

Bogdan MARSZAŁKOWSKI

Instytut Ekonomiki Transportu
Akademia Ekonomiczna Katowice

PLANOWANIE ADAPTACYWNE W ZAKŁADZIE TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO

Streszczenie. Artykuł omawia pewną metodę planowania opartą na sformalizowanym opisie zależności w systemie planowania zakładu transportu samochodowego. Model składa się z układu 10 równań wyrażających podstawowe relacje występujące w działalności zakładu transportowego, sformalizowanego celu wyrażonego jako kryterium jakości sterowania oraz wektora sterowania statystycznie optymalnego, który jest podstawą planu. Model ten jest wynikiem podejścia systemowego do problematyki planowania w jednostkach transportowych, odpowiadającej koncepcji planowania adaptacyjnego.

Powszechnie przyjmuje się, że plan jest zbiorem decyzji. Zbiór decyzji stanowi system, jeśli efekt każdej decyzji tego zbioru przejawiający się w jakimś wyniku zależy co najmniej od jednej, innej decyzji tego zbioru. Wobec tego plan jest systemem. Natomiast planowanie jest procesem obejmującym podejmowanie i ocenianie poszczególnych decyzji należących do tego systemu, zanim zajdzie potrzeba działania w sytuacji, w której panuje przekonanie, że bez podjęcia działania nie jest prawdopodobne, aby mogła się urzeczywistnić pożądana przyszła sytuacja oraz że przez podjęcie odpowiedniego działania można zwiększyć prawdopodobieństwo uzyskania pożądanego wyniku [1]. Jednocześnie planowanie jest instrumentem sterowania systemami gospodarczymi [2]. Sterowaniem nazywa się takie działanie, które wnosi pożądaną zmianę do procesu podlegającego sterowaniu [3].

W związku z tym zasadne jest stosowanie do planowania metod wypracowanych w teorii sterowania. Teoria ta rozwinęła się w szybkim tempie w technice. Nie można tego niestety stwierdzić w odniesieniu do systemów ekonomicznych. Jest jednak sprawą bardzo ważną szukanie przejścia od teorii sterowania automatycznego w systemach technicznych do sterowania w sferze gospodarczej.

Niniejsze opracowanie jest próbą znalezienia takiego przejścia w postaci zaadaptowanie znanej w teorii sterowania automatycznego metody "sterowania statystycznie optymalnego w układach liniowych" do planowania działalności zakładu transportu samochodowego lub branżowego przedsiębiorstwa transportowego.

Wymieniona metoda zakłada następujący tok postępowania, składający się z trzech kroków:

1. Określenie modelu. Stosując opis matematyczny wystarczy opisać relacje między elementami systemu. Zadanie polega na przyjęciu takiego modelu, który dostatecznie dokładnie przedstawi rozpatrywany system, ale z drugiej strony nie jest zbyt skomplikowany i umożliwia analizę oraz obliczenie na szczeblach matematycznych.

2. Określenie celów. Ten krok prowadzi się do określenia wskaźnika jakości, który jest formalnym przedstawieniem celów systemu.

3. Łącząc informacja z dwóch poprzednich kroków oraz dodając narzuconą ograniczenia - określenie wektora sterowania.

Dla opisu systemu planowania w modelu zastosowane zostały liniowe równania różnicowe.

Stan na okres następny wyznacza stan obecny, na który wpływają zakłócenie przypadkowe oraz elementy sterujące, przeciwdziałające zniekształceniom układu. Oznacza to, że system planowania zakładu transportowego można opisać układem liniowych równań rzędu pierwszego:

$$x(k+1) = Q(k+1,k) x(k) + R(k+1,k) w(k) + S(k+1,k) u(k), \quad (1)$$

gdzie:

- $Q(k+1,k)$ - macierz stanu,
- $R(k+1,k)$ - macierz zakłóceń,
- $S(k+1,k)$ - macierz sterowań,
- $x(k)$ - stan (wektor) układu,
- $w(k)$ - zakłócenia (wektor) stanu
- $u(k)$ - wektor sterowania.

Opis układu pomiarowego (na wyjściu) można przedstawić równaniem:

$$z(k+1) = P(k+1) x(k+1) + v(k+1), \quad (2)$$

gdzie:

- $z(k+1)$ - wektor wyjścia,
- $P(k+1)$ - macierz wyjścia,
- $v(k+1)$ - wektor błędów pomiaru [4].

