dalsze sprzężenia zwrotne w wykonywanych operacjach technologicznych oraz uzupełnienie informacjami kosztowymi. Czysto ilościowa metoda MRP I coraz bardziej zaczynała wiązać się z rachunkowością przedsiębiorstwa [47]. Z jednej strony wynikało to z rosnących potrzeb przedsiębiorstw, aby traktować całe przedsiębiorstwo jako zwarty system składający się z podsystemów ściśle ze sobą związanych i zależnych. Z drugiej strony rozwój metody umożliwił dalszy postęp w technice komputerowej.

Dołączenie do funkcji planowania materiałowego również planowania i sterowania innymi czynnikami produkcji było naturalnym procesem, ponieważ ulepszało harmonogramowanie produkcji przez sprzężenie potrzeb materiałowych z innymi zależnymi potrzebami jak maszyny, powierzchnie, czynniki energetyczne, praca, ludzie, informacje, kapitał. To połączyło zapotrzebowanie materiałowe z zapotrzebowaniem na moce wytwórcze. Następnie dodano informacje o postępach produkcyjnych i relacje czasu oraz wielkości sprzedaży do ich sterowania. Kiedy zastosowano jeszcze sprzężenie zwrotne procesu produkcji połączone z planowaniem, sterowaniem procesem wytwarzania, cały proces gospodarczy firmy stał się systemem zamkniętym, w dziedzinie planowania i sterowania produkcją, a ściślej mówiąc zarządzania i sterowanie produkcją [13]. Zatem MRP II stwarza możliwość planowania potrzeb materiałowych oraz kontroli wykorzystania zasobów przedsiębiorstwa zgodnie z zasadą właściwy wyrób, we właściwym miejscu, w wymaganym czasie i żądanej ilości [35].

W ramach MRP II analizie poddawane są kompletne cykle od planu działalności gospodarczej (business plan), aż do wyników firmy na wszystkich trzech poziomach zarządzania jednocześnie, czyli na poziomie strategicznym, taktycznym i operatywnym. W analizie tej najważniejsze jest to, że odbywa się ona w czasie rzeczywistym lub maksymalnie zbliżonym do rzeczywistego. Uzyskuje się więc możliwości podejmowania stosownych decyzji korygujących we właściwym czasie.

Rys. 7. 3 przedstawia schemat struktury MRP II wraz ze sprzężeniami zwrotnymi. Z rysunku wynika, że działania przedsiębiorstwa podzielone zostały na odpowiednie poziomy zarządzania. Na poziomie strategicznym ustalone zostają całościowe cele firmy. Określony zostaje plan produkcyjny obowiązujący grupy finansowe i pozostałe grupy realizujące go, które muszą zabezpieczyć odpowiednie środki finansowe i rzeczowe w celu wyprodukowania w określonym czasie uzgodnioną ilość wyrobu lub usługi oraz inne grupy w sferze marketingu i dystrybucji oraz sprzedaży. Na poziomie taktycznym modelu nadzorujący główny harmonogram produkcji, wykorzystując system komputerowy porównuje to co jest potrzebne do produkcji z tym czym dysponuje. Harmonogram zostaje dostosowany do realiów realizacyjnych, biorąc pod uwagę czas otrzymania materiałów i pozyskania innych brakujących czynników produkcji [13]. Oprócz kontroli poziomu zapasów, MRP II nadaje również priorytety operacyjne elementom składowym wyrobów i kontroluje wykorzystanie zdolności produkcyjnej poszczególnych odcinków produkcyjnych.

Założenia metody MRP w tych trzech obszarach można ująć w następujący sposób [35]:

a) kontrola zapasów,

- określenie liczby i rodzaju elementów składowych wyrobów będących przedmiotem sprzedaży (w wersji rozszerzonej również ilości i rodzaju materiałów zaopatrzeniowych, z których wytwarzane są te elementy),
- zabezpieczenie dostępności elementów składowych w żądanej ilości, miejscu i czasie (w wersji rozszerzonej połączenie z systemem zewnętrznych dostaw materiałowych i kooperacyjnych),

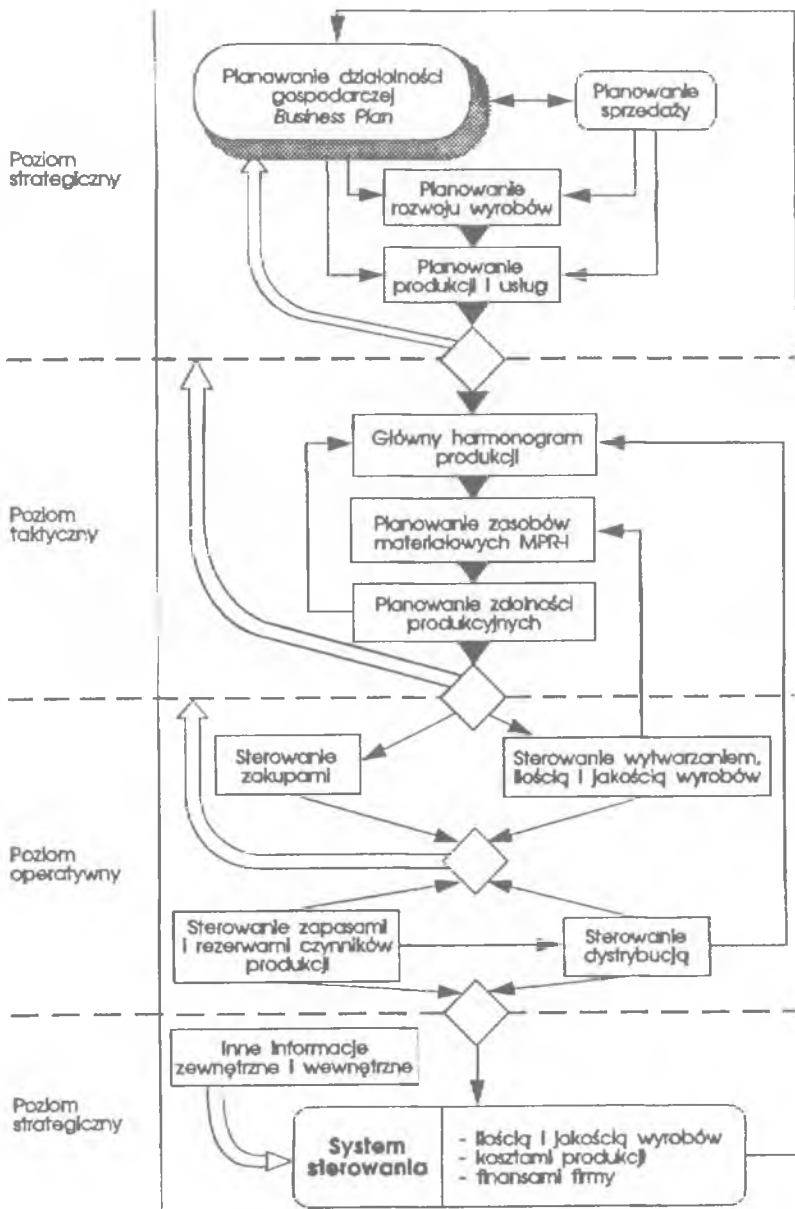
b) ustalanie priorytetów operacyjnych,

- ustalanie terminów uruchomienia produkcji poszczególnych elementów składowych wyrobów finalnych,
- kontrola przestrzegania obowiązujących długości cykli produkcyjnych,

c) kontrola wykorzystania zdolności produkcyjnej,

- kontrola planu aktualnego obciążenia urządzeń produkcyjnych wchodzących w skład poszczególnych odcinków produkcyjnych,
- planowanie przyszłego obciążenia tych urządzeń.

Na poziomie operatywnym ważne jest połączenie działań produkcyjnych i pomocniczych z biznes planem i wynikami finansowymi uzyskanymi na szczeblu strategicznym firmy.



Rys. 7.3. Struktura systemu MRP II [13]

Tak więc system MRP II łączy wszystkie sfery działalności przedsiębiorstwa w jedną całość, z określonym wspólnym celem. Integracja obejmuje planowanie, zakupy, wytwarzanie, inżynierię produkcyjną wraz z przygotowaniem

i remontami oraz zapasy, dystrybucję, obsługę serwisową i sprzedaż. W systemach MRP II istnieje możliwość oceny i przedstawienia w postaci kosztów większości czynników produkcji (np. zapasy posiadanych surowców lub rezerwy zatrudnienia).

Realizacja założeń metody MRP, które sprowadzają się do dostarczenia: odpowiedniego elementu, we właściwe miejsce, w wymaganym czasie powoduje osiągnięcie podstawowych celów MRP, którymi są minimalizacja poziomu zapasów, maksymalizacja rentowności produkcji, zabezpieczenie terminowości dostaw. Bezpośrednią korzyścią zastosowania modelu MRP jest zmniejszenie zapotrzebowania na kapitał obrotowy w postaci zapasów produkcyjnych nawet do 40 % [47].

Zwykle używając terminu MRP mamy na myśli konkretny pakiet programów komputerowych do zarządzania produkcją i kontroli zapasów produkcyjnych. W Polsce wiele firm komputerowych oferuje zintegrowane systemy informatyczne opierające się o koncepcję – standard MRP II. Są to w większości zachodnie firmy, które mają wieloletnie doświadczenia we wdrażaniu tych systemów w Europie Zachodniej, np. w firmach: Ciba, Nestle, Sandoz, Yamaha. Można tu wymienić przykładowo: pakiet oprogramowania Micro-MRP MAX oraz pakiety BPCS – firmy IDOM, MANMAM-X firmy CA, TRITON – firmy Baan International, czy też R-3.

Polskie przedsiębiorstwa zgłaszają zapotrzebowanie na systemy MRP II z uwagi na ich funkcjonalność i możliwość zastosowań w wielu dziedzinach przedsiębiorstwa, przy zapewnieniu integracji tych dziedzin. Liczbę przedsiębiorstw znajdujących się w różnych fazach wdrażania systemów informatycznych bazujących na MRP II szacuje się już na 50-60.

Przedsiębiorstwa wdrażające w Polsce MRP II są zaliczane do największych, ale należących do różnych branż. Przedsiębiorstwa decydują się często na wdrożenie tylko wybranych modułów, np. finansów, gospodarki materiałowej, remontów, czy księgowości. Jak dotychczas zintegrowany system MRP II nie został w pełni wdrożony w żadnym polskim przedsiębiorstwie. Przyczyną są wysokie koszty, ale nie należy zapominać o innych czynnikach ograniczających możliwości wdrażania MRP II w Polsce [31]. Uważa się jednak, że systemy MRP II pozwalają uzyskać korzystne rezultaty, szczególnie w warunkach produkcji dyskretniej seryjnej wyrobów złożonych i bardzo złożonych, o dużym udziale części z typoszeregu i o długich cyklach produkcji w warunkach określonej technologii produkcji. Jednak konieczne jest aby ich wdrażanie poprze-

dziły „przemyślane” zmiany w strukturze organizacyjnej, w tym szczególnie w przepływie informacji (centralizacja), zakresie obowiązków (specjalizacja) i zasadach obiegu dokumentów (formalizacja) [29].

