

Paweł MADEJ , Robert SCHAEFER

Instytut Meteorologii
i Gospodarki Wodnej
Kraków

ALGORYTMY GOSPODARKI POWODZIOWEJ NA ZBIORNIKACH SOŁY I DUNAJCA
PRZY UWZGLĘDNIENIU DOPLYWU BOCZNEGO

Streszczenie: Przedstawiono deterministyczne modele sterowania odpływami ze zbiorników w celu minimalizacji strat na obszarze zlewni lokalnej. Przeznaczeniem ich jest praca w systemie sterowania falami powodziowymi dorzecza górnej Wisły opisanym w pracach [3] , [5] .

Wstęp

Przedmiot pracy stanowią proponowane przez autorów algorytmy sterowania odpływami z kaskad Soły i Dunajca w okresach powodziowych. Przeznaczeniem tych modeli jest praca w opisanym w pozycjach [3], [5] systemie sterowania falami powodziowymi w dorzeczu górnej Wisły. Głównym zadaniem przedstawianych modeli jest minimalizacja strat powodziowych na odcinkach koryt zależnych bezpośrednio od sterowanych odpływów z wymienionych kaskad.

Cechą charakterystyczną opracowanych dotychczas modeli gospodarki powodziowej na zbiornikach górnej Wisły jest praca w trybie repetycyjnym, tzn. odpływy ze zbiorników aktualizowane są w stałych odstępach czasu skutkiem otrzymania nowych prognoz. Ze względu na rodzaj uwzględnianych prognoz oraz sposób ich wykorzystania modele te podzielić można na :

- wykorzystujące prognozy dopływu dla całej powodzi /najczęściej prognozy hydrogramu oparte na prostych procesach Markowa/.
- wykorzystujące prognozy dopływu w formie hydrogramu lub objętości na okres znacznie krótszy niż czas trwania powodzi.

Do pierwszej grupy zaliczyć można stochastyczne modele sterowania zbiornikiem Rożnów opisane w pracy [1] oraz w pracy [7]. Wymagają one spełnienia mocnych założeń odnośnie prognoz oraz przeprowadzenia niejednokrotnie skomplikowanych obliczeń optymalizacyjnych.

Do drugiej grupy zaliczyć można obowiązujące obecnie instrukcje gospodarki powodziowej oraz przedstawiony w pracy [6] prosty algorytm optymalizujący. Ważną cechą tej grupy modeli jest stawianie w każdym kroku repetycji pewnych warunków końcowych dla sterowania mających dać gwarancję sterowalności obiektu w dalszych krokach czasowych oraz wypełnienia zbiornika na końcu powodzi. Warunki te są zazwyczaj opracowane w oparciu o badania statystyczne na materiale z wielolecia, posiadają zatem tendencje do nadążania za sterowaniem optymalnym w działaniach długoplanowych.

Drugim bardzo ważnym kryterium rozgraniczającym jest przyjęty w modelu cel sterowania, którym może być :

- minimalizacja funkcji zależnej wyłącznie od stanu i sterowań zbiornika,
- minimalizacja funkcji zależnej od stanu i sterowań zbiornika oraz efektów tych sterowań na pewnym obszarze zlewni poniżej.

Różnice w kryteriach powodują różnice w wymaganiach co do informacji wejściowych.

W odróżnieniu od algorytmów sterujących na profil zbiornikowy modele uwzględniające interesy zlewni wymagają dodatkowo prognozy dopływu bocznego na brany pod uwagę odcinku. Większość opracowanych dla górnej Wisły modeli uwzględnia wyłącznie kryterium minimum dla przekroju zbiornikowego. Kryteria sterowania zawierające człon zależny od przepływów w dolinach rzek poniżej zbiorników zastosowano jedynie w pracy [6].

Prezentowany w niniejszym opracowaniu model sterowania kaskadą Dunajca zaklasyfikować można do grupy wymagających całkowitej prognozy powodzi, drugi stosowany dla kaskady Soły wykorzystuje jedynie prognozy częściowe. Z uwagi na drugie kryterium oba modele należą do grupy sterujących na minimum strat w dorzeczu. W obu wykorzystano funkcję kryterialną opisaną w pracy [8] bazującą na danych o stratach powodziowych otrzymanych z systemu informacyjnego "Powódź" [2]. Straty powodziowe stanowiące jej wartości uzależnione zostały od maksymalnych stanów wody w wybranych przekrojach.