W przypadku modelu planowania ZTS można sobie pozwolić na pewne uproszczenie opisu. Mianowicie, przyjmuje się, że wektor $v(k+1) = 0$, tzn. zakładamy, że nie istnieją błędy pomiaru na wyjściu. Założenie to jest całkowicie uzasadnione, gdyż na wyjściu naszego systemu nie trzeba żadnego aparatu pomiarowego (jak to z reguły bywa w układach technicznych), ponieważ od razu otrzymuje się gotowy wynik, będący rezultatem przeprowadzenia czynności według ustalonego algorytmu.

Rozwiązanie zadania sterowania stanu x układu opisanego równaniem (1) polega na określeniu ciągu sterowań $(u(k), k = 0, 1, \dots, N)$ minimalizującego wskaźnik jakości sterowania. Ponieważ należy sterować stanem układu, ciąg sterowań powinien zależeć od informacji o tym stanie, czyli od wyjść

układu. Sterowanie wymaga zatem sprzężenia zwrotnego. Istniejące dane o stanie układu składają się z ciągu wyjść oraz wartości średniej $\bar{x}(0)$ stanu początkowego $x(0)$. Stąd wektor sterowania w chwili k można zapisać jako:

$$u(k) = \mu_k(z(k), \bar{x}(0)), \quad (3)$$

gdzie:

$z(k)$ - wektor wyjść,

μ_k - funkcja od zaznaczonych zmiennych [4].

Uwzględniając podaną metodę można teraz postawione zadanie następująco skonkretyzować:

- w pierwszym etapie należy zbudować model działalności ZTS uwzględniając te zależności między elementami systemu, które są istotne dla planowania działalności tego systemu, posługując się w tym celu równaniami (1) i (2),
- w etapie następnym należy określić strategię sterowania o postaci równania (3) minimalizującego wskaźnik jakości.

Wskaźnik ten w układach dyskretnych ma postać:

$$J_N = E \left\{ \sum_{i=1}^N \left[x^T(i) A(i) x(i) + u^T(i-1) B(i-1) u(i-1) \right] \right\}, \quad (4)$$

gdzie:

$(0, N)$ - przedział czasu,

$A(i), B(i)$ - półokreślone dowolnie macierze kwadratowe.

Z powyższego równania wynika, że J_N jest wartością oczekiwaną dodatnio półokreślonej formy kwadratowej zmiennych stanu i sterowań. Występowanie wartości oczekiwanej spowodowane jest oczywiście tym, że mamy do czynienia z procesem stochastycznym. Obydwa składniki wskaźnika jakości są niemalejącymi funkcjami stanu układu x oraz sterowań u . Powyższy wskaźnik jakości jest formalnym przedstawieniem celu - racjonalna wykonanie przewozów przedsiębiorstwa.

We wskaźniku jakości danym równaniem (4) macierze A i B mogą być określone dowolnie. Możliwości wyboru są duże, tak że można najważniejszym elementom modelowanego planu nadać większą wagę niż innym, mniej istotnym.

W celu zbudowania modelu matematycznego ZTS postępować należy zgodnie z omówioną wcześniej metodyką, tzn. wykonać:

- określenie współrzędnych stanu,
- ułożenie równań stanu.

Współrzędne stanu wybiera się wychodząc ze stwierdzenia, że działalność ZTS zależy istotnie od:

- wymagających zaspokojenia potrzeb przewozowych,
- ilości i jakości taboru,
- struktury tras przewozu,
- ilości i jakości punktów przeładunkowych,
- możliwości obsługowo-naprawczych zaplecza technicznego,
- zatrudnienie i funduszu płac,
- zaopatrzenia materiałowego,
- kosztów własnych działalności,
- warunków finansowych.

Każdej z tych współrzędnych powinno odpowiadać jedno równanie modelu.

W warunkach gdy ZTS działa w obrębie przestrzennie rozproszonego przedsiębiorstwa przemysłowego, potrzeby przewozowe są determinowane technologią produkcji. Stąd też i zakłócenia w wielkości tych potrzeb związane są bezpośrednio ze wzrostem lub zmniejszeniem produkcji przedsiębiorstwa lub niektórych jego zakładów. Istnieją zatem w przedsiębiorstwie przemysłowym dostawcy i odbiorcy, którym są zakłady produkcyjnego tego przedsiębiorstwa. Każdy zakład może przy tym być zarówno dostawcą, jak i odbiorcą, jeżeli wysyła i przyjmuje równocześnie produkty swoje i innych zakładów, powiązanych z nim technologią wytwarzania produktów końcowych. Przydzielając każdemu zakładowi odpowiedni numer dostawcy i odbiorcy otrzymamy strukturę przestrzenną potrzeb przewozowych. Oczywiście interesuje nas tylko ta część produkcji, która wymaga przemieszczania.