Baza danych jaką posługuje się MRP II jest również przydatna do badań symulacyjnych, które odpowiadają na pytanie: „co będzie jeśli?”. Tak więc, MRP II może symulować alternatywne plany produkcyjne i sprawdzać trafność decyzji przed ich podjęciem. Daje to możliwość firmie stosującej MRP II starannego sprawdzenia wyników ewentualnych decyzji, co znacznie usprawnia zarządzanie. Również wspólna baza danych daje dostęp wszystkim komórkom wykonawczym na różnym poziomie do odpowiednich informacji w celu ulepszenia swojej pracy. Tak więc metodologia MRP II jest dużym krokiem naprzód w ogólnej syntezie systemów produkcyjnych.

Metoda MRP II obejmuje produkcję [47]:

- dyskretną (dotyczy wytwarzania wyrobów w partiach o zmiennej liczebności),
- powtarzalną (dotyczy wytwarzania wyrobów w dużych ilościach w formie potokowej, np.: w liniach produkcyjnych zgodnie z harmonogramem),
- aparaturową (typowa dla przemysłu chemicznego i farmaceutycznego; wyrób wykonany na podstawie recepty),
- wszelkie ich kombinacje.

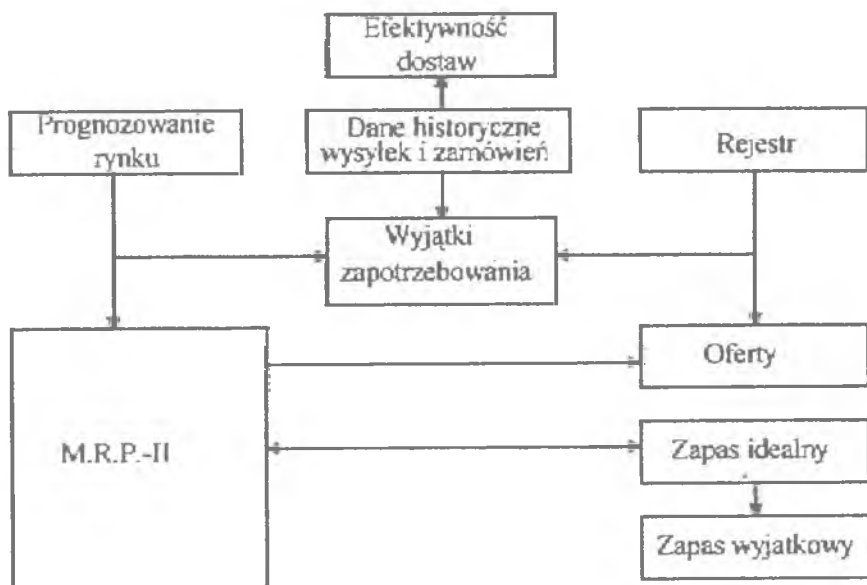
7.3. PLANOWANIE ZASOBÓW PRZEDSIĘBIORSTWA – MRP III/ERP

Ciągły rozwój i tempo zmian to cechy charakterystyczne obecnej rzeczywistości. Nic więc dziwnego, że naukowcy i praktycy zajmujący się problemami zarządzania produkcją nie poprzestali na systemie MRP II, ale ciągle udoskonalają go dążąc do kolejnego szczebla w drabinie systemów typu MRP – MRP III/ERP. Z jednej strony wpływa na to nieustanny rozwój technik komputerowego wspomaganie zarządzania. Pojawiają się systemy, którym przypisuje się takie własności jak: odpowiedni poziom integracji, zasięg dziedzinowy, powiązania z otoczeniem zakres realizacji funkcji zarządzania – odpowiednio rozbudowane procedury wspomaganie procesów decyzyjnych, wbudowane systemy wspomaganie decyzji oraz systemy z bazą wiedzy. Systemy tego typu mają charakter uniwersalny [23]. Z drugiej strony zmiany w oczekiwaniach i potrzebach przedsiębiorstw. Oczywiście dodatkowym bodźcem są niedoskonałości

poprzednich metod MRP i MRP II. Jednym z takich problemów stały się np. „ukryte koszty” wiążące się ze wzrostem produkcji, a spowodowane przez przesadne zmiany harmonogramów lub programy nadmiernych zakupów awaryjnych, nadmierne lub zbędne zapasy, czy też problemy związane z planowaniem, jakie wynikają z niewłaściwej kompletacji wytworów gotowych (za dużo jednego, a za mało drugiego), co powoduje braki i niedobory. Innymi źródłami ukrytych kosztów mogą być: częste zatrzymywanie linii produkcyjnej z uwagi na ograniczenia wynikające z procesu produkcyjnego, z braków materiałowych lub nadmiernej ilości oprzyrządowania. Dużym problemem było także potencjalne zmniejszenie przychodów wynikające ze zbyt długich czasów realizacji zamówień klienta lub słabej sprawności dostaw [47].

System MRP III/ERP powstał na bazie metod MRP i MRP II. Wspomaga on zarządzanie organizacją w zakresie wszystkich istotnych zasobów oraz procesy podstawowe i pomocnicze realizowane wewnątrz firmy i w jej otoczeniu. Umożliwiają realizowanie większości koncepcji i podejść zarządzania w tym podejście marketingowe, logistyczne, finansowe i inne [23].

Na rys. 7.4 przedstawiono schemat systemu MRP III/ERP.



Rys. 7.4. Struktura systemu MRP III/ERP [47]

Metoda MRP III daje wgląd w wyniki finansowe osiągane przez przedsiębiorstwo. Umożliwia dokładną prognozę zapotrzebowania. Harmonogram podstawowy opracowywany jest za pomocą dostępnych narzędzi do prognozowania zapotrzebowania. Podobnie jak w metodzie MRP I na podstawie harmonogramu określone jest zapotrzebowanie na poszczególne elementy składowe i zespoły oraz zlecane nowe zamówienia na surowce. Podobnie jak w metodzie MRP II odbywa się monitorowanie i raporty skuteczności sprzedaży oraz planowanej zdolności produkcyjnej linii montażowej. Metoda MRP III koncentruje się tylko na raportowaniu tych pozycji, które nie mieszczą się w wyznaczonych tolerancjach dopuszczalnych.

Parametry pracy w metodzie planowania zasobów przedsiębiorstwa ERP bazują na regułach szeroko pojętego zarządzania, dynamicznej regulacji parametrów, takich jak czas wyprzedzenia, czy zapas idealny oraz zamierzonej wydajności. Metoda planowania popytu stanowi główną część całego modelu MRP III. Został on zaprojektowany do szybkiego tworzenia bardziej dokładnych analiz, obsługiwanie ich w trakcie realizacji długoterminowego biznes planu, oraz prowadzenia codziennej lub cotygodniowej analizy popytu w celu ustalenia aktualnych danych dla prognozy [23].

Metoda MRP III daje możliwość prowadzenia analizy przewidywanego popytu, co umożliwia redukcję zapasu całkowitego, a jednocześnie spełnienie wymagań wynikających z planu produkcji.

W systemach MRP istnieją dwa rodzaje danych, którymi posługują się programy komputerowe: dane wejściowe (transakcje) i dane kartotekowe. Baza danych składa się z jednego lub więcej zbiorów kartotekowych. Najważniejszą cechą bazy danych jest jej uniwersalność polegająca na tym, że zbiory systemu służą jako wspólna baza dla wielu zastosowań i podsystemów. Forma i struktura obiegu dokumentacji jest uzależniona od systemu komputerowego. Dane wejściowe są przedstawiane w formie np.: rekordów zapasów, rekordów potrzeb – specyfikacja potrzeb dla danego elementu X, struktur wyrobów i części składowych, horyzontu planu i skumulowanego cyklu realizacji. Na wyjściu systemu uzyskujemy sprawozdania (raporty) lub pojedyncze komunikaty o formie i strukturze uzależnionej od wdrożonego w przedsiębiorstwie systemu komputerowego.

Podsumowując należy przypomnieć, że początkowo systemy MRP stworzono i stosowano w miejsce wcześniej znanych systemów sterowania zapasami, które uznano za mało precyzyjne i efektywne. Dalszy ich rozwój i doskonalenie po-

zwolniły stosować je nie tylko w zakresie sterowania zapasami. Systemy typu MRP dostarczają informacji przydatnych do planowania i sterowania innymi sferami działalności przedsiębiorstwa. Zapewniają dużą liczbę wyjść w różnych układach odpowiednio do potrzeb użytkowników. Dlatego możliwy, a jednocześnie konieczny był rozwój metod od MRP I do MRP III/ERP. Oczywiście stosowanie systemów MRP nie jest możliwe bez rozbudowanej komputeryzacji wdrożonej w każdą sferę działalności firmy. Ręczne planowanie i sterowanie obejmujące całościowo wszelkie działy aktywności przedsiębiorstwa jest niemożliwe. W obecnych warunkach rynkowych, silna konkurencja i walka o nowe rynki zbytu, konieczne jest zachowanie elastyczności, szybkiego reagowania na potrzeby zewnętrzne, a także ciągłe monitorowanie sytuacji wewnętrznej przedsiębiorstwa i reagowanie na wszelkie zakłócenia poprzez ich usuwanie i korygowanie oraz aktualizację danych wejściowych i założeń. Obszary zastosowań metod typu MRP to dość szeroki krąg możliwości. Systemy komputerowe, na bazie, których wdrażane są systemy MRP, mogą być tworzone w oparciu o indywidualne potrzeby i wymagania użytkowników. Modułowy charakter systemów pozwala na różne konfiguracje w zależności od branży czy rodzaju prowadzonej działalności przemysłowej.

8. TECHNOLOGIA OPTIMALIZACJI PRODUKCJI – OPT

8.1. WĄSKIE GARDŁA W PROCESACH PRODUKCYJNYCH

Metoda *OPT* (*Optimized Production Technology*), jest jedną z nowszych metod sterowania produkcją. Została opracowana i opatentowana w 1990 r przez amerykańskiego N.E. Goldratt'a. W swobodnym tłumaczeniu można ją określić jako *technologię optymalnej produkcji*.

Początkowo stosowano ją jako metodę planowania i harmonogramowania produkcji. Z czasem została rozwinięta na filozofię optymalizacji działań operacyjnych w przedsiębiorstwie.

OPT posiada cechy zarówno omówionych wcześniej MRP I i MRP II, jak i opisanego poniżej JIT. Jej niezbędnym elementem jest wykorzystanie odpowiednio opracowanych narzędzi informatycznych. Metodę tę można charakteryzować z kilku punktów widzenia optymalizacji funkcjonowania firmy, jako [11]:

- filozofię optymalizacji planowania i harmonogramowania,
- narzędzie modelowania operacji produkcyjnych,
- oprogramowanie do planowania zdolności produkcyjnych,
- narzędzie do koordynacji wysiłków w zakresie marketingu, przygotowania i realizacji produkcji, w celu osiągnięcia przez firmę korzyści.

