

Krzysztof MALINOWSKI - Politechnika Warszawska, Instytut Automatyki,
Kazimierz A. SALEWICZ, ILMIGW - Warszawa, Tomasz TERLIKOWSKI - Politechnika Warszawska, Instytut Automatyki

KONCEPCJA STEROWANIA ROZRZĄDEM WODY W SYSTEMIE GOP Z BIEŻĄCYM WYKORZYSTANIEM OPTYMALIZACJI

Streszczenie: W artykule przedstawione jest podejście do problemu sterowania systemem wodnym, oparte na koncepcji wykorzystania elastycznej optymalizacji do wyznaczania decyzji o rozdziale zasobów wodnych. Opisana struktura posługuje się aparatem formalnym modelowania, optymalizacji i teorii sterowania hierarchicznego. Istotną cechą jest możliwość pełnego użycia dostępnych informacji o systemie oraz włączenia niesformalizowanych elementów do procesu prognozowania, oceniania i podejmowania decyzji.

1. Wprowadzenie

Rozważając złożone struktury układów sterowania wielkimi systemami, nie można pomijać lub też lekceważyć najważniejszego elementu mechanizmu podejmowania decyzji - człowieka, którego inteligencja, doświadczenie oraz zdolność myślenia sprawiają, że jego udział w procesie sterowania jest nie do zastąpienia.

Oznacza to, że człowiek wspomagany maszyną cyfrową, modelami oraz odpowiednimi programami obliczeniowymi stanowi sobą najważniejsze, decydujące ogniwo układu sterowania dla tak złożonego systemu, jakim jest system wodno-gospodarczy Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Jest zatem rzeczą istotną, aby proponując pewne struktury układu bieżącego sterowania systemem dostrześć od razu fakt, że człowiek będzie aktywnym elementem procesu sterowania, nie zaś jedynie biernym świadkiem obserwującym poczynania maszyn cyfrowych oraz różnego rodzaju urządzeń. Żadne bowiem z opracowywanych modeli, czy programów obliczeniowych nie są w stanie uwzględnić wszystkich zjawisk, jakie występują w systemie wodnym; nie są też w stanie dokonywać bieżącej selekcji i wyboru celów sterowania, parametrów, modeli, itp. Równocześnie opracowywane metody sterowania czy też zestawy algorytmów powinny stwarzać możliwość czynnego oddziaływania człowieka na proces decyzyjny oraz procesy sterowania. Możliwości takie stwarza zastosowanie hierarchicznego układu sterowania systemem wodno-gospodarczym (patrz Salewicz) [7].

Układ taki, składający się z kilku warstw interweniujących z różną częstotliwością, operujących różnymi zmiennymi decyzyjnymi oraz modelami różniącymi się stopniem agregacji, pracujący w strukturze repetycyjnej (Findelsen, Malinowski) [1] wymagałby bieżącego dostępu do komputera znajdującego się np. w centrum dyspozytorskim systemu (Hydroprojekt)

[4]), które to centrum pełni funkcję najwyższej warstwy hierarchicznego układu sterowania systemem wodno-gospodarczym.

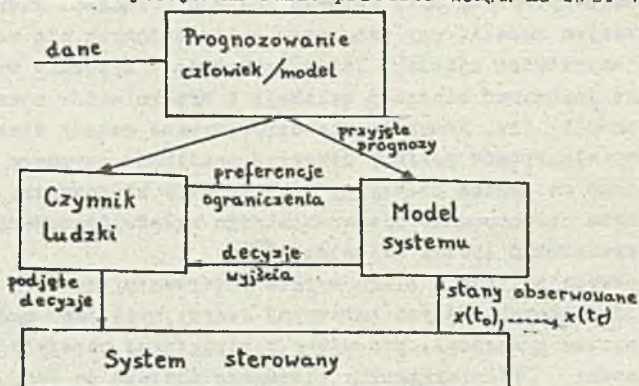
Zasadniczym zadaniem tego centrum byłoby planowanie polityki retencji na okres np. pół roku (horyzont sterowania) przy tygodniowym przebiegu dyskretyzacji czasu, czyli bilansowania, ustalania zadań dla poszczególnych lokalnych jednostek decyzyjnych na okres tygodnia oraz koordynacja działań tychże lokalnych jednostek decyzyjnych sterujących podsystemami, takimi jak np. WPWiK w Katowicach.