Pierwsze więc równanie obrazuje strukturę przestrzenną produkcji wyznaczającej potrzeby przewozowe przedsiębiorstwa. Stosując metodę liniowych równań różnicowych przybiera ono następującą postać:

$$m^{(k+1)} = m^{(k)}(-m_a - m_b + m_c)^{(k+1)}, \quad (5)$$

gdzie:

- k - okres obecny,
- $k+1$ - okres, na który planuje się,
- m - masa do przewozu,
- m_a - masa, która nie zostanie przewieziona z powodu remontów u dostawców lub odbiorców,
- m_b - masa nie wymagająca przewozu z powodu awarii i dostawców lub odbiorców,
- m_c - masa do przewozu spoza układu (przedsiębiorstwa).

Równanie (6) jest równaniem ilości taboru według typów pojazdów. Zadaniem tego równania jest między innymi pokazanie, w jakim stopniu w okresie planowanym tabor będzie mógł służyć do przewozu.

Równanie ilości taboru można analitycznie przedstawić jako:

$$i^{(k+1)} = i^{(k)}(-i - i_o - i_K - i_d + i_z + i_w + i_a + i_r)^{(k+1)}, \quad (6)$$

gdzie:

- $i^{(k)}$ - ilość taboru w okresie k ,
- $i^{(k+1)}$ - ilość taboru w okresie $k+1$,
- i_o - ilość pojazdów planowanych do obsługi technicznych,
- i_K - ilość pojazdów przeznaczonych do kasacji,
- i_d - ilość pojazdów przeznaczonych do innych okolicznościowych zadań,
- i_z - ilość pojazdów zakupionych,
- i_w - ilość pojazdów wynajętych,
- i_a - ilość pojazdów w naprawach awaryjnych,
- i_r - ilość pojazdów w rezerwie taboru.

Aby osiągnąć cel (zaspokojenie potrzeb przewozowych przedsiębiorstwa), należy określić, jaki potencjał przewozowy jest do tego potrzebny. Znając potrzeby przewozowe występujące na obszarze działania ZTS oraz wiedząc równocześnie, jakimi dysponuje się potencjalnymi możliwościami przewozowymi, można określić wymagany stopień ich wykorzystania lub wielkości niedoboru potencjału przewozowego w przypadku, gdy określony stopień wykorzystania taboru okaże się nie do osiągnięcia. W celu lepszego wykorzystania taboru powinien on być dostosowany, w miarę możliwości, do rodzaju ładunków przemieszczanych pomiędzy poszczególnymi zakładami przedsiębiorstwa. Z tego względu wszystkie człony następnego równania powinny być wyrażone jako stosunek potencjału przewozowego masy ładunków według asortymentów "przestrzennych" i "ciężkich".

Uwzględniając powyższe, kolejne równanie pierwszej części modelu, nazwane równaniem oczekiwanej struktury taboru, przedstawia się następująco:

$$s^{(k+1)} = s^{(k)} + (s_o + s_K + s_d + s_e + s_b + s_c - s_z - s_w)^{(k+1)}, \quad (7)$$

gdzie:

- $s^{(k)}$ - obciążenia taboru samochodowego w okresie k ,
- $s^{(k+1)}$ - obciążenie taboru samochodowego w okresie $k+1$,
- s - zmiany w obciążeniu taboru spowodowane obsługami technicznymi i naprawami bieżącymi pojazdów samochodowych,
- s_K - zmiany w obciążeniu taboru spowodowane kasacją pojazdów samochodowych,
- s_d - zmiany obciążenia taboru z powodu wydzielenia części pojazdów do innych zadań,
- s_e - zmiany w obciążeniu taboru spowodowane awariami u dostawców lub odbiorców,

- u_c - zmiany w obciążeniu taboru spowodowane koniecznością przewiezienia masy eposa przedsiębiorstwa,
- u_b - zmiany w obciążeniu taboru spowodowane remontami u dostawców lub odbiorców,
- u_z - zmiany w obciążeniu taboru spowodowane zakupami pojazdów samochodowych,
- u_w - zmiany w obciążeniu taboru spowodowane wynajmem pojazdów samochodowych.

