Jan POLOWCZYK

REALIZACJA PLANU PRZEDSIĘBIORSTWA A SPOSÓB ZARZĄDZANIA NIM W ŚWIETLE EKSPERYMENTÓW SYMULACYJNYCH

Funkcjonowanie każdego systemu gospodarczego i wyniki jego działalności zależą w dużym stopniu od sposobu zarządzania. Przez sposób zarządzania systemem będziemy rozumieć jego strukturę organizacyjną oraz sposób podejmowania decyzji przez poszczególne jednostki organizacyjne i związane z tym przepływy informacyjne. Wykorzystując terminologię J.Kornaia możemy powiedzieć, że sfera regulacyjna (tj. postrzeganie, przekazywanie i przetwarzanie informacji oraz przygotowanie i podejmowanie decyzji) w sposób decydujący wpływa na rezultaty działalności sfery realnej (tj. produkcji, transportu, magazynowania, inwestycji, konsumpcji itp.)[1]. Trzeba stwierdzić, że planiści rzadko zajmują się bezpośrednio sposobami zarządzania systemami, dla których opracowują plany[2]. Wynika to częściowo ze słabości metodologicznych, z braku metod badających jak sfera regulacji oddziałuje na sferę realną systemu. Najczęściej wykorzystywane w planowaniu modele ekonometryczne, optymalizacyjne oraz input-output dotyczą sfery realnej, nie ujmują struktur organizacyjnych, przepływów informacji i sposobów podejmowania decyzji w poszczególnych jednostkach organizacyjnych systemu gospodarczego. Możliwość bezpośredniego ujęcia sfery regulacyjnej stwarzają modele dynamiki systemowej.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie sposobu analizowania wpływu zarządzania na wyniki produkcyjne przedsiębiorstwa przy pomocy modeli dynamiki systemowej. Artykuł składa się z trzech części: ogólnych informacji o metodologii badań, opisu modelu symulacyjnego oraz omówienia wyników eksperymentów komputerowych.

---

[1] Zob. J. K o r n a i, Anti-Equilibrium. Warszawa PWN 1973, s.68-69.

[2] R.L. A c k o f f stwierdza: „Plan jest niewiele wart, jeśli organizacja, której działalność jest objęta tym planem, nie jest w stanie go wykonać (...) Przyjmowanie struktury organizacyjnej za daną może pozbawić planistę najpotężniejszych środków, jakimi dysponuje do osiągnięcia lepszych wyników planu". Zob. R.L. A c k o f f, Zasady planowania w korporacjach. Warszawa PWE, 1973, s.127.

1. PODSTAWY METODOLOGICZNE

Dynamika systemowa, według twórcy tej metody J.W. Forrestera, jest teorią struktur systemów i dąży do ustalenia zasad wyjaśniających w jaki sposób struktura systemu determinuje jego zachowanie[3]. Pojęcie „struktury systemu" Forrestera pokrywa się w zasadzie z wprowadzonym powyżej pojęciem „sposobu zarządzania systemem".

Elementarnym pojęciem dynamiki systemowej jest „sprzężenie zwrotne". Występuje ono wszędzie tam, gdzie działanie bieżące systemu zależy od działań minionych i wpływa na działania przyszłe[4]. Sposób zarządzania generuje pewną dominującą tendencję w rozwoju systemu, na którą mały wpływ mają współczynniki charakteryzujące procesy realne (materiałochłonności, pracochłonności itp.). Badacz posługujący się metodą dynamiki systemowej poszukuje wyjaśnień powtarzających się procesów bardziej w wewnętrznej strukturze systemu niż w zakłóceniach zewnętrznych i zdarzeniach losowych[5]. Z punktu widzenia dynamiki systemowej ważniejsze od dokładnej predykcji stanu systemu w pewnym momencie (okresie) czasu jest opis ogólnej tendencji zachowania systemu, tj. określenie czy system jest stabilny, czy wykazuje oscylacje, czy wykazuje tendencje do wzrostu, itp. Dynamika systemowa dużą wagę przywiązuje do opisu przyczynowości zjawisk za pomocą sprzężeń zwrotnych i odpowiednio mniejszą do wyjaśnień statystycznych zjawisk.

Za pomocą dynamiki systemowej konstruujemy dwa rodzaje modeli systemów: graficzne i matematyczne. Modele graficzne pełnią rolę pomocniczą i pominiemy je w naszych rozważaniach. Podstawowe znaczenie mają modele matematyczne, wykorzystujące dość prosty aparat matematyczny. Tworzą je dwa podstawowe rodzaje funkcji matematycznych: równania zasobów oraz funkcje decyzyjne. Równania zasobów opisują zmiany w sferze realnej, natomiast funkcje decyzyjne dotyczą sfery regulacji i opisują procesy podejmowania decyzji.

Każda decyzja podejmowana jest na podstawie pewnego algorytmu decyzyjnego, przez który będziemy rozumieć zespół reguł postępowania, jakie stosuje jednostka organizacyjna w przypadku określonej kwestii. W algorytmie decyzyjnym mogą wystąpić kroki stochastyczne.