Istnieją obecnie opracowane metody (Grela, Słota) [3] rozwiązania zadania rozdziału zasobów wodnych pomiędzy najważniejszych użytkowników systemu. Jednakże charakter opracowanych reguł decyzyjnych przejawiający się np. "w sztywności" mechanizmu decyzyjnego, braku możliwości bieżącego uwzględnienia prognoz hydrologicznych krótkoterminowych i prognoz zmiennych zapotrzebowań na wodę itp. - wszystkie te cechy powodują, że zbiór decyzji, jakie uzyskiwałby operator systemu w postaci tabel ze współczynnikami funkcji rozdziału wody, nie dawałby temuż operatorowi obrazu przyszłej sytuacji w systemie, nie pokonywałby konsekwencji zmiany współczynników, ograniczeń, prognoz, preferencji celów itp. Innymi słowy, prezentowana w wymienionej pracy metoda nie daje bezpośrednio możliwości interakcyjnej współpracy człowieka (operatora systemu) ze wspomagającą go maszyną. Jednakże metoda ta może być efektywnie wykorzystana w każdej, bardziej elastycznej strukturze, jako pewne narzędzie formalne w procesie podejmowania decyzji.

Dlatego też w dalszej części prezentowanego artykułu chcemy przedstawić taki model optymalizacyjny rozważanego systemu wodno-gospodarczego GOP, w którym wyróżnione są różne elementy takie jak prognozy, współczynniki wagowe, ograniczenia itp., za pomocą których można łatwo uzyskać odpowiedzi o skutkach pracy systemu w różnych warunkach.

Łatwość operowania modelem przejawia się również w tym, że na bieżąco określić można skutki proponowanych przez operatora decyzji.

Pozwala to na zastosowanie przedstawionego modelu do pracy interakcyjnej w schematycznym układzie przedstawionym na rys. 1.



Rys.1. Podejmowanie decyzji przez operatora wspomagane maszyną

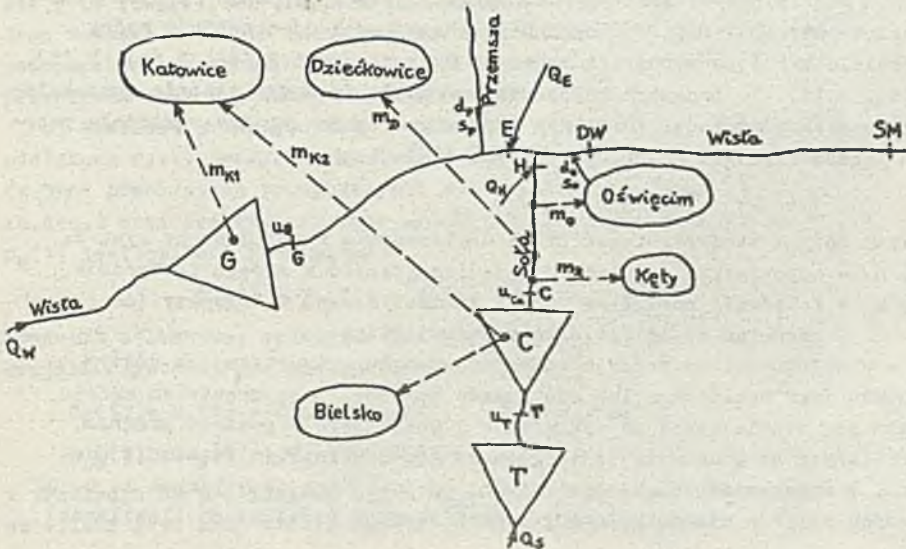
2. Podstawowe elementy formalne, używane w sterowaniu