Konwersacyjny model sterowania zbiornikiem Rożnów z uwzględnieniem dopływu bocznego

Rozważmy sterowanie pojedynczym zbiornikiem, którego kryterium jest minimalizacja strat powodziowych na obszarze zlewni poniżej. W zlewniach posiadających poniżej przekroju zbiornikowego znaczący, skoncentrowany dopływ boczny nałożenie się fali powodziowej odprowadzanej z rozważanego obiektu z falą na dopływie może być przyczyną znacznego wzrostu strat powodziowych. Dla uniknięcia bądź zmniejszenia prawdopodobieństwa zaistnienia takich sytuacji konieczne jest odejście od sterowania na przekrój zbiornikowy na rzecz sterowania kompensacyjnego na dopływ boczny. Podobna do rozpatrywanej sytuacja zachodzi na Dunajcu, gdzie poniżej kaskady Rożnów-Czchów znajduje się jeden większy dopływ boczny, tj. Biała Tarnowska. Właśnie sterowanie zbiornikiem Rożnów jest przedmiotem rozważań niniejszego rozdziału. Nie rozpatruje się tutaj problemów współpracy zbiorników Rożnów-Czchów jak również zaregulowania rzeki Łososiny. Przyjmuje się założenia identyczności odpływów z Rożnowa i Czchowa, i zaregulowania przez ten drugi obiekt wezbrąn na Łososinie. Ze sterowaniem wiąże się ściśle sprawa wyznaczenia przyszłych dopływów, szczególnie istotna przy sterowaniu kompensacyjnym. Wymaga ono prognoz o horyzoncie przekraczającym znacznie czas przejścia fali powodziowej między przekrojem zbiornikowym a ujściem dopływu. Wynika stąd, dla warunków jakie zachodzą na Dunajcu, potrzeba korzystania z prognoz opadu co wpłynie na jakość prognoz dopływu. Wobec warunków w jakich przyjdzie działać operacyjnemu modelowi sterowania na Dunajcu /niedokładność prognoz, mała retencja, ograniczenia fizyczne urządzeń upustowych / sterowanie kompensacyjne musi się odbywać kosztem zwiększenia kulminacji na cieku głównym powyżej ujścia dopływu. Tak więc opłacalność odejścia od sterowania na przekrój zbiornikowy zależeć będzie od charakteru krzywych strat dla obszarów powyżej i poniżej ujścia dopływu. Kolejnym problemem jest, zasygnalizowana na wstępie, sprawa horyzontu sterowania. Dla przyjętego kryterium winien on obejmować całą powódź co w warunkach operacyjnych wymagać będzie sztucznego przedłużenia prognoz. W razie jego skrócenia konieczne jest sformułowanie warunku końcowego na stan zbiornika.

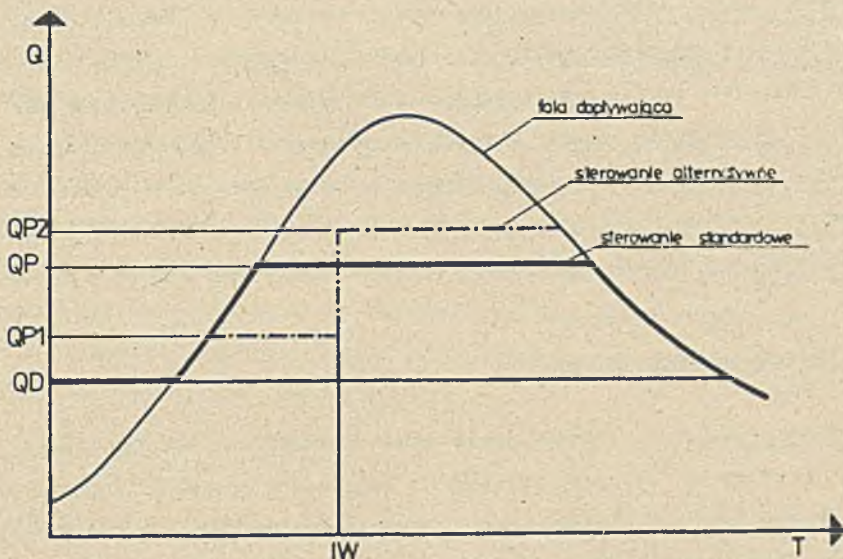
Biorąc pod uwagę zasygnalizowane zagadnienia jak również, towarzyszące nieodłącznie zadaniom czasu rzeczywistego, problemy minimalizowania cze-