Według Kornaia w życiu organizacji gospodarczych dają się dość wyraźnie rozróżnić dwa rodzaje elementarnych procesów podejmowania decy-

---

[3] Zob.: J.W. F o r r e s t e r, Industrial Dynamics, M.I.T. Press, Cambridge Mass. 1961 oraz J.W. F o r r e s t e r, Principles of Systems. M.I.T. Press, Cambridge Mass. 1968.

[4] W szkicu J. T a r a j k o w s k i e g o, „Ujemne sprzężenie zwrotne w gospodarowaniu zapasami przedsiębiorstwa", znajdującym się w niniejszym zeszycie, jest więcej informacji o ujemnym sprzężeniu zwrotnym I stopnia.

[5] O znaczeniu struktury systemu dla funkcjonowania tego systemu pisze wielokrotnie J.Kornai. Zob. J. K o r n a i, Niedobór w gospodarce. Warszawa PWE, 1985, s.353, 466, 695, 725-726, 742-744.

zji: procesy standardowe i procesy podstawowe. Standardowe procesy podejmowania decyzji powtarzają się periodycznie lub niemal periodycznie, wymagają algorytmów złożonych z niewielu prostych kroków i potrzebują niewiele informacji. Z kolei podstawowe procesy podejmowania decyzji nie występują regularnie, wymagają algorytmów złożonych z wielu, często skomplikowanych kroków oraz wymagają obfitej informacji. Większość procesów podejmowania decyzji może być niemal jednoznacznie zakwalifikowana do jednej lub drugiej kategorii[6].

Większość decyzji gospodarczych to procesy standardowe. Codzienna działalność biur, przedsiębiorstw i gospodarstw domowych ma z reguły ten charakter. Zmiany w sferze realnej wynikające z decyzji standardowych są w większości odwracalne, np: produkcja pewnego wyrobu po okresowym wzroście może zostać zmniejszona, itp. Standardowe procesy podejmowania decyzji umożliwiają systemowi gospodarczemu oszczędzanie intelektualnych i materialnych nakładów procesów regulacyjnych. Nie można przecież poświęcać wiele energii na każdy problem życia gospodarczego, rozpatrywać wszystkich wykonalnych alternatyw, przewidywać wszystkich konsekwencji ich przyjęcia, itp. Standardowe decyzje tworzą „automatyzm" znacznej liczby procesów regulacyjnych. Uzyskane decyzje mogą nie być ściśle efektywne według kryteriów efektywności matematycznej teorii decyzji i można by zapewne znaleźć lepsze rozwiązanie niż to, które wybrano. Jednak strata na efektywności, wynikająca ze standardowego podejmowania decyzji, może znaleźć przeciwwagę w korzyściach osiągniętych stąd, że proces podejmowania decyzji jest tani dla systemu gospodarczego. Decyzje standardowe mogą być zwykle sformalizowane w prosty sposób[7].

W standardowych procesach podejmowania decyzji bardzo ważną rolę odgrywa informacja niecenowa dotycząca zasobów oraz niezrealizowanych zamówień. Obserwowanie zmian zasobów dostarcza przedsiębiorstwu ważnych i szybko dostępnych informacji. Tak na przykład informacja o dużych zapasach wyrobów gotowych jest sygnałem do zmniejszenia produkcji, informacja o spadku zapasów materiałów spowoduje wzrost zamówień na materiały u ich producentów, itp.[8].

Ważnym składnikiem standardowych procesów podejmowania decyzji są normy (np. normy zapasów surowców, normy zaległych zamówień, itp.). Podejmujący decyzje obserwuje, czy aktualne zachowanie systemu odbiega od normy. Jeżeli tak, to interweniuje modyfikując wartości zmiennych regulacyjnych w taki sposób, aby zachowanie systemu skierować na ścieżkę opisaną przez normy. Taki rodzaj regulacji nazywany jest w teorii sterowa-

---

[6] Zob.: J. K o r n a i, Anti-Equilibrium, Warszawa PWN 1973, s.163.

[7] Tamże, s.165-166.

[8] Zob.: Non-price Control, red.: J.Kornai i B.Martos, Akadémiai Kiadó. Budapest 1981, s.60-63.

nia sprzężeniem zwrotnym. Regulacja (zarządzanie) przez normy oparta jest na tradycji, zwyczajowej rutynie i powtarzaniu pewnych prostych reguł postępowania. Stosowanie norm daje wiele korzyści i upraszcza przygotowanie decyzji, a system dzięki temu oszczędza swój potencjał konceptualny[9]. Normy stabilizują działanie systemu, ale ich stosowanie może mieć także złe strony. Oszczędzając myślenie, decyzje mogą stać się bezmyślne. Stabilizacja może zamienić się w inercję[10].

Wykorzystując powyższe uwagi dotyczące funkcjonowania i modelowania systemów gospodarczych, przedstawimy model przedsiębiorstwa.

