

BENIAMIN WIĘZIK

Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej

Politechnika Krakowska

PROGNOSTYCZNY MODEL DOPŁYWU DO ZBIORNIKA RETENCYJNEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono prognostyczny model dopływu do zbiornika retencyjnego. Zlewnię rzeki podzielono na zlewnie cząstkowe, dla których opracowano modele transformacji opadu w odpływ z korektą wartości początkowych w przekrojach zamykających. Podstawowym elementem modelu matematycznego jest procedura obliczenia opadu netto oraz procedury transformacji opadu netto w hydrogram odpływu i transformacji fali powodziowej w korycie rzeki. Model zastosowano do prognozy dopływu do zbiornika retencyjnego Dobczyce na rzece Rable.

1. Wstęp

Zaopatrzenie miast i wsi w wodę, rozwój przemysłu i rolnictwa wymaga kompleksowego rozwiązania zadań wodno-gospodarczych i optymalnego sterowania ukierunkowanego na racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych. Obecnie dla licznych gałęzi gospodarki narodowej związanych bezpośrednio lub pośrednio z eksploatacją zasobów wodnych opracowuje się różne prognozy hydrologiczne. Wykorzystywane są one w planowaniu rozwoju systemów wodno-gospodarczych, ochronie przeciwpowodziowej, eksploatacji elektrowni wodnych, zaopatrzeniu ludności i przemysłu w wodę, żegludze na skanalizowanych odcinkach rzek itp. Rozwój metod prognozowania hydrologicznego jest ściśle związany z postępem w dziedzinie modelowania matematycznego procesów hydrologicznych, hydrometrii, metod transmisji i przetwarzania danych, a także z rozwojem hydrogeologii, meteorologii ogólnej i synoptycznej.

Proces formowania odpływu w zlewni rzecznej jest procesem bardzo złożonym. Na ruch wody mają wpływ czynniki morfologiczne, geologiczne i klimatyczne, jak: spadek i mikrorzeźba terenu, rodzaj pokrycia zlewni, struktura i aktualna wilgotność gruntu, głębokość wód podziemnych, miejsce wystąpienia opadu oraz jego natężenie i czas trwania.

W praktyce, stosując modele matematyczne do symulacji i prognozy odpływu, uwzględnia się tylko niektóre elementy złożonego cyklu hydrologicznego. Model jest stąd zawsze odzwierciedleniem uproszczonej rzeczywistości, należy więc dążyć do przejmowania metod, dających możliwość prognozowania

z maksymalną dokładnością przy określonym poziomie rozwoju systemów zbierania, transmisji i przetwarzania danych. Jednym z najważniejszych etapów modelowania matematycznego jest identyfikacja struktury modelu oparta na apriorycznej informacji o badanym systemie.

2. Struktura matematycznego modelu odpływu

Przyjmując jako kryterium czasowo-przestrzenną zmienność parametrów modele deterministyczne odpływu można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- Modele z rozłożonymi parametrami, oparte na równaniach fizyki matematycznej i hydrodynamiki.
- Modele z parametrami skupionymi, oparte na ilościowych relacjach pomiędzy wybranymi wielkościami wejściowymi i wyjściowymi.

Przy identyfikacji modeli z parametrami rozłożonymi w sposób jawny uwzględnia się czasową i przestrzenną zmienność wpływających na odpływ czynników hydrometeorologicznych. Modele te wymagają bardzo dokładnej informacji o morfometrii, szorstkości powierzchni zlewni i koryta rzecznego, przestrzenno-czasowym rozkładzie opadów, właściwościach fizyczno-wilgotnościowych gleb itp. Uzyskanie tak dokładnych danych w realnych warunkach nie jest praktycznie możliwe, co znacznie ogranicza zastosowania modeli z rozłożonymi parametrami do prognozowania odpływu w czasie rzeczywistym.

Z drugiej jednak strony hydrotechniczna zabudowa zlewni i koryt rzecznych oraz intensywna eksploatacja naturalnych zasobów wodnych spowodowała znaczne zmiany w reżimie odpływu. Zebrane historyczne dane obserwacyjne są niejednorodne i mało przydatne do identyfikacji modeli odpływu z parametrami skupionymi. Rozwój automatycznych systemów zbierania danych spowodował znaczny postęp w dziedzinie badań podstawowych procesów hydrologicznych w zlewniach eksperymentalnych i reprezentatywnych.