su obliczeń zdecydowano się na model konwersacyjny bazujący na sterowaniu na przekrój zbiornikowy. Prezentowany algorytm przystosowany jest do pracy w warunkach operacyjnych. Zakłada się repetycję sterowań. Horyzontem sterowania jest okres całej powodzi. Kryterium sterowania jest minimum strat zależnych od maksymalnych rzędnych jakie wystąpią w przekrojach reprezentywnych /Czchów, Zgłobice, Żabno / zlewni poniżej zbiornika. Zakłada się możliwość wykorzystania pojemności użytkowej dla działań przeciwpowodziowych. Model sterowania wymaga prognoz w formie hydrogramu na całą powódź. Ze względu na działanie w warunkach niepewności, dla zabezpieczenia się przed ewentualną dużą "wpadką" w razie otrzymania prognozy w sposób istotny odbiegającej od przyszłej realizacji zjawiska, sterowanie spełnia następujące warunki:

- a/ odpływ ze zbiornika może przekraczać dopływ jedynie wówczas, gdy nie powoduje strat
- b/ "wejść" w pojemność użytkową można tylko przy gwarancji dojścia do poziomu rezerwy.

Zakłada się otrzymywanie dwóch wersji prognoz dopływu do przekrojów wejściowych / tj. dopływu do zbiornika Rożnów i przepływu w profilu Koszyce na Białej Tarnowskiej/. Pierwsza z nich, zakładająca zerowy opad w przyszłości, służy spełnieniu warunku /b/. Druga, bazująca na prognozie opadu, jest podstawą wyznaczenia sterowań. W prezentowanym algorytmie podstawowym działaniem zbiornika jest ścięcie szczytu prognozowanej fali stałej wielkości przepływem /QP/ z ewentualnym wcześniejszym forsowaniem rezerwy. Prognoza jest traktowana deterministycznie. Poza fazami forsowania i ścięcia wielkość odpływu pokrywa się z wielkością dopływu. Zakłada się wypełnienie zbiornika na końcu powodzi. Rezerwę forsuje się wtedy, gdy w przeciwnym przypadku przepływ ścinający byłby większy od przepływu dozwolonego /QD/. Przez przepływ dozwolony rozumie się najwyższy przepływ nie powodujący strat w dolinie poniżej zbiornika. Dla rozważanego obszaru przyjęto $QD = 800 \text{ m}^3/\text{s}$. Forsowanie rezerwy odbywa się stałym przepływem nie większym od QD. Odpływy ze zbiornika są, w razie potrzeby, modyfikowane ze względu na fizyczne ograniczenia obiektu, tj. pojemność i możliwości upustowe w funkcji stanu. Sterowanie przedstawione wyżej, zwane dalej standardowym, jest podstawą do analizy węzła Dunajec - Biała Tarnowska. Analizie podlegają hydrogramy fali powodziowej przetransformowane do profili przy-

węzłowych. Przeprowadza ją operator systemu. Efektem analizy jest decyzja czy Roźnów ma sterować uwzględniając jedynie sytuację w profilu zbiornikowym, czy też koordynować odpływy z przepływami na Białej Tarnowskiej /praca kompensacyjna/. W pierwszym przypadku realizuje się sterowanie standardowe, w drugim operator wypracowuje sterowanie alternatywne będące modyfikacją standardowego. Modyfikacja polega na ścięciu szczytu fali dwoma przepływami /QP1, QP2/ nie zaś jednym. Forsowanie rezerwy pozostaje jak w sterowaniu standardowym. Zakłada się również wypełnienie zbiornika na końcu powodzi. Moment zmiany przepływu /IW/ i stan zbiornika w chwili IW, determinujący wartości przepływów ścinających, wybiera operator systemu na podstawie wyżej wspomianej analizy hydrogramów. Przykłady kreacji sterowań przedstawiono na rys. 1



