

Przemysław GRUCA

WYKORZYSTANIE DYNAMIKI SYSTEMÓW W BADANIACH
NAD ORGANIZACJĄ ZAOPATRZENIA MATERIAŁOWEGO
KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono symulacyjny model matematyczny wielostopniowego systemu obrotu przedmiotami pracy, obejmujący producenta, pośrednika i odbiorców określonej grupy materiałów. Wyrывkowo przedstawiono wyniki symulacji tego modelu. Przeprowadzona analiza przyczynowo-skutkowa, której celem była identyfikacja źródeł zakłóceń w funkcjonowaniu systemu, w zawartej formie przedstawiona jest w formie wniosków i stwierdzeń końcowych.

Kontynuowanie produkcji i zapewnienie jej ciągłości wymaga stałego uzupełniania zwłaszcza przedmiotów pracy, które ulegają zużyciu w ciągu jednego cyklu produkcyjnego.

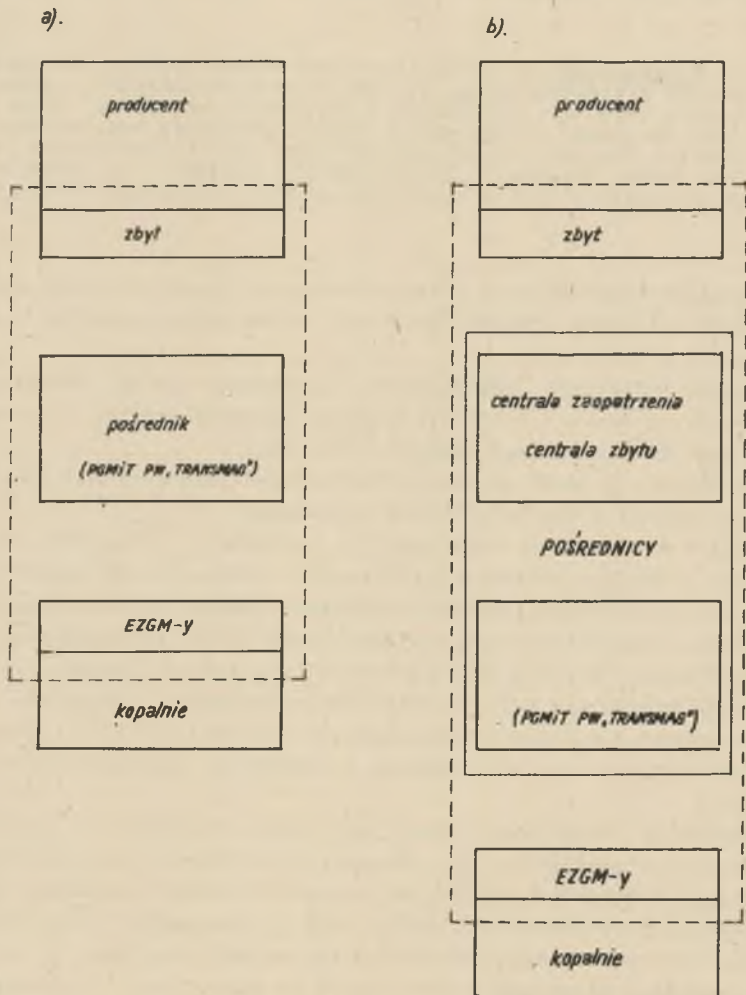
Surowce, materiały, półfabrykaty i narzędzia stale cyrkulują między przedsiębiorstwami, w których podlegają kolejnym procesom przetwórczym, aż do powstania końcowego produktu finalnego.

Owa rotacja środków produkcji realizowana jest w drodze wymiany towarowo-pieniężnej w systemie obrotu towarowego.

Podjęte w Instytucie Organizacji i Ekonomiki Górnictwa Politechniki Śląskiej prace [3] postulowały zbudowanie symulacyjnego modelu matematycznego opiewającego funkcjonowanie wielostopniowego systemu dystrybucji, zwanego dalej scentralizowanym systemem zaopatrzenia materiałowego kopalń węgla kamiennego, którego badania pozwoliłyby zidentyfikować źródła zakłóceń w zachowaniu się systemu, jak również wysunąć określoną propozycję zmian usprawniającą jego funkcjonowanie. Poniższy artykuł stanowi zwarty opis osiągniętych wyników, szerzej i dokładniej przedstawionych w pracy [3].

Gospodarka przedmiotami pracy jest ściśle związana z funkcjonowaniem obrotu tymi przedmiotami [7]. Związki te nie zawsze są dostrzegane, co powoduje często próby poprawy określonych dziedzin gospodarki materiałami w oderwaniu od problematyki obrotu, bez jednoczesnych zmian tych jej od-cinków, która w praktyce decyduje o istniejącej sytuacji. A decydują szeroko rozumiana struktura organizacyjna systemu obrotu i obowiązujące w nim reguły postępowania.

Kompleksowe rozwiązanie postawionego problemu wymagało, by badaniami objąć wszystkie podmioty gospodarcze uczestniczące w obrocie, a więc:



Rys. 1. Granice systemu regulacji zapasów w scentralizowanym systemie zaopatrzenia materiałowego kopalń węgla kamiennego

- odbiorców, którymi w tym wypadku są kopalnie węgla kamiennego, a dokładnie Działy Gospodarki Materiałowej,
- producentów, a raczej ich Działy Zbytu Wyrobów Gotowych,
- oraz wszystkie jednostki pośredniczące w obrocie towarowym między producentami a odbiorcami.

Granice badanego systemu pokazane są na rys. 1a.

Dla zamodelowania tak złożonego układu wykorzystano Dynamikę Systemów (w skrócie DS), metodę opracowaną przez grupę naukowców amerykańskich pod kierunkiem J.W. Forrestera. W literaturze przedmiotu można znaleźć również i inne nazwy tej metody, jak:

- dynamika przemysłowa [5],
- teoria dynamicznych modeli przemysłu [2],
- metoda analizy dynamiki systemów zarządzania - DSZ [5],
- czy też teoria modeli zachowania dynamicznego - MZD [8].

W ramach metody DS [1] system gospodarczy przedstawia się jako układ zbiorników (poziomów) zawierających wielkości tworzące ten system, a więc materiały, wyposażenie, personel, pieniądze, zlecenia i informacje, połączonych kanałami, przez które przechodzą strumienie powyższych wielkości z jednego poziomu do drugiego, których natężenia regulowane są przez stanowiska decyzyjne. Model DS zawiera również opóźnienia i wzmocnienia przepływów, dążąc do odwzorowania ich rzeczywistych charakterystyk.

