ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1988
Seria: AUTOMATYKA z.94 Nr kol.970

Jan Pasiak
Zakład Metod Rachunku Ekonomicznego
WSI Radom

OCENA UDZIAŁU ZASOBÓW KOMÓRKI PRODUKCYJNEJ W JEJ PROCESIE

Streszczenie. W artykule zaproponowano mierniki oceny przebiegu procesu technologicznego komórki produkcyjnej opisanego przez harmonogram obciążenia stanowisk produkcyjnych. Szczególną rolę w procesie pełnią istniejące w nim zapasy produkcji w toku. Ich zaangażowanie w proces produkcyjny komórki jest analizowane.

1. Wprowadzenie

W artykule tym zajmiemy się problemem oceny funkcjonowania wyodrębnionej w systemie produkcyjnym jego części - komórki produkcyjnej. Pomińmy problem zasadności jej wydzielenia z całości, jaką jest system produkcyjny i ustalmy, że komórka produkcyjna swoim funkcjonowaniem ma przyczyniać się do powodzenia jego działania. Ma ona określone zadania do wykonania. Są one przedstawione w postaci planów spływu wytwarzanych przez taką komórkę wyrobów. Plany spływu wskazują: co? w jakiej ilości? oraz w jakim terminie? komórka produkcyjna ma postawić do dyspozycji systemu produkcyjnego. Określone jest zasilanie surowcowe komórki dostateczne do wykonania wyrobów w oczekiwanej przez jej otoczenie ilości i asortymencie. Określone są także sposoby dokonania przetworzenia każdego z zasilających komórkę surowców w odpowiedni wyrób gotowy oddawany do systemu produkcyjnego. Podane są one jako ciągi operacji technologicznych, których wykonanie przekształca materiał dostarczany do komórki w wytwór komórki produkcyjnej. W szczególności dla każdej operacji technologicznej procesu technologicznego wyrobu finalnego komórki wskazane są możliwe do użycia w takiej operacji zasoby produkcyjne. One właśnie, a w zasadzie ich udział w funkcjonowaniu komórki produkcyjnej zajmie naszą uwagę.

Powróćmy do dość swobodnego określenia pojęcia "komórka produkcyjna". Ustalmy, że jest to twór składający się z elementów różnego rodzaju, nazwanych tu zasobami produkcyjnymi - zasobami uczestniczącymi w realizowanym przez komórkę procesie wytwarzania. Zasoby te uczestniczą w procesie komórki podlegają pod jeden - wspólny dla nich wszystkich - zarząd, który organizuje ich uczestnictwo w prowadzonym przez komórkę procesie. Ta charakterystyczna cecha - jeden wspólny zarząd - jest źródłem przyporządkowania zasobu produkcyjnego komórce i wyodrębnienia w systemie produkcyjnym zasobów "tworzących" komórkę tego systemu. Zasoby produkcyjne różnego rodzaju w określonych ilościach współorganizowane do realizacji zadania produkcyjnego tworzą wyodrębnioną w systemie produkcyjnym jego komórkę produkcyjną. Wyodrębnienie w systemie produkcyjnym komórki jest równoznaczne z przekazaniem do tej komórki uprawnień dotyczących wykorzystania, ale tylko wykorzystania zgodnego z przeznaczeniem, składających się na tę komórkę zasobów produkcyjnych w jej procesie wytwarzania. Wyodrębnienie takie skłania do dokonywania oceny właśnie wykorzystywania tych zasobów w realizacji nakładanych na komórkę produkcyjną zadań.

2. Zasoby produkcyjne współtworzące komórkę produkcyjną

Do zasobów produkcyjnych angażowanych w proces produkcyjny komórki zaliczyć możemy przykładowo: maszyny i urządzenia technologiczne, narzędzia, przyrządy i uchwyty, sprawdziany, jednostki transportu i urządzenia transportowe itd. Wyróżnienie ich nie budzi sprzeciwu, gdyż są to dobrze określone i łatwo rozróżnialne zasoby materialne, wypełniające określone funkcje w procesie wytwarzania. Na podobnej zasadzie zaliczmy do zasobów produkcyjnych komórki pracowników bezpośrednio produkcyjnych, obsługujących maszyny i urządzenia służące do realizacji prowadzonego w komórce produkcyjnej jej procesu technologicznego. Charakteryzują ich indywidualne albo grupowe cechy, z których istotne dla realizowanego procesu technologicznego są umiejętności wykonania określonych i wskazanych operacji technologicznych występujących w procesie wytwarzania komórki. Podobną cechą charakteryzuje się każda z maszyn. Ze względu na swą specjalizację wynikającą z jej konstrukcji i przeznaczenia może ona podejmować wykonywanie jedynie niektórych operacji technologicznych realizowanych w procesie wytwarzania komórki. Wśród pracowników specjalizacja, ograniczająca możliwość przydziału pracownikowi wykonywania operacji technologicznej procesu wytwarzania, wynika z ich kwalifikacji zawodowych skojarzonych z trudnością wykonania operacji technologicznej. Poziom kwalifikacji zawodowych może zdecydować przykładowo o braku możliwości obsługi przez pracownika określonej maszyny lub urządzenia.

Proces komórki produkcyjnej wymaga udziału jej zasobów produkcyjnych w poszczególnych czynnościach /operacjach/ składających się na ten proces. Zasoby powoływane do wykonania operacji uwalniane są po jej zakończeniu /zasoby odnawialne [5,6]/. Specyfika operacji procesu ustala czas, przez który oddane do jej dyspozycji zasoby nie są dostępne dla innego ich wykorzystania. Operacja w procesach charakterystycznych dla przemysłu elektromaszynowego nie może być przerwana przed terminem jej ukończenia /operacje niepodzielne [5,6]/. Specyfika operacji ustala wymagania w zakresie kompletu zasobów produkcyjnych angażowanych przez operację w trakcie jej wykonywania

wania. Mamy tu także do czynienia z ograniczeniami możliwości skojarzenia zasobów w ich komplet o własnościach dostatecznych dla wykonania operacji. Od własności kompletu zasobów produkcyjnych powołanych do przeprowadzenia operacji procesu może zależeć czas jej trwania.