Rys. 1 Przykład sterowania standardowego i alternatywnego

Metodą prób i błędów, obserwując efekty swoich działań określa operator wartości IW i przepływów ścinających dające najlepsze sterowanie alternatywne. Jest ono realizowane jeżeli okaże się lepsze od sterowania standardowego i zdaniem operatora wystarczająco bezpieczne biorąc pod uwagę jakosć prognoz i modelu transformacji.

Przedstawiony algorytm oprogramowano na minikomputerze MIRA — 400, co

dając możliwość pracy konwersacyjnej stwarza równocześnie pewne ograniczenia. Rozwiązanie to wymaga, np. prostego modelu transformacji fali powodziowej /ze wzgl. na czas obliczeń/. Obok zespołu procedur kreujących poszczególne warianty sterowań prezentowany algorytm zawiera następujące segmenty:

- zespół procedur transformujących falę powodziową, tj. oprogramowany w OPH IMGW O/Kraków model typu Muskingum działający na przepływach,
- podprogramy wyznaczające wartości funkcji kryterialnej /por.wstęp/,
- podprogram rysujący, wyprowadzający na drukarkę wierszową wykresy hydrogramów.

Wymienione wyżej segmenty, uzupełnione prognozami hydrogramów fal w profilach wejściowych, pozwalają operatorowi na wypracowanie sterowania w warunkach operacyjnych dostarczając informacji o konsekwencjach wybranych przez niego wariantów. Wstępne wyniki symulacji, na fali z 1970 r. , znajdują się w pracy [8] /zawiera ona również bardziej szczegółowy opis założeń i pierwszą wersję prezentowanego tu algorytmu/. Potwierdzają one możliwość poprawienia efektów sterowania poprzez uwzględnienie prognozy przepływu na Białej Tarnowskiej. Ponieważ symulacji dokonano w warunkach deterministycznych nie daje ona obrazu wartości algorytmu jako modelu operacyjnego sygnalizując jedynie teoretyczną możliwość poprawy sterowań.

Model sterowania kaskadą Soły

Celem działania prezentowanego modelu sterowania kaskadą zbiorników retencyjnych rzeki Soły jest wyznaczenie odpływów z zapory w Czańcu, powodujących możliwie najmniejsze straty powodziowe w leżącym poniżej obszarze dorzecza górnej Wisły po przekrój Smolice. Model ma strukturę repetycyjną. Jak już wspomniano we wstępie proponowany algorytm nie wykorzystuje prognoz dopływu na cały okres powodzi, trwający zazwyczaj w rozważanej zlewni około 100 godzin.

Przyjęto, że model prognostyczny jaki opracowany zostanie dla zlewni Soły potrafi sformułować hydrogram dopływu na 48 godzin. Praktyczny brak możliwości przedłużenia sensownej prognozy dopływu w przypadku tak krótkiej zlewni jaką zamyka kaskada powoduje, że niemożliwe jest wypracowanie sterowania optymalnego, lub choćby suboptymalnego. Z konieczności zatem, w każdym etapie repetycji, polityki sterowania oceniano wyłącznie na horyzoncie

równym okresowi prognostycznemu.