Skonstruowany, dynamiczny, symulacyjny model matematyczny badanego systemu posiada formę układu równań różnicowych. Zasadniczo układ ten składa się z dwóch typów równań odpowiadających poziomom i prędkościom. Dla lepszego zrozumienia struktury systemu i interpretacji zależności między zmiennymi przedstawionymi w postaci symboli matematycznych zbudowano także model graficzny pokazany na rys. 3.

W prowadzonych badaniach nad obrotem towarowym przedmiotami pracy w ramach scentralizowanego systemu zaopatrzenia materiałowego kopalń skoncentrowano uwagę na przepływach trzech wielkości tworzących ten obrót, a mianowicie:

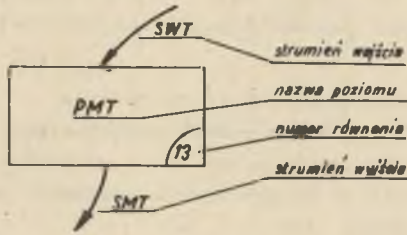
- zamówieniach,
- materiałach,
- informacjach niezbędnych do operatywnego zarządzania systemem.

Ze względu na złożoność systemu nie uwzględniono w nim strumieni wyposażenia technicznego, ludzi i pieniędzy, zakładając, że w okresie objętym symulacją zmiany tych wielkości są niewielkie i nie wywierają istotnego wpływu na zachowanie się systemu.

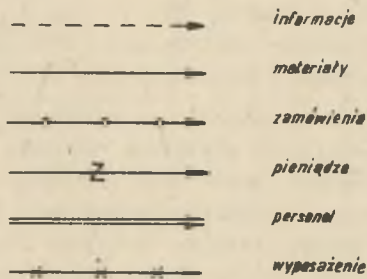
Wśród potoków zamówień wyróżniono dwa ich rodzaje:

- strumienie zamówień planowych, będących funkcją opracowywanego planu zaopatrzenia materiałowego,

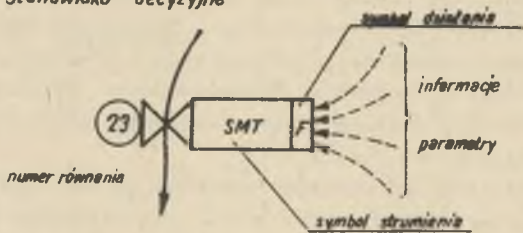
a. Poziom



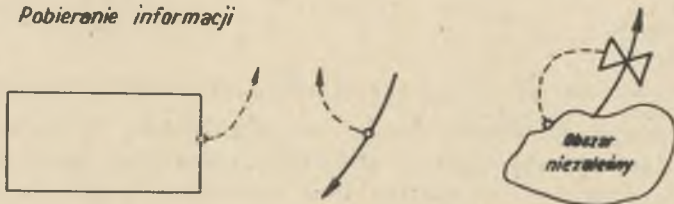
b. Strumienie



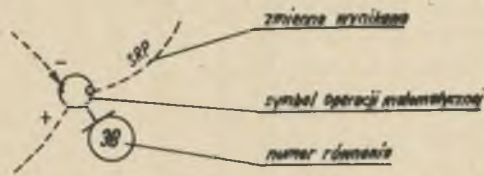
c. Stanowisko decyzyjne



d. Pobieranie informacji



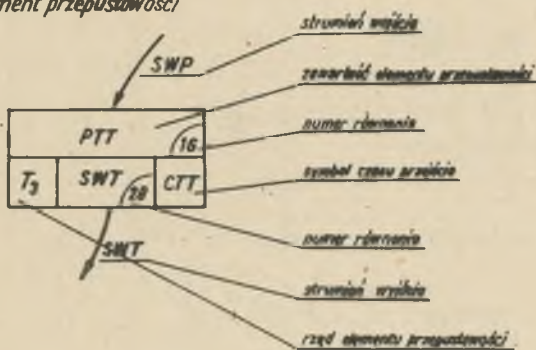
e. zmienne pomocnicze



f. Parametry



g. Element przepustawo\u015bci



Rys. 2. Podstawowe elementy modeli DS

- strumienie zamówień bieżących składanych telefonicznie, teleksem bądź też w wyniku bezpośrednich wizyt przedstawicieli jednego podsystemu w drugim.

Przy tych założeniach model matematyczny obejmuje 45 równań podstawowych oraz 53 równania warunków początkowych.

Model matematyczny stanu aktualnego

Podsystem kopalń:

$$PZK.K = PZK.J + DT (SSO.JK - SZK.JK) \quad (1)$$

$$PTK.K = PTK.J + DT (SMT.JK - SWO.JK) \quad (2)$$

$$PPO.K = PPO.J + DT (SSO.JK - PPO.J) \frac{1}{CPK} \quad (3)$$

$$PSO.K = PSO.J + DT (SWO.JK - PSO.J) \frac{1}{COK} \quad (4)$$

$$PBK.K = PBK.J + DT (SGK.JK - SPK.JK) \quad (5)$$

$$CDK.K = \frac{SGK.JK}{PSO.K} \quad (6)$$

$$SZK.KL = T_3 (SSO.JK; CBO) \quad (7)$$

$$SWO.KL = T_3 (SMT.JK; CTK) \quad (8)$$

$$SGK.KL = PPO.K \cdot CCK \cdot CDK.K \quad (9)$$

$$SPK.KL = T_3 (SGK.JK; CBK) \quad (10)$$

Podsystem pośrednika:

$$PBT.K = PBT.J + DT (SPK.JK - SPT.JK) \quad (11)$$

$$PZT.K = PZT.J + DT (SZK.JK - SMT.JK) \quad (12)$$

$$PMT.K = PMT.J + DT (SWT.JK - SMT.JK) \quad (13)$$

$$PET.K = PET.J + DT (SDT.JK - SET.JK) \quad (14)$$

$$PFT.K = PFT.J + DT (SBT.JK - SFT.JK) \quad (15)$$

$$PTT.K = PTT.J + DT (SWP.JK - SWT.JK) \quad (16)$$

$$SCT.K = \frac{PZT.K}{COT.K} \quad (17)$$

$$SLT.K = \frac{PMT.K}{DT} \quad (18)$$

$$COT.K = CMT + CST \cdot \frac{PPT.K}{PMT.K} \quad (19)$$

$$PPT.K = CCT \cdot SPT.JK \quad (20)$$

$$PST.K = PST.J + DT (PMT.K - PST.J) \frac{1}{CZT} \quad (21)$$

$$SPT.KL = T_3 (SPK.JK; CBT) \quad (22)$$

$$SMT.KL = \left\{ \begin{array}{l} TA.K \text{ dla } PMT.K < PPT.K \\ TB.K \text{ dla } PMT.K \geq PPT.K \end{array} \right.$$

gdzie:

$$\left. \begin{array}{l} TA.K = \left\{ \begin{array}{l} SCT.K, \text{ jeżeli } SLT.K \geq SCT.K \\ SLT.K, \text{ jeżeli } SLT.K < SCT.K \end{array} \right. \\ TB.K = \left\{ \begin{array}{l} TA.K, \text{ jeżeli } TA.K \geq SWT.JK \\ SWT.JK, \text{ jeżeli } SWT.JK > TA.K \end{array} \right. \end{array} \right\} \quad (23)$$

$$\text{SDT.KL} = \frac{1}{\text{CP}} (\text{PPT.K} - \text{PST.K}) \quad (24)$$

$$\text{SET.KL} = T_3 (\text{SDT.JK}; \text{CET}) \quad (25)$$

$$\text{SBT.KL} = \text{SZK.JK} + (\text{PPT.K} - \text{PMT.K}) \frac{1}{\text{CAT}} \quad (26)$$

$$\text{SFT.KL} = T_3 (\text{SBT.JK}; \text{CFT}) \quad (27)$$

$$\text{SWT.KL} = T_3 (\text{SWP.JK}; \text{CTT}) \quad (28)$$

Podsystem producenta:

$$\text{PZP.K} = \text{PZP.J} + \text{DT} (\text{SFT.JK} - \text{SWP.JK}) \quad (29)$$

$$\text{PMP.K} = \text{PMP.J} + \text{DT} (\text{SMP.JK} - \text{SWP.JK}) \quad (30)$$

$$\text{PGP.K} = \text{PGP.J} + \text{DT} (\text{SGP.JK} - \text{SAP.JK}) \quad (31)$$

$$\text{PPP.K} = \text{PPP.J} + \text{DT} (\text{SZP.JK} - \text{SPP.JK}) \quad (32)$$

$$\text{PRP.K} = \text{PRP.J} + \text{DT} (\text{SPP.JK} - \text{SMP.JK}) \quad (33)$$

$$\text{SCP.K} = \frac{\text{PZP.K}}{\text{DT}} \quad (34)$$

$$\text{SLP.K} = \frac{\text{PMP.K}}{\text{DT}} \quad (35)$$

$$\text{PNP.K} = \text{CCP} \cdot \text{SWP.JK} \quad (36)$$

$$\text{SOP.K} = \text{CRP} \cdot \text{SMP.JK} \quad (37)$$

$$\text{SRP.K} = \text{SPT.JK} + \text{SET.JK} - \frac{\text{PSP.K}}{\text{CP}} \quad (38)$$

$$\text{PSP.K} = \text{PSP.J} + \text{DT} (\text{PMP.K} - \text{PSP.J}) \frac{1}{\text{CZP}} \quad (39)$$

$$\text{SWP.KL} = \begin{cases} \text{PA.K} & \text{dla } \text{PMP.K} < \text{PNP.K} \\ \text{PB.K} & \text{dla } \text{PMP.K} > \text{PNP.K} \end{cases}$$

gdzie

$$\text{PA.K} = \begin{cases} \text{SLP.K}, & \text{jeżeli } \text{SLP.K} < \text{SCP.K} \\ \text{SCP.K}, & \text{jeżeli } \text{SCP.K} < \text{SLP.K} \end{cases} \quad (40)$$

$$\text{PB.K} = \begin{cases} \text{PA.K}, & \text{jeżeli } \text{PA.K} > \text{SMP.JK} \\ \text{SMP.JK}, & \text{jeżeli } \text{SMP.JK} > \text{PA.K} \end{cases}$$

$$\text{SGP.KL} = \begin{cases} \text{SOP.K}, & \text{jeżeli } \text{SOP.K} < \text{SPT.JK} \\ \text{SPT.JK}, & \text{jeżeli } \text{SOP.K} > \text{SPT.JK} \end{cases} \quad (41)$$

$$\text{SAP.KL} = T_3 (\text{SGP.JK}; \text{CW}) \quad (42)$$

$$\text{SZP.KL} = \begin{cases} \text{SAP.JK}, & \text{jeżeli } \text{SAP.JK} < \text{SRP.K} \\ \text{SRP.K}, & \text{jeżeli } \text{SRP.K} < \text{SAP.JK} \end{cases} \quad (43)$$

$$\text{SPP.KL} = T_3 (\text{SZP.JK}; \text{CU}) \quad (44)$$

$$\text{SMA.KL} = T_3 (\text{SPP.JK}; \text{CPP}) \quad (45)$$

A oto jak interpretować należy niektóre z prezentowanych równań. Brak technicznie uzasadnionych norm zużycia materiałów jak i inne względy powodują, że wielkości zamówień obrazujące przewidywane zużycie określonych materiałów w okresie objętym planem (w okresie CP) ustala się na podstawie ubiegłorocznego zużycia tych materiałów skorygowanego o przewidywany wzrost lub spadek zapotrzebowania.

Wychodzący jednak z kopalń strumień zamówień jest większy od tak ustalonego zapotrzebowania o wielkość odzwierciedlającą znany z przeszłości stopień potwierdzania zamówień przyjętych do realizacji przez producenta. Tak więc natężenie strumienia SGK jest równe iloczynowi wyróżnionych zmiennych, co pokazuje równanie (9). Czas potrzebny na opracowanie kopalnianych planów zaopatrzenia materiałowego obrazuje stała CBK.

Tak ustalona wielkość zamówień trafia do Działów Realizacji Zaopatrzenia w podsystemie pośrednika, gdzie opracowywana jest zbiorczo dla wszystkich kopalń podległych danemu przedsiębiorstwu w czasie równym CBT. Wychodzący z przedsiębiorstwa strumień zamówień SPT stanowi główny potok zamówień planowych, będący podstawą ustalania w podsystemie "producent" projektu planu produkcji (SGP). Na wielkość strumienia SGP ma wpływ również zdolność produkcyjna producenta, zmieniająca się skokowo (równanie 41).