Filozofia OPT jest obecnie stosowana do wzmocnienia istniejących systemów sterowania produkcją (MRP I, MRP II) albo *Just-in-Time* („dokładnie na czas”). Bazuje ona na zestawie dziesięciu warunków sformułowanych na bazie koncepcji „wąskiego gardła”. Głównym celem OPT jest maksymalizacja wyniku produkcyjnego przy określonych czynnikach produkcyjnych. Działania te polegają przede wszystkim na eliminacji „wąskich gardeł” produkcyjnych.

Wąskim gardłem nazywany jest taki element procesu produkcyjnego, w którym zasób, który musi być wykorzystywany dla uzyskania maksymalnej produkcji, jest zużywany w 100%. Sytuacje takie występować mogą zarówno w trakcie realizacji procesów obróbkowych, jak i w trakcie montażu finalnego wyrobów. Ich eliminacja polega przede wszystkim na podzieleniu dużej partii produkcyjnej wyrobów na mniejsze części (pakiety) oraz sporządzeniu harmonogramu przebiegu tych pakietów przez „wąskogardłowe” stanowisko. Dzięki temu możliwa staje się redukcja czasu ich obróbki lub montażu.

Wspomniane *warunki*, które należy uwzględnić w trakcie sporządzania harmonogramu są następujące [38], [11]:

1. Wąskie gardło lub zasoby krytyczne determinują produkcję całego systemu.
2. Oszczędności w pracy wąskiego gardła są złudne a oszczędności w czasie jego pracy obniżają wydajność całego systemu.
3. Ponieważ wąskie gardła określają zarówno cykle produkcyjne, jak i zapasy, nie jest więc uzasadnione wytwarzanie pewnych komponentów wyrobu w szybszym tempie, niż wąskie gardło systemu jest w stanie je przyjąć (tzn. wąskie gardło wyznacza takt spływu produkcji).
4. Wąskie gardła decydują o przepływie produkcji oraz wielkości zapasów w systemie. Wielkość zapasów produkcji w toku jest funkcją ilości pracy wymaganej do pełnego, ciągłego obciążenia wąskiego gardła.
5. Należy skoncentrować się na utrzymaniu wyrównanego, ciągłego przepływu materiałów, części, zespołów przez stanowiska robocze, a nie na zapewnieniu ich pełnego obciążenia pracą (tj.: bilansowanie przepływu produkcji, a nie zdolności produkcyjnych).
6. Poziom wykorzystania zasobów niekrytycznych powinien odpowiadać zapotrzebowaniu na zasoby krytyczne, tak więc:
 - godzina stracona w wąskim gardle, jest godziną straconą w całym systemie,
 - godzina zaoszczędzona poza wąskim gardłem nie ma rzeczywistego znaczenia.
7. Obciążenie oraz wykorzystanie środka produkcji nie zawsze są synonimami. Obciążenie dotyczy pojedynczego środka produkcji. Natomiast **przez wykorzystanie środka produkcji** rozumiemy stopień w jakim powinniśmy go obciążyć pracą, aby osiągnąć strategiczny cel produktywności całego systemu.

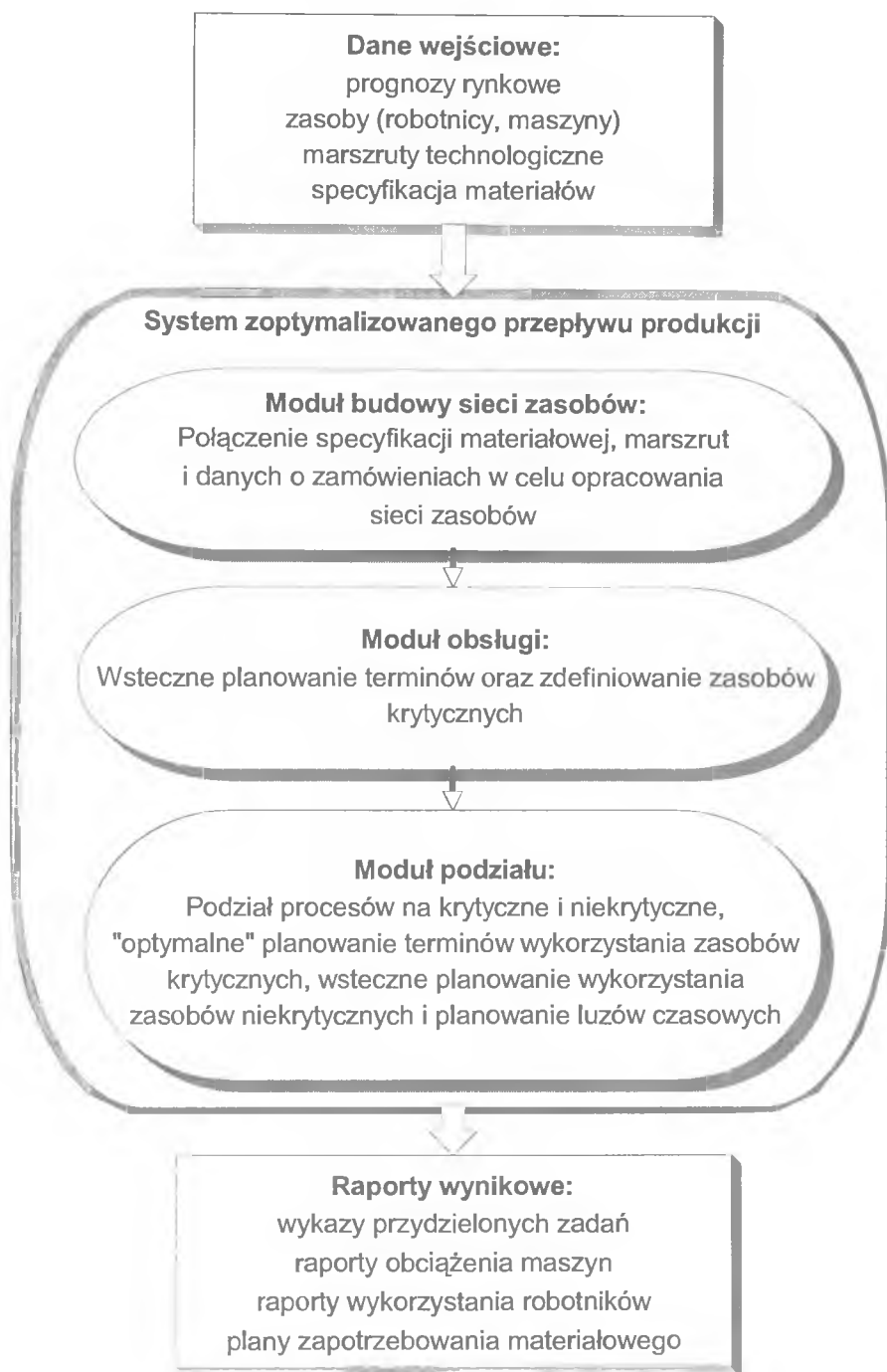
8. Wielkość partii transportowej nie musi koniecznie równać się wielkości partii produkcyjnej. Podział partii obróbkowej na partie transportowe oraz wykonywanie produkcji w układzie równoległym lub szeregowo-równoległym, wpływają w sposób znaczący na skrócenie cyklu produkcyjnego wykonania wyrobu.
9. Nie należy ustalać jednakowej wielkości partii produkcyjnej dla wszystkich faz procesu. Wielkości partii obróbkowych powinny być zmieniane, podczas realizacji procesu na kolejnych stanowiskach roboczych. Działania takie umożliwiają skrócenie cyklu produkcyjnego wykonania wyrobu. dzięki uzyskaniu ciągłego przepływu produkcji przez stanowiska.
10. Harmonogram powinien być projektowany przy jednoczesnym uwzględnieniu związanych z jego realizacją powiązań produkcyjnych. Długości cykli produkcyjnych są rezultatem harmonogramu, projektowanego przy uwzględnieniu warunków jego wykonania w czasie rzeczywistym. Podczas projektowania harmonogramu powinny być analizowane warianty wykonania procesów lub ich fragmentów (w tym również pojedynczych operacji).

Powyższe zasady zakładają zmienne wielkości czasów obróbki partii transportowych oraz długości cykli produkcyjnych, przy ograniczonych zdolnościach produkcyjnych posiadanych stanowisk roboczych.

Planowanie terminów wykorzystania zasobów musi uwzględniać równolegle wszystkie ograniczenia. Ponieważ cykle produkcyjne są konsekwencją harmonogramów, nie określa się ich z góry.

8.2. CHARAKTERYSTYKA METODY OPT

Uproszczony schemat OPT zamieszczono na rysunku 8.1. Dane wejściowe są podobne do tych, które są wykorzystywane w systemach MRP/MRP II. Na bazie prognoz sprzedaży i marszrut technologicznych tworzona jest sieć zasobów, łącznie z danymi dotyczącymi poszczególnych stanowisk roboczych (wymagane zasoby robotników i maszyn). System komputerowy, wykonuje szereg testów i sporządza „wsteczny” harmonogram zasileń, poczynawszy od terminu ich realizacji. Harmonogram ten wykorzystuje się do klasyfikacji zasobów na krytyczne i niekrytyczne, w zależności od stopnia ich wykorzystania. Od tego momentu zasoby krytyczne są traktowane jako wąskie gardła.



Rys. 8.1. Uproszczony schemat OPT (opr. własne na podst. [38])

Następnie sporządza się harmonogram przebiegu zamówień przez zasoby niekrytyczne przy uwzględnieniu rezerw zdolności produkcyjnych dla kompensacji ewentualnych zakłóceń.

Opisany schemat postępowania w metodzie OPT opiera się na trzech charakterystycznych przesłankach, stanowiących niejako wskazówki, o których nie należy zapominać w trakcie projektowania systemu sterowania przepływem produkcji. Są one następujące [13]:

1. Równoważyć przepływ, a nie moce wytwórcze.
2. Straty powstające z tytułu wąskich gardeł, są nie do odrobienia.
3. Należy różnicować wielkość partii.