2. Opis modelu przedsiębiorstwa

Przedmiotem naszych badań uczynimy bardzo zagregawany system, który w dalszym ciągu nazywać będziemy przedsiębiorstwem. Rozważymy jego działanie w ciągu jednego roku podzielonego na 52 odcinki o jednakowej długości (tygodnie). Przedsiębiorstwo to produkuje jeden wyrób gotowy, zużywając do tego celu materiał jednego rodzaju. Pominiemy w naszych rozważaniach ograniczenia ze strony siły roboczej oraz majątku produkcyjnego. W przedsiębiorstwie wyróżnimy: magazyn materiałów, halę produkcyjną i magazyn wyrobów gotowych. Dostawy materiałów są gromadzone w magazynie materiałów, a stąd przekazywane są do hali produkcyjnej. W hali produkcyjnej następuje transformacja materiałów w wyroby gotowe, które następnie przekazywane są do magazynu wyrobów gotowych, a stamtąd wysłane są do odbiorców. Będziemy zakładać, że podaż materiałów oraz popyt na wyroby gotowe są nieograniczone. Oznacza to, że przedsiębiorstwo nie napotyka na żadne trudności w zakupie surowców oraz, że nie ma także problemów ze zbytem wyrobów gotowych. Dostawy surowców oraz wysyłka wyrobów gotowych zależą wyłącznie od decyzji podejmowanych w przedsiębiorstwie[11].

Przyjmiemy następujące oznaczenia: t-wskaźnik czasu (numer kolejny tygodnia), ZM_t - zapas materiałów w magazynoe materiałów, PT_t - zapas wyrobów gotowych w produkcji (produkcja w toku), ZG_t - zapas wyrobów gotowych w magazynie wyrobów gotowych, DMA_t - tygodniowa dostawa materiałów, SMA_t -tygodniowy spływ materiałów z magazynu materiałów do hali produkcyjnej, SWG_t - tygodniowy spływ wyrobów gotowych z hali produkcyjnej do magazynu wyrobów gotowych, WWG_t - tygodniowa wysyłka wyrobów gotowych, $\overline{ZM}$ - norma zapasu materiałów, $\overline{PT}$ - norma produkcji w toku, $\overline{ZG}$ - norma zapasu wyrobów gotowych, $\overline{DMA}$ - norma tygodniowej dostawy materiałów, $\overline{SMA}$ - norma tygodniowego spływu materiałów z magazynu materiałów do produkc-

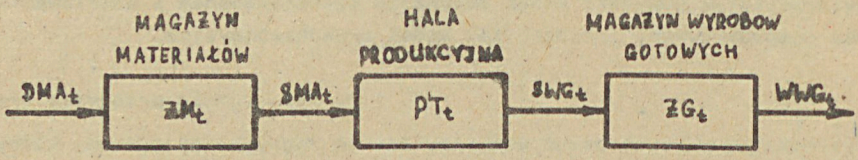
---

[9] „Gdyby nie było norm (...) to społeczeństwo składałoby się tylko z Hamletów i zostałoby sparaliżowane w medytacji". Tamże s.121.

[10] Tamże, s.122.

[11] Por.: J.N. A l e k s i e j e w, N.B. F i l i n o w - C z e r n y s z e w, Reszenije zadacz po imitacjonnomu modelirowaniju. Moskwa M.I.U. 1983.

cji, $\overline{SWG}$ - norma tygodniowego spływu wyrobów gotowych z produkcji do magazynu wyrobów gotowych, $\overline{WWG}$ - norma tygodniowej wysyłki wyrobów gotowych, PLAN - roczny plan produkcji przedsiębiorstwa, A - współczynnik materiałochłonności, CZD - czas dopasowania zapasów do odpowiedniej normy. Wykorzystując wprowadzone oznaczenia możemy przedstawić działanie przedsiębiorstwa tak, jak na rys.1.



Rys.1. Struktura organizacyjna przedsiębiorstwa

Konstruując model matematyczny przedsiębiorstwa, zapiszemy najpierw równania zasobów:

$$ZM_t = ZM_{t-1} + DMA_{t-1} - SMA_{t-1}, \qquad (1)$$

$$PT_t = PT_{t-1} + (SMA_{t-1}/A) - SWG_{t-1}, \qquad (2)$$

$$ZG_t = ZG_{t-1} + SWG_{t-1} - WWG_{t-1}. \qquad (3)$$

Tak więc stan poszczególnych zapasów określany jest na początku każdego tygodnia na podstawie ogólnej reguły:

$$\text{zapas}_t = \text{zapas}_{t-1} + \text{przypływ}_{t-1} - \text{odpływ}_{t-1}.$$

W równaniu (2) zaznaczono transformację materiałów w wyroby gotowe: SMA_{t-1}/A.

Opiszemy teraz decyzje standardowe (tylko takie będziemy uwzględniać) podejmowane w przedsiębiorstwie. Przyjmiemy, że podstawowym celem działalności przedsiębiorstwa jest wykonanie pewnego planu produkcji wyrobów gotowych PLAN. Nie będziemy wnikać w jaki sposób plan ów został ustalony: czy został narzucony przedsiębiorstwu przez jednostkę zwierzchnią, czy też ustalony samodzielnie przez przedsiębiorstwo. Plan ten będziemy utożsamiać z ilością wyrobów gotowych, które należy wysłać do odbiorców w ciągu roku, a zatem norma wysyłki wyrobów gotowych jest równa wielkości PLAN/52. Przyjmiemy ponadto, że norma spływu wyrobów gotowych z hali produkcyjnej do magazynu wyrobów gotowych jest równa normie wysyłki wyrobów gotowych, tj. $\overline{SWG} = \overline{WWG}$. Będziemy badać jak wyznaczony plan roczny jest realizowany przez przedsiębiorstwo w zależności od sposobu podejmowania decyzji w poszczególnych komórkach przedsiębiorstwa.