3. Przedmioty produkcji i ich udział w procesie komórki

Inną grupę zasobów komórki produkcyjnej, grupę zasobów o charakterze odmiennym niż rozważane powyżej, tworzą materiały podlegające przetwarzaniu w procesie technologicznym komórki produkcyjnej. Są to przedmioty produkcji ($x, y \in P$), pojawiające się jako materiały oraz wytwory realizowanego przez komórkę procesu technologicznego. Wśród nich wyróżnić można:
- surowce ($x \in P_{SUR}$) jako przedmioty produkcji, które nie są wytwarzane w obrębie komórki produkcyjnej i jej procesu technologicznego; są one dostarczone do komórki z jej otoczenia, jako jej zasilenie surowcowe;
- wyroby finalne ($x \in P_{FIN}$), jako takie przedmioty produkcji, które nie podlegają przetwarzaniu w operacjach procesu technologicznego komórki, tj. nie są materiałami żadnej z możliwych do wykonania w komórce operacji technologicznych; są one przekazywane do otoczenia komórki w celu ich dalszego wykorzystania;
- półfabrykaty ($x \in P_{FAB}$), jako takie przedmioty produkcji, które mogą /choć nie zawsze muszą/ uczestniczyć w dalszym ich przetwarzaniu w operacjach technologicznych procesu komórki; są one przetwarzane w wyroby finalne albo jako tzw. wyroby gotowe przekazywane do otoczenia.

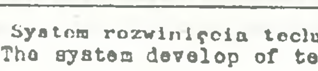
Jak pokażemy to, udział w procesie produkcyjnym komórki każdej z wyróżnionych grup przedmiotów produkcji jest udziałem o innym charakterze. Zasobów produkcyjnych grupy "przedmioty produkcji" nie można traktować jako odnawialnych.

W każdej chwili dyskretnego procesu produkcyjnego występuje pewien zbiór przedmiotów produkcji, które w danej chwili nie podlegają obróbce w zainicjowanych operacjach technologicznych. Tworzą one tzw. zapas produkcji w toku. W różnych dostatecznie odległych chwilach mamy do czynienia z różnymi zbiorami przedmiotów produkcji. W procesie produkcyjnym komórki występuje więc wiele zbiorów przedmiotów produkcji, z których żaden nie wystarcza dla określenia tego procesu [1]. Przyjmijmy jako zbiór przedmiotów produkcji zbiór: $\overline{P} = \overline{P}_{t_0} \cup \overline{P}_{t_1} \cup \ldots \cup \overline{P}_{t_K}$, gdzie t_o, t_K są chwilami rozpoczęcia i zakończenia procesu, a zbiór $\overline{P}_{t_i}$ jest zbiorem zapasów produkcji w toku występujących w komórce w chwili t_i. W zbiorze $\overline{P}$ wyróżnić można na ogół podzbiory przedmiotów produkcji, tak do siebie podobnych, że różnice występujące pomiędzy nimi mogą być stwierdzone dopiero przy zastosowaniu przyrządów pomiarowych. Podobieństwo to pozwala na wprowadzenie pojęcia "rodzaju" przedmiotów produkcji jako zbioru wszystkich przedmiotów produkcji podobnych. W praktyce produkcyjnej pojęcie takie wprowadza się jako "indeks materiałowy". Wszystkie parami podobne przedmioty produkcji są oznaczane i identyfikowane wspólnym symbolem zwanym właśnie indeksem materiałowym. W praktyce dwa przedmioty $x,y \in P$ uważa się za <u>przedmioty produkcji podobne</u>, co zapiszemy $x \simeq y$, gdy nie są one rozróżnialne w sensie warunków technicznej kontroli jakości, określonych w dokumentacji technologicznej lub konstrukcyjnej. Przedmioty produkcji x, y są albo do siebie podobne ($x \simeq y$) i zaliczymy je do tej samej klasy przedmiotów produkcji oznaczonej danym indeksem materiałowym, albo należą do rozłącznych klas przedmiotów produkcji w zbiorze $\overline{P}$ identyfikowanych różnymi indeksami.

Niech D oznacza <u>zbiór operacji technologicznych</u> i niech związek pomiędzy D i P wyraża inkluzja: $D \subset \overline{P}/_{\simeq} \times \overline{P}/_{\simeq}$, gdzie $\overline{P}/_{\simeq}$ jest rodziną klas abstrakcji co najmniej dwuelementową i skończoną w zbiorze $\overline{P}$ [1]. <u>Operacje technologiczne</u>, a więc elementy zbioru D są parami klas abstrakcji $(|x|, |y|)$, przy czym $x, y \in \overline{P}$, a symbolem $|x|$ oznaczamy klasę przedmiotów produkcji podobnych w sensie relacji $\simeq$. Przyjmijmy, że $(|x|, |y|) \in D$, wtedy i tylko wtedy, gdy w dokumentacji technologicznej procesu znajduje się instrukcja technologiczna operacji d, zgodnie z którą przedmioty klasy $|x|$ są przetwarzane w przedmioty klasy $|y|$. Parę taką $(|x|, |y|)$ uznamy za <u>model operacji</u> d, przyjmując równość $d = (|x|, |y|)$. Dla uproszczenia zapisu w dalszej części artykułu pomijać będziemy rozróżnienie przedmiotu produkcji $x \in \overline{P}$ oraz klasy przedmiotów podobnych $|x| \in \overline{P}/_{\simeq} = P$. Nie powinno to prowadzić do nieporozumień, gdyż każde dwa przedmioty x_1, x_2 takie, że $x_1 \simeq x_2$, wypełniać mogą w procesie produkcyjnym te same funkcje. Tak więc, zgodnie z przyjętymi tu oznaczeniami: $D \subset P \times P$, a jako model operacji $d \in D$ przyjmiemy $d = (x,y)$, gdzie $x,y \in P$.

System $\{P,D,\simeq\}$ jest <u>rozwinięciem technologicznym</u> przedmiotów produkcji ze zbioru P. Operacje zbioru D wprowadzają bowiem częściowy porządek, definiujący graf rozwinięć technologicznych przedmiotów z P. Określone zostaje przez to dopuszczalne postępowanie z przedmiotami produkcji oddanymi do dyspozycji komórce produkcyjnej. Mogą one być przekształcane jedynie zgodnie z normą opisaną przez system $\{P,D,\simeq\}$. Identyfikacja przedmiotów produkcji następuje na poziomie materiałów i wytworów operacji technologicznej. Zauważmy, że $P = P_{SUR} \cup P_{FAB} \cup P_{FIN}$.