Opiszemy teraz model systemu, którym posługuje się układ sterowania. Następnie omówimy zasadnicze aspekty problemu określenia zadania optymalizacji dla systemu. Optymalizacja jest, w proponowanym podejściu, podstawowym mechanizmem sterowania; narzędziem wykorzystania dostępnych informacji (zarówno bieżących jak i modelowych) do wyznaczenia decyzji (sterowań).

Te dwa podstawowe elementy formalne - model systemu i optymalizacja występują również i w innych ujęciach rozważanego tu problemu - określenia racjonalnego schematu podejmowania decyzji o rozdziale zasobów wodnych w systemie (Kindler [6], Słota [9]). Jednakże sposób wykorzystania tych narzędzi formalnych - co podkreślaliśmy w rozdz. 1 - jest tutaj inny. Są one użyte w sposób bezpośredni formalnie, tj. bez włączania dodatkowych elementów, wynikających z założonej z góry postaci reguł decyzyjnych. Jednocześnie układ sterowania wykorzystuje te narzędzia w sposób bezpośredni w bieżącym działaniu - używa ich wprost przy podejmowaniu decyzji, a nie opiera się tylko na pewnych ustalonych regułach, które wcześniej zostały, z pomocą tych narzędzi, określone.

Przedstawiony poniżej model systemu wodnego GOP (oparty na pracy Salewicz [8]) jest modelem uproszczonym i zagregowanym (tj. traktującym pewną grupę związanych ze sobą wielkości fizycznych jako jedną wielkość). Wyróżnione wielkości charakteryzują przyjęty poziom agregacji. Naszym celem nie jest tutaj dokładny opis modelu procesów (fizycznych, chemicznych, użytkowania wody) zachodzących w systemie - chodzi nam głównie o przedstawienie schematu przyjętego modelu, w języku teorii sterowania.

2.1. Model systemu wodnego GOP dla celów optymalizacji i sterowania



Rys.2. Schemat systemu wodnego górnego dorzecza Wisły

W modelu tym, przedstawionym na rysunku 2, wyróżniliśmy odcinki trzech rzek: górnej Wisły, Soły i Przemszy oraz trzy zbiorniki retencyjne oznaczone na rysunku literami G (zbiornik w Goczałkowicach), T (zbiornik w Tresnej - tzw. Jezioro Żywieckie) i C (reprezentuje dwa zbiorniki: Porąbka i Czaniec, traktowane formalnie jako jeden zbiornik - to uproszczenie jest dopuszczalne na obecnym etapie prac). Wyodrębniliśmy również 5 "zagregowanych użytkowników wody":

- aglomerację miejsko-przemysłową Katowice, zasilaną ze zbiorników G - m_{k1} oraz C - m_{k2} ,
- okręg Bielska, zasilany ze zbiornika C - m_B ,
- zakłady chemiczne w Oświęcimiu - pobór wody z Soły, m_O na rys.2,
- hutę Katowice, oznaczoną na rys. 2 jako Dzieńkowice, zasilaną z Soły - m_D ,
- stawy spółki rybackiej w Kętach, pobierające wodę z Soły - m_R .

Zrzuty wody ze zbiorników G, T, C oznaczone są przez u_G, u_T, u_{Cz} - są to natężenia przepływu wody w rzece poniżej odpowiedniego zbiornika. Pobory wody przez użytkowników oraz zrzuty ze zbiorników - wg przyjętych oznaczeń m i u - są zmiennymi decyzyjnymi. Są to podstawowe zmienne decyzyjne przyjmowane w każdym modelu systemu wodnego.