Prace związane z ustalaniem projektu planu trwają przez okres równy CW. Po tym czasie przystępuje się do opracowywania planu produkcji, które to prace trwają przez okres równy CU. Suma czasów CW + CU stanowi całkowite wyprzedzenie, z jakim odbiorcy zobowiązani są zgłaszać swoje zapotrzebowania producentowi.

Równanie (43) na strumień zleceń produkcyjnych mówi, że przyjęty do realizacji plan produkcji jest równy albo strumieniowi SAP opisanemu równaniem (42), albo też zmiennej pomocniczej SRP, będącej skorygowanym portfelem zamówień. Zmienna SRP stanowi sumę planowanego, głównego strumienia zamówień SPT i strumienia zamówień dodatkowych, wpływających z sektora pośrednika, którego identyfikatorem jest SET, pomniejszoną o przewidywany na koniec roku stan zapasów zgromadzonych w magazynie wyrobów gotowych. Ów zapas na koniec roku jest estymowany śrędnim stanem zapasów o czasie uśrednienia CZP.

Z uwagi na fakt, że wszystkie wyróżnione strumienie, w tym także strumień SZP, mają wymiar (szt./tydzień) w równaniu (38) na SRP, odjemnikiem jest nie cały przewidywany zapas PSP lecz jego część wynikająca z przyjętego okresu planowania CP.

Strumień SET, będący wyjściem z elementu przepustowości trzeciego rzędu o czasie przejścia CET jest funkcją strumienia SDT.

Generowany w podsystemie pośrednika strumień dodatkowych zapotrzebowań (SDT) równanie (24) obrazuje dodatkowe zamówienia rozpatrywanych jednostek pośredniczących w obrocie towarowym przedmiotami pracy, mające na ce-

lu doprowadzenie zapasów PMT do stanu pożądanego PPT. Podobnie jak w podsystemie producenta, tak i tutaj przewidywany na koniec roku stan zapasów estymowany jest średnim stanem zapasów PST o czasie uśredniania CZT. Strumień SDT, podobnie jak wymieniona wcześniej zmienna, należy również do klasy zmiennych dyskretnych.

Wróćmy jednak do podsystemu producenta. Odpowiedzią producenta na strumień zleceń produkcyjnych SPP jest spływ wyrobów o natężeniu SMP, który to strumień zasila magazyn wyrobów gotowych. Wartość chwilową poziomu PMP określa równanie (30). Wypływający z tego poziomu strumień materiałów SWP, skierowany do magazynów pośrednika, regulowany jest poziomami PMP, PZP oraz strumieniem SMP (równanie 40).

Nie sposób omówić tego równania (40) bez uprzedniego zdefiniowania poziomu PZP i strumienia zasilającego ten poziom. Na wstępie wspomniano, że wśród strumieni zamówień wyróżniono strumienie zamówień planowych, które występowały w dotychczasowym opisie systemu oraz strumienie zamówień bieżących, które precyzują aktualne potrzeby odbiorców. W idealnym systemie zaopatrzenia zamówienia bieżące nie mają racji bytu, gdyż odbiorcy już wcześniej określili swoje zapotrzebowanie w planie zaopatrzenia materiałowego, które są jednocześnie zobowiązaniami finansowymi tych przedsiębiorstw. Wiele czynników powoduje, że ustalone planem wielkości dostaw jak również ich struktura odbiegają od rzeczywistych potrzeb kopalń w danym tygodniu czy miesiącu, nawet wtedy, gdy globalnie w skali roku zapotrzebowanie te pokrywają się z planem.

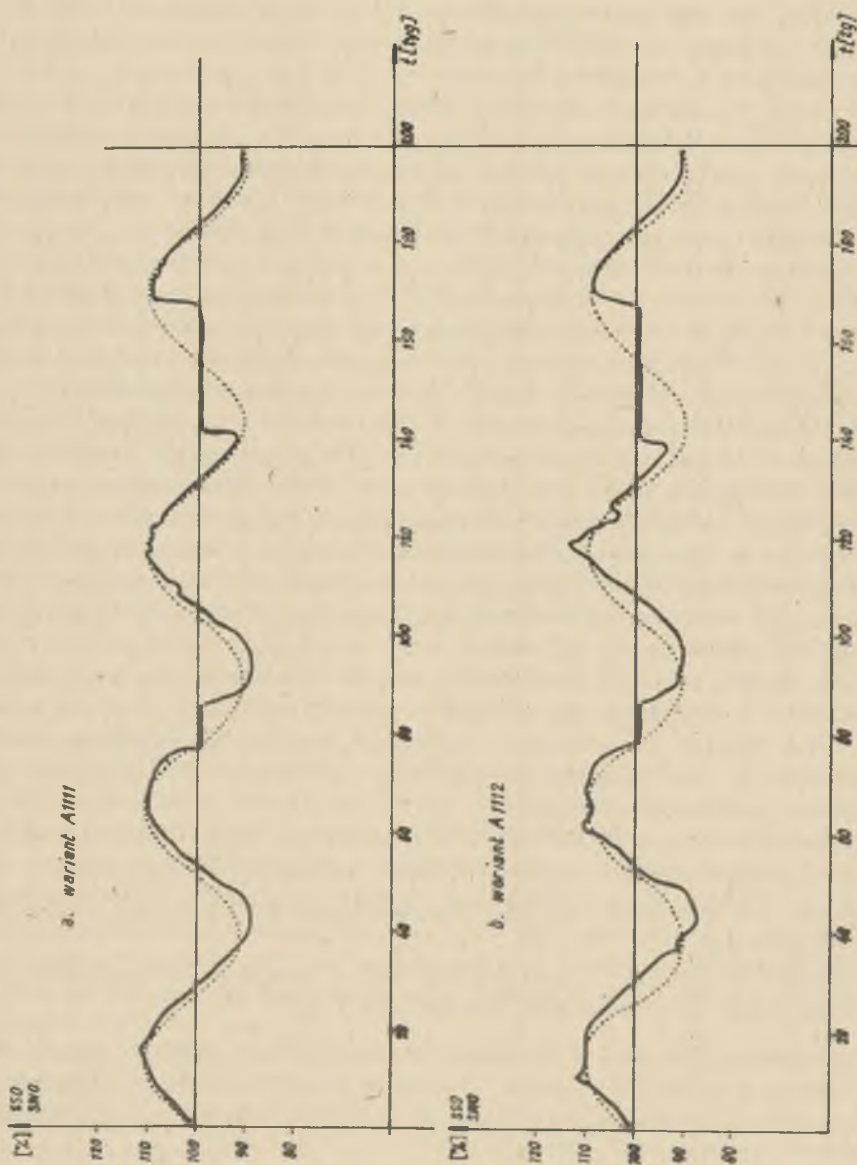
Generowany w sektorze pośrednika strumień zamówień bieżących oznaczono symbolem SBT. Natężenie tego strumienia określa równanie (26). Po przejściu przez element przepustowości trzeciego rzędu strumień SBT zasila poziom bieżących niezrealizowanych zamówień u producenta, którego wielkość obliczana jest wzorem (29).