Rozważymy najpierw decyzje dotyczące tygodniowej dostawy materiałów. Założymy, że decyzje te mogą być opisane za pomocą trzech alternatywnych formuł:

$$DMA_t = \overline{DMA} + (1/CZD) * (\overline{ZM} - ZM_t), \quad (4.1)$$

$$DMA_t = \overline{DMA} + (1/CZD) * (\overline{PT} - PT_t) * A, \quad (4.2)$$

$$DMA_t = \overline{DMA} + (1/CZD) * (\overline{ZG} - ZG_t) * A. \quad (4.3)$$

Tak więc dostawa materiałów równa jest normie dostawy materiałów powiększonej o składnik korygujący. W zależności od decyzji korekta odbywa się na podstawie: albo odchylenia zapasu materiałów od normy, albo odchylenia produkcji w toku od normy, albo też odchylenia zapasu wyrobów gotowych od normy. W drugim i trzecim przypadku różnica ta pomnożona jest przez współczynnik materiałochłonności, ponieważ sprowadzamy materiały na podstawie informacji o wyrobach gotowych. W każdym zaś przypadku składnik korygujący jest dzielony przez czas dopasowania CZD. Jeżeli zatem np. CZD = 4, to znaczy, że chcemy aby korekta były rozłożona na 4 tygodnie, itp.

Formuły (4.1) - (4.3) stanowią, że wartość DMA_t będzie tym większa od swojej normy, im zapas materiałów, lub produkcja w toku, lub zapas wyrobów gotowych, są mniejsze od swoich norm. Składniki korygujące będą ujemne, a zatem spowodują, że wartość DMA_t będzie mniejsza od normy, jeżeli wartości ZM_t, PT_t i ZG_t będą większe od swoich norm.

Podobnie decyzje dotyczące tygodniowego spływu materiałów do produkcji mogą być podejmowane również na trzy alternatywne sposoby:

$$SMA_t = \overline{SMA} + (1/CZD) * (ZM_t - \overline{ZM}), \quad (5.1)$$

$$SMA_t = \overline{SMA} + (1/CZD) * (\overline{PT} - PT_t) * A, \quad (5.2)$$

$$SMA_t = \overline{SMA} + (1/CZD) * (\overline{ZG} - ZG_t) * A. \quad (5.3)$$

Z powyższych wzorów wynika, że spływ materiałów z magazynu materiałów do hali produkcyjnej jest równy normie tego spływu powiększonej o składnik korygujący. Ma on postać taką jak poprzednio z wyjątkiem decyzji (5.1). Różnica wynika z tego, że wartość SMA_t powinna być tym większa od normy $\overline{SMA}$, im bardziej zapas materiałów ZM_t przewyższa normę $\overline{ZM}$.

Decyzje dotyczące tygodniowego spływu wyrobów gotowych z hali produkcyjnej do magazynu wyrobów gotowych mogą być podejmowane na dwa różne sposoby:

$$SWG_t = \overline{SWG} + (1/CZD) * (PT_t - \overline{PT}), \quad (6.1)$$

$$SWG_t = \overline{SWG} + (1/CZD) * (\overline{ZG} - ZG_t). \quad (6.2)$$

A zatem, spływ wyrobów do magazynu wyrobów gotowych jest korygowany albo na podstawie odchyleń produkcji w toku od normy albo na podstawie od-

chyleń zapasu wyrobów gotowych od normy. W pierwszym przypadku wartość SWG_t będzie tym większa, im produkcja w toku przewyższa normę, w drugim zaś, im zapas wyrobów gotowych jest mniejszy od normy.

I wreszcie decyzje dotyczące tygodniowej wysyłki wyrobów gotowych do odbiorców podejmowane są według jednej reguły:

$$WWG_t = \overline{WWG} + (1/CZD) * (ZG_t - \overline{ZG}). \qquad (7)$$

Tak więc, normę wysyłki wyrobów gotowych korygujemy na podstawie odchylenia zapasu wyrobów gotowych od normy tych zapasów. Im bardziej zapasy wyrobów gotowych przewyższają normę, tym większa jest ilość wysyłanych wyrobów gotowych.

Zauważmy, że każda z opisanych decyzji powstaje w pętli sprzężenia zwrotnego: decyzje podjęte w okresie t-1 wpływają na stan zapasów na początku okresu t. Z kolei informacje o stanie zapasów na początku okresu t wpływają na decyzje podejmowane w okresie t. Decyzje te następnie określają stan zapasów w okresie t+1, itd.

Należy zaznaczyć, że wartość żadnej decyzji nie może być ujemna (oznaczałoby to przepływ wsteczny). Będziemy zatem przyjmować, że wartość ujemna oznacza brak przepływu.

Biorąc pod uwagę liczbę alternatywnych decyzji każdego rodzaju, możemy wyróżnić 18(3 x 3 x 2 x 1) różnych możliwych sposobów zarządzania przedsiębiorstwem.