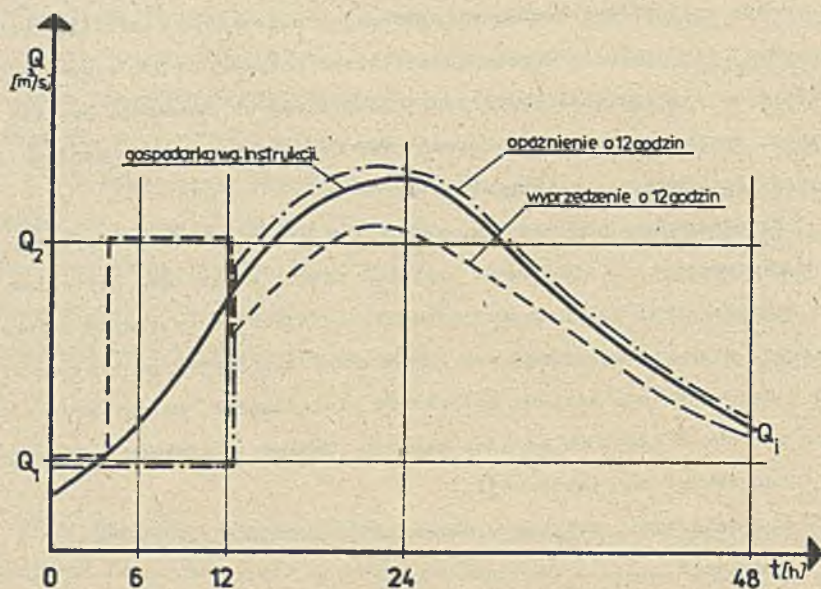
Za podstawę dalszej analizy możliwości poprawy efektów sterowania przyjęto odpływy wg obowiązującej obecnie instrukcji. Duże różnicowanie dopływów mogące nastąpić w okresie nie prognozowanym oraz błędy prognoz, szczególnie dotyczące czasu wystąpienia kulminacji, skłaniały do ostrożności w stosowaniu drastycznych odstępstw od instrukcji, szczególnie w końcowej fazie okresu prognostycznego. Zmiany takie, będące poza okresem repetycji, posiadają małą gwarancję realizacji z uwagi na niską sprawdzalność prognoz w tym okresie. Dokonywanie na pełnym horyzoncie prognozy sterowania kompensacyjnego, mającego na celu wyminięcie kulminacji Małej Wisły i Skawy, realizowanego analogiczną metodą do opisanej w poprzednim rozdziale techniki stosowanej na kaskadzie Dunajca, jest w tym przypadku zbyt ryzykowne. Przeciętny czas dobiegu fali powodziowej od kaskady do przekroju Smolice zsumowanego system znacznie przekracza czas dokładnej prognozy dopływu /tj. prognozy bazującej na zaistniałych opadach/.

Przedstawiona powyżej argumentacja skłoniła autorów do wyboru, w każdym kroku repetycji, sterowania spośród pięciu wariantów. Kryterium wyboru jest minimum strat obliczanych na podstawie stanów w wybranych przekrojach dorzecza. Stany te otrzymuje się za pomocą transformacji odpływu sterowanego z Czarnca metodą kaskady zbiorników nieliniowych, oprogramowaną na maszynie cyfrową w OPH-IMGW Kraków. Warianty odpływu z kaskady Soły stanowią:

- /1/- gospodarka wg instrukcji,
- /2/- przyspieszenie odpływu w stosunku do instrukcji w pierwszych 6 godzinach,
- /3/- przyspieszenie odpływu w stosunku do instrukcji w pierwszych 12 godzinach,
- /4/- opóźnienie odpływu w stosunku do instrukcji w pierwszych 6 godzinach,
- /5/- opóźnienie odpływu w stosunku do instrukcji w pierwszych 12 godzinach.

Dla wyznaczenia tych wariantów ustalono dwie graniczne wielkości odpływu Q_1 , Q_2 . Odpływ Q_1 nie powoduje strat w zlewni poniżej, natomiast odpływ Q_2 jest maksymalnym, którym tworzyć możemy rezerwę dodatkową. Przepływy graniczne ustalono na poziomie $Q_1 = 335 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_2 = 750 \text{ m}^3/\text{s}$. Model rozpoczyna

pracę jeżeli maksimum prognozowanego hydrogramu przekroczy Q_1 .
 Przyspieszenie /wariant /2/1/3// polega na dysponowaniu odpływu będącego większym z Q_1 i odpływu zgodnego z instrukcją, gdy $Q_1 < Q_{\max} < Q_2$, lub większego z Q_2 i odpływu zgodnego z instrukcją, gdy $Q_{\max} > Q_2$. Q_{\max} oznacza tutaj maksymalny odpływ w wariantcie /1/. Opóźnienia polegać będą na dysponowaniu odpływu Q_1 w rozważanych dwu przedziałach 6 i 12 godzin.
 Po zakończeniu przyspieszenia i opóźnienia do końca okresu prognostycznego w wariantach /2/ - /5/ odpływy wyznaczane są zgodnie z instrukcją, biorąc za punkt wyjścia aktualne napełnienia zbiorników. Przedstawioną powyżej ideę generowania przyspieszeń i opóźnień ilustruje rys. 2