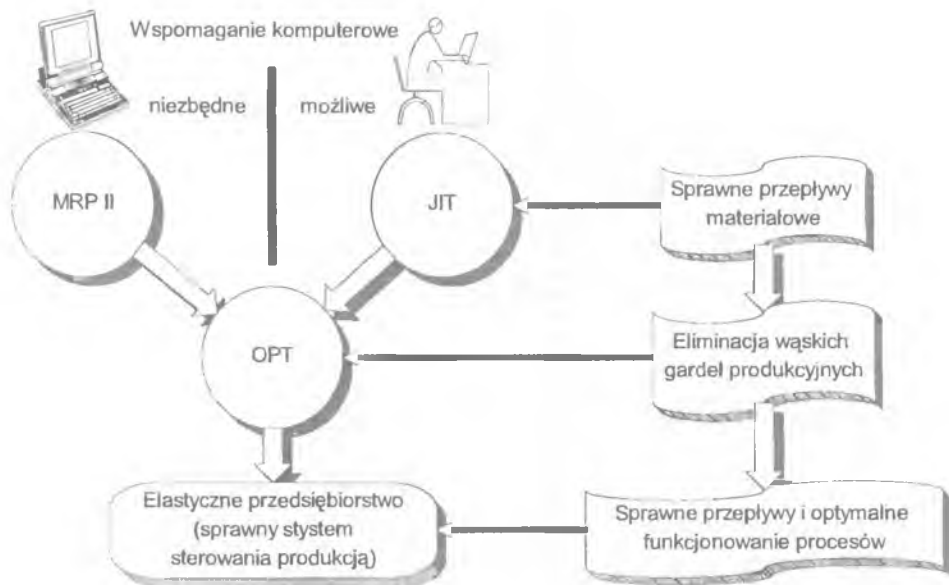
8.3. POWIĄZANIA OPT, MRP II ORAZ JIT

Podane zasady filozofii OPT mogą być stosowane w przedsiębiorstwie bez wdrożenia specjalistycznych, informatycznych pakietów programowych, chociaż ich istnienie w przedsiębiorstwie wpływa na znaczne skrócenie czasu wykonania operacji obliczeniowych, a tym samym przyczynia się do sprawniejszego funkcjonowania całego systemu. Jądem tego podejścia jest bowiem **algorytm** optymalnego planowania terminów wykorzystania zasobów krytycznych.

Jako podstawowe zalety systemów OPT, przedsiębiorstwa stosujące takie systemy w praktyce, wymieniają [38], [11]:

- polepszenie przebiegu cyklu produkcyjnego,
- uproszczenie techniki harmonogramowania produkcji:
 - ♦ proces budowy harmonogramów wymaga mniejszej liczby danych, a ich opracowanie zajmuje mniej czasu,
 - ♦ wiedza wymagana od użytkownika tej metody może być niewielka,
 - ♦ istnieje możliwość wprowadzenia zmian w harmonogramie w krótkim czasie, co pozwala na zwiększenie elastyczności produkcji,
- usprawnienie przepływów pieniężnych oraz znaczne oszczędności finansowe,
- wzrost wydajności (nawet powyżej 10%),
- obniżkę poziomu zapasów produkcyjnych (o ponad 20%),
- umożliwienie symulacji rozwiązań oraz ich korekty podczas realizacji produkcji.

System OPT pełnić może swoisty „pomost” pomiędzy systemami typu MRP II (MRP III/ERP) a systemami *Just-in-Time* (JIT). Jest to możliwe dzięki specyficznym cechom tych systemów (rys. 8.2).



Rys. 8.2. Powiązania MRP II, JIT i OPT (opr. własne)

Zarówno MRP II, jak i JIT są ukierunkowane na zapewnienie dostępności wytwarzanych wyrobów w określonej ilości, w określonym miejscu i określonym czasie. Takie podejście jest charakterystyczne dla koncepcji zintegrowanego zarządzania logistycznego i wynika niejako z podstawowej, najczęściej spotykanej w literaturze przedmiotu definicji systemu logistycznego. Metody te są więc nastawione przede wszystkim na sprawną realizację przepływów materiałowych. Sprawność tych przepływów uwarunkowana jest istnieniem różnego rodzaju ograniczeń i wąskich gardeł produkcyjnych. Im mniej przeszkód występuje w realizowanych procesach (tzn. im sprawniej wykorzystuje się w przedsiębiorstwie możliwości płynące z zastosowania metody OPT), tym ich efektywność staje się większa i w rezultacie wzrasta sprawność całego przedsiębiorstwa. Można więc stwierdzić, iż metody: MRP II, OPT i JIT powinny być nierozerwalnie ze sobą związane. Dopiero ich efekt synergiczny¹ może bowiem

¹ Efekt synergiczny polega na osiągnięciu lepszych rezultatów w wyniku łącznego funkcjonowania kilku czynników niż rezultaty, jakie można byłoby osiągnąć w wyniku funkcjonowania każdego z tych czynników oddzielnie.

przynieść przedsiębiorstwu oczekiwane rezultaty w postaci wzrostu sprawności, elastyczności i efektywności. Oczywiście możliwość zastosowania JIT nie jest uwarunkowana zastosowaniem MRP II i odwrotnie. Gruba pionowa kreska na rysunku 8.1 oddziela dwa różne podejścia do sterowania produkcją. W pierwszym, charakterystycznym dla metody MRP II, istnieje konieczność wykorzystania zaawansowanej techniki komputerowej gwarantującej odpowiednie współdziałanie tej metody z OPT. W drugim natomiast, będącym połączeniem JIT i OPT, zastosowanie informatyki jest wskazane dla poprawy parametrów funkcjonowania całego układu, chociaż może on działać stosunkowo sprawnie również przy tradycyjnej, „nieinformatyzowanej” organizacji pracy.

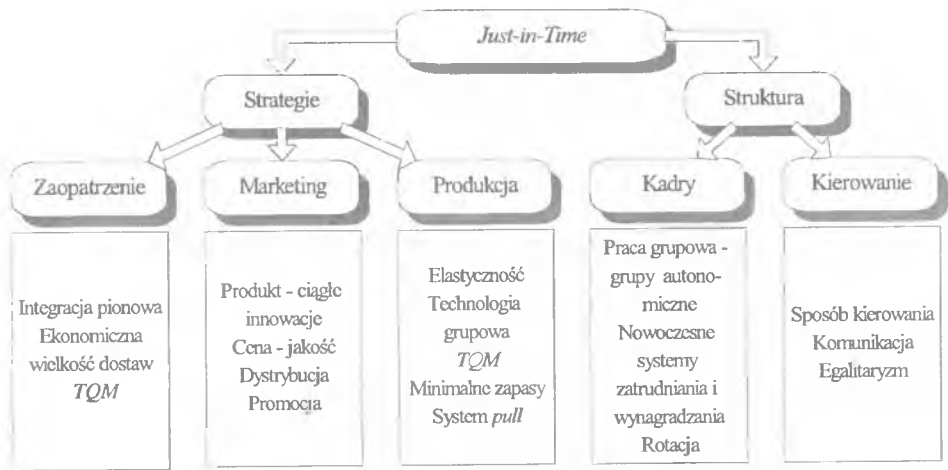
9. JAPOŃSKIE SYSTEMY STEROWANIA – JIT, KANBAN

9.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW JIT

Błyskawiczny rozwój gospodarczy Japonii po II wojnie światowej zwrócił uwagę na nowoczesne systemy zarządzania firmą, przynoszące efekty wielokrotnie przewyższające możliwości przedsiębiorstw zarządzanych w sposób tradycyjny. Największy rozgłos zyskała firma Toyota i opracowany przez jej Prezydenta Ohno Taiichi w 1970 r. system *Just-in-Time (JIT)*.

System ten oparty został na całkowicie odmiennym od fordowskiego pojmowaniu procesów zarządzania [20]. Ford opierał swój sukces na wysokiej skali produkcji, procesach realizowanych taśmowo oraz bardzo wąskiej specjalizacji swoich robotników. Chociaż znacznie wcześniej niż kierownictwo Toyoty, rozumiał i starał się realizować potrzebę działania według zasad *just-in-time*, dopiero japońskie doświadczenia w tej dziedzinie zaowocowały jej dynamicznym rozwojem. H. Ford w swoich wspomnieniach pisał: „*Dostrzegaliśmy, że kupowanie materiałów powyżej aktualnego zapotrzebowania nie jest opłacalne (...), jeśli moglibyśmy być pewni idealnego transportu, a przepływ materiałów odbywałby się bez zakłóceń, nie byłoby potrzeby ich kupowania na zapas*” [13]. Jednak dopiero szersza „humanizacja” tego podejścia, niska specjalizacja robotników, permanentne podnoszenie kwalifikacji, hierarchizacja i decentralizacja aparatu decyzyjnego oraz wysoka integracja procesów zachodzących w firmie umożliwiły rozwój systemów JIT stając się jednocześnie odpowiedzią na dynamiczne zmiany popytu na rynku.

W systemach *JIT* podstawowym celem funkcjonowania firmy jest „...perfekcyjne dostosowanie wyjść systemu produkcyjnego do potrzeb rynku, przy eliminacji wszelkich przestoїв i marnotrawstwa”¹. Najważniejsze elementy charakterystyczne dla rzeczywistego funkcjonowania systemu *JIT* przedstawiono na rys. 9.1.



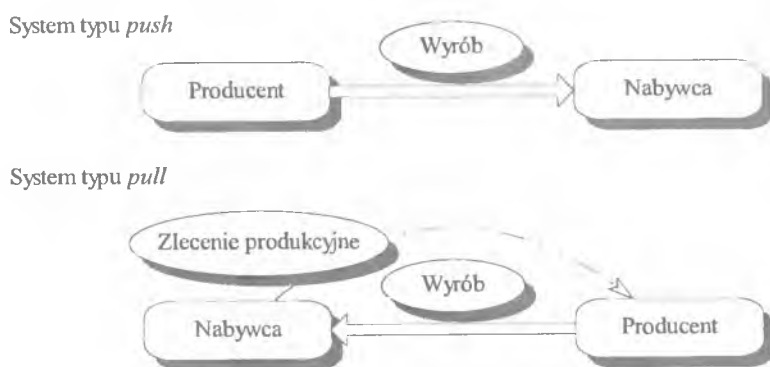
Rys. 9.1. Podstawowe elementy systemu *Just-in-Time* (opr. własne na podst. [48])

Zaopatrzenie przedsiębiorstwa w materiały do produkcji oparte jest na ścisłej synchronizacji i integracji współpracy w układzie Odbiorca – Dostawca. Dzięki temu możliwe jest zminimalizowanie ewentualnych strat (zapasów) i właściwe reagowanie na dynamiczne potrzeby rynku. Każde uruchomienie produkcji u dostawcy następuje po otrzymaniu przez niego polecenia od bezpośredniego odbiorcy jego wyrobów (system typu *pull* – ssący – rys. 9.2). Tak więc każdy produkt, bez względu na miejsce jego powstawania, wykonywany jest w odpowiedzi na konkretną, występującą w danej chwili potrzebę.

