

Roman KONIECZNY, Henryk SŁOTA.

Instytut Meteorologii
i Gospodarki Wodnej
Kraków

KRYTERIA OPTIMALNEGO STEROWANIA ROZRZĄDEM WODY W SYSTEMIE WODNO-GOSPO-
DARCZYM

Streszczenie: W referacie przedstawiono propozycje kryteriów optymalnego sterowania w systemach wodno-gospodarczych. Ograniczono się do dwóch - uznanych za podstawowe - zadań systemów: zaopatrzenia w wodę i ochrony czystości wód. Ogólną postać funkcji kryterialnej uwzględnia wartości kontrolowanych wielkości oraz niektóre ich parametry statystyczne. Dla celów oceny sterowania w konkretnym przypadku proponowane są odpowiednio zmodyfikowane funkcje kryterialne.

Wstęp

Zadanie optymalnego sterowania rozrządem wody w systemie wodno-gospodarczym jest z natury problemem wektorowym. Mamy bowiem do czynienia w praktyce z systemami wielozadaniowymi, których obiekty służą zaopatrzeniu w wodę, ochronie przeciwpowodziowej, ochronie stanu czystości wód, energetyce, żegludze, rekreacji itp. Problem optymalnego sterowania rozrządem wody sprowadza się więc do poszukiwania w obszarze rozwiązań dopuszczalnych maksimum /minimum/ wektorowej funkcji celu w postaci:

$$\bar{K} / \bar{x} / = [K^A / \bar{x} / , K^B / \bar{x} / , \dots\dots\dots] \quad /1/$$

gdzie: \bar{x} - wektor zmiennych decyzyjnych; w przypadku optymalizacji rozrządu wody są to parametry opisujące zasady alokacji zasobów systemu w czasie i w przestrzeni,

$K^A / \bar{x} / , K^B / \bar{x} / , \dots\dots$ - składowe funkcje kryterialne, oceniające rozwiązanie dopuszczalne z uwagi na spełnienie poszczególnych

nych zadań, oznaczonych symbolicznie przez A, B,

Rozwiązanie tak sformułowanego problemu jest obecnie praktycznie niemożliwe. Wynika to głównie ze zbyt małej ilości informacji o ekonomiczno-społecznych skutkach spełnienia lub niespełnienia poszczególnych zadań, co uniemożliwia ich uwzględnienie w ramach jednej funkcji celu. W tej sytuacji należy optymalizować rozrząd wody w oparciu o ocenę spełnienia podstawowych zadań, przy założeniu pewnych ograniczeń co do stopnia spełnienia zadań pozostałych.

Kierując się przyjętą, zwyczajowo co prawda, ale częściowo uzasadnioną z punktu widzenia ekonomiczno-społecznego hierarchią celów, uważać można, iż podstawowymi zadaniami większości systemów wodno-gospodarczych /w tym między innymi systemu GOP-u/ są: zaopatrzenie w wodę oraz ochrona czystości wód powierzchniowych. Przemawiają za tym również silne związki zachodzące między rozrządem wody, a ilościowym i jakościowym stanem zasobów systemu.

Inną przyczyną wielowymiarowości problemu optymalizacji rozrządu wody w systemach wodno-gospodarczych jest wektorowy charakter każdego z wymienionych zadań. Wynika to z faktu, iż większość zadań dotyczy nie jednego a kilku użytkowników o zróżnicowanej ważności społeczno-gospodarczej, z drugiej zaś strony z przestrzennego charakteru systemu, co powoduje, że jego stan opisać można tylko przy pomocy wektora.

Przyjmując więc, że funkcja K^Q/\bar{x} ocenia rozwiązania z punktu widzenia ilościowego spełnienia potrzeb użytkowników systemu, należy zdać sobie sprawę, że jest to funkcja wektorowa mająca postać:

$$K^Q/\bar{x} = [K_1^Q/\bar{x}, \dots, K_n^Q/\bar{x}] \quad /2/$$

gdzie: K_1^Q/\bar{x} - funkcja oceniająca poszczególne rozwiązania \bar{x} z punktu widzenia interesów i-tego użytkownika lub hydrologicznego przekroju kontrolnego.