Urządzeń przeładunkowych nie podzielono na grupy, gdyż nie ma możliwości dowolnego codziennego przydzielenia tych urządzeń do różnych punktów. Wobec tego równanie struktury obciążenia punktów przeładunkowych przybierze postać:

$$u^{(k+1)} = u^{(k)} + (u_c - u_a - u_b + u_e + u_f + u_k - u_w - u_z + u_g)^{(k+1)}, \quad (8)$$

gdzie:

- $u^{(k+1)}$ - obciążenie punktów przeładunkowych w okresie $k+1$,
- $u^{(k)}$ - obciążenie punktów przeładunkowych w okresie k ,
- u_a - zmiany obciążenie punktów przeładunkowych z powodu awarii u dostawców lub odbiorców,
- u_b - zmiany obciążenia punktów przeładunkowych z powodu remontów u dostawców lub odbiorców,
- u_c - zmiany w obciążeniu punktów przeładunkowych spowodowane przewozami spoza układu,
- u_e - zmiany w obciążeniu punktów przeładunkowych spowodowane awariami urządzeń przeładunkowych,
- u_f - zmiany w obciążeniu punktów przeładunkowych spowodowane obsługami technicznymi urządzeń przeładunkowych,
- u_k - zmiany w obciążeniu z powodu kasacji urządzeń przeładunkowych,
- u_w - zmiany w obciążeniu z powodu wynajmu urządzeń przeładunkowych,
- u_z - zmiany w obciążeniu z powodu zakupu urządzeń przeładunkowych,
- u_g - zmiany w obciążeniu punktów przeładunkowych spowodowane innym przydziałem urządzeń przeładunkowych.

Czynnikiem warunkującym wydajność przewozową taboru, a także wydajność przeładawczą urządzeń za- i wyładunkowych jest ich sprawność techniczna.

Dla działalności ZTS istotne znaczenie ma stwierdzenie, w jakim stopniu posiadany potencjał obsługowo-naprawczy pokrywa występujące potrzeby w tym zakresie oraz określenie wielkości potencjału obsługowo-naprawczego koniecznego dla zaspokojenia wszystkich potrzeb obsługowo-naprawczych. Stąd też równanie obrazujące strukturę i obciążenie stanowisk obsługowo-naprawczych przedstawiono, podobnie jak dwa poprzednie równania, w postaci stosunku potencjału naprawczego do potrzeb w tym zakresie według rodzaju obsługi i napraw.

Uwzględniając zakłócenia i sterowania otrzymujemy następującą postać analityczną równania:

$$n^{(k+1)} = n^{(k)} + (n_a - n_K + n_z + n_b + n_q - n_z - n_m + n_g)^{(k+1)}, \quad (9)$$

gdzie:

- $n^{(k+1)}$ - obciążenie stanowisk obsługowo-naprawczych w okresie $k+1$,
- $n^{(k)}$ - obciążenie stanowisk obsługowo-naprawczych w okresie k ,
- n_a - zmiany obciążenia stanowisk obsługowo-naprawczych spowodowane ponadnormatywnymi awariami pojazdów samochodowych lub urządzeń przeładunkowych,
- n_K - zmiany w obciążeniu stanowisk z powodu kaseacji pojazdów i urządzeń przeładunkowych,
- n_z - zmiany w obciążeniu stanowisk spowodowane zakupem pojazdów i urządzeń przeładunkowych,
- n_n - zmiany w obciążeniu stanowisk z powodu remontów stanowisk obsługowo-naprawczych,
- n_q - zmiany w obciążeniu stanowisk obsługowo-naprawczych spowodowane kaseacją tych stanowisk,
- n_z - zmiany w obciążeniu stanowisk z powodu zakupu nowych urządzeń obsługowo-naprawczych,
- n_g - zmiany w obciążeniu stanowisk spowodowane innymi przydziałem urządzeń obsługowo-naprawczych,
- n_m - zmiany w obciążeniu stanowisk obsługowo-naprawczych spowodowane modernizacją tych stanowisk.