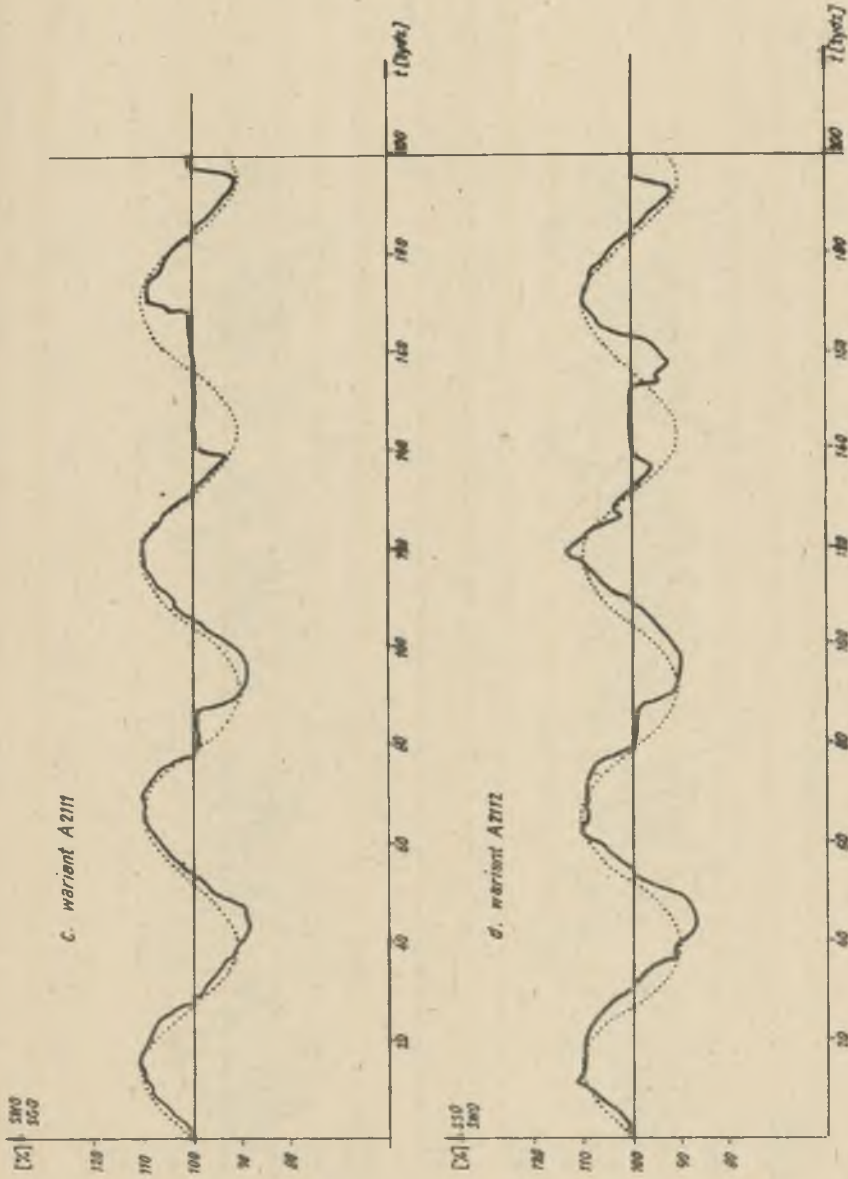
Jak wynika z równania (40), prędkość dostaw materiałowych SWP przy niewielkich stanach zapasów PMP jest równa mniejszej z dwóch wielkości:

- prędkości wynikającej z poziomu niezrealizowanych zamówień; przedstawi ją zmienna SCP,
- prędkości wynikającej z poziomu materiałów (wyrobów) w magazynie wyrobów gotowych, przedstawionej zmienną SLP.

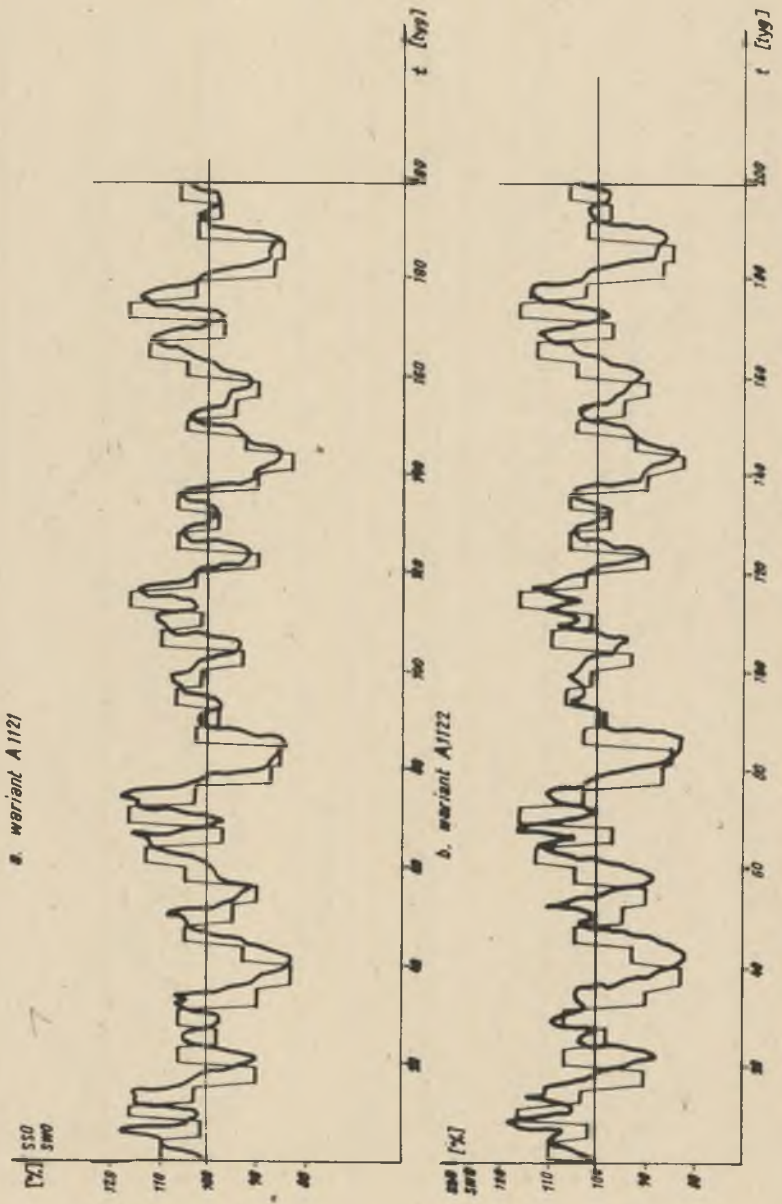
W przypadku zaś, gdy zaległości niezrealizowanych zamówień bieżących u producenta są niewielkie, a stan zapasów w magazynie wyrobów gotowych wysoki, prędkość dostaw do pośrednika jest równa prędkości spływu wyrobów, z oddziałów produkcyjnych (SMP).