Podobnie, funkcja K^H/\bar{x} oceniająca rozwiązania z punktu widzenia czystości wód będzie miała postać:

$$K^H/\bar{x} = [K_{1,1}^H/\bar{x}, \dots, K_{1,w}^H/\bar{x}, \dots, K_{1,1}^H/\bar{x}, \dots, K_{1,w}^H/\bar{x}, \dots, K_{p,1}^H/\bar{x}, \dots, K_{p,w}^H/\bar{x}] \quad /3/$$

gdzie: $K_{i,j}^H/\bar{x}$ - funkcja oceniająca stan czystości wód w i-tym przekroju hydrologicznym /i = 1, 2, ..., p/ oraz w odniesieniu do j-tego wskaźnika zanieczyszczenia /j = 1, 2, ..., w/.

Reasumując, można ostatecznie problem optymalnego sterowania rozrządem wody w systemie sprowadzić do zadania poszukiwania maksimum /minimum/ wektorowej funkcji celu:

$$K / \bar{x} / = [K^Q / \bar{x} / , K^H / \bar{x} /] \quad /4/$$

przy uwzględnieniu pewnych warunków ograniczających spełnienie zadań w niej nie ujętych. Należy więc przyjąć funkcje składowe $K_1^Q / \bar{x} /$ i $K_{1,j}^H / \bar{x} /$ proponowanego kryterium wektorowego oraz odpowiednio uzasadnione funkcje użyteczności, pozwalające sprowadzić wartości funkcji składowych do jednego wskaźnika jakości. Pewne propozycje w tym zakresie zostały dość szeroko omówione w pracy [3], której syntezą jest niniejszy referat. Oczywiście zawężenie problemu wyłącznie do zagadnień zaopatrzenia w wodę i ochrony czystości zasobów nie jest uogólnieniem o charakterze uniwersalnym. Dobór funkcji składowych i ilości tych funkcji powinien w każdym przypadku opierać się na dokładnej analizie zadań systemu.

Kryteria zaspokojenia potrzeb odbiorców wody

Nadrzędnym zadaniem optymalizacji zasad sterowania rozrządem wód jest znalezienie takich wartości parametrów wektora zmiennych decyzyjnych ustalających pewien reżim eksploatacji systemu, które dopasowują ilościowe i jakościowe charakterystyki zasobów do czasowych i przestrzennych wymagań użytkowników. Bardzo często w przypadku, gdy analiza dotyczy systemów istniejących o określonej infrastrukturze technicznej i organizacyjnej, okazuje się, że pełne zaspokojenie ilościowych potrzeb użytkowników jest nierealne. Można wówczas prowadzić optymalizację w oparciu o funkcję maksymalizującą gwarancję czasową osiągnięcia lub przekroczenia wymaganego przepływu w przekroju ujęcia wody przez użytkownika:

$$\max_{\bar{x}} [K / \bar{x} / = G / \bar{x} / , Q_t^M /] \quad /5/$$

gdzie:

$$G / \bar{x} / , Q_t^M / = \frac{\sum_{t=1}^T g / Q_t / , Q_t^M /}{T} \cdot 100\%$$

$$g / Q_t / , Q_t^M / = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } Q_t \geq Q_t^M \\ 0, & \text{jeżeli } Q_t < Q_t^M \end{cases}$$

$G / \bar{x}, \Phi_t /$ - uzyskana gwarancja wystąpienia przepływu Q_t^g , będąca funkcją wektora \bar{x} ,

\bar{x} - wektor zmiennych decyzyjnych,

Q_t^g - przepływ wymagany w t -tym przedziale czasu,

$Q_t = Q / \bar{x} /$ - rzeczywisty przepływ, który wystąpił t -tym przedziale czasu,

T - ilość przedziałów czasu branych pod uwagę do oceny pracy systemu.

Tak sformułowana postać funkcji spełnia w pewnym stopniu warunek przestrzennego i czasowego dostosowania charakterystyk hydrologicznych zasobów systemu do wymagań użytkowników. Pomija jednakże, podobnie zresztą jak funkcja maksymalizująca, przepływ wyrównany o zadanej gwarancji [3], analizę wartości odchylenia od wymaganego przepływu. Dotyczy to zarówno nadmiarów w okresach gwarantowanych, jak i występujących poza nimi niedoborów wody.