3. OPIS EKSPERYMENTÓW SYMULACYJNYCH

Przed przystąpieniem do doświadczeń komputerowych, na podstawie „informacji z przeszłości", określamy następujące dane wejściowe:
zapasy początkowe: $ZM_0 = 60$, $PT_0 = 40$ i $ZG_0 = 65$;
normy zapasów: $\overline{ZM} = 120$, $\overline{PT} = 30$ i $\overline{ZG} = 60$;
normy przepływów: $\overline{DMA} = 60$, $\overline{SMA} = 60$, $\overline{SWG} = 20$ i $\overline{WWG} = 20$.
Plan przedsiębiorstwa będzie zatem równy $1040/52 * \overline{SWG}$).
Przyjmiemy, że współczynnik materiałochłonności A jest równy 3. Jednostką miary surowców i wyrobów gotowych będą sztuki.

Przeprowadzimy najpierw trzy serie eksperymentów dla różnych wartości czasu dopasowywania zapasów do norm, tj. dla CZD = 1 (seria A), dla CZD = 2 (seria B) oraz dla CZD = 4 (seria C). W każdej serii przeprowadzamy po 18 eksperymentów, tj. dla każdej z możliwych kombinacji podejmowania decyzji. Rezultaty przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych przedstawiają: tabela 1 dla serii A, tabela 2 dla serii B oraz tabela 3 dla serii C[12].

[12] Z powodu braku miejsca nie zamieszczamy wszystkich szczegółowych danych o funkcjonowaniu systemu. Sposób zarządzania w tabelach jest charakteryzowany za pomocą trzech cyfr oznaczających numer alternatywnej decyzji dotyczącej odpowiednio: dostaw materiałów, spływu materiałów do produkcji oraz spływu wyrobów gotowych do magazynu. Na przykład cyfra 2 w kolumnie DMA_t oznacza, że decyzja o dostawie materiałów jest podejmowana według reguły (4.2), itp.

Tabela 1. Eksperymenty serii A (CZD = 1)

Symbol eksperymentu	Charakterystyka sposobu zarządzania			Roczna wysyłka wyrobów gotowych	Charakterystyka zachowania systemu	Zapasy na koniec roku		
	DMA_t	SMA_t	SWG_t			ZM_{52}	PT_{52}	ZG_{52}
A1	1	1	1	1055	Regularne oscylacje	180	10	80
A2	2	1	1	1025	"	150	50	50
A3	3	1	1	1030	"	180	20	55
A4	1	2	1	1055	"	150	20	70
A5	2	2	1	1045	Stabilny"od 4 tygodnia	90	30	60
A6	3	2	1	1050	Regularne oscylacje	105	20	70
A7	1	3	1	1040	"	105	35	50
A8	2	3	1	1040	"	105	35	50
A9	3	3	1	1040	"	90	30	55
A10	1	1	2	1040	"	180	25	25
A11	2	1	2	1030	"	150	30	60
A12	3	1	2	1040	"	105	25	55
A13	1	2	2	1040	"	105	35	55
A14	2	2	2	1040	"	75	35	55
A15	3	2	2	1040	"	75	35	35
A16	1	3	2	1040	"	135	40	55
A17	2	3	2	1040	Stały wzrost ZM_t	810	25	60
A18	3	3	2	1040	Regularne oscylacje	75	35	35

Tabela 2. Eksperymenty serii B (CZD = 2)

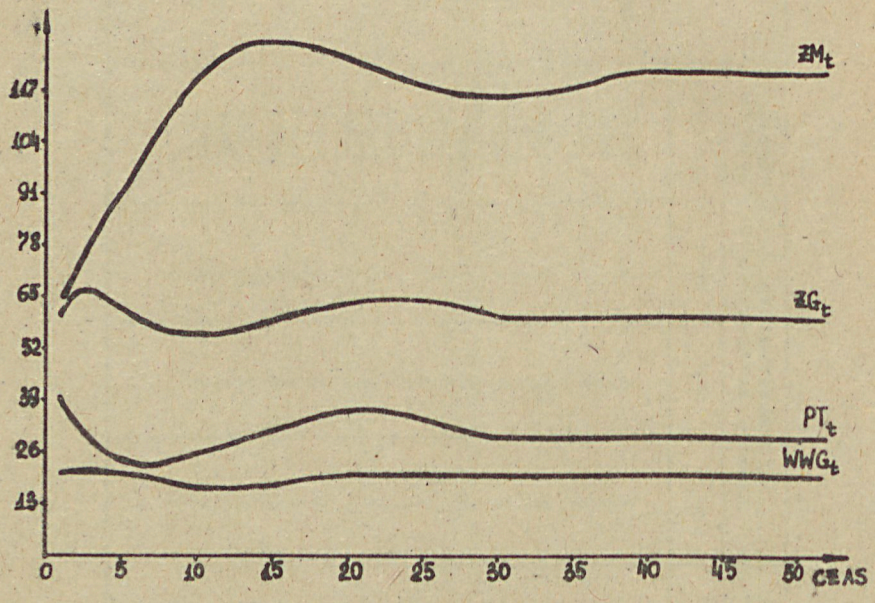
Symbol eksperymentu	Charakterystyka sposobu zarządzania			Roczna wysyłka wyrobów gotowych	Charakterystyka zachowania systemu	Zapasy na koniec roku		
	DMA_t	SMA_t	SWG_t			ZM_{52}	PT_{52}	ZG_{52}
B1	1	1	1	1045	Stabilny od 7 tygodnia	120	30	60
B2	2	1	1	1040	" od 17 "	120	30	60
B3	3	1	1	1038	" od 34 "	120	30	60
B4	1	2	1	1050	" od 6 "	120	30	60
B5	2	2	1	1050	" od 5 "	60	30	60
B6	3	2	1	1046	" od 11 "	67	30	60
B7	1	3	1	1048	" od 14 "	120	30	60
B8	2	3	1	1048	" od 11 "	75	30	60
B9	3	3	1	1047	" od 11 "	63	30	60
B10	1	1	2	1043	" od 2 "	120	33	60
B11	2	1	2	1042	" od 32 "	120	30	60
B12	3	1	2	1043	" od 8 "	120	20	60
B13	1	2	2	1043	" od 11 "	120	30	60
B14	2	2	2	1043	" od 7 "	60	30	60
B15	3	2	2	1043	" od 8 "	90	30	60
B16	1	3	2	1043	" od 8 "	120	40	60
B17	2	3	2	1043	Stały wzrost ZM_t	234	28	60
B18	3	3	2	1043	Stabilny od 2 tygodnia	60	40	60