Podstawowymi wielkościami niesterowanymi (zakłóceniami) są zewnętrzne dopływy naturalne - na rys. 2: Q_W, Q_S, Q_B, Q_H . Dwa pierwsze są natężeniami przepływu wody dopływającej do zbiorników G, T z Wisły i Soły; dwa dalsze reprezentują dopływy boczne, odpowiednio - na odcinku Wisły między przekrojami G i E (zsumowane w przekroju E) oraz na odcinku Soły między przekrojami C i H (zsumowane w przekroju H - ujściu Soły). Wyróżnione dopływy zewnętrzne są wzajemnie związane; w naszym deterministycznym modelu traktowane są jako pewne zadane funkcje czasu (prognozy), niezależnie od tego, jakimi metodami zostały określone.

W modelu optymalizacyjnym traktujemy jako zakłócenia również wielkości zapotrzebowań (ilościowych) poszczególnych użytkowników wody, formalnie wyrażone w postaci zadanych funkcji czasu: $P_K(t), P_B(t), P_D(t), P_O(t), P_R(t)$. Te prognozy zapotrzebowań służą do oceny stopnia zaspokojenia potrzeb odbiorców; formalnie wyraża go różnica między wartością poborów i zapotrzebowaniem np. dla okręgu bielskiego:

$$(m_B(t) - P_B(t)) \quad (1)$$

Zrzuty wody i zanieczyszczeń przez użytkowników wyróżnione na rys. 2:

d_O, s_O - odpowiednio zrzut wody i zanieczyszczeń z okręgu Oświęcimia,

d_p, s_p - natężenie przepływu wody i zanieczyszczeń w Przemszy (do której zrzucane są ścieki okręgu katowickiego)

są - w zależności od rodzaju używanego modelu - traktowane w różnym stopniu jako zakłócenia lub sterowanie systemu. W najprostszym modelu uważa się te wielkości za zakłócenia i uwzględnia w postaci prognoz, określanych na podstawie dostępnych danych o przeszłym działaniu systemu. W rzeczywistości są one zależne od zmiennych decyzyjnych m, u , od pewnych wpływów niekontrolowanych oraz pewnych dodatkowych (lokalnych)

decyzji. W dalszych pracach nad modelem systemu dla celów sterowania konieczne jest uwzględnienie związków między m , u oraz d , s . W jeszcze bardziej rozbudowanym modelu, zakładającym np. możliwość oddziaływania na pracę oczyszczalni ścieków, należy uwzględnić również wspomniane wyżej dodatkowe zmienne decyzyjne, wpływające na wielkości d , s przy zadanych wielkościach m , u oraz zakłóceniach. Na razie zmiennymi decyzyjnymi w naszym modelu były jedynie wielkości m, u , dlatego tylko te wielkości są argumentami w zadaniu optymalizacji modelu.

W modelu systemu zawarte są również ograniczenia na zmienne decyzyjne m , u , które zapiszemy symbolicznie w postaci:

$$(m(t), u(t)) \in MU_t \quad (2)$$

Są to bądź ograniczenia fizyczne wielkości przepływów w kanałach przerzutowych, bądź zapisane formalnie ograniczenia na przepływy w rzekach, wynikające z różnego rodzaju "sztywnych" wymagań (np. przepływy nienaruszalne).

Zwróćmy uwagę, że wszystkie te wielkości są traktowane w naszym modelu jako natężenia przepływów, taki sposób formalizacji jest potrzebny jedynie dla ogólnego przedstawienia modelu, tak, aby odpowiadał zadaniom sterowania z różnymi horyzontami czasu.

Wymienione wielkości i związki między nimi opisują zachowanie się systemu. Z punktu widzenia zadań systemu (celów sterowania) interesujące są następujące trzy grupy wielkości, charakteryzujących jego działanie.

1^o Zaspokojenie potrzeb (ilościowych) użytkowników wody: określone przez m , P (por. np. (1)).

2^o a) Stan czystości wody w wybranych przekrojach rzek.