Udoskonalenie tego kryterium polega na podzieleniu całkowitych potrzeb na przedziały i maksymalizowaniu gwarancji ich zaspokojenia, zarówno globalnie, jak i w ramach tych przedziałów. Daje to w efekcie bardziej korzystny rozkład przepływów, ale wymaga przypisania wag poszczególnym przedziałom potrzeb. Wagi te można ustalać arbitralnie lub w oparciu o pewne przesłanki dotyczące wielkości strat spowodowanych niedostarczeniem wody. Przykład zastosowania takiego kryterium można znaleźć w pracy [8].

W pewnych sytuacjach stosuje się również minimalizację odchylenia od wymaganego przepływu [3]. Wadą tych funkcji jest założenie liniowego związku preferencji użytkownika z nadmiarami i deficytami wody. Nie zawsze bowiem dla użytkownika jedynym istotnym czynnikiem jest wartość odchylenia - często interesuje go również ich rozkład. Te wymagania można uwzględnić, stosując zależność nieliniową. Jeżeli przyjmieniemy, że $\Phi_t = \Phi_t / \bar{x} /$ jest odchyleniem od wymaganego przepływu, to funkcję kryteriálną można zapisać w postaci:

$$\min_{\bar{x}} \left[K / \bar{x} / = \sum_{t=1}^T f / \Phi_t / \right] \quad /6/$$

gdzie:

$f / \Phi_t /$ - funkcja preferencji użytkownika.

Należy założyć taką postać tej funkcji, aby prócz minimalizacji nadmiarów czy niedoborów spełniała wymagania dotyczące ich rozkładu. Jeżeli przykładowo, analizując same deficyty, założymy nieliniową i wy-

pukłą postać funkcji $f / \Phi_t /$, to prócz minimalizacji niedoboru przedkładać będziemy częściej występujące małe deficyty nad pojawiające się rzadko, ale za to duże deficyty.

W pracy [4] podano przykład funkcji kryterialnej łączącej wszystkie wymienione wcześniej cechy i maksymalizację przepływu wyrównanego, minimalizację odchyień i rozkład tych odchyień. Ogólna postać tej funkcji jest następująca:

$$\min_{\bar{x}} \left[K / \bar{x} / = \frac{D [\varphi / Q_t /]}{E [\varphi / Q_t /]} \right] \quad /7/$$

gdzie:

- D $[\varphi / Q_t /]$ - wariancja,
- E $[\varphi / Q_t /]$ - wartość oczekiwana,
- $/Q_t /$ - funkcja efektów zależna od ilości dostarczonej wody.

Jeżeli założymy, że efekty są proporcjonalne do samych przepływów Q_t , czyli $\varphi / Q_t / = \alpha Q_t$, to w konsekwencji funkcję /7/ można zapisać następująco:

$$\min_{\bar{x}} \left[K / \bar{x} / = \frac{\sum_{t=1}^T /Q_t - Q_t^x /^2}{\sum_{t=1}^T Q_t} \right] \quad /8/$$

oznaczenia jak we wzorze /5/.

We wszystkich omówionych przykładach analizuje się bezpośrednio charakterystyki zasobów wodnych lub wielkości będące efektem ich statystycznej obróbki. Nie zawsze jednak pozwala to na taką ocenę rozrządu wody w systemie, która by uwzględniała w pełni wszystkie wymagania jego użytkowników. Dlatego często bierze się pod uwagę wpływ, jaki ma zastosowanie takiego lub innego wariantu rozrządu na pracę użytkownika, wyrażając zazwyczaj ten wpływ poprzez efekty ekonomiczne.

Najczęściej stosowane jest kryterium minimalizacji strat spowodowanych deficytami wody:

$$\min_{\bar{x}} \left[K / \bar{x} / = \sum_{t=1}^T S / D_t / \right] \quad /9/$$

gdzie:

- $S / D_t /$ - funkcja strat użytkownika spowodowanych deficytami wody,

$$D_t = D / \bar{x} = /Q_t^M - Q_t / \bar{x} / - \text{deficyt wody w okresie czasu "t" będący funkcją wektora } \bar{x},$$

pozostałe oznaczenia jak we wzorze /5/.