Opracowane w tych warunkach modele z parametrami rozłożonymi, powinny służyć do generowania danych do estymacji parametrów konceptualnych modeli odpływu i transformacji fali w korycie rzecznym.

Pod koniec lat 70 szereg instytucji zachodnioeuropejskich podjęło pracę nad Europejskim Systemem Hydrologicznym (SHE)[1]. Został opracowany matematyczny model integralny opisujący procesy zatrzymywania wody na pokryciu, ewapotranspirację, spływ powierzchniowy, infiltrację, ruch wody w strefie nienasyconej i nasyconej oraz przepływ w korycie otwartym.

Podstawowymi procesami hydrologicznymi przyjętymi w Europejskim Systemie Hydrologicznym są:

a. Intercepcja

Do opisu procesu zatrzymywania wody na powierzchni zlewni przez roślinność przyjęto model Ruttera:

$$\frac{\partial C_R}{\partial t} = Q - f \cdot \exp[b(C_R - S_m)] \quad (1)$$

$$Q = \begin{cases} a(R - E_0 - C_R/S_m) & \text{dla } C_R < S_m \\ a(R - E_0) & \text{dla } C_R > S_m \end{cases}$$

gdzie: C_R - wysokość warstwy wody na pokryciu,
 S_m - maksymalna pojemność retencyjna,
 R - natężenie opadu,
 E_0 - parowanie potencjalne,
 a, b, f - parametry modelu.

Wysokość intercepcji jest funkcją rodzaju i gęstości pokrycia oraz czynników kształtujących aktualną ewapotranspirację.

b. Ewapotranspiracja

Sumaryczne parowanie opisano równaniem Penmana-Monteitha:

$$E_a = \frac{\Delta_s (R_N - G) + \rho C_p (q_{W,T} - q) / r_a}{\lambda [\Delta_s + (C_p / \lambda) (1 + r_s / r_a)]} \quad (2)$$

gdzie: E_a - natężenie ewapotranspiracji,
 Δ_s - funkcja zmian prężności pary wodnej z temperaturą powietrza,
 R_N - bilans radiacyjny,
 G - strumień energii z gleby,
 ρ - gęstość pary wodnej,
 C_p - ciepło właściwe pary wodnej,
 $q_{W,T}$ - wilgotność właściwa nasycenia w temperaturze T,
 q - wilgotność właściwa,
 r_a - opór dyfuzyjny,
 r_s - opór stomatyczny,
 λ - stała fizyczna.

Ewapotranspiracja jest procesem, w którym woda przechodzi z fazy ciekłej w gazową w sposób bezpośredni oraz poprzez transpirację roślin. Głównym czynnikiem meteorologicznym, od którego zależy natężenie ewapotranspiracji, jest niedosyt wilgotności powietrza.

c. Spływ powierzchniowy

Do obliczenia spływu powierzchniowego na 1 mb szerokości zlewni przyjęto układ równań:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (h \cdot u) = R_e \quad (3)$$

$$i_0 = \frac{n^2}{h^{4/3}} |u|$$

gdzie: h - głębokość strumienia,
 R_e - natężenie opadu efektywnego,
 u - prędkość spływu,
 t - czas,
 x - odległość od przekroju początkowego,
 i_0 - spadek zlewni,
 n - współczynnik szorstkości Manninga.

Obliczając spływ powierzchniowy przyjęto założenie, że ruch odbywa się w postaci cienkiej warstwy wody.

d. Przepływ w korycie rzeki

Przepływ w sieci koryt rzecznych obliczono stosując uproszczony układ równań hydrodynamicznych:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = i_0 - k \cdot u |u| \quad (4)$$

$$B = \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (F \cdot u) = q$$

- gdzie: h - napełnienie koryta,
 B - szerokość koryta,
 F - powierzchnia przekroju zwilżonego,
 q - dopływ boczny w jednostce czasu na jednostkę długości,
 u - prędkość wody w korycie,
 k - moduł przepływu,
 t - czas.