W naszym modelu uwzględniamy, zaznaczone na rys. 2, przekroje E (Pustynia), DW (Dwory), SM (Smolice), na odcinku Wisły, wchodzącym w skład systemu wodnego GOP. Dla oceny czystości wody przyjęty jest uproszczony, jednoznaczny wskaźnik: stężenie zanieczyszczeń - określony stosunkiem przepływów wody i ładunku zanieczyszczeń.

b) Wielkość przepływu wody w wybranych przekrojach, na czystych odcinkach rzek. Uwzględniamy trzy przekroje poniżej zbiorników: G, T, C (w tych przekrojach przepływ jest określony wprost przez u_G, u_T, u_C - zm. dec.) oraz przekrój H, przy ujściu Soły, gdzie natężenie przepływu $u_H(t)$ jest opisane równaniem:

$$u_H(t) = u_{Cz}(t) - m_O(t) - m_D(t) - m_R(t) + Q_H(t) \quad (3)$$

Równania bilansowe, opisujące przepływy wody i zanieczyszczeń w "przekrojach czystości", są następujące:

$$\begin{aligned} u_E(t) &= u_G(t) + d_p(t) + Q_E(t), & s_E(t) &= s_p(t) \\ u_{DW}(t) &= u_E(t) + u_H(t) + d_O(t), & s_{DW}(t) &= s_p(t) + s_O(t), \end{aligned} \quad (4)$$

w przekroju SM przyjmujemy $u_{SM} = u_{DW}$, zaś ładunek zanieczyszczeń s_{SM} określony jest przy użyciu modelu procesu samoczyszczenia, na odcinku

Wisły, DW-SM. Jest to uproszczony model statyczny (Salewicz [8]).
3^o, Stan zbiorników retencyjnych.

W naszym modelu stan każdego zbiornika wyznaczony jest przez objętość zmagazynowanej wody. Równania stanu mają postać:

$$\begin{aligned}w_G(t) &= Q_W(t) - u_G(t) \\w_T(t) &= Q_S(t) - u_T(t) \\w_{CZ}(t) &= u_T(t) - m_{k2}(t) - m_B(t) - u_{CZ}(t).\end{aligned}\tag{5}$$

Uwzględniane są ograniczenia fizyczne stanu $w = (w_G, w_T, w_{CZ})$:

$$w_{\min}(t) \leq w(t) \leq w_{\max}(t)\tag{6}$$

wynikające z ograniczonej pojemności zbiorników - utrzymywania rezerw górnych i dolnych, oraz - w sformułowaniu zadań optymalizacji - pewne dodatkowe wymagania i ograniczenia "decyzyjne", o których jest mowa dalej.

Stan zbiorników jest najważniejszą wielkością w modelu, z punktu widzenia poprawnej pracy systemu w długim okresie czasu. We wszystkich ujęciach problemu sterowania w systemie wodnym, jest to podstawowa wielkość, wokół której koncentrują się rozważania reguł decyzyjnych. W naszym schemacie jest ona uwzględniona (w różny sposób) w sformułowaniu zadań optymalizacji. Bardzo ważne jest, aby wymagania formalne (ograniczenia, ew. część wskaźnika jakości), związane ze zbiornikami, były właściwie wyważone z celami bieżącymi 1^o i 2^o. Jest to istotne zarówno przy optymalizacji na długi horyzont - zwanej zadaniem planowania, jak i dla bieżącego działania optymalizującego, obliczonego na krótki horyzont, które nazywamy zadaniem bieżącego rozdziału zasobów wodnych. Niewłaściwe wyważenie celów przyszłych i teraźniejszych nie wyklucza korzyści z zastosowania elastycznej optymalizacji bieżącej, ale - w tym samym stopniu co w ujęciach (Kindler [5], Skóts [9]) - czyni działanie bieżące nieracjonalnym z punktu widzenia przyszłych wymagań i możliwości. Właściwe ujęcie "części dynamicznej" modelu w zadaniu optymalizacji jest łatwiej osiągalne w rozważanym tu schemacie sterowania - dzięki możliwości wstępnej oceny uzyskanych wyników, tj. dzięki elastyczności schematu decyzyjnego, możliwości włączenia elementów "nieformalnych".