Poddajmy analizie charakter uczestnictwa przedmiotów produkcji w procesie technologicznym komórki. Rozważmy przykład, dla którego ilustracją jest rysunek 1. Przedstawia on rozwinięcie technologiczne przedmiotów produkcji zbioru P. Zauważmy: $x \in P_{SUR}$, $y \in P_{FAB}$ oraz $z \in P_{FIN}$. Przedmioty klasy x są w procesie jedynie zużywane przez operację $d_1 = (x,y)$. Zużycie



$d_1 = (x, y)$ $P = \{x, y, z\}$

$d_2 = (y, z)$ $D = \{d_1, d_2\}$

Rys. 1. System rozwinięcia technologicznego $\{P,D,\simeq\}$.
Fig.1. The system develop of technological $\{P,D,\simeq\}$.

ich może być ograniczone w okresie realizacji procesu liczbą dostępnych przedmiotów tej klasy w początkowej chwili procesu. Intensywność zużywania tych przedmiotów jest natomiast zależna od dwu czynników: zapotrzebowania na przedmioty x wynikającego ze specyfiki operacji d_1 oraz intensywności inicjowania operacji d_1 w procesie. Ta ostatnia jest wynikiem zapotrzebowania na wytwarzanie przedmiotów y powstających w operacji d_1 /wytworów tej operacji/, a także zależna jest od dostępności kompletu odnawialnych zasobów produkcyjnych w kolejnych chwilach procesu. Jak widać z powyższego opisu, natura ograniczenia zużycia przedmiotów produkcji $x \in P_{SUR}$ jest wysoce złożona, a zasób ten zaliczyć można do kategorii podwójnie ograniczonych [2,5,6]. Przedmioty klasy z są w procesie jedynie wytwarzane przez operację d_2. Zasób ten nie mieści się wśród kategorii zasobów klasyfikowanych w [2,5,6] . Podobne kłopoty ze sklasyfikowaniem nastręcza zasób $y \in P_{FAB}$, który z jednej strony podlega regułom zużywania w operacji d_2 /jak $x \in P_{SUR}$/ oraz jednocześnie regułom wytwarzania przez operację d_1 /jak $z \in P_{FIN}$/. Ponieważ jednak trudno odmówić przedmiotom produkcji przyjętej dla nich kwalifikacji jako zasoby - są nimi bez wątpienia - wyróżnijmy te zasoby nazwą <u>zasobów procesowych</u>, dla uwypuklenia istotnej więzi z procesem, który współtworzą wraz z zasobami produkcyjnymi /odnawialnymi/.

4. <u>System normatywny, zadanie produkcyjne, harmonogram procesu</u>

Rozważana komórka produkcyjna wyodrębniona w systemie produkcyjnym wyposażona została we właściwe jej zasoby produkcyjne. Możliwy do prowadzenia przez nią proces technologiczny wskazało rozwinięcie technologiczne przedmiotów zbioru P. Do powyższych dołączmy normy, które określają udziały zasobów produkcyjnych i procesowych w procesie technologicznym prowadzonym w komórce. Udział zasobów produkcyjnych określą <u>normy czasowe</u> oraz <u>normy skojarzenia</u>. Udział zasobów procesowych w procesie technologicznym określą <u>normy zużycia</u> oraz <u>normy wytworzenia</u> przedmiotów produkcji. Każdą z tych norm określać będziemy w odniesieniu do jednokrotnej realizacji operacji technologicznej $d \in D$. Dla uproszczenia zapisu w dalszych rozważaniach przyjmijmy, że dokonane zostało w pewien sposób skojarzenie zasobów produkcyjnych komórki w pewne rozłączne komplety zasobów produkcyjnych. Taki komplet zasobów nazywać będziemy <u>stanowiskiem</u>. Skojarzenie to dokonane zostało na cały okres realizacji procesu komórki (t_o, t_k). Przeprowadzenie takiej operacji wyodrębnienia rozłącznych zasobowo stanowisk nie jest działaniem banalnym. Określa ono strukturę produkcyjną komórki, która swą postacią wywiera znaczący wpływ na przebieg procesu produkcyjnego komórki. Jednak ocena udziału zasobów komórki w jej procesie nie jest zależna od sposobu przeprowadzenia i niezmienności przyjmowanych skojarzeń zasobów produkcyjnych w ich komplety - stanowiska. Prowadzona ona jest w sposób niezależny od wydzielania stanowisk i tym uzasadnić można przyjęte tu uproszczenie. Niech S oznacza <u>zbiór stanowisk produkcyjnych</u>, na których realizuje się proces produkcyjny konkretnych operacji technologicznych $d \in D$. Pomiędzy operacjami oraz stanowiskami istnieje relacja zwana wykonalnością operacji na stanowisku. Operację $d \in D$ nazwiemy wykonalną na stanowisku $s \in S$, co zapiszemy: $d \nearrow s$, gdy instrukcja technologiczna operacji d dopuszcza jej wykonanie przy użyciu zasobów produkcyjnych tworzących stanowisko s. Założymy dalej, że każdej operacji $d \in D$ przyporządkować można jej niepustą reprezentację w zbiorze S, a więc $S_d = \{s \in S;\ d \nearrow s\} \neq \{\}$. Powyższe ustalenia wyznaczają normę skojarzenia stanowisk $s \in S$, reprezentujących tu zasoby produkcyjne komórki z operacjami $d \in D$. Normy czasowe wyrażające zaangażowanie w czasie stanowisk w jednokrotną realizację operacji $d \in D$ określimy poprzez funkcje: tj /czas jednostkowy/ oraz tpz /czas przygotowawczo-zakończeniowy/, przy czym: tj, tpz: $D \rightarrow N$. Założymy, że $tj(d) > 0$ oraz $tpz(d) \geqslant 0$, dla każdego $d \in D$. Normy materiałowe, wyznaczające ilościowo zużywanie oraz wytwarzanie materiałów oraz wytworów operacji $d \in D$, określimy poprzez funkcje mat oraz wyt, przy czym: mat,wyt: $D \times P \rightarrow N$. Założymy, że $mat(d,x) \geqslant 0$ oraz $wyt(d,x) \geqslant 0$, dla każdego $d \in D$ oraz $x \in P$.