Traktując oddzielnie proces propagacji fali w korycie rzeczonym można wykorzystać modele hydrodynamiczne do obliczania hydrogramu odpływu w przekrojach nie kontrolowanych i na ich podstawie optymalizować parametry konceptualnych modeli transformacji fal powodziowych. Najbardziej użytecznym opisem ruchu wody w korycie rzeczonym są równania Saint-Venanta w postaci:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial t} = q \quad (5)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{(u - u_0)q}{F} = g(i_0 - i_f)$$

- gdzie: Q - objętość przepływu,
 q - przyspieszenie ziemskie,
 u_0 - spadek tarcia,
 i_0 - spadek dna koryta.

Wybór numerycznej metody rozwiązania pełnych lub uproszczonych równań Saint-Venanta zależy od dostępnej informacji wejściowej oraz aktualnych możliwości obliczeniowych.

e. Ruch wody w strefie nienasyconej

Do opisu przepływu wody w porowatym ośrodku nienasyconym zastosowano równanie:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} [D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z}] - \frac{\partial k}{\partial z} - s_k(z) \quad (6)$$

- gdzie: θ - objętościowa zawartość wody,
 D - współczynnik dyfuzji,
 k - współczynnik przepuszczalności,
 s_k - sumaryczna transpiracja,

$$\tau = \int_0^d s_k(z) dz,$$

- d - głębokość korzeni.

f. Ruch wody w strefie nasyconej

W modelu przyjęto równanie opisujące dwuwymiarowy ruch ze swobodnym zwierciadłem wody gruntowej:

$$\omega \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} [K_x h \frac{\partial}{\partial z} (h+z)] + \frac{\partial}{\partial y} [K_y h \frac{\partial}{\partial z} (h+z)] + R_g \quad (7)$$

$$R_g = q_H + I_1 - \frac{\partial}{\partial t} \int_{H_0}^H \theta(z) dz$$

- gdzie: h - wysokość nasyconej warstwy wodonośnej,
 $K_{x,y}$ - współczynniki filtracji wzdłuż osi x i y ,
 z - wysokość naporu wody,
 R_g - dopełnienie wód podziemnych,
 q_H - odciekanie wody,
 I_1 - infiltracja wody w grunt,
 θ - wilgotność gruntu,
 H_0 - rzędna poziomu wód gruntowych,
 H - rzędna powierzchni zlewni,
 ω - współczynnik retencji gruntu.

Z bezpośrednich pomiarów spadu piezometrycznego, natężenia przepływu i aktualnej wilgotności gruntu można obliczyć potrzebne charakterystyki przepuszczalności i dyfuzyjności.

3. Struktura modelu prognostycznego

W praktyce hydrologicznej szerokie zastosowanie znalazły modele koncepcyjne budowane w warunkach, gdy fizyczne zależności pomiędzy elementami cyklu hydrologicznego są nieokreślone lub niepełne.

Po przeanalizowaniu procesu formowania odpływu w zlewni rzeki Raby do prognozy odpływu w czasie rzeczywistym przyjęto model koncepcyjny z przestrzennie rozłożonymi parametrami [4].

Zlewnię rzeki Raby zamkniętą przekrojem cofki zbiornika retencyjnego Dobczyce podzielono na 8 zlewni cząstkowych: Raby Górnej do przekroju wodowskazowego Mszana Dolna (161.663 km²), Mszanki (171.619 km²), Kasinki (49.660 km²), Lubieńki (48.175 km²), Krzczonówki (92.256 km²), Suszanki (15.638 km²), Trzebuńki (32.755 km²) i Bysinki (14.800 km²), (rysunek 1.). Zlewnie mniejsze traktowane są jako powierzchnie różnicowe pomiędzy dopływami, z których odpływ zasila bezpośrednio koryto rzeki Raby.

W celu obliczenia opadu średniego zlewnie podzielono na 4 topograficznie zróżnicowane obszary równego opadu. Opad średni w zlewniach cząstkowych oblicza się metodą średniej ważonej, gdzie wagą jest stosunek powierzchni zlewni w każdym z obszarów równego opadu do jej powierzchni całkowitej. Na podstawie badań w zlewni eksperymentalnej rzeki Trzebuńki przyjęto procedurę obliczenia opadu netto, która w sposób niejawni uwzględnia podstawowe procesy hydrologiczne.