2.2. Sposób postawienia i wykorzystania zadań optymalizacji modelu

Omówimy najpierw ogólną postać i założenia konstrukcji wskaźnika jakości i ograniczeń. Podstawą jest sformułowanie funkcji celu, opisującej koszty i stopień realizacji celów 1^o i 2^o w działaniu systemu. Jest to część naturalna wskaźnika jakości, oceniająca racjonalność bieżącego rozdziału zasobów wodnych systemu. Ta funkcja celu, oznaczana dalej przez F_G , jest sumą składników, przypisanych poszczególnym, składowym wymaganiom i kosztom:

$$\begin{aligned}
 F_C(m,u,Q,P,d,s,t) = & v_K(t) \cdot f_K(m_{K1}, m_{K2}, P_K) + v_B(t) \cdot f_B(m_B, P_B) + \\
 & + v_O(t) \cdot f_O(m_O, P_O) + v_D(t) \cdot f_D(m_D, P_D) + v_R(t) \cdot f_R(m_R, P_R) + \\
 & + v_G(t) \cdot f_G(u_G) + v_T(t) \cdot f_T(u_T) + v_{Cz}(t) \cdot f_{Cz}(u_{Cz}) + \quad (7) \\
 & + v_H(t) \cdot f_H(u_H) + v_E(t) \cdot f_E(u_E, s_E) + v_{DW}(t) \cdot f_{DW}(u_{DW}, s_{DW}) + \\
 & + v_{SM}(t) \cdot f_{SM}(u_{SM}, s_{SM})
 \end{aligned}$$

(m, u, P, Q, d, s - oznaczają tu wartości chwilowe, dla skrócenia nie pisaliśmy m(t) itd.).

Pięć pierwszych składników wyraża koszty zaopatrywania poszczególnych odbiorców (przerzucania wody) i karę za niepełne zaspokojenie potrzeb. Dalsze człony związane są z celami 2^{ga} a), b). Celowo wyróżniliśmy wagi v(t) przed każdym składnikiem (choć nie jest to konieczne formalnie), aby podkreślić fakt wyrażania celów bieżących oraz możliwej zmienności w czasie hierarchii tych celów. Dobór tych wag (ogólnie - postaci funkcji celu) leży w gestii układu sterowania, który zmienia je w zależności od aktualnych warunków, na podstawie różnego rodzaju informacji bieżących oraz oceny spodziewanych rezultatów sterowania.

Drugim elementem zadania optymalizacji jest uwzględnienie bieżącego i przyszłego stanu zbiorników. Uwzględniano są następujące dwa rodzaje ograniczeń na w(t):

- ograniczenia fizyczne (6),
- ograniczenia bilansowe, o postaci ogólnej:

$$w(t_1) \in W_1, \text{ dla zadanych chwil } t_1, \quad (8)$$

gdzie: W_1 jest pewnym zakresem wymaganych wartości stanu (zapełnienia) zbiorników, np. $w(t_1) = w_1$.

Wyróżniliśmy te dwa typy ograniczeń (choć i formalnie (8) zawiera się w (6)), ze względu na ich różny sens fizyczny i różne zastosowanie w sformułowaniu zadań optymalizacji. Ograniczenia bilansowe (8) są ograniczeniami sztucznymi, tj. określanymi przez układ sterowania. Możemy teraz sformułować zadania optymalizacji.

Zadanie planowania ma postać:

$$\min_{(m,u)} \int_{\Delta_L} F_C(m(t), u(t), Q(t), P(t), d(t), s(t)) dt \quad (9)$$

przy ograniczeniach (2), (6), (8) (z reguły w tym zadaniu kładziemy ograniczenie bilansowe (8) dla chwili końcowej Δ_L).