Funkcja $S / D_t /$, wyrażająca straty, może być traktowana jako niezmienna w czasie lub zmienna, w zależności od momentu wystąpienia i/lub czasu trwania deficytu. Ponadto może być rozpatrywana odrębnie dla każdego użytkownika, lub ustalona jako funkcja średnich strat reprezentatywnych dla wybranego rodzaju użytkownika, np.: górnictwa, hutnictwa, itd. Okazuje się bowiem, iż funkcje strat użytkowników o takim samym profilu produkcyjnym i podobnym zużyciu wody różnią się między sobą tylko współrzędnymi, natomiast kształt funkcji jest podobny. Przykładowo krzywe strat dla poszczególnych grup przemysłów na terenie GOP przedstawiono na rys. 1. Zostały one wykonane na podstawie bezpośredniego ankietowania wybranych zakładów przemysłowych [1].

Wspomniana wcześniej cecha pozwala na bardziej elastyczne operowanie stratami jako kryterium optymalizacji. W pewnych sytuacjach, gdy dysponujemy tylko garścią niepewnych informacji dotyczących tak wartości, jak i tendencji ich zmian, można stosować omawiane kryterium, posługując się w tym celu przyjętą przez analogię do krzywej strat tego samego rodzaju fikcyjną /rosnącą i wypukłą/ krzywą, odzwierciedlającą preferencje użytkownika. Zastosowanie takiej postaci funkcji kryterialnej powodować będzie z pewnością lepszy rozkład deficytów /nielinowość/ niż proste minimalizowanie wielkości tych deficytów. Literatura dotycząca eksploatacji systemów wodno-gospodarczych dostarcza wielu przykładów takiego właśnie podejścia do zagadnienia.

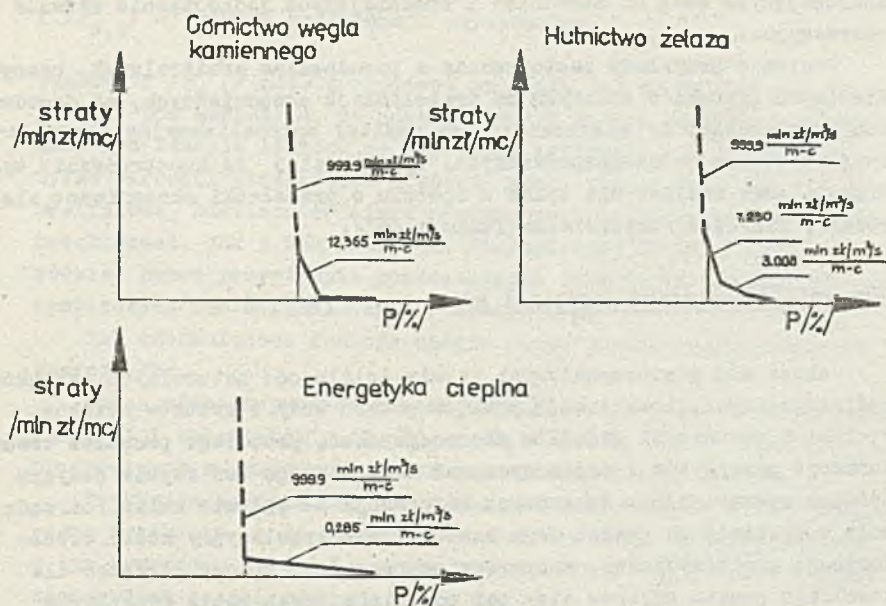
W pracy [6], omawiającej analizę optymalizacyjną eksploatacji systemu zbiorników służących zadaniom rekreacji, jak i wyrównaniu przepływów w określonym przekroju, zaprezentowano funkcję kryterialną oceniającą spełnienie drugiego zadania w postaci:

$$S / D_t / = \begin{cases} 0 & \text{dla } D_t < 0 \\ \frac{Q_t^M}{kQ_t^M - 1} & \text{dla } 0 < D_t < Q_t^M \end{cases} \quad /e^{kD_t} - 1/$$