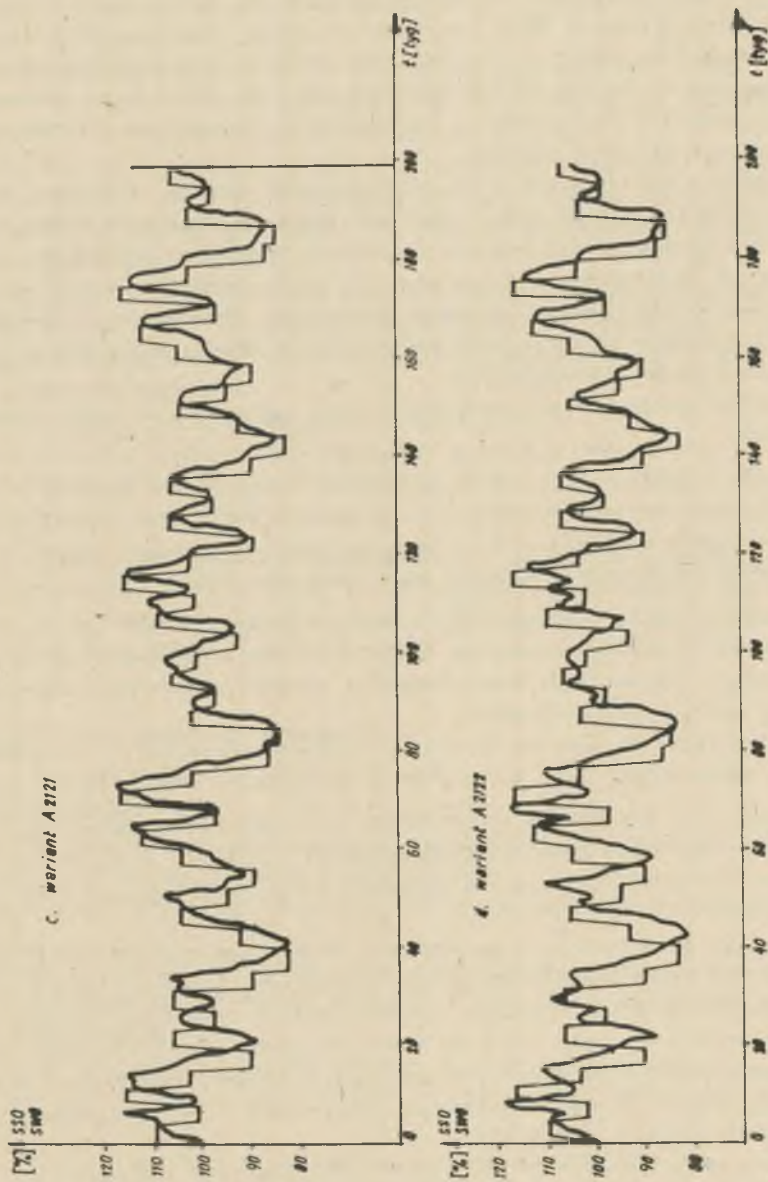
Po czasie CTT, wynikającym z transportu materiałów od producenta do pośrednika, materiały trafiają do magazynu PMT. Wartość chwilową poziomu PMT oblicza się równaniem (13). O tym, jakie będzie natężenie dostaw materiałów od pośrednika do kopalń, decydują podobne czynniki jak w przypadku dostaw od producenta do PMT. Pokazuje to równanie (23).





Rys. 4. Przebiegi strumieni SSO i SWO dla wariantów A 1111, A 1112, A 2111, A 2112





Rys. 5. Przebiegi strumieni SSO i SWO dla wariantów A 1121, A 1122, A 2121, A 2122

Poziom PZT, bieżących niezrealizowanych potrzeb kopalń w Zakładzie Gospodarki Materiałowej, obliczany równaniem (12), zasilany jest strumieniem SZK, którego natężenie zależy od strumienia SSO i stałej CBO (równanie (7)). Strumień bieżących potrzeb materiałowych, zgłaszanych przez oddziały produkcyjne kopalń (SSO), jest w tym modelu zmienną zewnętrzną.

Przedstawiony model, który obrazuje strukturę organizacyjną systemu i obowiązujące w nim reguły podejmowania decyzji, można było zbudować dzięki uprzejmości i zaangażowaniu wszystkich niepokojonych kierowników poszczególnych sektorów systemu.

Również w zakresie oceny stopnia zgodności modelu z badaną rzeczywistością uzyskano daleko idącą pomoc od rozmówców. Ocena ta przebiegała równoległe z budową modelu w miarę poznawania sposobów działania czynników rządzących zachowaniem się systemu. Dla potwierdzenia wewnętrznej zgodności modelu jak również uzyskania wstępnych informacji o własnościach systemu dokonano 12 przebiegów symulacyjnych modelu wybranych z opracowanego planu badań symulacyjnych.