Dla każdej zlewni cząstkowej opracowano model typu opad-odpływ.

Parametry modeli odpływu ze zlewni kontrolowanych obliczono metodami optymalizacyjnymi (metoda Rosenbrocka, Powella), bazując na obserwowanych histogramach opadu i hydrogramach odpływu w przekrojach zamykających zlewnie cząstkowe. Dla zlewni nie kontrolowanych określono hydrogramy jednostkowe w oparciu o geomorfologiczne parametry zlewni opisane prawami Hortona. Symulowane i prognozowane hydrogramy odpływu ze zlewni cząstkowych połączono modelem transformacji fali powodziowej w korycie rzeki Raby.



Rys. 1. Zlewnia rzeki Raby do zbiornika retencyjnego Dobczyce

a. Model opadu netto

Opad netto obliczono zmodyfikowaną procedurą Dubanda [3]. Średnia wysokość opadu netto jest funkcją opadu średniego całkowitego oraz parametru retencji zlewni. Dla każdej k zlewni cząstkowej obliczono wysokość opadu netto równaniem:

$$H_{k,t} = R_{k,t} - B_{k,l} [1 - \exp(-\frac{R_{k,t}}{B_{k,l}})] \quad (8)$$

gdzie: $H_{k,t}$ - wysokość opadu netto,
 $R_{k,t}$ - wysokość opadu średniego,
 $B_{k,l}$ - parametr retencji zlewni,
 t - czas w godzinach,
 l - czas w dobach.

Na etapie identyfikacji modelu opadu netto, parametr retencji można aproksymować funkcją dwuparametrową:

$$B_{k,l} = \sigma + z \cdot \exp(-z \cdot l) \quad (9)$$

gdzie: σ, z - parametry funkcji.

W modelu prognostycznym parametr retencji oblicza się w oparciu o wskaźnik opadów uprzednich, który charakteryzuje aktualne stosunki wilgotnościowe zlewni:

$$B_{k,l} = \frac{d_k}{WOU_l} \quad (10)$$

$$WOU_l = \alpha \cdot P_l + (1 - \alpha) WOU_{l-1}$$

gdzie: d_k - parametr charakteryzujący retencję pokrycia zlewni,
 WOU_l - wskaźnik opadów uprzednich,
 P_l - dobowa suma opadu,
 α - parametr modelu.

Wartość parametru d_k może ulegać sezonowym zmianom, które są spowodowane rozwojem roślinności w okresie wegetacji oraz wiosennymi i jesiennymi pracami agrotechnicznymi.

b. Model transformacji opadu netto w hydrogram odpływu

Podstawowym elementem prognostycznego modelu odpływu, od którego w dużej mierze zależy jakość prognozy, jest procedura transformacji opadu netto w hydrogram odpływu w przekroju zamykającym zlewnię cząstkową.

Opracowano konceptualne modele odpływu oparte na kaskadzie zbiorników liniowych ALFAL i nieliniowych ALFAN.

Model ALFAL opisany jest układem równań różniczkowych zwyczajnych (11). Ponieważ parametry modelu nie są bezpośrednio obserwowalne, ich optymalne wartości możemy określić na podstawie kryterium bazującego na odchyleniu pomiędzy obserwowanym i obliczonym hydrogramem odpływu.

Pierwszy zbiornik w kaskadzie zasilany jest opadem netto $H(t+l)$, a następnym odpływem ze zbiornika poprzedniego $Q_{n-1}(t)$.

$$\begin{aligned}
 k \frac{dQ_1(t)}{dt} &= H(t+L) - Q_1(t) \\
 k \frac{dQ_2(t)}{dt} &= Q_1(t) - Q_2(t) \\
 &\vdots \\
 k \frac{dQ_n(t)}{dt} &= Q_{n-1}(t) - Q_n(t)
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Całkując bezpośrednio każde równanie w przyjętym przedziale $\Delta t = j-i$ otrzymujemy układ równań rekurencyjnych, z którego ostatecznie obliczamy wartości hydrogramu odpływu:

$$\begin{aligned}
 Q_{1,j} &= H_{j+L} + (Q_{1,i} - H_{j+L}) \exp(-\Delta t/k) \\
 Q_{2,j} &= Q_{1,j} + (Q_{2,i} - Q_{1,j}) \exp(-\Delta t/k) \\
 &\vdots \\
 Q_{n,j} &= Q_{n-1,j} + (Q_{n,i} - Q_{n-1,j}) \exp(-\Delta t/k) = Q_j
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

gdzie: n, k - parametry modelu,
 L - czas opóźnienia odpływu.