Systemem normatywnym produkcji nazwiemy system relacyjny [1]: $Z = \{P, D, S;\ \cong, \nearrow, tj, tpz, mat, wyt\}$, gdy spełnione są w nim przyjęte powyżej założenia. Jest to jedna z prostszych sytuacji charakterystycznych dla procesu wytwarzania, w której realizowany proces nie zawiera operacji typu montażu oraz operacji typu cięcia wieloasortymentowego. Rozszerzenia w tym zakresie systemu normatywnego Z można uzyskać wprowadzając inny model operacji technologicznej [1]. Przyjmując założenie: dla każdego $d \in D$ $mat(d,y) = wyt(d,y)$ 0,1 , otrzymamy system normatywny wytwarzania części, w którym wprowadzony do komórki surowiec zmienia w procesie technologicznym jedynie swoją postać, nie podlegając podziałowi ani łączeniu. Proces produkcyjny określony nad systemem normatywnym wytwarzania części jest procesem najczęściej występującym w praktyce przemysłowej. Dalsze rozważania ograniczymy do procesów określonych nad takim systemem.

Niech funkcja q - zapas początkowy - przedmiotów produkcji w chwili początkowej t_o pewnego procesu komórki, określona w zbiorze przedmiotów produkcji a przyjmująca wartości w zbiorze liczb naturalnych, oznacza liczbę przedmiotów $x \in P$, dostępną dla procesu komórki $(q(x) \geqslant 0)$. Niech funkcja p - plan produkcji - określona jak funkcja q $(p,q: P \rightarrow N)$, oznacza zapas przedmiotów produkcji w chwili końcowej t_k pewnego procesu komórki, dostępnych dla otoczenia komórki $(p(x) \geqslant 0)$. Funkcja ta określa liczbę przedmiotów $x \in P$, które komórka w chwili t_k stawia do dyspozycji jej otoczenia /plan spływu wytworów komórki/. Z przedmiotów produkcji w ilościach $q(x)$, dla $x \in P$, w procesie wytworzyć należy $p(x)$, dla $x \in P$, przedmiotów produkcji, przy czym realizowany proces respektować winien ustalenia określone przez system normatywny Z, do którego należy zbiór P. Jako zadanie produkcyjne przyjmiemy system $\{Z, p, q\}$, gdzie Z oznacza system normatywny produkcji, do którego należy zbiór P, będący dziedziną funkcji p i q. Zadanie produkcyjne $Z = \{Z; p, q\}$ określa zbiór przedmiotów produkcji $\overline{P}_{t_o}$ istniejący w chwili inicjowania procesu, zbiór $\bar{P}_{t_k}$ przedmiotów produkcji, których pojawienie oczekiwano jest w chwili ukończenia procesu oraz normuje dopuszczalny sposób dokonania takiego przetworzenia i normatywny udział zasobów produkcyjnych i procesowych w prowadzonym procesie. Założymy: $q(x) = 0$ dla $x \in P_{FIN}$ oraz $p(x)=0$ dla $x \in P_{SUR}$. Wykonanie wyrobów gotowych w ilościach $p(x)$ wymaga na ogół wytworzenia pewnej ilości półwyrobów ($x \in P_{FAB}$)nie objętych planem p. Zachodzi więc potrzeba wprowadzenia kolejnej funkcji, którą oznaczymy symbolem Kpq, określającej wielkość produkcji dla każdego przedmiotu $x \in P$. Funkcję tę - <u>plan szczegółowy przedmiotowy</u> - określimy jak niżej:

$$Kpq(x) = \begin{cases} p(x) & , \text{ dla } x \in P_{FIN}, \\ \max\left[0,\ p(x) + \sum_{y \in A(x)} Kpq(y) - q(x)\right], & \text{ dla } x \notin P_{FIN}, \end{cases}$$

gdzie $A(x) = \{x \in P: d = (z,x) \in D\}$. Zadanie $Z = \{Z,p,q\}$ posiada <u>zapas początkowy q dostateczny na pokrycie planu p</u>, jeżeli dla każdego $x \in P_{SUR}$ zachodzi związek [1]: $\sum_{y \in B(x)} Kpq(y) \leqslant q(x)$, gdzie $B(x) = \{z \in P: d=(x,z) \in D\}$.

Rozkład obciążeń stanowisk komórki w czasie przedstawia się zazwyczaj jako harmonogram obciążenia stanowisk - wykres w układzie dwu osi prostokątnych, z których pozioma oznacza czas, a pionowa zawiera w stałych odstępach czasu punkty oznaczające stanowiska. Punkty wykresu wyznaczone przez stanowisko oraz chwilę czasu interpretuje się jako operację obciążającą stanowisko. Harmonogram tej postaci jest funkcją odwzorowującą iloczyn SxT na D, gdzie T oznacza oś czasu. Nie zawsze stanowisko jest obciążone operacją $d \in D$, a więc dopuśćmy taką sytuację, wprowadzając operację przestoju "e" wykonalną na każdym stanowisku $s \in S$ ($e \not\to s$), o następujących normach $tpz(e)=\emptyset$, $tj(e)=-1$, uważając, że materiał operacji e oraz jej wytwór nie jest elementem zbioru P ($M(e) \notin P$ oraz $W(e) \notin P$, gdzie $M(d) = x$, $W(d) = y$, jeśli $d = (x,y)$). Rozszerzamy tym samym zbiór D do zbioru $D \cup \{e\}$ i uznajemy: $h \in (D \cup \{e\})^{SxT}$. Funkcja h jest harmonogramem w systemie normatywnym I, jeżeli spełnia ona poniższe trzy warunki: * jest przedziałami stała względem czasu i jeśli $h(s,t) = d$, to przedział stałości zawierający chwilę t ma długość równą $tpz(d) + tj(d) \cdot k$, gdzie k jest dowolną liczbą dodatnią oznaczającą długość obciążającej stanowisko partii operacyjnej, * jeśli $h(s,t) = d$, to $d \nearrow s$, * dla wszystkich chwil $t \in T$ oraz operacji $d \in D$ jest funkcją prawostronnie ciągłą ($h(s,t) = h(s,t+\varepsilon)$). Funkcję h nazwiemy <u>dostosowaną</u> do zadania Z, to jest obciążającą stanowiska w sposób celowy, zmierzający do wykonania planu p z zasobów q, jeżeli respektuje ona kolejne trzy warunki: * respektowania zasobów materiałowych, * respektowania planu, * pokrycia planu, określone przez zadanie produkcyjne Z. Sformułowanie tych warunków wymaga wprowadzenia dalszych oznaczeń. Niech $L^+(x,t)$ oznacza liczbę przedmiotów produkcji klasy x wytworzonych w procesie w okresie (t_o, t). Mamy: $L^+(x,t_o) = \emptyset$. Niech $L^-(x,t)$ oznacza liczbę przedmiotów produkcji klasy x zużytych w procesie przez okres (t_o,t). Niech $L(x,t)$ oznacza zasób przedmiotów klasy x w chwili t procesu, a więc: $L(x,t) =$