Rys. 2 Konstruowanie wariantów odpływu dla Kaskady Soty

W trakcie przyspieszania i opóźniania odpływów /t.j. przez 6 lub 12 godzin/ odpływy korygowane będą ze względu na możliwości retencyjno-upustowe zbiorników. Celem możliwie najwierniejszego zrealizowania projektowanych przyspieszeń i opóźnień przyjęto na czas tych manewrów odmienną od stosowanej w instrukcji zasadę gospodarowania wodą pomiędzy zbiornikami kaskady. Dopuszczono przerwianie pojemności użytkowej celem uzyskania dodatkowej rezerwy przeciwpowodziowej. Spośród trzech zbiorników wchodzących w skład kaskady jedynie Porąbka i Tresna posiadają istotne dla gospodarki powodzi-

wej zdolności retencjonowania przepływów. Zapora w Czuńcu wnosi jedynie ograniczenia przepływu wynikające z możliwości urządzeń upustowych. Ze względu na swą konstrukcję bardziej dyspozycyjnym niż zbiornik Tresna jest zbiornik Porąbka. Duży wydatek upustów dennych oraz brak przelewów samoczynnych powoduje, że istnieje możliwość dysponowania z Porąbki dużego odpływu $/900 \text{ m}^3/\text{s}$ przy normalnym poziomie piętrzenia/ lub gwałtownego jego zmniejszenia w krótkich okresach czasu. Chęć utrzymania maksymalnej manewrowości kaskady spowodowała zatem, że jako regułę sterowania na tym obiekcie przyjęto nadążanie za utrzymaniem na zbiorniku Porąbka normalnego poziomu piętrzenia. Zmiany aktualnego napełnienia Porąbki dokonywać się będzie jedynie w przypadku, gdy zapora w Tresnej nie jest w stanie zrealizować zamierzonego odpływu / posiada zbyt niski stan, jest napełniona, bądź odpływ samoczynny przekracza planowany/.

Każdy z przedstawionych pięciu wariantów odpływu w rozważanym okresie prognostycznym może dać inne końcowe napełnienia zbiorników kaskady. Różnice te nie są jednak duże. Wynika to z długotrwałej pracy w π instrukcji $/90 - 80 \%$ okresu prognostycznego/ występującej w końcowym etapie każdego z wariantów, która kompensuje duże zmiany napełnień wywołane początkowymi manewrami. Każdy wariant posiadał będzie zatem w przybliżeniu taką samą gwarancję zaregulowania dużych przepływów w etapach następnych.

Opisany w rozdziale model oprogramowano i testowano na maszynie cyfrowej Cyber 72, w ramach tworzenia pakietu programów powodziowych dla górnej Wisły. Niektóre wyniki testowania pracy tego modelu w ramach wybranych układów sterowania zawierają prace [3], [4].

Podsumowanie

Sterowanie zbiornikami retencyjnymi z uwzględnieniem dopływu bocznego daje w niektórych przypadkach możliwość poprawy efektów sterowania, w stosunku do algorytmów rozważających jedynie sytuację w profilu zbiornikowym, wymaga jednak znacznie ryzykowniejszych manewrów odpływami z rozważanych obiektów. Istotne jest więc sformułowanie warunków w jakich celowym jest stosowanie sterowania kompensacyjnego. Warunkami tymi są:

- potencjalna możliwość interferencji fal powodziowych cieku głównego i dopływu,

- odpowiedni rozkład potencjalnych strat powodziowych /tj. sytuacja gdy o sumarycznych stratach decydują straty na odcinku poniżej dopływu/,
- możliwość opracowania dokładnego modelu transformacji fali w korycie,
- możliwość otrzymania wiarygodnej prognozy dopływu do profili wejściowych na okres pozwalający na analizę węzła ciek główny - dopływ.