Tabela 3. Eksperymenty serii C (CZD = 4)

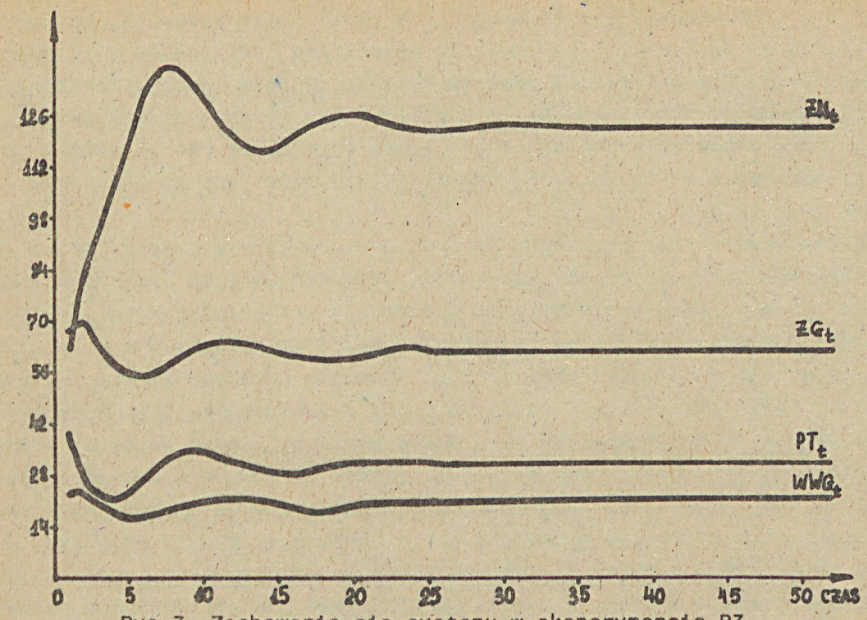
Symbol eksperymentu	Charakterystyka sposobu zarządzania			Roczna wysyłka wyrobów gotowych	Charakterystyka zachowania systemu	Zapasy na koniec roku		
	DMA_t	SMA_t	SWG_t			ZM_{52}	PT_{52}	ZG_{52}
C1	1	1	1	1045	Stabilny od 11 tygodnia	120	30	60
C2	2	1	1	1040	" od 24 "	120	30	60
C3	3	1	1	1038	" od 38 "	120	30	60
C4	1	2	1	1050	" od 15 "	120	30	60
C5	2	2	1	1050	" Od 13 "	60	30	60
C6	3	2	1	1047	" od 21 "	63	30	60
C7	1	3	1	1048	" od 14 "	120	30	60
C8	2	3	1	1048	" od 17 "	75	30	60
C9	3	3	1	1047	" od 15 "	61	30	60
C10	1	1	2	1043	" od 8 "	120	33	60
C11	2	1	2	1043	" od 47 "	120	30	60
C12	3	1	2	1045	" od 18 "	120	20	60
C13	1	2	2	1043	" od 27 "	120	30	60
C14	2	2	2	1043	" od 13 "	60	30	60
C15	3	2	2	1043	" od 17 "	90	30	60
C16	1	3	2	1043	" od 17 "	120	40	60
C17	2	3	2	1043	" od 11 "	60	30	60
C18	3	3	2	1043	" od 5 "	60	40	60

Analizując otrzymane wyniki stwierdzamy, że we wszystkich trzech seriach eksperymentów przedsiębiorstwo uzyskuje zbliżone wyniki pod względem stopnia realizacji planu. Dotyczy to przede wszystkim serii B i C (nieznaczne różnice występują jedynie między B6 i C6 oraz B11 i C11). Wyniki obu serii mieszczą się w przedziale od 1040 do 1050. Różnią się od nich w niewielkim stopniu wyniki serii A, które mieszczą się w przedziale od 1025 do 1055, ale większość jest równa 1040, co oznacza stuprocentowe wykonanie planu wysyłki wyrobów gotowych.