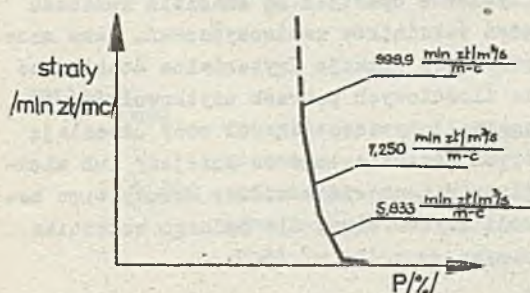
k - bezwymiarowy parametr wprowadzany dla oceny czułości wyników na zmiany kształtu funkcji

/pozostałe oznaczenia jak we wzorach poprzednich/.

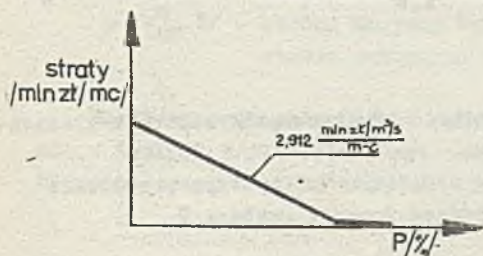
A. GRUPA PRZEMYSŁÓW O DUŻYCH POBORACH WODY



B. GRUPA PRZEMYSŁÓW O ŚREDNICH POBORACH WODY



C. GRUPA PRZEMYSŁÓW O MAŁYCH POBORACH WODY



Rys.1 Krzywe strat dla wyodrębnionych grup przemysłów na terenie GOP

Na podobnych zasadach oparto konstrukcję funkcji kryterialnej użytej w pracy [7] do optymalizacji eksploatacji systemu zbiorników dostarczających wodę do nawodnień i spełniających jednocześnie zadania rekreacyjne.

Powyższe przykłady zastosowania z powodzeniem arbitralnych, bezwymiarowych kryteriów opartych na przesłankach ekonomicznych, są dowodem ich przydatności do wielozadaniowej analizy optymalizacyjnej eksploatacji systemów wodno-gospodarczych. Tym bardziej że konstruowanie tych funkcji jest możliwe nie tylko w oparciu o przesłanki ekonomiczne, ale również fizyczne /kryterialna funkcja /6//.

Kryteria oceny stanu czystości wód

Jakość wód powierzchniowych zależy ściśle od: naturalnych warunków hydrologicznych, lokalizacji punktów poboru wody i zrzutów ścieków, wielkości zrzucanych ładunków zanieczyszczeń, przebiegu procesów transformacji przepływów i zanieczyszczeń itd. Dlatego też zwykle jedynym źródłem wystarczająco dokładnych informacji o wpływie zmian rozrzędu wody w systemie na jakość jego zasobów jest symulacyjny model transformacji zanieczyszczeń. Można bowiem przy jego pomocy otrzymać dla dowolnego punktu systemu ciąg par odpowiadających sobie przepływów i wektorów stężeń wskaźników jakości wody. Pozwala to na sformułowanie kryteriów oceny eksploatacji systemów opartych na analizie rozkładu częstotliwości i wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń. Jako wzorce posłużyć tu mogą opisane wcześniej funkcje kryterialne oceniające eksploatację z punktu widzenia ilościowych potrzeb użytkowników.

W zasadzie wszystkie wymagania dotyczące jakości wody określają pewne stężenia graniczne, których przekroczenie ma mniejszy lub większy wpływ na użytkowników względnie środowisko wodne. Możemy więc zapisać następującą postać funkcji kryterialnej dla jednego wskaźnika "w" w jednym przekroju kontrolnym:

$$\min_{\bar{x}} \left[K / \bar{x} / = \sum_{t=1}^T r / P_{w,t} / \right] \quad /11/$$

gdzie:

$P_{w,t} = /S_{w,t} - S_{w,t}^{\bar{x}} /$ - wielkość przekroczenia stężenia granicznego,

$S_{w,t} = S_{w,t} / \bar{x} /$ - stężenie wskaźnika "w" w t-tym przedziale czasu, będące funkcją wektora \bar{x} ,

$S_{w,t}^{\max}$ - stężenie graniczne wskaźnika "w" w t-tym przedziale czasu,

$f / P_{w,t}$ - funkcja preferencji użytkownika.