W eksperymentach tych zastosowano trzy rodzaje wejść testujących a mianowicie:

1) $SSO = \text{Const} (SAA)$ (funkcja stała), tzn. badano reakcje systemu, gdy zapotrzebowanie oddziałów produkcyjnych kopalń było stałe w całym okresie objętym symulacją. Ten rodzaj wejścia zastosowano po to, by ocenić czy system rzeczywiście posiada stan równowagi dynamicznej.

2) $SSO = SAA \left(1 + \frac{1}{10} \sin \frac{2\pi t}{CP}\right)$ funkcję sinusoidalną, tzn. na stałe zapotrzebowanie oddziałów zostały nałożone wahania sinusoidalne, a amplitudzie równej 10% wartości SAA (stałej) i okresie wahań równym okresowi planowania potrzeb materiałowych.

3) i trzecie wejście to funkcja przypadkowa (losowa), dla której wartość średnia wynosi SAA, a odchylenie standardowe około 10% tej wartości.

Na rys. 4 i 5 pokazane są przebiegi symulacyjne strumieni SSO i SWO dla dwóch ostatnich funkcji testujących.

A oto jak przedstawiają się wnioski, jakie wyniknęły z przeprowadzonych badań:

Wykorzystanie podejścia systemowego do badania scentralizowanego systemu zaopatrzenia materiałowego kopalń węgla kamiennego, umożliwiło kompleksowe rozpatrzenie problemu, gwarantujące przy dalszej kontynuacji badań uzyskanie rozwiązań istotnie poprawiających funkcjonowanie systemu. Opracowany model symulacyjny odzwierciedla bowiem wszystkie ważniejsze elementy, sposób ich współdziałania, decydujące o stopniu zaspokojenia potrzeb materiałowych odbiorców.

Laboratoryjny charakter tych prac, umożliwiający w sposób szybki i tani uzyskanie rozwiązania przesądza o celowości podjętego tematu. Przeprowadzone badania symulacyjne modelu, które z jednej strony stanowiły sprawdzian poprawności modelu, a z drugiej źródło informacji o jego własności-

ciach pozwalają stwierdzić, że powodem niezadowalającego funkcjonowania systemu są między innymi:

1. Wadliwie realizowana polityka ustalania możliwości produkcyjnych producenta jak również polityka generowania strumienia zleceń produkcyjnych, będącego planem produkcji.

2. Brak powiązań między kształtowaniem się poziomów PMP i PZP, a więc zawartością magazynu wyrobów gotowych i portfelem bieżących zapotrzebowań u producenta a strumieniem zleceń produkcyjnych - SZP.

3. Duża inercja systemu wynikająca ze znacznych wartości przypisywanych parametrom CU i CW, które stanowią wymagany okres wyprzedzeń przy zgłoszeniu zapotrzebowań planowych, jak również parametrowi CP (okresowi planowania potrzeb materiałowych).

4. Stosowanie przez pośrednika takich wytycznych regulacyjnych, które służą jego potrzebom, a nie odzwierciedlają interesu odbiorców.

5. Wzmacnianie przez pośrednika wahań strumienia SSO, tj. strumienia potrzeb bieżących kopalń.

6. Brak magazynu materiałów w podsystemie kopalń.

7. Selektywny charakter funkcjonowania magazynów PMP i PMT, tj. magazynu wyrobów gotowych u producenta i magazynu zlokalizowanego w podsystemie pośrednika.

Ponadto stwierdzić można, że zmiana czasów transportu towarów od producenta do odbiorcy nie wprowadza istotnych zmian w zachowaniu się systemu. Zmian takich nie wprowadza również zwiększenie mocy produkcyjnych producenta ponad zapotrzebowania kopalń.

OBJAŚNIENIE SYMBOLI UŻYTYCH W MODELU

Podsystem kopalń:

PBK - poziom planowanych zapotrzebowań (zamówień) na linii prac związanych z ich opracowywaniem w kopalniach,

PPO - średni poziom potrzeb materiałowych zgłaszanych przez oddziały kopalń,

PSO - średni poziom zużycia materiałów w oddziałach produkcyjnych kopalń,

PTK - poziom materiałów będących w drodze między RMB a oddziałami produkcyjnymi kopalń,

PZK - poziom bieżących niezrealizowanych potrzeb w kopalniach,

SGK - generowany w kopalniach strumień zapotrzebowań (zamówień) planowych,

SPK - planowany strumień zapotrzebowań (zamówień) kopalń,

SSO - strumień bieżących potrzeb materiałowych zgłaszanych przez oddziały produkcyjne kopalń (zmienna zewnętrzna),

SWO - strumień materiałów wpływający do oddziałów kopalń,

SZK - strumień bieżących zapotrzebowań (zamówień) kopalń, /

- CBO - czas przejścia zapotrzebowań bieżących, zgłaszanych przez oddziały produkcyjne kopalń, na linii prac związanych z ich sporządzeniem,
- CBK - czas przejścia zapotrzebowań (zamówień) planowanych na linii prac związanych z ich opracowaniem w kopalniach,
- CDK - wzmocnienie w sekcji koordynacji EZGM,
- CKK - wzmocnienie w sekcji kontroli zużycia materiałów EZGM,
- CPK - stała czasowa uśredniania potrzeb kopalń,
- CTK - czas przejścia materiałów z RMB do oddziałów produkcyjnych kopalń,
- CUK - stała czasowa uśredniania dostaw dla kopalń.