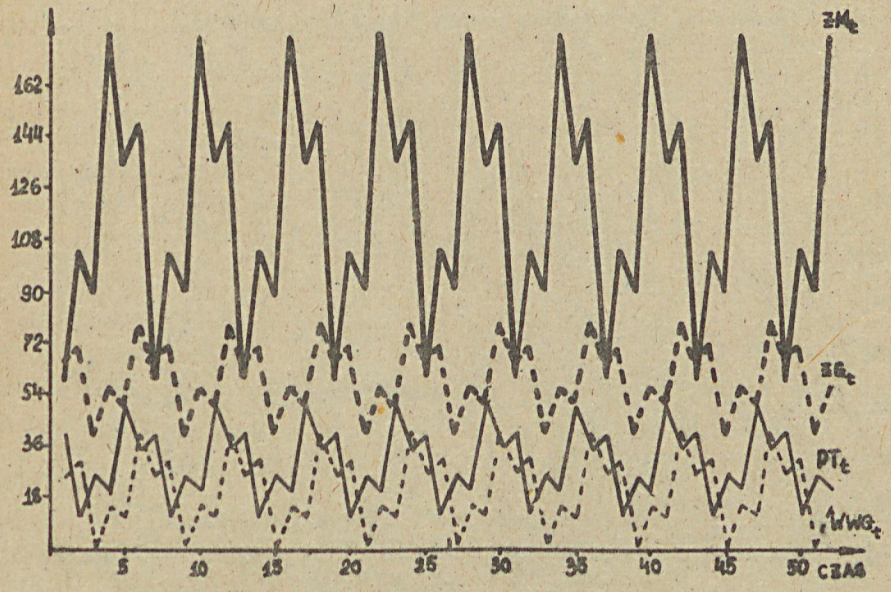
Funkcjonowanie przedsiębiorstw w eksperymentach poszczególnych serii różni się przede wszystkim stopniem stabilizacji wielkości charakteryzujących system, tj. ZM_t, PT_t, ZG_t, DMA_t, SMA_t, SWG_t oraz WWG_t. W przypadku eksperymentów serii A najczęściej występują regularne oscylacje powtarzające się co pewien okres. W eksperymentach serii B i C po początkowych zakłóceniach następuje stabilizacja wartości poszczególnych zmiennych, przy czym okres zakłóceń może mieć różną długość. Z reguły w serii B system osiąga stabilizację szybciej niż w serii C (wyjątek stanowią eksperymenty B7 i C7 oraz B17 i C17). Na rysunkach 2,3 i 4 przedstawiono zmiany wielkości ZM_t, PT_t, ZG_t oraz WWG_t odpowiednio dla eksperymentów: A3, B3 oraz C3. W eksperymencie C3 regularne oscylacje zmiennych powtarzają się co 6 tygodni. Zmienna WWG_t przyjmuje wartości równe zero, co jest szczególnie niekorzystne dla odbiorców wyrobów gotowych.



Rys.2. Zachowanie się systemu w eksperymencie A3



Rys.3. Zachowanie się systemu w eksperymencie B3

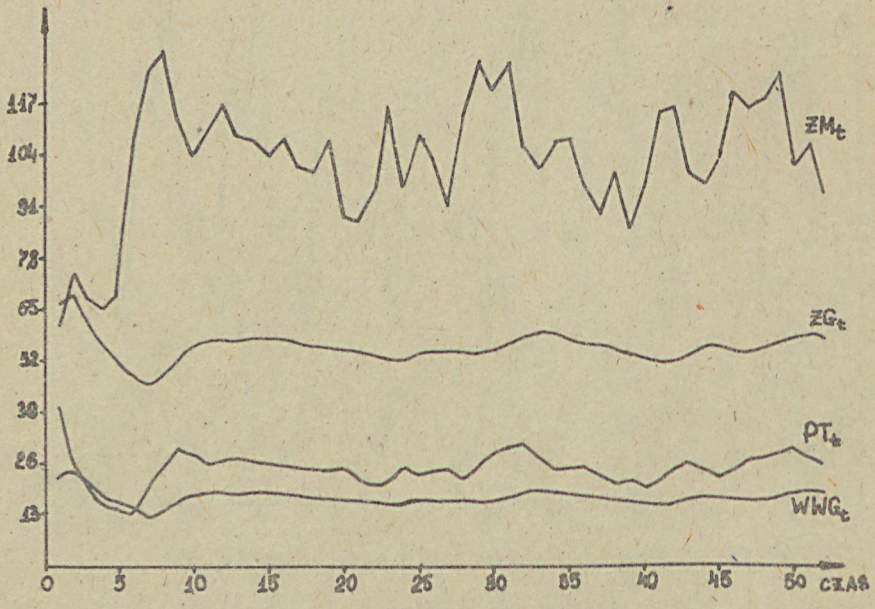


Rys.4. Zachowanie się systemu w eksperymencie C3

W tabelach 1, 2 i 3 podano dla każdego eksperymentu stany zapasów na koniec roku w przedsiębiorstwie. Okazuje się, że są one różne dla różnych serii i różnych sposobów zarządzania. W seriach B i C zapasy są podobne. Różnią się od nich zapasy otrzymane w serii A: zapasy materiałów są tu z reguły większe, a zapasy wyrobów gotowych nieco mniejsze niż w

serii B i C. W eksperymentach wszystkich serii można zauważyć, że zapasy materiałów są duże wtedy, gdy dostawy materiałów realizowane są według reguły (4.1). Gromadzeniu zapasów materiałów sprzyja także przekazywanie materiałów do produkcji zgodnie z regułą (5.1). Ponadto należy zwrócić uwagę, że w eksperymentach A17 i B17 zapas materiałów rośnie nadmiernie i w porównaniu z normą ZM jest odpowiednio wyższy: prawie 7-krotnie i prawie 2-krotnie.