Produkcja przemysłowa oparta o tradycyjne, stabilne powiązania układu *Kupujący – Sprzedający*, charakteryzujące się z reguły dużą liczebnością zamawianych wyrobów oraz ich niską różnorodnością. Tymczasem światowe tenden-

¹ Marnotrawstwo określa się jako zbiór wszelkiego rodzaju zdarzeń produkcyjnych, podnoszących koszt wyrobu ale nie podnoszących jego wartości (mogą to być np. przestoje produkcyjne czy zbędne pomiary jakości).

cje są odwrotne. Sprostanie konkurencji możliwe będzie jedynie wtedy, gdy liczebność ustąpi miejsca różnorodności. Taki proces nie jest jednak możliwy przy zachowaniu obecnie wykorzystywanych sposobów organizacji współpracy w układzie *Klient – Sprzedawca*. Jej cechą charakterystyczną jest olbrzymie rozdrobnienie ilościowe i asortymentowe dostawców, uniemożliwiające skrócenie cyklu realizacji dostaw oraz dopuszczające wiele możliwości wystąpienia różnorodnych zakłóceń w procesie produkcji (np. opóźnienia transportowe). Japońską odpowiedzią na tę sytuację jest integracja pionowa omawianego układu.



Rys. 9.2. Ogólne zasady funkcjonowania systemów ssących i tłoczących (opr. własne)

Znane są dwie strategie integracji pionowej²:

- strategia *integracji wyprzedzającej* – zapewniająca utrzymywanie ścisłych kontaktów z firmami usytuowanymi najbliżej przyszłych konsumentów,
- strategia *integracji wstecznej* – polegająca na ścisłej współpracy z wybranymi firmami, których działalność zlokalizowana jest w pobliżu sfery surowców naturalnych i materiałów do produkcji.

Firmy japońskie dążą do ograniczenia liczby bezpośrednich dostawców na każdym szczeblu produkcji. Preferowane są kontraktowe formy stałej współpracy z dostawcami, dochodzi do wyboru dostawców preferowanych zapewniających uzyskanie odpowiedniego poziomu jakości produkcji.

Powszechne jest także postępowanie zgodnie z zasadą *buy*, wynikającą z założenia, iż o wiele taniej i szybciej można produkować własne wyroby, gdy zo-

² Dalszej charakterystyki systemów *just-in-time* dokonano w oparciu o artykuły [48], [57].

staną w nich wykorzystane gotowe podzespoły zakupione od firm specjalizujących się w ich wytwarzaniu. Tak więc częściej prowadzi się zakupy całych zespołów (np. elektronika, układy hamulcowe itp.), niż ich pojedynczych elementów z przeznaczeniem na montaż we własnej firmie.

9.2. PODSTAWOWE CECHY JIT

Niezależnie od rozmiarów przedsiębiorstwa, unikalności i złożoności produkcji, filozofia JIT jest taka sama. Bazuje ona na następujących podstawach [24]:

- Produkt powinien być zaprojektowany pod kątem modularności, łatwości wytwarzania i eliminowania wszelkiej zbędnej złożoności.
- Zastosowanie w organizacji produkcji form potokowych, co sprowadza się do odejścia od produkcji dużymi partiami i stworzenia nieprzerwanego potokowego, najczęściej wieloprzemiotowego systemu produkcyjnego, w którym „miesza się” produkcję różnych (ale jednorodnych) wyrobów. Konieczna jest synchronizacja procesów produkcyjnych w warunkach równomiernego obciążenia, przy pewnym poziomie niedociążenia, umożliwiającego natychmiastową reakcję na wszelkie nieprawidłowości przez zatrzymanie całej linii produkcyjnej. Nierównomierność obciążeń należy eliminować metodami usprawniania organizacji, a nie kompensować zapasami zabezpieczającymi.
- Eliminowanie wszelkich strat powstających w procesie produkcyjnym. Do strat tych zalicza się najczęściej:
 - ♦ produkcję nadmiernej liczby wyrobów w stosunku do zapotrzebowania (nie należy wykonywać zbędnej pracy tylko po to, aby uniknąć przestoju),
 - ♦ produkcję części na zapas (nie wiadomo czy i kiedy części te zostaną wykorzystane w dalszym procesie produkcyjnym, a na razie stanowią zamrożony kapitał),
 - ♦ zbędny transport (należy eliminować wszelkie niekonieczne przemieszczenia materiałów i wyrobów),
 - ♦ oczekiwanie (na materiał, na narzędzia i pomoce warsztatowe, na zakończenie wykonywania poprzedniej operacji), a także bezczynność pracownika w okresie, gdy wyrób jest obrabiany na stanowisku bez jego bezpośredniego udziału,

- ◆ braki (jest to strata nie tylko materiału, energii, pracy człowieka i maszyny, ale także straty wynikłe z kosztów naprawy braku, z obsługi serwisowej itp.),
 - ◆ zapasy zabezpieczające (jako zamrożony kapitał),
 - ◆ bezużyteczne działanie robotnika (np. przekładanie, podnoszenie, przesuwanie, schylanie się, a więc wszystkie te czynności, które robotnik musi wykonać w przypadku nieracjonalnej organizacji stanowiska roboczego),
 - ◆ zbędne procesy (tzn. niekonieczne z punktu widzenia przebiegu procesu produkcyjnego i nadania wyrobowi odpowiednich cech).
- Zastosowanie w procesie produkcyjnym robotów i manipulatorów, umożliwiających automatyzację operacji produkcyjnych. Rezygnacja z bardzo wydajnych, specjalizowanych maszyn na korzyść mniejszych obrabiarek uniwersalnych, wzbogaconych o pewne oprzyrządowanie specjalne, zwiększające ich wydajność, skracające czas przebrojeń, a jednocześnie zwiększające ich uniwersalność w odniesieniu do grupy jednorodnych wyrobów.
 - Przeniesienie odpowiedzialności za jakość na bezpośrednich wykonawców. Kompleksowe sterowanie jakością (TQC – *Total Quality Control*) jest nieodłącznym atrybutem JIT. Każdy robotnik aktywnie uczestniczy w kształtowaniu jakości wyrobu przez udział w tzw. kołach jakości.
 - Sprawny i niezawodny system transportowy pomiędzy producentem a wszystkimi kooperantami. Dostawcy materiałów i kooperanci muszą gwarantować wysoką jakość i terminowość dostaw.
 - Redukowanie wielkości partii produkcyjnej do minimum. Zredukowana partia produkcyjna umożliwia bowiem osiągnięcie potokowej formy organizacji produkcji, co prowadzi do minimalizacji zapasów produkcji w toku. Jednocześnie należy dążyć do redukcji zapasów zabezpieczających przez przeciwdziałanie przyczynom powstawania przestojów, które są kompensowane tymi zapasami.
 - Sprawny system zbierania, przetwarzania i prezentowania aktualnych informacji o procesie produkcyjnym, dla potrzeb podejmowania decyzji.
 - Stworzenie atmosfery sprzyjającej wprowadzaniu ciągłych usprawnień we wszystkich elementach organizacji procesu produkcyjnego przez wszystkich pracowników zatrudnionych w przedsiębiorstwie. Wzorzec, do którego należy dążyć, to:
 - ◆ zerowy poziom braków,

- ◆ zerowy poziom zapasów,
- ◆ wielkości partii produkcyjnej $n = 1$,
- ◆ stuprocentowa aktualność danych.

System JIT zakłada więc ciągłą poprawę produktywności i jakości we wszystkich fazach procesu produkcyjnego. Składa się z szerokiego zbioru metod i technik: od szczegółowych technik ukierunkowanych na minimalizację strat produkcyjnych, po metody motywowania pracowników do twórczego angażowania się w procesy usprawnień na każdym stanowisku pracy. Idea produkcji JIT jest prosta: należy produkować i dostarczać gotowe wyroby dokładnie w momencie, kiedy istnieje na nie zapotrzebowanie odbiorców, dostarczać podzespoły wtedy, gdy są one potrzebne do montażu wyrobów, pojedyncze detale – w chwili montażu podzespołów, a materiały w momencie rozpoczynania obróbki detali. Cechami JIT są więc [25]:

- jakość – *0% braków* (produkcja bezbrakowa),
- ilość – *nie mniej, nie więcej* (nie produkować ani zbyt mało, ani zbyt dużo ilości),
- terminowość – *nie za wcześnie, nie za późno* (dotrzymywać dokładnego terminu dostarczania gotowych wyrobów do odbiorców).

Cele te są osiąganе w wyniku realizacji celów cząstkowych [25]:

- minimalizacji cykli produkcyjnych,
- minimalizacji wielkości partii produkcyjnych,
- minimalizacji czasów przygotowawczo-zakończeniowych,
- redukcji bądź eliminacji czynności transportowych i manipulacyjnych,
- minimalizacji liczby braków,
- redukcji bądź eliminacji przestojów pracowników i maszyn.

Kluczową zasadą JIT jest eliminacja wszystkich strat oraz minimalizacja rezerw produkcyjnych. Jego wdrożenie wymaga jednak stworzenia w przedsiębiorstwie odpowiednich warunków, do których należą m.in. [25]:

- prorynkowa orientacja przedsiębiorstwa,
- produkcja powtarzalna pewnej ograniczonej liczby jednorodnych, standaryzowanych wyrobów,
- stabilny harmonogram spływu wyrobów gotowych (ciągłość zleceń produkcyjnych),
- odpowiedni dobór i wykorzystanie zasobów (elastyczność pracowników, maszyn i wyposażenia technicznego),

- system zapewnienia jakości,
- współpraca z dostawcami,
- „ssący” system sterowania przebiegiem produkcji – *KANBAN*,
- odpowiednie techniki kierowania i motywowania pracowników.

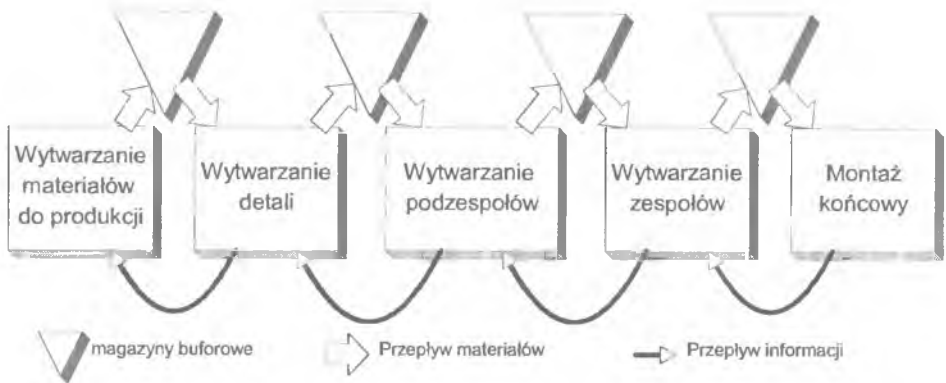
9.3. KORZYŚCI PŁYNĄCE Z ZASTOSOWANIA KONCEPCJI JIT

Konsekwentne wdrożenie zasad produkcji JIT w przedsiębiorstwie prowadzi do szeregu wymiernych korzyści. Są to [24]:

- zmniejszenie liczby braków i podniesienie jakości wyrobów, co pociąga za sobą zmniejszenie ilości odpadów produkcyjnych (racjonalizacja wykorzystania materiałów) oraz zmniejszenie strat czasu na naprawę braków,
- zmniejszenie poziomu zapasów produkcji w toku, co pociąga za sobą:
 - ♦ zmniejszenie strat z powodu oprocentowania kapitału zamrożonego w zapasach,
 - ♦ zmniejszenie powierzchni magazynowej (likwidacja magazynów, zmniejszenie powierzchni odkładczej na stanowisku roboczym),
 - ♦ zmniejszenie kosztów wyposażenia związanego z przechowywaniem zapasów,
 - ♦ redukcję kosztów ewidencji i kontroli zapasów,
- redukcja zapasu zabezpieczającego oraz usprawnianie organizacji procesu produkcyjnego w kierunku likwidowania przyczyn wywołujących potrzebę tworzenia takiego zapasu,
- zmniejszenie strat czasu pracy na przebrojenia przez stosowanie obróbki grupowej,
- elastyczność produkcji i możliwość szybkiego reagowania na zmiany koniunktury na rynku,
- możliwość szybkiego przestawiania produkcji w warunkach ograniczonego asortymentu,
- skrócenie cykli produkcyjnych, zaczynając od zakupu materiałów, a kończąc na dostarczeniu gotowego wyrobu do odbiorcy, co powoduje zwiększenie szybkości obrotu kapitału.