Obok środków rzeczowych zasadniczym czynnikiem warunkującym wykonanie zadań przewozowych jest zatrudnienie. Najważniejsza jest grupa pracowników eksploatacyjnych. Interesujący jest, przede wszystkim, stan zatrudnienia kierowców, robotników przeładunkowych oraz pracowników zaplecza technicznego. Jest to zgodne z problematyką poprzednich równań (5) - (9).

Liczbę pracowników w modelu wyraża stosunek pracownikogodzin koniecznych do przepracowania na danym stanowisku do czasu pracy jednego pracownika. Równanie zatrudniania kierowców, pracowników przeładunkowych oraz pracowników zaplecza technicznego można przedstawić w następujący sposób:

$$z^{(k+1)} = z^{(k)} + (z_a - z_b - z_K + z_w + z_z - z_n - z_l + z_q + z_c + z_y)^{(k+1)}, \quad (10)$$

gdzie:

- $z^{(k+1)}$ - zatrudnienie pracowników eksploatacyjnych w okresie $k+1$,
- $z^{(k)}$ - zatrudnienie pracowników eksploatacyjnych w okresie k ,
- z_a - zmiany w strukturze zatrudnienia spowodowane awariami stanowisk pracy,

- z_b - zmiany w zatrudnieniu spowodowane remontami stanowisk pracy,
- z_K - zmiany w zatrudnieniu z powodu kasacji stanowisk pracy,
- z_w - zmiany w zatrudnieniu z powodu wynajmu stanowisk pracy,
- z_z - zmiany w zatrudnieniu spowodowane zakupami zwiększającymi liczbę stanowisk pracy,
- z_n - zmiany w zatrudnieniu spowodowane czasową nieobecnością pracowników w pracy,
- z_l - zmiany w strukturze zatrudnienia spowodowane zwolnieniami pracowników z pracy,
- z_q - zmiany w zatrudnieniu z powodu okresowych zmian czasu pracy,
- z_c - zmiany w zatrudnieniu z powodu korekty zmianowości pracy,
- z_y - wzrost zatrudnienia poprzez przyjęcie nowych pracowników do pracy.

Do ważniejszych podsystemów jednostki gospodarczej należy gospodarka materiałowa. W modelu uwzględniono nie wszystkie materiały, a tylko zasadniczą ich część, tj. materiały związane z eksploatacją. Ilość i struktura zaopatrzenia materiałowego wyrażona powinna być jako iloczyn normy zużycia materiałów (według asortymentów) i czasu pracy stanowiska zużywającego te materiały. Dlatego też normy te nie odnoszą się na jednostkę produkcji, lecz na jednostkę czasu.

Równanie zaopatrzenia materiałowego ma następującą postać analityczną:

$$f^{(k+1)} = f^{(k)} + (f_c - f_a - f_b - f_K - f_g - f_e + f_l + f_w + f_z + f_r)^{(k+1)}, \quad (11)$$

gdzie:

- f - zużycie materiałów eksploatacyjnych,
- f_a - zmiany w zużyciu materiałów spowodowane awariami stanowisk pracy,
- f_b - zmiany w zużyciu materiałów spowodowane remontami stanowisk pracy,
- f_g - zmiany w zużyciu materiałów z powodu awarii u dostawców lub odbiorców,
- f_K - zmiany w zużyciu z powodu kasacji stanowisk pracy,
- f_e - zmiany w zużyciu materiałów wskutek remontów u dostawców lub odbiorców,
- f_c - zmiany w zużyciu materiałów spowodowane pojawieniem się dostawcy spoza układu,
- f_l - zmiany w zużyciu materiałów spowodowane objeżdżami,
- f_w - zmiany w zużyciu materiałów wskutek wynajmu stanowisk pracy,
- f_z - zmiany w zużyciu materiałów spowodowane zakupem nowych stanowisk pracy,
- f_r - zapasy materiałowe.

Celem dotychczas omówionych równań (5) - (11) było wskazanie sposobu realizowania zadań przewozowych, zużycia materiałowego, wielkości i struktury zatrudnienia itp. Do bardzo ważnych funkcji ekonomicznych przedsię-

biorstwa należy również działalność finansowa, w ramach której następuje gromadzenie przychodów i wydatkowanie środków pieniężnych. Równanie poziomu i struktury kosztów działalności ZTS jest w modelu sumą kosztów materiałowych, kosztów robocizny oraz amortyzacji.