Optymalne wartości parametrów modelu obliczono metodami optymalizacyjnymi dla każdej zlewni cząstkowej.

Opracowując nieliniowy konceptualny model ALFAN przyjęto logarytmiczną charakterystykę odpływu. Model ALFAN opisany jest układem nieliniowych równań różniczkowych zwyczajnych:

$$\begin{aligned}
 k \frac{dQ_1(t)}{dt} &= -[Q_1(t)+1][Q_1(t)-H(t+L)] \\
 k \frac{dQ_2(t)}{dt} &= -[Q_2(t)+1][Q_2(t)-Q_1(t)] \\
 &\vdots \\
 k \frac{dQ_n(t)}{dt} &= -[Q_n(t)+1][Q_n(t)-Q_{n-1}(t)]
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

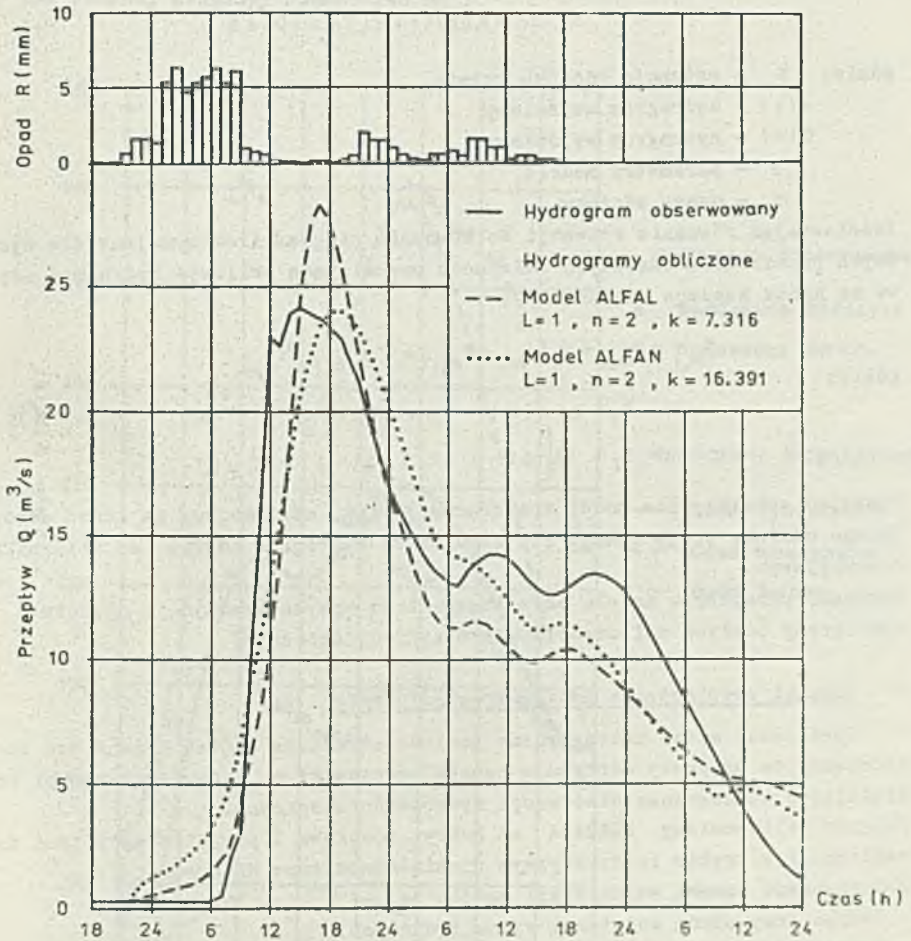
Rozwiązując układ równań metodą bezpośredniego całkowania po przekształceniach otrzymujemy podobny układ równań rekurencyjnych:

$$\begin{aligned}
 Q_{1,j} &= \frac{H_{j+L} + X}{1 - X} \\
 X &= \frac{Q_{1,i} - H_{j+L}}{Q_{1,i} + 1} \exp\left[-\frac{(H_{j+L} + 1)\Delta t}{k}\right] \\
 Q_{n,j} &= \frac{Q_{n-1,j} + Y}{1 - Y} \\
 Y &= \frac{Q_{n,i} - Q_{n-1,i}}{Q_{n,i} + 1} \exp\left[-\frac{(Q_{n-1,i} + 1)\Delta t}{k}\right]
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Obydwa modele wykorzystują takie same dane wejściowe i na etapie weryfikacji należy wybrać model adekwatny dla zlewni.

Na rysunku 2 przedstawiono obliczone modelem ALFAL i ALFAN hydrogramy odpływu ze zlewni rzeki Trzebuńki.

Do identyfikacji parametrów modeli odpływu opracowano pakiet programów optymalizacyjnych w języku FORTRAN pracujących w trybie konwersacyjnym na mini-komputerze MERA 400.



Rys. 2. Obserwowane i obliczone hydrogramy odpływu.
Zlewnia rzeki Trzebuńki 1980.07.22-24.

c. Model transformacji fali w korycie rzeki

Elementem integrującym odpływ ze zlewni cząstkowych jest model transformacji fali w korycie rzeki Raby od przekroju wodowskazowego Mszana Dolna do przekroju cofki zbiornika retencyjnego Dobczyce. Koryto rzeki Raby podzielono na 6 odcinków obliczeniowych pomiędzy dopływami (rysunek 1.).

Na każdym odcinku zastosowano model MUSKINGUM opisany równaniem ciągłości i retencji w postaci:

$$\frac{dS_m(t)}{dt} = I(t) - O(t) \quad (15)$$

$$S_m(t) = K[xI(t) + (1-x)O(t)]$$

gdzie: S_m - retencja odcinka koryta,
 $I(t)$ - hydrogram wejściowy,
 $O(t)$ - hydrogram wyjściowy,
 K, x - parametry modelu,
 m - numer odcinka.

Podstawiając równanie retencji do równania ciągłości otrzymujemy dla dyskretnych przedziałów czasowych zależność pozwalającą obliczyć hydrogram odpływu na końcu każdego odcinka [2]:

$$O_{m,j} = O_{m,i} + C_1(I_{m,i} - O_{m,i}) + C_2(I_{m,j} - I_{m,i})$$

gdzie:

$$C_1 = \Delta t / [K(1-x) + \frac{1}{2}\Delta t] \quad (16)$$

$$C_2 = (\frac{1}{2}\Delta t - K \cdot x) / [K(1-x) + \frac{1}{2}\Delta t]$$

Stosując sekwencyjnie model transformacji fali otrzymujemy na końcu ostatniego odcinka prognozowany lub symulowany hydrogram dopływu do zbiornika retencyjnego.

Wartości parametrów modelu określono metodą optymalizacyjną w oparciu o hydrogramy odpływu obliczone modelem hydrodynamicznym.

4. Warunki eksploatacji modelu progностycznego

Opracowany model matematyczny posiada strukturę ogólną i może być zastosowany do prognozy odpływu w czasie rzeczywistym z dowolnej zlewni posiadającej standardowe obserwacje hydrometeorologiczne.

Program obliczeniowy BENRABA ma budowę modułową i przystosowany jest do realizacji w trybie interakcyjnym na minikomputerze MERA 400.