$= q(x) + L^+(x,t) - L^-(x,t)$, dla $x \in P$ oraz $t \in T$. Niech $K(x,t)$ oznacza liczbę przedmiotów produkcji klasy x, jaką począwszy od chwili t należy jeszcze wykonać, aby zaspokoić żądania planu produkcji, w szczególności planu szczegółowego przedmiotowego Kpq. Określimy ją następującą: $K(x,t) = Kpq(x) - L^+(x,t)$, dla $x \in P$ oraz $t \in T$, przy czym $K(x,t_o) = Kpq(x)$, dla $x \in P$. Określenia wymagają jeszcze funkcje $L^+(x,t)$ oraz $L^-(x,t)$, które uzależnione są od harmonogramu h reprezentującego to obciążenie. Chwilami charakterystycznymi w gospodarowaniu przedmiotami produkcji są chwile, w których przedmioty te są zużywane jako materiały operacji oraz chwile, w których jako wytwory kończonych operacji technologicznych powiększają zasoby przedmiotowe komórki. Niech funkcja h^* jest <u>widmową harmonogramu h</u> określoną na iloczynie SxT i przyjmującą wartości w zbiorze $\{0,1\}$, według zależności:

$$h^*(s,t) = \begin{cases} 1, & \text{dla par } (s,t) \text{ w każdej chwili } t, \text{ gdy stanowisko } s \text{ zaczyna się przezbrajać oraz gdy kończy się na tym stanowisku operacja } d \text{ i rozpoczyna następna taka sama;} \\ 0, & \text{dla pozostałych par } (s,t) \in S \times T; \end{cases}$$

Jeśli $h^*(s,t) = 1$, to w chwili t na stanowisku s rozpoczyna się operacja $d = h(s,t)$ albo kończy się operacja $h(s,t) = d$ i bezpośrednio po niej inicjowana jest operacja taka sama. Mamy teraz [1, 4]:

$$L^+(x,t) = \sum_{s\in S} \sum_{\tau\in(0,t)} \left[h^*(s,\tau)\cdot \delta^x_{W(h(s,\tau-\emptyset))}\right], \quad \text{dla} \quad t > \emptyset ;$$

$$L^-(x,t) = \sum_{s\in S} \sum_{\tau\in(0,t)} \left[h^*(s,\tau)\cdot \delta^x_{M(h(s,\tau))}\right], \quad \text{dla} \quad t \geqslant \emptyset ;$$

gdzie $M(d) = x$, a $W(d) = y$, gdy $d = (x,y)$ oraz $\delta^A_B = 1$, dla $A = B$ i $\delta^A_B = 0$ dla $A \neq B$. Powrócić teraz możemy do wskazania warunków wymaganych od funkcji h do uznania jej za dostosowaną do zadania Z. Są to trzy następujące warunki [1]: * respektowania zasobów: $\forall (x \in P,\ t \in T)[L(x,t) \geqslant 0]$, * respektowania planu: $\forall (x \in P,\ t \in T)[K(x,t) \geqslant 0]$, * pokrycia planu: $\forall (x \in P)[K(x, c_h) = 0]$, gdzie c_h jest cyklem harmonogramu h, przy czym $c_h = \max_{s\in S} (\{\tau \in T: \forall (t > \tau)[h(s,t) = e]\})$.

Parę $\{Z, h\}$ uznamy za <u>model procesu technologicznego</u>, gdy $Z = \{Z, p, q\}$ jest zadaniem produkcyjnym określonym nad systemem normatywnym Z, a zasoby q wystarczają na pokrycie planu p oraz gdy h jest harmonogramem w systemie normatywnym Z, harmonogramem dostosowanym do zadania Z. Zbiór harmonogramów tworzących z zadaniem Z model procesu $\{Z,h\}$ nazwiemy <u>rozmaitością harmonogramów określoną nad zadaniem Z</u> i oznaczymy symbolem H. Ograniczenia liczności tego zbioru przedstawiono zostały w [.]. Ocenie udziału zasobów komórki w jej procesie poddawane będą procesy $\{Z,h\}$, gdzie $h \in H$.

5. <u>Ocena wykorzystania funduszu czasu zaangażowania zasobów produkcyjnych komórki</u>

Funkcjonowanie komórki produkcyjnej może być oceniane w różnorodnych

aspektach. Nasz model procesu technologicznego komórki stwarza możliwości takiej oceny poprzez wyznaczanie udziału zasobów produkcyjnych komórki w realizacji jej zadania Z. Zauważmy, że cel procesu wytwarzania w odniesieniu do każdego przedmiotu produkcji wskazany jest, w zakresie ilościowym, funkcją plan szczegółowy Kpq, a jego przebieg w czasie wyznacza harmonogram h. Stanowiska technologiczne reprezentujące tu zasoby produkcyjne komórki, z punktu widzenia procesu komórki, nie zużywają się. Są one "wypożyczone" dla dokonania obsługi przedmiotów produkcji w operacjach $d \in D$ i uwalniane po jej zakończeniu. Rozważając udział stanowisk w realizacji zadania, można rozgraniczyć udział czynny - ten okres czasu, w którym stanowisko realizuje operacje technologiczne wymagane przez zadanie komórki Z. W horyzoncie realizacji zadania Z stanowiska są przezbrajane do operacji technologicznych oraz mogą być bezczynne. Wtedy udział w realizacji zadania Z jest bierny. Udział czynny stanowisk w realizacji zadania Z jest stały i nie jest zależny od czasu, w jakim zadanie zostanie wykonane. Wyrażając ten udział w czasie przyjmijmy za jego reprezentację składową aktywną procesu A_Z. Wartość jej określi wyrażenie: $A_Z = \sum_{d \in D} [tj(d) \cdot Kpq(W(d))]$.
Czas bierny stanowisk rozpatrywany być może w horyzoncie realizacji zadania, ograniczonym poprzez cykl harmonogramu C_h, gdzie $\{Z,h\}$ jest modelem procesu. Składowa bierna procesu B_h wyznaczona wyrażeniem: $B_h = C_h \cdot card(S) - A_Z$; gdzie: $\{Z,h\}$ jest modelem procesu, określi czas bierny stanowisk w realizacji zadania Z według harmonogramu h. Składową bierną procesu B_h rozdzielić można, zgodnie z jej przeznaczeniem, na składową bierną z tytułu przezbrojeń stanowisk B_h' oraz składową bierną z tytułu przestojów stanowisk B_h''. Dla realizacji zadania Z wymaga się wykonywania operacji $d \in D$. W procesie takim co najmniej jeden raz uzbrojone musi zostać jedno ze stanowisk $s \in S_d$ dla wykonania operacji d, o ile jej wykonanie jest konieczne. Składowa bierna B_h' jest ograniczona czasem koniecznych przezbrojeń, które występują w realizacji zadania Z. Konieczny czas przezbrojeń w realizacji zadania Z (oznaczymy ten czas symbolem B_Z') wyrazi minimalną wartość składowej biernej B_h' w procesie $\{Z,h\}$, a więc dla każdego $h \in H$ mamy $B_Z' \le B_h'$. Wartość ograniczenia B_Z' określa wyrażenie: $B_Z' = \sum_{d \in D} [tpz(d) \cdot (1 - \delta^{o}_{Kpq(W(d))})]$. Fundusz czasu procesu $\{Z,h\}$ wyrazić teraz można: $card(S) \cdot C_h = A_Z + B_h = A_Z + B_h' + B_h''$.