Funkcja $f / P_{w,t}$ może przyjmować podobnie jak we wzorze /6/ dowolną postać, pod warunkiem, że odzwierciedlać będzie wszystkie wymagania. Może być funkcją liniową, co odpowiada założeniu, że interesują nas tylko wartości przekroczeń stężenia granicznego; może też być funkcją nieliniową, odzwierciedlającą zarówno wymagania dotyczące wartości przekroczeń, jak i ich rozkładu. Nieliniowość funkcji uzyskuje się również przez przypisanie poszczególnym wartościom przekroczeń bezwymiarowych lub ekonomicznych /straty/ wag.

Tak sformułowana funkcja będzie miała postać analogiczną jak funkcja /9/.

Można również prowadzić ocenę eksploatacji systemów na podstawie znajomości zależności $p / Q, \bar{x}$, $p / S_w, \bar{x}$ i S_w / Q - patrz rys. 2, opracowanych w oparciu o wspomniany wcześniej ciąg danych [9] .

Traktując ochronę czystości wód jako użytkownika stawiającego pewne wymagania co do gwarancji spełnienia swego zadania, wyrażonego w tym przypadku wartością stężenia granicznego S_w^{\max} , można zapisać następującą postać funkcji /9/:

$$\min_{\bar{x}} [K / \bar{x} = G^{wym} - G / \bar{x}] \quad /12/$$

gdzie:

G^{wym} - wymagana częstotliwość nie przekroczenia stężenia granicznego,

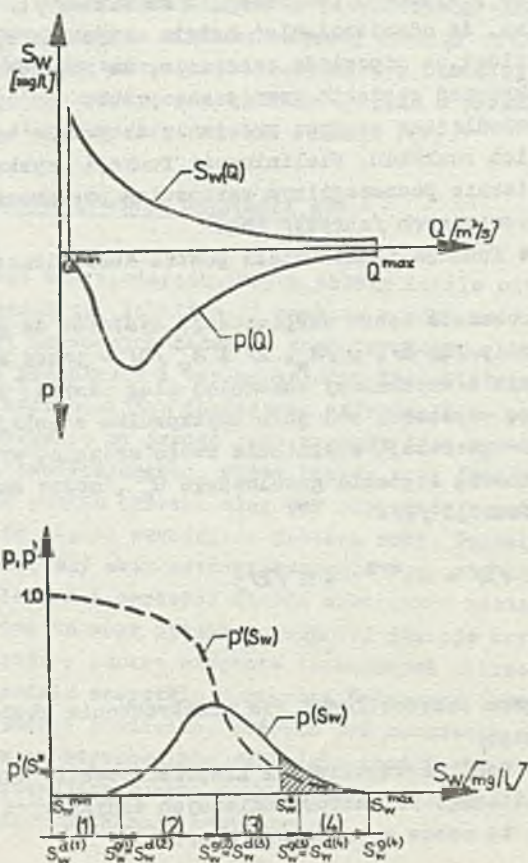
G / \bar{x} - zależność częstotliwości nieprzekroczenia stężenia granicznego od wektora zmiennych decyzyjnych \bar{x} . Wartość tę można wyznaczyć z wzoru:

$$G / \bar{x} = 1 - p / S_w^{\max}, \bar{x}$$

$p / S_w^{\max}, \bar{x}$ - rzędna krzywej kumulacyjnej częstotliwości przekroczenia wskaźnika "w" będąca funkcją wektora \bar{x} /rys.2/.