Wymagania powyższe sformułowano dla przypadku jednego dopływu bocznego. W sytuacji kilku dopływów są one analogiczne z tym, że problem wypracowania sterowania staje się znacznie trudniejszy i możliwość jego rozwiązania w większym stopniu zależy od dokładności prognoz i modelu transformacji.

Sytuacja w zlewni Dunajca /jeden znaczący dopływ boczny poniżej kaskady, stosunkowo duża zlewnia kontrolowana, koncentracja zagrożeń na odcinku poniżej ujścia Białej Tarnowskiej/sprzyja stosowaniu sterowania kompensacyjnego. Warunkiem jest możliwość uzyskania odpowiednio długiej, wiarygodnej prognozy dopływu w profilu ujściowym Białej Tarnowskiej. Biorąc pod uwagę wielkość i charakter zlewni wyżej wspomnianego dopływu będzie to musiała być prognoza bazująca na informacji o przyszłych opadach.

Model sterowania kaskadą Soły pracuje w bardziej niekorzystnych warunkach: znacznie krótszy horyzont wiarygodnej prognozy/ze wzgl. na wielkość zlewni/, dwa znaczące dopływy boczne. Ponadto stosunkowo duża odległość od kaskady do ujścia Skawy uniemożliwia pracę kompensacyjną modelu na ten dopływ. Może on natomiast dopasowywać odpływy z kaskady do przepływów na Małej Wiśle—co jest pożądane ze względu na duże zagrożenie występujące w obszarze ujściowym Soły.

LITERATURA

- [1] Bogobowicz A., Korzłowski A., Salewicz K.A.; Sterowanie falą powodziową, oprac. IMGW Warszawa, maszynopis, 1978r.
- [2] Chojnacki J., z zespołem; Wdrażanie systemu informatycznego POWÓDZ, oprac. IMGW Kraków, maszynopis, 1980r.
- [3] Grela J. z zespołem; Opracowanie optymalnych zasad sterowania falą powodziową w dorzeczu górnej Wisły/ze względu na minimum strat/, oprac. IMGW Kraków, maszynopis, 1982r.
- [4] Grela J.; Badania symulacyjne współpracy zbiorników retencyjnych górnej Wisły w okresie powodzi, mat. konf.
- [5] Słota H., Grela J., Konieczny R.; Koncepcja systemu sterowania falą powodziową w górnym dorzeczu Wisły, mat. konf.
- [6] Słota H. z zespołem; Opracowanie i oprogramowanie algorytmów sterowania falą powodziową górnej Wisły, oprac. IMGW Kraków, maszynopis, 1975r.
- [7] Strupczewski G.W., Budzianowski R.J., Kundzewicz Z.W.; Optimal Control of a Storage Reservoir during the Summer Flood Season, proc. of the SMCWR, 1975, T4, p. 171-178.

- [8] Żelaziński J. i zespół; Sprawozdanie z prac wykonywanych w 1982 w temacie "Komputerowy model sterowania kaskadą Dunajca w czasie powodzi", oprac. IMGW Kraków, muszynońskie, 1982r.

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАВОДНЕНИЕМ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ СОЛЫ И ДУНАЙЦА С УЧТЕНИЕМ БОКОВОГО ПРИТОКА

В статье представлено детерминистические модели управления стоком из водохранилищ в цели сведения к минимуму ущербов в районе местного бассейна. Эти модели назначены к работе в системе управления паводками в бассейне верхней Вислы, описанным в работах [3] и [5].

ALGORITHMS OF FLOOD ECONOMY ON THE SOLA AND DUNAJEC RESERVOIRS CONSIDERING A LATERAL TRIBUTARY

The authors present deterministic models of the reservoir outflows control to minimize the losses in the region of the local catchment. The destination of the above models is their work in the flood wave control system of the Upper Vistula basin, described in the papers [3] and [5].