Cykl harmonogramu h procesu $\{Z,h\}$, gdzie $h \in H$ jest ograniczony od dołu. Dolne ograniczenie cyklu realizacji zadania Z (oznaczymy je symbolem C_Z) przyjmuje wartość: $C_Z = (A_Z + B_Z')/\ card(S)$. Składową aktywną procesu $\{Z,h\}$ oraz jej składowe bierne B_h' i B_h'' określić można w funkcji harmonogramu.

Udział stanowisk komórki w procesie wyrażony jest ich obciążeniem przez operacje w cyklu realizacji zadania Z wskazanym przez harmonogram h tego zadania. Sprawność czasową harmonogramu h określimy, za [1], jako stosunek składowej aktywnej procesu $\{Z, h\}$ do funduszu czasowego harmonogramu i oznaczymy symbolem η_h^T, a więc: $\eta_h^T = A_Z/C_h \cdot card(S) = A_Z/(A_Z + B_h)$.

Jeżeli dwa harmonogramy h i g tworzą modele procesu $\{Z,h\}$ oraz $\{Z,g\}$, a więc $h,g \in H$, to trzy poniższe warunki są równoważne: $\eta_h^T > \eta_g^T$; $C_h < C_g$; $B_h < B_g$. Maksymalizacja sprawności harmonogramu równoważna jest minimalizacji jego cyklu lub składowej biernej. Z zadaniem Z związano są jego graniczne sprawności czasowe: sprawność czasowa górna $\overline{\eta}^T$ oraz sprawność czasowa dolna $\underline{\eta}^T$. Sprawność $\overline{\eta}^T$ osiągnie proces, którego składowa bierna jest minimalna, a więc $B_h'' = 0$, i $B_h' = B_g'$. Mamy więc: $\overline{\eta}^T = A_g/(A_g + B_g')$. Sprawność dolna $\underline{\eta}^T$ wyznaczona może być przy założeniu występowania w harmonogramie składowej biernej maksymalnej, ale bez naruszenia zwartości harmonogramu. Jest tak, gdy w okresie cyklu harmonogramu w każdej chwili obciążone jest jedno i tylko jedno stanowisko, a każda inicjacja operacji technologicznej jest obłożona przezbrojeniem. Mamy więc: $\underline{\eta}^T = A_g/(\mathrm{card}(S) \cdot \sum_{d \in D}[(tpz(d) + tj(d)) \cdot Kpq(W(d))])$. O ile w przestrzeni H istnieją harmonogramy o sprawności czasowej dolnej, o tyle nie istnieje sposób na rozstrzygnięcie istnienia w tej przestrzeni harmonogramu o sprawności czasowej górnej.

6. Ocena wykorzystania zasobów procesowych komórki

Przez okres (t_o, C_h) przedmioty produkcji w różnych stadiach przetworzenia są zapasem produkcji w toku realizowanego procesu. Są w takim procesie zużywane i wytwarzane. W chwili $t \in (t_o, t_k)$ pewna ilość przedmiotów "skierowana" jest do obsługi w operacjach $h(s,t) = d$, obciążających stanowiska $s \in S$. Zostaną one przetworzone w wytwory operacji $h(s,t)$ i będą w dyspozycji do dalszej ich obsługi w chwilach kończenia poszczególnych operacji realizowanych w chwili t. Przedmioty dostępne dla przetwarzania w procesie $\{Z, h\}$ wskazuje funkcja $L_h(x,t)$, dla $x \in P$. Niech funkcja L_h^o określi zapas przedmiotów $x \in P$, pozostających w każdej chwili t procesu $\{Z, h\}$ w obsłudze – zapas niedostępny do obciążenia stanowisk operacjami w chwili t. Określona jest w $P \times T$, a wartości przyjmuje w zbiorze liczb całkowitych nieujemnych. Równość $L_h^o(x,t) = a$ oznacza, że "a" przedmiotów $x \in P$ w chwili t przetwarzanych w operacjach $h(s,t)$. Wartości funkcji L_h^o, dla każdego $x \in P$ oraz $t \in T$, określi równość: $L_h^o(x,t) = \sum_{s \in S} \delta^x_{M(h(s,t))}$. Zapas przedmiotów produkcji w toku $\tilde{L}_h$ w procesie $\{Z,h\}$ dla każdego przedmiotu $x \in P$ oraz każdej chwili $t \in T$, określi równość: $\tilde{L}_h(x,t) = L_h(x,t) + L_h^o(x,t)$. Jeżeli w procesie zadania Z nie występuje operacja cięcia lub montażu, jak zostało to założone, to liczba przedmiotów produkcji nie ulega zmianie, a więc zachodzi równość: $\sum_{x \in P} q(x) = \tilde{L}_h(x,t)$, dla każdego $t \in (t_o, t_k)$. Ilość przedmiotów produkcji w okresie realizacji zadania $Z = \{Z,p,q\}$ jest stała. Jeżeli q jest zapasem koniecznym i dostatecznym na pokrycie planu p, to także zapas przedmiotów produkcji w toku jest ilościowo najmniej licznym zapasem wymaganym w realizacji zadania Z. Rozmiarem zapasu produkcji w toku R_h w procesie $\{Z,h\}$ nazwiemy wartość wyrażenia: $R_h = \sum_{x \in P} \int^{C_h} \tilde{L}_h(x,t)\, dt$. Rozmiar zapasu produkcji w toku określa łączny czas pobytu przedmiotów produkcji $x \in P$ w komórce realizującej proces $\{Z,h\}$. Jedynie część tego czasu związana jest z aktywnym udziałem przedmiotów produkcji w obsługujących je operacjach. Czas ten wyrazi składowa aktywna rozmiaru zapasu A_Z^*. Jej wartość określi wyrażenie: $A_Z^* = \sum_{d \in D} [t_i(d) \, Kpq(W(d))]$. Udział przedmiotów produkcji angażowanych w procesie komórki wyrażany jest czasem pobytu przedmiotów w komórce w cyklu realizacji zadania Z według harmonogramu h. Sprawność przedmiotową harmonogramu h określimy, jako stosunek składowej aktywnej rozmiaru zapasu procesu $\{Z,h\}$ do rozmiaru zapasu produkcji w toku w tym procesie i oznaczymy η_h^P, a więc: $\eta_h^P = A_Z/R_h$. W procesach o stałym zapasie produkcji w toku sprawność tę wyrazi równość $\eta_h^P = A_Z/(C_h \cdot \sum_{x \in P} q(x))$. W sytuacji, gdy zapas q jest zapasem koniecznym i dostatecznym na pokrycie planu p, sprawność przedmiotowa procesu zależna jest jedynie od cyklu harmonogramu. Minimalizacja cyklu prowadzi wtedy do powiększenia sprawności przedmiotowej.