Bardziej ogólnym sposobem podejścia do zagadnienia jest uwzględnienie w funkcji kryterialnej preferencji użytkownika dotyczącej częstotliwości przekroczenia stężenia granicznego S_w^{\max} [9] :

$$\min_{\bar{x}} [K / \bar{x} = \int_{S_w^{\min}}^{S_w^{\max}} p / S_w, \bar{x} / w / S_w d S_w] \quad /13/$$



Rys.2 Graficzna interpretacja zmiennych występujących w przedstawionych kryteriach oceny stanu czystości wód

gdzie:

$p / S_w, \bar{x}$ - częstotliwość występowania wskaźnika "w" będąca funkcją wektora \bar{x} ,

W / S_w - funkcja wag /preferencji/ przypisywanych poszczególnym stężeniom,

S_w^{\max} - górna granica rozpatrywanego przedziału stężeń.

Funkcja W / S_w może być wyrażona zarówno w jednostkach bezwymiarowych, jak i w wartościach ekonomicznych, np. funkcja strat.

Oczywiście, tak jak w przypadku deficytów wody i tutaj występują pewne problemy; wielu użytkowników nie potrafi dokładnie określić wysokości strat ekonomicznych, a nawet ilościowego zmniejszenia produkcji, jakie powoduje zły stan czystości wód. Znane mu są tylko charakterystyczne wielkości stężenia wskaźnika zanieczyszczenia wody S_w^k , który ją definitywnie eliminuje jako źródło zaspokojenia potrzeb, oraz ogólny trend zmian produkcyjnych powodowanych pogarszającą się jakością wody. W tej sytuacji można, podobnie jak w przypadku kryteriów analizujących ilościowy aspekt rozrzędu, skonstruować funkcję, która odzwierciedla preferencje użytkownika, lub użyteczność, jaką mają dla niego efekty związane funkcjonalnie z wektorem zmiennych decyzyjnych. Przykładem takim jest następująca postać funkcji W / S_w :

$$W / S_w = 1 - \frac{1}{(S_w^k / \bar{x})^n} / S_w / \bar{x} / ^n$$

gdzie:

n - parametr bezwymiarowy pozwalający na dostosowanie kształtu krzywej do wymagań.

Przedstawiona propozycja konstruowania funkcji kryterialnych, opartych na arbitralnie ustalonych krzywych preferencji, ma dużą szansę zastosowania, szczególnie w sytuacji, gdy inne funkcje, np. strat, są ustalone na podstawie zbyt małej ilości informacji.

Podsumowanie

Przedstawione w referacie propozycje nie opisują oczywiście wszystkich możliwych do zastosowania kryteriów optymalnego sterowania rozrzędem wody w systemach wodno-gospodarczych. Stanowią jednak podstawę, w

oparciu o którą można formułować kryteria pochodne. Trudno bowiem zuniifikować problemy mające indywidualny charakter w każdej zlewni rzecznej, a tym bardziej w regionie wodno-gospodarczym.

Problemy związane ze sprowadzeniem wektorowej funkcji celu, której składowymi są omawiane cząstkowe funkcje kryterialne, do postaci pozwalającej na porównywanie poszczególnych wariantów rozrządu, wykraczają poza ramy niniejszego referatu. Zostały one szczegółowo opisane w pracy [3].

Ogólnie rzecz biorąc, "podwójnie wektorowa" postać funkcji /patrz wstęp/ poddawana jest zazwyczaj skalaryzacji przy pomocy funkcji użyteczności, których postać i parametry odzwierciedlają przyjęty system preferencji zadań systemu.

W referacie nie konkretyzowano również zasad hierarchizacji poszczególnych celów, wychodząc z założenia, że optymalizacja winna być przeprowadzona wariantowo, tzn. dla różnych zasad preferencji, dając tym samym pewien obraz czułości rozwiązania na przyjęty układ priorytetów. Wynika to z założenia, że analiza optymalizacyjna, nie będąc sama w sobie procesem decyzyjnym, nie powinna dostarczać tylko jednego lecz szeregu rozwiązań alternatywnych, mogących dopiero stanowić podstawę do podjęcia ostatecznych decyzji. Wspomniana wariantowość optymalizacji dotyczy również różnych rodzajów i postaci kryteriów oceny systemu. Pewnym utrudnieniem przy takim sposobie podejścia do optymalizacji wektorowej jest konieczność wielokrotnego powtarzania obliczeń, co jednak przy szeroko stosowanej obecnie elektronicznej technice obliczeń nie powinno być zbyt pracochłonne.