Podsystem pośrednika:

- PBT - poziom zamówień planowanych głównych na linii prac związanych z ich opracowaniem w sektorze pośrednika,
- PET - poziom zamówień planowanych dodatkowych na linii prac związanych z ich opracowaniem w podsystemie pośrednika,
- PPT - poziom zamówień bieżących pośrednika na linii prac związanych z ich sporządzeniem,
- PMT - poziom zapasów materiałowych w podsystemie pośrednika,
- PPT - pożądany stan zapasów w RMB,
- PST - średni stan zapasów materiałowych,
- PTT - poziom materiałów będących w drodze od producenta do RMB,
- PZT - poziom bieżących niezrealizowanych potrzeb kopalń w sektorze pośrednika,
- SBT - generowany u pośrednika strumień zamówień bieżących,
- SCT - wypływający z podsystemu pośrednika strumień materiałów do kopalń, limitowany poziomem PZT,
- SDT - strumień dodatkowych zapotrzebowań (zamówień) generowany w sektorze pośrednika,
- SET - strumień dodatkowych zapotrzebowań (zamówień) wypływający od pośrednika do producenta,
- SFT - strumień bieżących zamówień wypływający od pośrednika do producenta,
- SLT - wypływający od pośrednika strumień materiałów limitowany poziomem PMT,
- SMT - rzeczywisty strumień materiałów wypływający od pośrednika do kopalń,
- TA, TB - zmienne pomocnicze wykorzystywane przy ustaleniu wielkości strumienia SMT,
- SPT - planowany, główny strumień zamówień pośrednika,
- SWT - strumień materiałów wpływający do RMB od producenta,
- CAT - stała czasowa, obrazująca szybkość wyrównywania zapasów w RMB do stanużądanego,

- CBT - czas przejścia zamówień planowych głównych na linii prac związanych z ich opracowaniem,
- CCT - wskaźnik normy zapasu w tygodniach dla RMB,
- CET - czas przejścia zamówień planowych dodatkowych na linii prac związanych z ich opracowaniem,
- CFT - czas przejścia zamówień bieżących na linii prac związanych z ich sporządzeniem w sektorze pośrednika,
- CMT - minimalne opóźnienie w realizacji zapotrzebowań (zamówień) kopalń w podsystemie pośrednika,
- COT - opóźnienie (zmienne) w realizacji zapotrzebowań materiałowych kopalń przez pośrednika,
- CST - średnie opóźnienie w realizacji zapotrzebowań (zamówień) kopalń w sektorze pośrednika,
- CTT - czas przejścia materiałów od producenta do RMB,
- CZT - stała czasowa uśredniania stanu zapasów materiałowych w RMB,
- CP - stała czasowa uwzględniająca długość okresu planowania potrzeb materiałowych,
- DT - krok rozwiązywania równań modelu matematycznego.

Podsystem producenta:

- GGP - poziom generowanych u producenta zleceń produkcyjnych, będących projektem planu, na linii prac związanych z ich opracowaniem,
- GNP - dopuszczalny maksymalny stan zapasów w magazynie wyrobów gotowych u producenta,
- GMP - poziom materiałów (wyrobów) w magazynie wyrobów gotowych u producenta,
- GPP - poziom zleceń produkcyjnych będących planem produkcji na linii prac związanych z ich opracowaniem,
- GNP - poziom wyrobów (materiałów) w oddziałach produkcyjnych producenta (produkcja w toku),
- GSP - średni stan zapasów wyrobów gotowych u producenta,
- GZP - poziom bieżących niezrealizowanych zamówień pośrednika u producenta,
- SAP - strumień zleceń produkcyjnych będących projektem planu produkcji,
- SCP - strumień dostaw materiałów (wyrobów) do sektora pośrednika, limitowany poziomem PZP,
- SGP - generowany u producenta strumień zleceń produkcyjnych, będących projektem planu produkcji,
- SLP - strumień dostaw materiałów (wyrobów) do pośrednika, limitowany poziomem PMP,
- SMP - strumień materiałów (wyrobów) spływający z produkcji do magazynu wyrobów gotowych,
- SOP - możliwości produkcyjne producenta (zdolność produkcyjna),
- SPP - strumień zleceń produkcyjnych będący planem produkcji,
- SRP - skorygowany portfel zamówień,

- SWP - wpływający od producenta rzeczywisty strumień materiałów (wyrobów).
- PA, PB - zmienne pomocnicze wykorzystywane przy ustalaniu wielkości strumienia SWP,
- SZP - generowany u producenta strumień zleceń produkcyjnych, będący planem produkcji,
- CCP - wskaźnik normy zapasu wyrobów gotowych w tygodniach,
- CPP - czas przejścia wyrobów (materiałów) w produkcji,
- CRP - wzmocnienie przy ustalaniu możliwości produkcyjnych producenta,
- CU - żądane przez producenta wyprzedzenie w składaniu zamówień planowanych dodatkowych przez pośrednika,
- CW - wyprzedzenie w zgłoszeniu zamówień planowych głównych w stosunku do zamówień dodatkowych zgłaszanych przez pośrednika,
- CZP - stała czasowa uśredniania stanu zapasów w magazynie wyrobów gotowych u producenta.

LITERATURA

- [1] Forrester J.W.: Industrial Dynamics. Massachusetts 1961. The MIT Press.
- [2] Gordon G.: Symulacja systemów. WNT, Warszawa 1974.
- [3] Gruca P.: Dynamiczny model scentralizowanego systemu zaopatrzenia materiałowego kopalń węgla kamiennego. Gliwice 1979, praca doktorska, niepublikowana.
- [4] Kozdrój M., Gruca P.: Badania nad systemem regulacji zapasów w PGMiT PW "Transmæg". Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. nr 84, Gliwice 1978.
- [5] Łukaszewicz R.: Dynamika systemów zarządzania. PWN, Warszawa 1975.
- [6] Soucek Z.: Projektowanie wielkich systemów przemysłowych. Modele zachowania dynamicznego. JOPM, Warszawa 1974.
- [7] Wojciechowski T.: Obrót środkami produkcji. PWE, Warszawa 1972.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Sitko

Wpłynęło do Redakcji 26.1.1982 r.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ОРГАНИЗАЦИИ
МАТЕРИАЛЬНОГО СНАБЖЕНИЯ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ШАХТ****Р е з ю м е**

В работе представлена симуляционная математическая модель многокаскадной системы для оборота производственными средствами, охватывающая производителя, посредника и потребителей определенной группы материалов. Частично приведены результаты симуляции этой модели. Проведенный причинно - последственный анализ, целью которого являлась идентификация источников помех в функционировании системы, представлена в виде выводов и окончательных определений.

**THE UTILIZATION OF SYSTEMS DYNAMICS IN THE RESEARCHES
ON ARRANGEMENTS IN MATERIALS SUPPLY IN COLLIERIES****S u m m a r y**

The paper presents a mathematical simulation model of a multi-stage system of turnover of the objects of work, embracing a producer, a middleman, and these who receive the definite group of materials. The results of simulation of this model have been presented in fragments. The cause and effect analysis, aiming at locating the sources of errors in the system's operation is briefly presented in the form of conclusions and final remarks at the end of the paper.