7. Ocena kosztowa zaangażowania zasobów komórki

Sprawności czasowa η_h^T oraz przedmiotowa η_h^P określają udziały stanowisk technologicznych oraz przedmiotów produkcji uczestniczących w realizacji zadania Z w procesie $\{Z,h\}$. Dokonują oceny tego procesu rozłącznie, pod kątem udziału każdej z dwu klas odmiennych zasobów produkcyjnych komórki. Ocenę jakości procesu, ujmującą zaangażowanie komórki w realizacji zadania produkcyjnego, ujmuje kolejny wskaźnik - sprawność kosztowa. Sprawność kosztową harmonogramu określimy jako stosunek kosztu własnego K_Z zadania produkcyjnego Z, do kosztu realizacji K_h procesu $\{Z,h\}$ i oznaczymy symbolem η_h^K, a więc: $\eta_h^K = K_Z/K_h$. Wartości K_Z oraz K_h określimy poniżej.

Na koszt procesu K_h złożą się: koszty utrzymania stanowisk w gotowości do realizacji procesu przez okres cyklu C_h, koszty przetworzenia przedmiotów dla realizacji zapotrzebowania Kpq, koszty materiałów zasilających komórkę w ilościach wskazanych funkcją q oraz koszty zamrożenia przedmiotów produkcji w cyklu realizacji zadania Z. Niech $w(x,t)$ jest kosztem jednostkowym wytworzenia przedmiotu $x \in P$ od chwili $t \in (t_o, C_h)$. Założymy, że w każdej chwili procesu wszystkie przedmioty klasy x charakteryzują się takim samym kosztem $w(x,t)$, gdyż wobec identycznych funkcji, jakie wypełniają w procesie ($\simeq$), nie jest zasadne ich rozróżnienie. Założenie to pozwala wyznaczyć wartość kosztu wytworzenia przedmiotów wskazanej klasy $x \in P$ poniższą równością: $w(x,t) = [Kp(x,t) + Kw(x,t) + Kd(x,t)] / [L^+(x,t) + q^+(x,t)]$, gdzie: * $L^+(x,t)$ - przedmioty wytworzone w okresie (t_o,t), * $q^+(x,t)$ - przedmioty, które zasiliły komórkę przez okres (t_o,t), * $Kw(x,t)$ - koszt wytworzenia przedmiotów $x \in P$ z ich poprzedników technologicznych w okresie (t_o,t), * $Kp(x,t)$ - koszt pozyskania poprzedników technologicznych przetworzonych w okresie (t_o,t) w przedmioty $x \in P$, * $Kd(x,t)$ - koszt dostarczonych przedmiotów $x \in P$ do komórki. Jeśli założymy, że funkcja $\bar{q}(x,t)$ określa ilość przedmiotów x dostarczanych w chwili t komórce, a funkcja $ws(x,t)$ reprezentuje koszt jednostkowy dostarczanych przedmiotów, to:

$Kd(x,t)=\sum_{\tau\in(t_o,t)}\left[ws(x,\tau)\cdot\bar{q}(x,\tau)\right]$. Na koszt wytworzenia $Kw(x,t)$ przedmiotu x w ilości $L^+(x,t)$ złoży się koszt wykonania operacji $d=(y,x)$ w okresie (t_o,t), tych, które zostały ukończone do chwili t, a więc $Kw(x,t) = \sum_{s\in S}\sum_{\tau\leq t} h^*(s,\tau)\cdot\delta^x_{W(h(s,\tau))}\cdot\left[\alpha(d)\cdot tj(d)+\beta(d)\cdot tpz(d)\cdot\delta^o_{h''(s,\tau)}\right]$; gdzie: $d=(y,x)$ oraz $\alpha(d)$, $\beta(d)$ są współczynnikami narastania kosztów w okresie obciążenia stanowiska operacją lub przygotowaniem do wykonywania operacji. Zrealizowane w okresie (t_o,t) przetwarzanie poprzedników technologicznych przedmiotów klasy x w wytwory operacji $d=(y,x)$ wymagało, by każda z inicjowanych i zakończonych w tym okresie operacji d miała dostateczną ilość materiałów. W okresie tym wytworzono $L^+_h(x,t)$ przedmiotów klasy x i zużyto na ten cel tyle samo przedmiotów klasy y. Koszt pozyskania poprzedników technologicznych y przetworzonych w okresie (t_o,t) w przedmioty x jest więc: $Kp(x,t)=w(y,t)\cdot L^+(x,t)$. Jeśli przedmiot $x\in P_{SUR}$, to przyjmiemy $Kp(x,t)=0$, dla każdej chwili $t\in(t_o,t)$. Dla surowców także $Kw(x,t) = 0$, a więc koszt wytworzenia surowców zależny jest jedynie od kosztu jednostkowego $ws(x,t)$ oraz dostaw realizowanych w okresie (t_o,t) w ilościach $\bar{q}(x,t)$, przy czym $q^+(x,t)=\sum_{\tau\leq t}\bar{q}(x,\tau)$.