Powyższe korzyści cząstkowe powodują w efekcie istotną obniżkę kosztów wyrobów i wzrost efektywności produkcji.

JIT oznaczający system produkcji bez zapasów, głównie elementów składowych wyrobów finalnych, oparty jest o system *ssania*. System *ssania* rozpoczyna się od wydziału montażu wyrobów finalnych, określającego, jaki asortyment wyrobów jest przedmiotem produkcji dla danego okresu. Plan ten jest tworzony na podstawie prognozy sprzedaży. Kierownicy poszczególnych odcinków produkcyjnych na tej podstawie określają, jakie wyroby będą im potrzebne do produkcji w poszczególnych dniach miesiąca. Dotyczy to zarówno wyrobów własnych, jak i dostaw kooperacyjnych. *Ssanie* rozpoczynają wydziały montażu wyrobów finalnych, przez zamówienie elementów składowych tych wyrobów w komórkach, które je wytwarzają, lub u kooperantów. Te z kolei zamawiają swoje elementy składowe u ich wytwórców lub kooperantów (rys. 9.3). Przepływ wyrobów kontrolowany jest przez system kart *kanban*.



Rys. 9.3. Przykład systemu *ssącego* (opr. własne na podst. [3])

9.4. TECHNIKA KANBAN

Integralnym elementem systemów JIT jest metoda zarządzania produkcją *KANBAN* oparta na przepływie dokumentów w postaci kart (*kanban* – to po japońsku „kartka”, zob. rys. 9.4). Co prawda metoda ta została po raz pierwszy wdrożona w Toyota Motor Company w Japonii w latach 1950-1960, jako „system organizacji dostaw części, półfabrykatów, materiałów do produkcji w momencie wystąpienia faktycznego zapotrzebowania na te elementy” [35], jednak w Polsce jest znana od zaledwie kilkunastu lat.

Item Number 41211 – 36090			Proceeding Process Forging A-3
Item Name DRIVE PINION, FORGING			
Box Capacity 15	Box Type C	Issued No. 3/8	YA Subsequent Process

Time of Delivery 10:30  Ohashi Iron Works Store Shell No. 1 – BOTTOM	Storage Area A 1-1		Toyota Motors Haedquarters
	Item No. 53018-60011	Identification	Assembly No. 2
	Item Name ROD S/ANY RADIATOR PRESS LH	Used in FI Car Type (I)	
	21	Box Type SPECIAL	50
		Box Capacity 30	
Parts ordering Kanban			

Rys. 9.4. Przykłady kart *kanban* (Materiały szkoleniowe firmy Kramst Ltd.)

Kanbany zapewniają ściślejszą kontrolę zapasów. Zastosowanie systemów *KANBAN*, nie akceptuje tradycyjnego podejścia obserwowanego w działalności przemysłowej, polegającego na uznawaniu za cel nadrzędny wykorzystania zdolności produkcyjnej, bez względu na wydatki związane z utrzymywaniem magazynów międzywydziałowych. System *KANBAN* opiera się na zasadzie uruchamiania wytwarzania składników wyrobów dopiero wówczas, gdy pojawia się na nie zapotrzebowanie. Dzieje się tak nawet w sytuacji, gdy skutkuje to zaprzestaniem pracy robotników (są oni wówczas zajmowani innymi zadaniami, jak np. praca w kołach jakości, czy porządkowanie stanowisk pracy).

W systemie *KANBAN*, do sterowania ilością i czasem przepływu materiałów użytkowane są dwa rodzaje kart [35]:

1. *Kanban-produkcji* (zlecenia produkcyjnego), stanowiący zlecenie na wykonanie określonej liczby przedmiotów. Karta ta upoważnia do obróbki, czyli wytworzenia jednego standardowego zasobnika określonych części na stanowisku roboczym, z którego te części mają być przekazane na inne stanowisko na podstawie karty przepływu.
2. *Kanban-przepływu* (pobrania), stanowiący dokument będący podstawą pobierania produktów z poprzedniego odcinka produkcyjnego. Karta ta upoważnia do przekazania jednego standardowego zasobnika określonych części ze stanowiska, gdzie były te części produkowane, do stanowiska, gdzie powinny być zużyte.

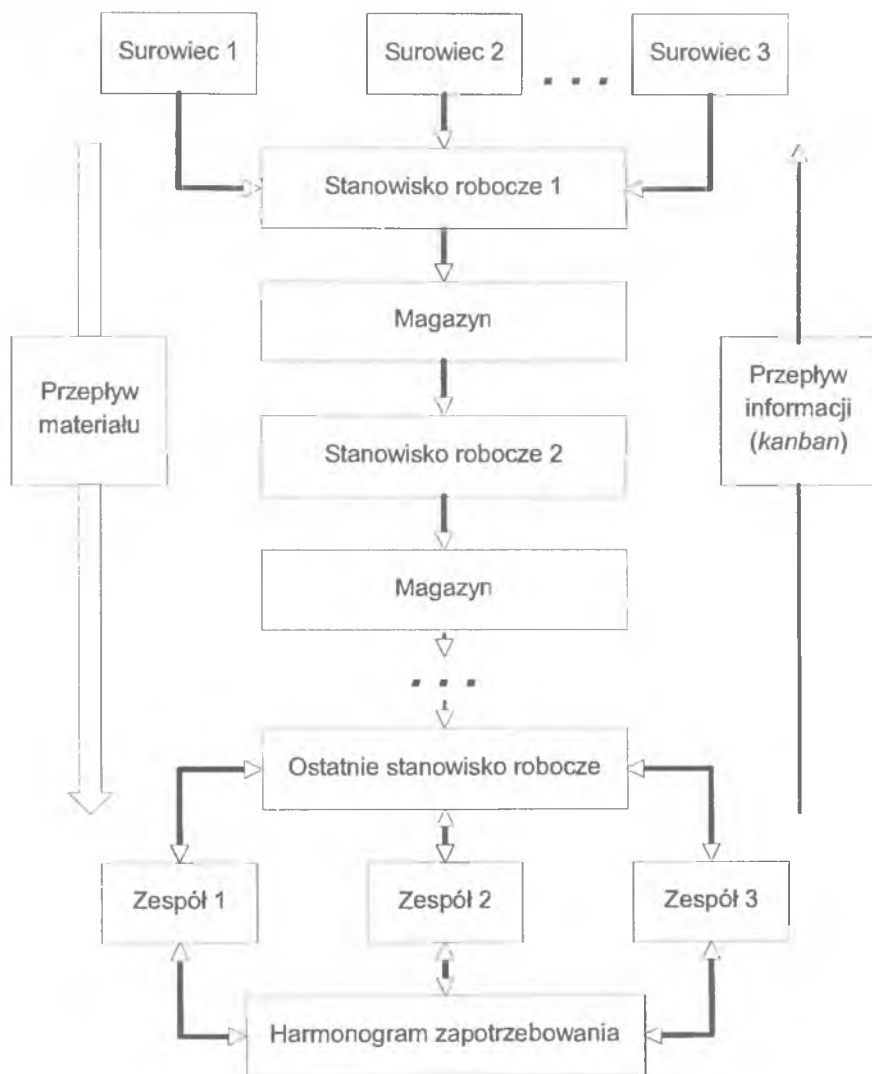
Karta przepływu jest zawsze przypięta do kontenera (pojemnika), w którym przechowuje się i transportuje stałe ilości produktów.

Punktem wyjścia przy analizie funkcjonowania systemu *KANBAN* jest harmonogram pracy wydziału montażu finalnego wyrobów. Harmonogram ten stanowi podstawę do określenia dziennego planu produkcji. Wielkość partii wytwarzanej w każdej fazie może być traktowana jako ograniczona rozmiarami pojemnika wykorzystywanego do transportu części z jednej fazy do innej. Na rys. 9.5 zamieszczono uproszczony schemat organizacji takiego systemu.

Przedsiębiorstwo wytwarza pewien asortyment wyrobów, przetwarzając je na kolejnych stanowiskach roboczych. Pomiedzy każdą parą tych stanowisk znajdują się magazyny zawierające pojemniki ze składnikami wytworzonymi przez stanowisko realizujące wcześniejszą operację. Składniki te oczekują na wykonanie kolejnej operacji w procesie któregoś z wyrobów na stanowisku następnym.

Pojemnik zawierający komponenty do montażu finalnego jest wycofywany z magazynu znajdującego się za ostatnim stanowiskiem roboczym w zamian za kartę *kanban*. Karta ta jest jednocześnie zleceniem na wytworzenie uzupełniającego pojemnika części przez ostatnie stanowisko występujące w procesie wytwarzania określonego wyrobu. Aby wytworzyć tę część, niezbędne są elementy produkowane przez stanowisko realizujące przedostatnią operację procesu, dlatego pobierany jest pojemnik z magazynu za tym stanowiskiem. W związku z tym znowu wystawiany jest *kanban* po to, aby zlecić uzupełnienie magazynu i tak dalej wstecz procesu produkcyjnego, aż do poziomu materiałów wejściowych.

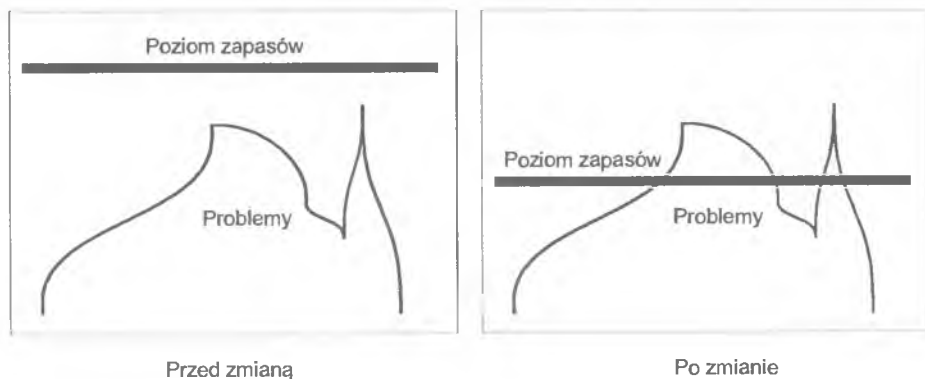
Podobne procesy dotyczą wszystkich innych wyrobów wytwarzanych w danym systemie produkcyjnym. Harmonogram montażu „ciągnie” więc produkcję przez cały system (system *pull*).