Δ_L jest "długim horyzontem", np. 6 miesięcy. Zadanie to jest metodą ustalania polityki retencji, korzystającą z aparatu optymalizacji, modeli systemu, dostępnych informacji oraz wszystkich możliwości elastycznej oceny i decydowania, o których mówiliśmy w rozdz. 1. Formalnie, postawienie tego zadania (pełne uwzględnienie dynamiki systemu) najbardziej odpowiada metodyce konstrukcji układów sterowania, prezentowanych w (Kindler [5], Słota [9]). Istotne są głównie różnice w sposobie wykorzystania tego zadania do określania decyzji (rozdz. 1). Trzeba jednak podkreślić, że kwestie doboru ograniczeń bilansowych w zadaniu planowania (tym istot-

niejsza, im krótszy horyzont Δ_L) nie jest rozwiązana w pełni przez fakt elastycznej optymalizacji. Przy określaniu bilansu końcowego korzystne może być użycie metod innego typu, np. metod "uśredniających" - (Kindler [5], Słota [9]).

Niezależnym od wykorzystania (9) zastosowaniem idei działania optymalizującego w sterowaniu, jest zadanie bieżącego rozdziału:

$$\min_{(m,u)} \int_{\Delta_S} F_C(m(t),u(t),Q(t),P(t),d(t),s(t))dt \quad (10)$$

przy ograniczeniach (2) oraz ograniczeniu bilansowym (8), na przedział Δ_S , z uwzględnieniem rzeczywistego stanu zbiorników na początku tego przedziału.

W tym zadaniu uwzględniamy krótki horyzont Δ_S , np. tydzień, doba; służy ono do wyznaczenia bezpośrednich decyzji, tj. wielkości przerzutów wody do odbiorców, m , oraz zrzutów ze zbiorników, u . Jest to zadanie ekonomicznego rozdziału zasobów wodnych przy założonej polityce retencji (bilans zbiorników na przedział Δ_S wynika z "planu długoterminowego", np. z rozwiązania zadania (9)).

Sposób ostatecznego wykorzystania w sterowaniu każdego z tych zadań osobno oraz proporcje w wykorzystywaniu obydwu, mogą być różne, zależnie od potrzeb i sytuacji. To rozdzielenie zadań planowania (9) i bieżącego rozdziału (10), stwarza jednak zawsze dodatkowe możliwości, w stosunku do reguł łączących te działania w jeden zintegrowany schemat (np. postępowanie się tylko zadaniem (9), także podejście (Słota [9])).

Powyższe sformułowania zadań (9) i (10) są najbardziej ogólne, w zastosowaniu występuje wiele dodatkowych elementów formalnych (np. uwzględnienie ograniczeń na stan, szczególnie bilansowych (8) przez odpowiednią modyfikację wskaźnika jakości). Istotna zmiana następuje przy rozszerzeniu modelu decyzyjnego systemu, tj. uwzględnieniu dodatkowych zmiennych decyzyjnych, d_A, s_A , wpływających na zrzuty wody i zanieczyszczeń przez odbiorców. Np. zadanie (10) ma wówczas postać:

$$\min_{(m,u,d_A,s_A)} \int_{\Delta_S} [F_C(m(t),u(t),Q(t),P(t),d(t),s(t)) + f_A(d_A(t),s_A(t))]dt \quad (11)$$

gdzie: d_A, s_A oddziałują na wielkości d, s ; f_A wyraża koszty oczyszczania ścieków itp.

Podstawowa zasada wykorzystania tych zadań w sterowaniu jest prosta: powtarzanie optymalizacji (9) i (10) i określanie decyzji na podstawie otrzymanych wyników.

Istotne są przy tym dwie sprawy:

- możliwość wyboru z otrzymanych wyników odpowiedniego wariantu,
- wykorzystanie bieżących informacji oraz "aparatu nieformalnego" oceny, do bieżącego określania modelu (Q,P) i postaci wskaźnika jakości (np. wagi $v(t)$).