Próbę praktycznego zastosowania wektorowego kryterium optymalizacji podjęto w pracy [8]. Optymalizowano tam zasady sterowania rozrządem wody w systemie zbiorników: kaskada Soły, Goczałkowice i Dzieńkowice. Przy ocenie wariantów sterowania brano pod uwagę zarówno stopień zaspokojenia potrzeb wodnych użytkowników zasobów kontrolowanych przez ten system zbiorników, jak i stan czystości Wisły na odcinku Pustynia - Niepołomice. Statystycznymi miarami tej oceny były: gwarancja spełnienia potrzeb użytkowników oraz częstotliwość przekroczenia pewnych granicznych wartości stężeń analizowanych wskaźników zanieczyszczenia. Wyboru ostatecznego rozwiązania dokonano na podstawie pewnego kryterium kompromisowego, którym była suma procentowych odchyłek wartości przyjętych kryteriów cząstkowych od wartości uzyskanych przy optymalizacjach częściowych - przeprowadzonych z uwagi na każde z tych kryteriów oddzielnie. Była to więc skalaryzacja wektorowej funkcji celu przez liniową funkcję użyteczności, po uprzednim sprowadzeniu wartości kryteriów cząstkowych do wielkości względnych.

Uzyskane w pracy [8] wyniki wskazują na praktyczną przydatność i skuteczność analiz optymalizacyjnych, bazujących na wektorowych kry-

teriach optymalnego sterowania rozrzędem wód w systemach wodno-gospodarczych.

LITERATURA

- [1] Chalcarz T. - "Straty produkcyjne w przemyśle na terenie GOP na skutek deficytu wody w sieci WPHiK w Katowicach, maszynopis IMGW 1974
- [2] Cohon J.L. - "An Assessment of Multiobjective Solution Techniques for River Basin Planning", MIT, Dept. of Civil Engineering, R 73-49 1973
- [3] "Ekonomiczno-społeczne kryteria optymalizacji eksploatacji systemów wodno-gospodarczych". IMGW, Kraków 1977
- [4] Krajewski K. - "Optymalizacja pracy wielozadaniowego zbiornika retencyjnego", materiały z konferencji na temat "Metody optymalnej gospodarki zasobami wód", Katowice 1976
- [5] Kulikowski R. - "Sterowanie w wielkich systemach", WNT, Warszawa 1970
- [6] Mejia J.M. i inni - "Evaluating Multireservoir Operating Rules", Wat. Resour. Res., vol. 10, no 6, p. 1090-1098, 1974
- [7] Meredith Dale D. - "Optimal Operation of Multiple Reservoir System", Journal of the Hydraulics Div., Amer. Society of Civil Engineers, vol. 101, no. HY2, p. 229-311, 1975
- [8] "Optymalizacja zasad sterowania systemem wodno-gospodarczym kaskada Soły - zb. Goczałkowice - zb. Dzieńkowice - etap I i II" IMGW O/Kraków
- [9] Słota H., Grela J. - "Kryteria optymalizacji rozrzędu wody w systemach wodno-gospodarczych z uwzględnieniem aspektów ilościowych, jakościowych na przykładzie górnej Wisły". Sesja nauk.-techn. "Tydzień Wodzianka, Melioranta i Łąkarza" - NOT - PK., 23-35, 1976

КРИТЕРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВОДЫ В ВОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ

В статье предложено критерии оптимального управления в воднохозяйственных системах. Учитывается при этом два основных задания: обеспечение водой и защиту чистоты воды. Общая форма критериальной функции учитывает значения контролируемых величин а также некоторые статистические параметры. Для сценки управления в определённых случаях предлагается соответственным образом модифицированные критериальные функции.

THE CRITERION OF THE OPTIMUM WATER DISTRIBUTION CONTROL IN THE WATER-ECONOMIC SYSTEM

The paper presents the optimum control criterion proposition in the water-economic systems. The two - thought to be the main - system tasks are considered: water provision and water purity protection. For the control evaluation in the real cases the specially modified figure of merit are proposed.