Rys. 9.5. Uproszczony schemat systemu KANBAN [38]

Harmonogram pracy każdego stanowiska roboczego zestawiany jest z dostępnych *kanbanów*, pchniętych w dół systemu zgodnie z harmonogramami montażu różnych wyrobów finalnych. Kolejność przyjmowania *kanbanów* na po-

szczególnych stanowiskach roboczych określa kolejność realizacji operacji produkcyjnych na tym stanowisku. Jeśli zatem żaden *kanban* nie dotrze na stanowisko, nie ma potrzeby wykonywania na nim żadnej operacji. Dzięki temu możliwe staje się obniżenie poziomu zapasów robót w toku (międzyoperacyjnych) oraz – w efekcie – zidentyfikowanie „wąskich gardeł” produkcyjnych, a więc problemów organizacyjnych skrywanych dotychczas pod wysokim poziomem zapasów (rys. 9.6). Dzięki identyfikacji tych problemów możliwe staje się ich stopniowe redukowanie przejawiające się zmniejszaniem liczby części w pojemnikach. W ten sposób system ulega wyrównoważeniu, przyjmując pełnię cech określanych mianem JIT.



Rys. 9.6. Identyfikacja wąskich gardeł produkcyjnych (opr. własne na podst. [40])

Aby omawiany system mógł funkcjonować efektywnie, muszą być przestrzegane następujące zasady [35]:

1. Tylko jedna karta *kanban* może być dołączona do kontenera w danym czasie.
2. Stanowisko pracy następne (odbiorca) musi inicjować ruch (przepływ) części, elementów ze stanowiska poprzedzającego (dostawca).
3. Nie można wytwarzać części bez karty *kanban*.
4. Nie można produkować lub przysyłać innych ilości produktów, niż jest wykazane w kartach *kanban*.
5. Karty *kanban* muszą być traktowane zgodnie z zasadą FIFO (*first in – first out*, tzn. „pierwsze przyszło – pierwsze wyszło”).
6. Finalne części muszą być umieszczane w punkcie przeznaczenia wykazanym w karcie *kanban*.

Liczbę kart *kanban* znajdujących się w obiegu danego systemu produkcyjnego można określić przy użyciu następującego wzoru [35]:

$$n_k = D \cdot T / P_k \quad (9.1)$$

gdzie:

- n_k – ogólna liczba pojemników (kontenerów) i odpowiadających im kart *kanban*,
- D – zapotrzebowanie na części (wyroby) właściwe dla danego stanowiska [szt./jednostkę czasu],
- P_k – liczba wyrobów w pojemniku (pojemność kontenera) [szt./pojemnik],
- T – cykl rotacji pojemnika (kontenera), zawierający czas napełniania, oczekiwania, transportu, użytkowania i zwrotu do ponownego napełnienia (jest to czas tzw. *lead time*, czyli czas upływający od momentu złożenia zamówienia do jego realizacji) [jednostki czasu].

Kanbany mogą być również wykorzystywane poza warunkami czysto produkcyjnymi, np. w zarządzaniu logistycznym, do zapoczątkowania realizacji dostaw przez dostawców surowców przy zachowaniu takiej samej zasady, że materiałów tych nie zamawia się, dopóki nie są one potrzebne. W ten sposób realizacja funkcji logistyki zaopatrzenia sprawia, że integrując dostawy surowców z realizacją zadań logistyki produkcji, dostawcy tych surowców stają się częścią całego systemu logistycznego przedsiębiorstwa.

Zastosowanie technik JIT i KANBAN przynosi wymierne efekty. W zakładach Toyota, po trzech latach funkcjonowania systemu JIT osiągnięto m.in. [13]:

- 30% wzrost produkcji,
- 60% redukcję wszelkich zapasów,
- 90% redukcję braków,
- 15% redukcję niezbędnej powierzchni produkcyjnej,
- 15% redukcję robotników bezpośrednio-produkcyjnych oraz personelu pomocniczego i administracyjno-technicznego.

Oczywiście prowadzone prace muszą mieć charakter kompleksowy. Rozwiązaniom i działaniom ściśle produkcyjnym muszą towarzyszyć procesy dodatkowe, nadające im charakter kompleksowy. Chodzi tu głównie o wzrost wymagań

jakościowych (i to zarówno w zakresie wytwarzanych wyrobów, jak i realizowanych procesów), permanentne szkolenia pracowników oraz zastosowanie nowoczesnych metod zarządzania ludźmi, charakterystycznych dla koncepcji „smukłego zarządzania” (*lean management*³, np. decentralizacja i płaska struktura organizacyjna), czy też ostatnio modny *outsourcing*⁴ i *benchmarking*⁵.

³ *Lean management* – koncepcja tzw. odchudzającego (wyszczuplającego) zarządzania, polegająca na wydzielaniu z przedsiębiorstw pewnych funkcji i obszarów oraz przeniesieniu ich do innych, wyspecjalizowanych przedsiębiorstw. Następuje udoskonalanie elementów infrastruktury logistycznej, co przyspiesza przepływ produktów oraz umożliwia organizację produkcji w systemie *just-in-time*.

⁴ *Outsourcing* – koncepcja powiązana z *lean management*, przejawiająca się wykorzystaniem kompleksowych usług oferowanych przez zewnętrznych wykonawców. Pojęcie to jest połączeniem słów: *out* (na zewnątrz) i *source* (źródło)

⁵ *Benchmarking* – „wzorcowanie”, polega na wyborze przez daną firmę wzorcowego konkurenta (najczęściej lidera danego rynku), w celu stworzenia układu odniesienia przy ocenie jej pozycji na rynku obecnie i w przyszłości.

Załączniki

Załącznik 1
Wzór karty przewodnika

	M-c	Term. Dost. J.T.	Nr zlecenia					Przewodnik				Nr spływu		
Wchodzi do		Nr przew.	Zespół	Przedmiot / czynność /				Nr rysunku		Rub.	Poz.	Typ wyrobu		
Cykl w J.T.		L.Ark.	Nr Ark.	Szt. / wyr.	Szt. / zlec.	Wydz.	Mag	Wym. mat. na szt.		Wymiar mat. żądany		Szt. m. żąd.		
T	Nazwa i cecha materiału				Norma / szt.		Nr ind. mat.		K - to		J.m.	Cena	Ilość żądana	
J.T poz	J. T. op.	Wydz.	Stanow.	Nr op.	Zar.	Kat.	tpz	D.s.	tj.	I	Szt. dobre	Braków	Nr K.Br.	Odbiór KT
	J. T. neg.	Opis operacji									Narzędzia, przyrządy, sprawdź.			Odbiór mag. m-op

Poświadczenie częściowego odbioru													
Nr op	Odbiór Nr 1			Odbiór Nr 2			Odbiór Nr 3			Odbiór Nr 4			Uwagi
	Szt. dobr	Braków	DKT	Szt. dobr	Braków	DKT	Szt. dobr	Braków	DKT	Szt. dobr	Braków	DKT	
1.	Nr karty br.		Mag. m-op.	Nr karty br.		Mag. m-op.	Nr karty br.		Mag. m-op.	Nr karty br.		Mag. m-op.	
2.													
3.													
4.													
Zmiany									Zdano do magazynu			Rozliczenie partii	
I.p.	Treść zmiany		Przyczyna		Data i podpis wagonowego				Data	Nr. dowodu	Sztuk	Uruchomiono sztuk	
												Zdano do mag. szt.	
												Braki szt.	
												Razem szt.	
												Różnica ilościowa ±	

Załącznik 2

Wzór akordowej karty pracy

										Akordowa																																							
M-c					Term. dost. J.T.					Nr zlecenia					karta pracy nr.....										Nr spływu																								
Wchodzi do					Nr przew.					Zespół					Przedmiot / czynność /					Nr rysunku					Rub.					Poz.					Typ wyrobu														
Cykl w J.T.					L.Ark.					Nr Ark.					Szt. / wyr.					Szt. / zlec.					Wydz.					Mag.					Wym. mat. na szt.					Ządany wym. mat.					Szt. żąd. m.				
Nazwa i cecha materiału															Norma / szt.										Nr ind					K - to					J.m.					Cena					Ilość żądana				
J.T.poz		J. T. op.		Wydz.		Stanow.		Oper.		Z-k		Kat.		tpz		S.szt.		tj.		T ₀		Szt. dobre		płatne		niepłatne		Szt																					
		J. T. neg.		Opis operacji										Narzędzia, przyrządy, sprawdz.										Odbiór Kt																									
Seksja Plan. - Rozdzielcza										Mistrz										Mistrz										Seksja Plan. - Rozdz.										Nr karty									
Data					godz.					podpis					podpis					data					godz.					podpis					podpis					Nr karty									
rozp.															przerw.																				Nr karty														
rozp.															przerw.																				dodat.														
rozp.															przerw.																																		
1		Nr kontr. rob.					Grupa		Nazwisko i imię					Godz. rzecz.					w tym godz		Ilość szt. płatnych		Płacić za tpz		Przeprac. n. godz.		Płaca za tpz		Płaca za szt.		Razem																		
																			50%																														
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		100%																	
17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		nocnych																			
Odcinek kontrolny akordowej karty pracy Nr..... zlec.....																																																	
Nr kontr. robot.					Stanowisko					Sztuk					Zadanych					Robotę zdano					Podpis mistrza					Seksja Plan. - Rozdz.																			
Nr przewodnika					Nr operacji										Wykonanych					dnia					godz.																								