Opisane dotychczas eksperymenty były przeprowadzone przy założeniu, że model matematyczny opisujący zachowanie przedsiębiorstwa jest ściśle deterministyczny. Teraz założymy, że w dostawach materiałów występują zakłócenia losowe, tzn. dostawy materiałów nie muszą być zgodne z podjętymi decyzjami co do ich rozmiarów[13]. Działanie przedsiębiorstwa rozpatrzymy tylko dla CZD = 2. Kolejną serię eksperymentów oznaczymy przez D (tabela 4). Okazuje się, że plan udało się zrealizować tylko w eksperymentach D4, D7, D13 i D16. Najgorsze wyniki otrzymano w eksperymentach D3, D2 i D12. Przedsiębiorstwo uzyskuje najlepsze wyniki, gdy materiały są zamawiane w oparciu o regułę (4.1), a więc na podstawie odchyleń zapasów materiałów od normy, i gdy równocześnie materiały do produkcji nie są przekazywane w oparciu o regułę (5.1) nakazującą utrzymywanie zapasu materiałów zbliżonego do normy. Na rysunku 5 przedstawiono zachowanie systemu dla eksperymentu D3. Wskutek zakłóceń w dostawach materiałów, system nie działa stabilnie i wykazuje nieregularne wahania.



Rys.5. Zachowanie się systemu w eksperymencie D3

[13] Do generowania zmiennych losowych posłużono się rozkładem równomiernym. Liczba inicjująca procesy losowe była jednakowa we wszystkich eksperymentach, tzn. zakłócenia losowe miały taki sam rozkład dla wszystkich przypadków.

Tabela 4. Eksperymenty serii D (CZD = 2, zakłócenia losowe)

Symbol eksperymentu	Charakterystyka sposobu zazządzania			Roczna wysyłka wyrobów gotowych	Charakterystyka zachowania systemu	Zapasy na koniec roku		
	DMA_t	SMA_t	SWG_t			ZM_{52}	PT_{52}	ZG_{52}
D1	1	1	1	914	Nieregularne oscylacje	97	25	56
D2	2	1	1	909	" "	94	24	57
D3	3	1	1	904	" "	93	26	57
D4	1	2	1	1048	" "	78	30	60
D5	2	2	1	921	" "	47	23	55
D6	3	2	1	915	" "	40	24	56
D7	1	3	1	1047	" "	78	30	60
D8	2	3	1	921	" "	47	24	54
D9	3	3	1	916	" "	39	24	56
D10	1	1	2	922	" "	97	18	55
D11	2	1	2	989	" "	102	21	60
D12	3	1	2	909	" "	91	17	56
D13	1	2	2	1043	" "	78	30	60
D14	2	2	2	992	" "	49	18	59
D15	3	2	2	920	" "	39	17	52
D16	1	3	2	1043	" "	78	35	60
D17	2	3	2	992	" "	48	20	60
D18	3	3	2	920	" "	39	17	52

Na podstawie powyższych rozważań możemy stwierdzić, że na sposób funkcjonowania przedsiębiorstwa i jego wyniki produkcyjne[14] w istotny sposób wpływa sposób zarządzania nim. Zależności między sferą realną i regulacyjną przedsiębiorstwa możemy badać przy pomocy metody dynamiki systemowej. Celem naszej analizy nie było wskazanie na „optymalny" sposób zarządzania (jeżeli coś takiego w ogóle istnieje), ale zbadanie jak przedsiębiorstwo działa w warunkach różnych sposobów zarządzania oraz przedstawienie pewnych prawidłowości w zachowaniu przedsiębiorstwa, zależnie od sposobu podejmowania poszczególnych decyzji.

Literatura

A c k o f f R.L., Zasady planowania w korporacjach. Warszawa PWE,1973.

A l e k s i e j e w J.N., F i l i n o w - C z e r n y s z e w, N.B., Reszenije zadacz po imitacjonnomu modielirowaniju. Moskwa M.I.U.1983.

F o r r e s t e r J.W., Industrial Dynamics, M.I.T. Press. Cambridge Mass. 1961.

F o r r e s t e r J.W., Principles of Systems, M.I.T. Press. Cambridge Mass. 1968.

K o r n a i, J., Anti-Equilibrium. Warszawa PWN 1973.

K o r n a i, J., Niedobór w gospodarce, Warszawa PWE, 1985.

Non-price Control, Red. Kornei, J. i Martos, B. Akadémiai Kiadó, Budapest 1981.

[14] Wyniki produkcyjne można rozumieć jako efekty działalności przedsiębiorstwa zamieszczane w piątej części planu techniczno-ekonomicznego, zgodnie z propozycją Z. D ą b r o w s k i e g o zawartą w artykule „O układzie i treści planu techniczno-ekonomicznego przedsiębiorstwa".