Koszt jednostkowy wytworzenia przedmiotu $x\subset P$ od chwili t, określony funkcją $w(x,t)$, uzależniony jest od przebiegu procesu $\{Z,h\}$. Dysponując tą funkcją, opiszemy koszt wytworzenia $\bar{w}(x,t)$ przedmiotów $x\in P$ w chwili t uczestniczących w procesie realizacji zadania. W chwili t tego procesu przedmioty klasy x mogą w ilości $L(x,t)$ być dostępne dla inicjacji operacji, lub w ilości $L^o(x,t)$ uczestniczą w operacjach $d=h(s,t)=(x,y)$, obciążających w tejże chwili stanowiska. Koszt wytworzenia $\bar{w}$, odniesiony do przedmiotów produkcji i chwil procesu, określi równość: $\bar{w}(x,t)=w(x,t)\cdot\tilde{L}(x,t)$. Równość ta określona jest przy założeniu, że koszt jednostkowy przedmiotu zmienia się w chwilach widmowych procesu, w których ukończone zostają operacje wytwarzające ten przedmiot. Koszt wytworzenia przedmiotów W^w_h w procesie $\{Z,h\}$ wskaże równość: $W^w_h=\sum_{x\in P}\bar{w}(x,C_h)$. Koszt utrzymania stanowisk W^s_h w gotowości do realizacji procesu $\{Z,h\}$, przy ustalonej strukturze produkcyjnej komórki, można uznać za niezmienny w każdej jednostce czasu cyklu procesu. Przyjmiemy to założenie, przyjmując wartość γ jako koszt utrzymania gotowości stanowisk w jednostce czasu, a więc mamy teraz: $W^s_h=\gamma\cdot C_h$. Koszt zamrożenia przedmiotów produkcji W^z_h w realizacji zadania Z według harmonogramu h określi wyrażenie: $W^z_h=\varphi\cdot\sum_{x\in P}\int_{t_o}^{C_h}\bar{w}(x,t)\,dt$, gdzie φ jest wskaźnikiem określającym koszt zamrożenia jednostki "wartości" przedmiotów produkcji w jednostce czasu okresu (t_o, C_h), przy czym wartość przedmiotów przyjmiemy za równą kosztom ich wytworzenia. Koszt procesu K_h wyrazić można teraz jako sumę trzech składników: $K_h=W^s_h+W^w_h+W^z_h$. Ostatecznie wskazanie sprawności kosztowej η^K_h wymaga jeszcze określenia składowej aktywnej kosztu K_Z, którą nazwano kosztem własnym zadania Z. Załóżmy w tym celu, że komórka przetwarza hipotetyczny materiał o wartości początkowej $\sum_{x\in P}\sum_{\tau\leq C_h}\left[ws(x,\tau)\cdot q^+(x,\tau)\right]=a^*$, który jest obsługiwany procesie o cyklu najkrótszym z możliwych, równym $c^{*} = A_{Z}/\mathrm{card}(S)$. Koszt jednostkowy tego materiału rośnie od wartości a^{*}, równomiernie i proporcjonalnie do upływu czasu, aby w chwili zakończenia obsługi powiększyć się o koszt tej obsługi równy $\sum_{d \in D} \left[\mathcal{L}(d) \cdot tj(d) \cdot Kpq(W(d))\right] = b^{*}$, a więc do wartości $(a^{*} + b^{*})$. Mamy zatem hipotetyczny proces realizacji zadania Z o cyklu c^{*}, powiększający wartość obsługiwanego materiału od wartości a^{*} do wartości $(a^{*} + b^{*})$. Koszt tego procesu, to: $\gamma \cdot c^{*} + a^{*} + b^{*} + \varphi \cdot c^{*} \cdot (a^{*} + b^{*}/2)$. Tę wartość przyjmiemy jako składową aktywną kosztu K_{Z}, nazywając ją <u>kosztem własnym zadania</u> Z.

8. Podsumowanie

Jak to pokazano, ocena harmonogramu organizującego wykonanie zadania Z prowadzona może być poprzez ocenę łącznego udziału zasobów produkcyjnych i procesowych, albo poprzez ocenę udziału wyodrębnionej kategorii zasobów. Pamiętać jednak należy, że komórka wypełnia swe zadania na korzyść systemu produkcyjnego. Ocenie powinien więc podlegać także "stopień wypełnienia" przez komórkę jej zadań na rzecz systemu produkcyjnego jako całości. Dopiero taka kompleksowa ocena potwierdzić może (albo zanegować) zasadność wydzielenia komórki produkcyjnej w jej aktualnej postaci i prowadzić do udoskonalenia struktury produkcyjnej systemu wytwarzania.

LITERATURA

[1] Andrzejewski B.: Metody harmonogramowania procesów produkcyjnych, Wyd. Politechniki Warszawskiej 1983.

[2] Błażewicz J.: Złożoność obliczeniowa algorytmów i problemów szeregowania zadań, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Rozprawy nr 104, Poznań 1979.

[3] Chajtman Sew.: Organizacja produkcji rytmicznej, PWE, Warszawa 1973.

[4] Pasiak J.: Harmonogramowanie współzależnych procesów w komórce produkcyjnej - rozprawa doktorska pod kierunkiem doc. dr hab. A.Całczyńskiego, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, 1986.

[5] Słowiński R.: Algorytmy sterowania rozdziałem zasobów różnych kategorii w kompleksie operacji, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Rozprawy nr 114, Poznań 1980.

[6] Węglarz J.: Sterowanie w systemach typu kompleks operacji, PWN, Warszawa - Poznań 1981.

Recenzent: Dr inż. E. Toczyłowski

Wpłynęło do Redakcji do 1988-04-30.

ОЦЕНКА ДОЛИ РЕСУРСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЯЧЕЙКИ В ЕЁ ПРОЦЕССЕ

Р е з ю м е

В статье предложены меры оценки хода технологического процесса в производственной ячейке , описанного графиком загрузки рабочего места. Особенную роль в процессе играют существующие в нём производственные запасы. Анализируется их использование в производственном процессе ячейки.

ESTIMATION OF THE PARTICIPATION OF PRODUCTION UNIT RESOURCES IN ITS PROCESS

S u m m a r y

In the paper some measuring instruments have been proposed for the estimation of the technical process of a production unit which has been described by the graphic schedule of production stands load. In the process a special role is played by the reserves of the production existing in it. Their engagement in the production process of the unit is analised.