Druga strona karty pracy

2		Nr kontr. robot					Grupa		Nazwisko i imię					Godz. rzecz.					w tym godz		Ilość szt. płatnych		Płacić za tpz		Przeprac. n. godz.		Płaca za tpz		Płaca za szt.		Razem										
																			50%																						
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		100%									
17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		nocnych											
3		Nr kontr. robot					Grupa		Nazwisko i imię					Godz. rzecz.					w tym godz		Ilość szt. płatnych		Płacić za tpz		Przeprac. n. godz.		Płaca za tpz		Płaca za szt.		Razem										
																			50%																						
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		100%									
17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		nocnych											
4		Nr kontr. robot					Grupa		Nazwisko i imię					Godz. rzecz.					w tym godz		Ilość szt. płatnych		Płacić za tpz		Przeprac. n. godz.		Płaca za tpz		Płaca za szt.		Razem										
																			50%																						
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		100%									
17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		nocnych											
5		Nr kontr. robot					Grupa		Nazwisko i imię					Godz. rzecz.					w tym godz		Ilość szt. płatnych		Płacić za tpz		Przeprac. n. godz.		Płaca za tpz		Płaca za szt.		Razem										
																			50%																						
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		100%									
17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		nocnych											

Załącznik 3
Wzór karty pobrania – Rw

Wydział – Dział		K-to syst. kosztów		Rw		Nr bieżący Rw		Nr magazynowy		3	
Konto wydziału:		Nr zlecenia:		skąd							
				dokąd							
Nr indeksu materiałowego				Nazwa materiału:							
Ilość				Cena		Wartość		Zapas – ilość			
żądana		jedm. miary									
Wystawił		Zatwierdził		Wydal		Magazyn		Pobrał		Ewidencja ilościowo – wartościowa	
Data:		Data		Data				Dzien.- konto		Poz. Podpis	

Wzór karty limitowej materiału

Wydział		Karta limitowa materiału				Numer		Miesiąc (rok)					
Nr ind. mat.		Nazwa materiału			Cecha		Wymiar		Jedm. miary				
Symbol i nazwa przedmiotu		Ilość planowana		Norma zużycia na 100 szt.		Limit wg normy		Pozostałość z poprzedniego		Do pobrania			
Limit skorygow.				Data				Podpis					
Data	Żądano		Wykonano		Zwrot		Razem wydano narastająco		Wydal		Pobrał		
Nr ind. mat.		Nazwa, cecha, wymiar			Rodz. mater		Ilość kg		Cecha		Wartość		
					N								
Data						Mat. odch.							
Dysp. mat.		Księg.		Kosztowiec		0.....							

Załącznik 6
Wzór karty braków

		Mech.	Karta braków		0348	III	21-42
Symbol przeds.	Symb. dow.	Wydział			Nr dowodu	M-c	Nr zlecenia - wyrób
M01.10.20		2	092	Razem braków	w tym:		
					naprawialnych	nienaprawialnych	
Nr części, zespołu		Nr operacji	Indeks roboty	3	-	3	
Nazwa zabrak. przedmiotu Walek główny				Nr ewidencyjny sprawcy braków	Nr stanowiska - czynność	Symbol braków	
Nazwisko i imię sprawcy braków:				1042	MW - 5	B - 20	
Opis braków – dyspozycje naprawy: nieprawidłowe nagwintowanie wałka z winy robotnika					Koszty braków z zł:		
					Materiały bezpośrednie.....		
					Koszty zakupu.....		
					Płace bezpośrednie.....		
							
					Koszty wydziałowe.....		
					Koszty ogólnozakładowe.....		
Podpis	Kontr. Techn.: (-)	Mistrz: (-)	Wydz. / Dz. winny zabrakow.		R a z e m		
			200				
Data					Odzysk		
Decyzja przekazać do izolatora braków.		Zabrakowaną ilość odebrał: (-)		Strata na brakach			
				Ilość n / godzin		0,60	
				Wystawiono dokum. na			
							
Data i podpis		Data, podpis odbierającego		Symbol dow.	Nr	Data	Podpis wystawcy

Koszty braków wg wydziałów oraz n / godziny:

Wydziały							Razem
Płace bezpośrednie							
Koszty wydziałowe							
Razem:							
ilość n / godzin							
Specyfikacja odzysku							
Dowód			Kwota w zł		Uwagi		
Symbol - nazwa	Nr	Z dnia					

(podpis)

LITERATURA

- [1] Andrzejewski B., *Metody harmonogramowania procesów produkcyjnych*, WPW, Warszawa 1983.
- [2] Beier J., Rutkowski K., *Logistyka*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 1996.
- [3] Blaik P., *Logistyka*, PWE, Warszawa 1997.
- [4] Brzeziński M., *Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych*, cz. I i II, WPL, Lublin 1997, 1998.
- [5] Brzeziński M. (red.), *Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych. Materiały do ćwiczeń i projektowania*, WPL, Lublin 1997.
- [6] Brzeziński M. (red.), *Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych i sterowania produkcją*, cz. III, WPL, Lublin 1991.
- [7] Brzeziński M. (red.), *Ćwiczenia z organizacji podstawowych procesów produkcyjnych i sterowanie produkcją*, cz. III, WPL, Lublin 1992.
- [8] Burbidge J., *Zasady organizacji produkcji*, WNT, Warszawa 1966 (tłum. z j. ang.).
- [9] Bursche J., *Podstawy metodyczne projektowania systemów sterowania produkcją*, IOPM, Warszawa 1981.
- [10] Dolińska M., *EDI – klucz do nowoczesnego biznesu*, „Przegląd Organizacji” nr 10/1994.
- [11] Dolińska M., *OPT – filozofia efektywnego zarządzania produkcją*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa” nr 1/1995.
- [12] Dolińska M., *Zintegrowane systemy zarządzania produkcją – MRP II, JIT*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa” nr 12/1995.
- [13] Durlik I., *Inżynieria zarządzania*, cz. I i II, Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa 1998.

- [14] Durlik I., *Logistyczna koncepcja planowania i sterowania produkcją*, „*Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*” nr 3/1997.
- [15] Durlik I., *Restrukturyzacja procesów gospodarczych. Reengineering. Teoria i praktyka*, Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa 1998.
- [16] Grelak K., *Optymalizacja harmonogramów realizacji procesów produkcyjnych*, WPL, Lublin 1990.
- [17] Grzybowski S., *Metoda węzłowa szeregowania procesów produkcyjnych*, ORGMASZ, Warszawa 1992.
- [18] Hammer M., *Reengineering Work: Don't Automate – Obliterate*, „*Harvard Business Review*”, VII-VIII 1990.
- [19] Hanusz T., *Planowanie wykonawcze produkcji w przedsiębiorstwie przemysłowym*, PWE, Warszawa 1972.
- [20] *Homme, Technologie: Developpements et Perspectives des Nouveaux Systemes de Production*, Atlantech, Nantes, France, 1991.
- [21] Kidd P., *Organisation, people and technology in european manufacturing*, FAST, FOP 247, Antropocentric Production Systems APS Series, vol. 3, Bruxelles 1995.
- [22] Kleniewski A., *Reengineering – gruntowna zmiana całych procesów*, „*Przegląd Organizacji*” nr 11/1997.
- [23] Knosala R. (red.), *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*, WNT, Warszawa 1999.
- [24] Kosieradzka A., *Just-in-Time*, „*Problemy Jakości*” nr 2/1993.
- [25] Kosieradzka A., Lis. S., *Produktywność. Metody analizy oceny i tworzenia programów poprawy*, PW, Warszawa 1996.
- [26] Kotler P., *Marketing*, „Gebethner i S-ka”, 1994.
- [27] Krawczyński R., *Sterowanie przepływem produkcji z zastosowaniem reguł priorytetu w zakładach przemysłu meblarskiego*, SGGW--AR, Warszawa 1990.
- [28] Kreikebaum H., *Strategiczne planowanie w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996 (tłum. z j. niem.).
- [29] Krupa K., *MRP II a zmiany struktur organizacyjnych*, „*Organizacja i Kierowanie*” nr 4/1997.
- [30] Kwiek J., *Sterowanie produkcją zmiennoseryjną*, WNT, Warszawa 1982.
- [31] Lasek M., Rudnicka J., *Problemy z wdrażaniem MRP II w przedsiębiorstwach*, „*Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*” nr 10/1996.

- [32] Lichtarski J. (red.), *Podstawy nauki o przedsiębiorstwie*, PWN, Warszawa 1997.
- [33] Lis S. (red.), *Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych i sterowanie produkcją*, cz. III, WPW, Warszawa 1978.
- [34] Lis S., Santarek K., Strzelczak S., *Organizacja elastycznych systemów produkcyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994.
- [35] Martyniak Z. (red.), *Nowoczesne metody zarządzania produkcją*, AGH, Kraków 1996.
- [36] Martyniak Z., *Hoshin – japońska metoda zarządzania*, „Organizacja i Kierowanie” nr 4/1998.
- [37] Martyniak Z., Sanak J., *Wprowadzenie do reengineeringu*, „Organizacja i Kierowanie” nr 3/1995.
- [38] Muhlemann A. P., Oakland J. S., Lockyer K. G., *Zarządzanie. Produkcja i usługi*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997 (tłum. z j. ang.).
- [39] Orlicky J., *Planowanie potrzeb materiałowych*, PWE, Warszawa 1981 (tłum. z j. ang.).
- [40] Paché G., *La logistique: enjeux stratégiques*, Librairie Vuibert, Paris 1994.
- [41] Perechuda K., *Metody zarządzania przedsiębiorstwem*, AE, Wrocław 1998.
- [42] Poznańska K., *Lean Management*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa” nr 1/1994.
- [43] Rand G. K., *MRP, JiT and OPT*, Operational Research Society, Birmingham, 1990.
- [44] Sawik T., *Planowanie i sterowanie produkcji w elastycznych systemach montażowych*, WNT, Warszawa 1996.
- [45] Szalek B. Z., *Logistyka. Wstęp do problematyki*, Wyd. Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 1994.
- [46] Sztucki T., *Marketing*, PLACET, Warszawa 1994.
- [47] Szymański K., Knosala R., *Analiza porównawcza metod MRP, MRP-II i MRP-III*, w: *Automatyzacja produkcji '97. Innowacje w technice i zarządzaniu*, tom 2. Referaty sesyjne, Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej, Seria: Konferencje, Wrocław 1997.
- [48] Turnbull P., Oliver N., Wilkinson B., *Buyer – Supplier relations in the UK automotive industry: strategic implications of the Japanese manufacturing model*, „Strategic Management Journal”, vol. 13/1992.

-
- [49] Weiss Z., Chlebus E., Knosala R., *Projektowanie współbieżne wyrobów – Concurrent Engineering*, „Przegląd Mechaniczny” nr 20/1997.
- [50] Witkowski J., *Dlaczego logistyki należy uczyć się od Japończyków?*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka” nr 3/1997.
- [51] Włoczewski J., *Planowanie produkcji w przedsiębiorstwie przemysłowym*, IWZZ, Warszawa 1988.
- [52] Wobbe W., *Anthropocentric Production Systems. A Strategic Issue for Europe*, FOP 245, FAST, APS Research Papers Series, vol. 1, Bruxelles 1991.
- [53] Wobbe W., *The Future of Industry in Europe. Overview and Resume*, La prospective – FAST, Commission of the European Communities, Brussels, 1994.
- [54] Wojciechowski T., *Marketing i logistyka na rynku środków produkcji*, PWE, Warszawa 1995.
- [55] Wróblewski K. J., Krawczyński R., Kosieradzka A., Kasprzyk S., *Reguły priorytetu w sterowaniu przepływem produkcji*, WNT, Warszawa 1984.
- [56] Wróblewski K. J., *Podstawy sterowania przepływem produkcji*, WNT, Warszawa 1993.
- [57] Yoshimori M., *Sources of Japanese competitiveness*, „Management Japan” nr 2/1992.