Pierwsza - wskazuje na pełną elastyczność decyzyjną struktury, druga -

na racjonalność działania w warunkach takiej elastyczności oraz w warunkach dostępu do bieżących informacji. Przy pełniejszym rozwinięciu prezentowanej koncepcji konieczne jest wprowadzenie wielu dodatkowych elementów, związanych np. z różną wiarygodnością prognoz, podziałem struktury decyzyjnej i informacyjnej systemu itd. Propozycje rozwiązania tych problemów - dokładniejszy, bardziej rozbudowany schemat układu sterowania jest przedstawiony w /Kindler i inni [6], Terlikowski [10]/. Zawsze jednak, w różnych postaciach i modyfikacjach, występuje zasada podstawowa, sformułowana wyżej, która jest istotą omawianego sposobu podejmowania decyzji. Ta zasada elastycznego działania optymalizującego może być realizowana we współdziałaniu z innymi, bardziej "automatycznymi" regułami decyzyjnymi.

LITERATURA

- [1] Findeisen W., Malinowski K. 1979: Two level control and coordination for dynamical systems: Archiwum Automatyki i Telemekhaniki, t. XXIV, z. 1.
- [2] Findeisen W. 1979 : A view on decision and information structures for operational control in water resource systems /w przygotowaniu/
- [3] Grela J., Słota H. 1979 : Optymalne sterowanie rozrządem wody w systemie zbiorników /kaskada Soły, Goczałkowice, Dzieńkówice/. Gospodarka Wodna nr 1.
- [4] Hydroprojekt 1977 : Generalna koncepcja systemu wodno-gospodarczego Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.
- [5] Kindler J. 1975 : The Monte Carlo approach to optimization of the operation rules for a system of storage reservoirs. UNESCO/IAHS/WMO/IHP Symposium, Bratislava.
- [6] Kindler J., Salewicz K.A., Słota H., Terlikowski T. 1979 . Multireservoir system operation - a case study of the Upper Vistula System. /w przygotowaniu/.
- [7] Salewicz K.A. 1978a , Sterowanie hierarchiczne systemem wodno-gospodarczym. Materiały Konferencji "Systemy Ochrony Środowiska" - Katowice 1978.
- [8] Salewicz K.A. 1978a . Model optymalizacyjny systemu wodno-gospodarczego GOP. Raport IImGW z tematu PR-7.01,08.02 - Warszawa.
- [9] Słota H. 1978 . Gospodarowanie zasobami wód powierzchniowych w ujęciu systemowym na przykładzie Górnego dorzecza Wisły. Archiwum Hydrotechniki, t. XXV z. 3.
- [10] Terlikowski T. 1978 . Sterowanie systemem ze zbiornikami retencyjnymi. Raport Instytutu Automatyki PW.

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВОДЫ В СИСТЕМЕ ГОРНОСЛЕЗОВОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА С ТЕКУЩИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИМИЗАЦИИ

В статье представлено подход к проблеме управления водной системой основанный на идее использования эластичной оптимизации с целью выработки решения о распределении водных ресурсов. Описанная структура использует моделирование, оптимизацию и теорию иерархического управления. Существенным свойством является возможность полного использования доступной информации о системе, а также возможность включения в процесс прогнозирования, оценки и принятия решения неформализованных элементов.

CONCEPTION OF THE WATER DISTRIBUTION CONTROL SYSTEM IN THE UPPER SILE-SIA REGION WITH THE OPTIMIZATION PERFORMED ON-LINE

The approach to the problem of control in a water management system presented in the paper is based on the conception of using the elastic optimization for water resources distribution. The described decision making structure makes use of the normal tools of modelling, optimization and hierarchical control. The most important feature of the approach is the possibility to use available information about the system and to introduce the unformalized elements into forecasting, evaluation and decision making processes.