Równanie kosztów działalności zakładu transportu samochodowego można analitycznie przedstawić w następującej postaci:

$$c^{(k+1)} = c^{(k)} + (c_c - c_K + c_z + c_w)^{(k+1)}, \quad (12)$$

gdzie:

- $c^{(k+1)}$ - koszty (amortyzacja, materiały zaopatrzeniowe, płace) w okresie $k+1$,
- $c^{(k)}$ - koszty eksploatacyjne w okresie k ,
- c_c - zmiany kosztów spowodowane wzrostem czasu pracy i przebiegu,
- c_K - zmiany kosztów wskutek kaskacji pojazdów samochodowych, urządzeń przeładunkowych i obsłużowo-naprawczych,
- c_w - zmiany kosztów spowodowane wynajmem stanowisk pracy,
- c_z - zmiany kosztów spowodowane zakupem samochodów, urządzeń przeładunkowych i obsłużowo-naprawczych.

Dochód (wartość sprzedaży) przedstawiony jest jako iloczyn przewiezionej masy, odległości przewozu i stawki taryfowej, czyli w postaci iloczynu pracy przewozowej i stawki taryfowej.

Równanie dochodu charakteryzuje zatem warunki pracy przewozowej taboru samochodowego oraz wpływ tych warunków na ilość wykonanych tonokilometrów i wysokość średniej stawki wpływu na jednostkę produkcji transportowej.

Równanie dochodów ZTS wyrażone zostało w postaci:

$$d^{(k+1)} = d^{(k)} + (d_j + d_a - d_b + d_c)^{(k+1)}, \quad (13)$$

gdzie:

- $d^{(k+1)}$ - dochody ZTS w okresie $k+1$,
- $d^{(k)}$ - dochody ZTS w okresie k ,
- d_j - zmiana w dochodach spowodowana objazdami przy dokonywaniu przewozów,
- d_a - zmiany w dochodach spowodowane awariami u dostawców lub odbiorców,
- d_b - zmiany w dochodach ZTS wskutek remontów u dostawców lub odbiorców,
- d_c - zmiany w dochodach ZTS spowodowane dostawami spoza układu.

Ostatnie równanie modelu obrazuje nakłady na rozwój ZTS. Przyjęto, że ZTS może dokonywać pewnych przedsięwzięć inwestycyjnych związanych z działalnością eksploatacyjną, a polegających na zwiększeniu ilości lub polepszeniu

szeniu jakości taboru, urządzeń przeładunkowych oraz urządzeń obsługowo-naprawczych.

Równanie nakładów na rozwój ZTS zgodnie z równaniami poprzednimi można wyrazić w postaci:

$$r^{(k+1)} = r^{(k)} + (r_K + r_z - r_p)^{(k+1)}, \quad (14)$$

gdzie:

- $r^{(k+1)}$ - nakłady na rozwój ZTS w okresie $k+1$,
- $r^{(k)}$ - nakłady na rozwój ZTS w okresie k ,
- r_K - koszt kasacji stanowisk pracy,
- r_z - koszty zakupu stanowisk pracy,
- r_p - zmiany w nakładach na rozwój ZTS spowodowane postępowaniem techniczno-organizacyjnym.

Druga część postawionego zadania polega na określeniu strategii sterowania umożliwiającej osiągnięcie postawionego w modelu celu. Dotychczas zbudowany model planowania działalności ZTS jest tylko opisem systemu. Określone w modelu zostały podstawowe, najistotniejsze relacje występujące między elementami systemu. Teraz należy więc na podstawie modelu funkcjonowania systemu, realizującego wymagania stawiane przed tym systemem oraz finalne cele jego funkcjonowania, wybrać odpowiedni proces planowania, tak aby nasze planowanie było optymalne. Warunek ten spełnia wektor sterowania optymalnego.

Dla realizacji sterowania optymalnego potrzebne jest rozwiązanie pewnego zadania optymalizacji, rozumianego w sensie matematycznym i obliczeniowym. Rezultaty tego rozwiązania stanowią przesłanki do utworzenia układu (wektora) sterowania optymalnego o odpowiedniej strukturze bądź też po prostu ustalają optymalne parametry biegu procesu ekonomicznego. Biorąc pod uwagę to, co zostało wyżej powiedziane zdecydowano się na wybór metody budowy układu sterowania optymalnego zaproponowanej przez J.S. Meditcha [4], gdzie można znaleźć sposób wyprowadzenia wektora sterowania.

Końcowa postać ogólna tego wektora ma postać:

$$u(k) = T(k) x(k/k), \quad (15)$$

$$T(k) = -[S^T(k+1,k) W(k+1) S(k+1,k) + B^T(k)]^{-1} S^T(k+1,k) W(k+1) S(k+1,k) \quad (16)$$

$$W(k+1) = M(k+1) + A(k+1) \quad (17)$$

$$M(k) = Q^T(k+1,k) [W(k+1) - W(k+1) S(k+1,k) (S^T(k+1,k) W(k+1) S(k+1,k) + B^T(k))^{-1} S^T(k+1,k) W(k+1)] Q(k+1,k) \quad (18)$$

$$V_{N-k} = E(x^T(k) M(k) x(k) + \alpha(k)) \quad (19)$$

W celu rozpoczęcia obliczeń należy w równaniu (16) wetawić $W(N)$ równe $A(N)$.

Nie wyprowadzono w tym miejscu konkretnego wektora sterowania dla przedstawionego modelu z dwóch powodów:

- ciąg obliczeń jest dosyć skomplikowany, nie wnoząc przy tym dla toku wyводу żadnych nowych elementów,
- postać macierzowa poszczególnych części modelu ze względu na swe rozmiary jest bardzo niedogodna w zapisie.

Powyższe sterowanie optymalne jest oczywiście fizycznie realizowalne i to w bardzo prosty sposób jako przekształcenia liniowe bieżącej wartości stanu. Urządzenie sterujące jest tutaj zmienną w czasie macierzą $T(k)$. Ponieważ obliczenia postępują do tyłu w czasie, ciąg $T(k)$ należy określić przed rozpoczęciem sterowania. Wynik uzyskany w wektorze sterowania nie jest oczywiście planem w tradycyjnym rozumieniu. Aby to osiągnąć, należy przetransponować matematyczną postać wektora na konkretne decyzje planistyczne w języku zrozumiałym dla planujących i wykonawców. Jest to problem o podstawowym znaczeniu w przypadku wdrożenia modelu.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono jednak tylko pewien sposób zastosowania metody sterowania statystycznie optymalnego w procesach gospodarczych.

Zbudowanie modelu planowania zakładu transportu samochodowego za pomocą metody sterowania statystycznie optymalnego okazało się zatem możliwe.

Powstaje jednak pytanie, czy model ten oddaje w prawidłowy sposób rzeczywistość. Na to pytania niestety nie można tu odpowiedzieć. Aby tego dokonać, należałoby albo wdrożyć go do praktyki gospodarczej, albo sprawdzić go drogą symulacji maszynowej. Oczywiście znacznie łatwiejszym sposobem weryfikacji byłaby symulacja, chociaż i ona stwarza cały szereg problemów. Można natomiast stwierdzić, że od strony formalnej przedstawiony model spełnia wszystkie warunki wymagane w teorii sterowania.

LITERATURA

- [1] Ackoff R.L.: Zasady planowania w korporacjach. PWE, Warszawa 1973.
- [2] Kornai J.: Anti-equilibrium. Teoria systemów gospodarczych. PWN, Warszawa 1977.
- [3] Krasowski A., Pospiełowski G.: Podstawy automatyki i cybernetyki technicznej. WNT, Warszawa 1965.
- [4] Madritch J.S.: Estymacja i sterowanie statystycznie optymalne w układach liniowych. WNT, Warszawa 1975.

СИСТЕМНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Р е з ю м е

Статья обсуждает некоторый метод планирования основанного на сформализованном описании зависимостей в системе планирования транспортного предприятия. Модель состоит из системы десяти уравнений выражающих основные соотношения выступающие в деятельности предприятия, сформализованного целью выраженного как критерий оптимального управления по статистике, который является основой плана. Эта модель является результатом системного подхода отвечающего концепции адаптативного планирования.

THE ADAPTATIVE PLANNING IN A CAR TRANSPORTATION WORKS

S u m m a r y

The article discuss some method of planning based on a formalized description of dependences in the planning system of a transportation works.

The model is composed of the scheme of ten equations, which show the essential relations in the activiti of a transportation works, the formalized aim expressed as a criterion of the steering quality and statistically most favourable steering vector, which is the basis of the plan. The model is a result of a systemic approach to the problems of planning in a transportation works, which fulfils the conception of the adaptative planning.