Podstawowymi danymi wejściowymi modelu są:

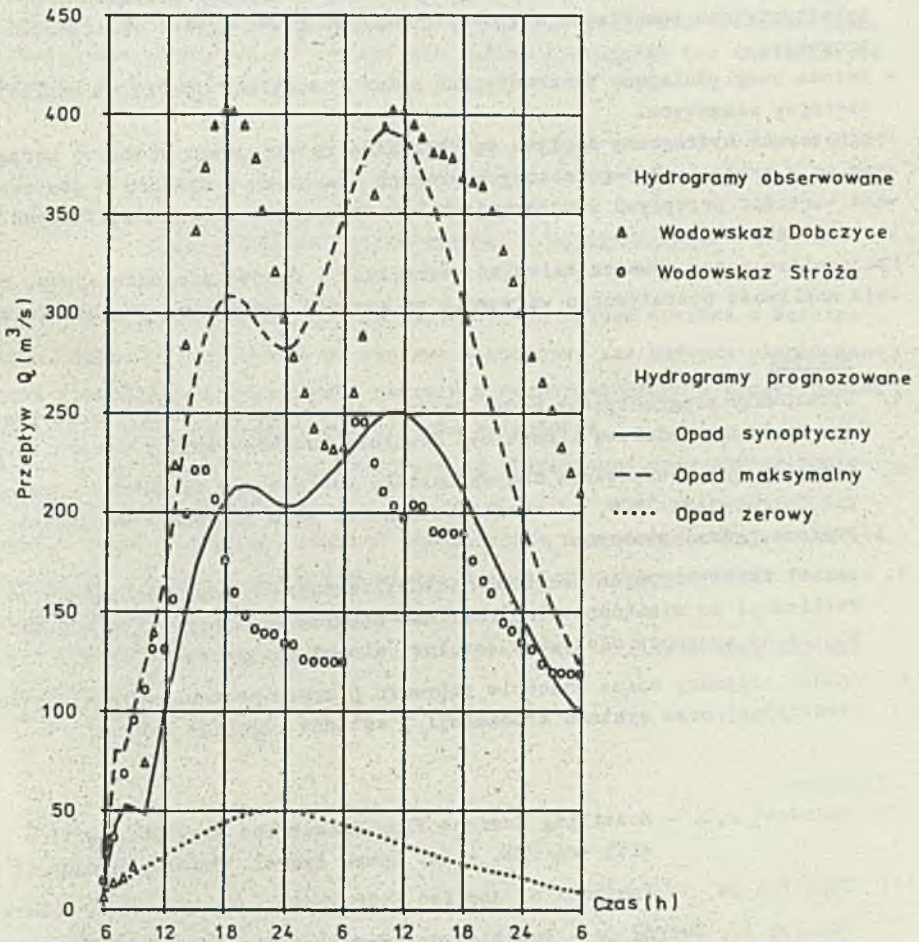
- Dobowe sumy opadu ze stacji sygnalizujących.
- Godzinowe wysokości opadu z sygnalizujących stacji reprezentatywnych w obszarach równego opadu.
- Prognozowane sumy dobowe opadu na dwie kolejne doby dla całej zlewni lub wydzielonych jej obszarów (prognoza synoptyczna).
- Godzina rozpoczęcia prognozowanego opadu oraz scenariusz rozkładu opadu na przedziały obliczeniowe, wyrażony poprzez parametry rozkładu beta.

- Wartości przepływu w przekrojach zamykających zlewnie cząstkowe, oraz kontrolnych przekrojach wodowskazowych na rzece głównej.

W przypadku braku obserwacji program automatycznie generuje potrzebne do obliczeń dane.

Prognozowane hydrogramy dopływu do zbiornika retencyjnego obliczane są w trzech wariantach:

- Dla synoptycznej prognozy opadu.
- Dla założonej maksymalnej prognozy opadu stałej ($P=100 \text{ mm}$) lub o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia ($P=P_{p\%}$).
- Dla zerowej prognozy opadu ($P=0 \text{ mm}$).



Rys. 3. Prognozowane hydrogramy dopływu do zbiornika retencyjnego Dobczyce na rzece Rabe 1980.07.23-24.

Program może również wyprowadzać obliczone wartości prognozowanego opadu netto w zlewniach cząstkowych, prognozowane hydrogramy odpływu ze zlewni cząstkowych i hydrogramy w wybranych przekrojach na rzece głównej. Program BENRABA zastosowano do obliczenia prognozy dopływu do zbiornika retencyjnego Dobczyce dla 48-godzinnego horyzontu czasowego. Na rysunku 3 pokazano prognozowane hydrogramy dopływu oraz hydrogramy obserwowane w przekroju wodowskazowym Stróża (powyżej zbiornika) i Dobczyce (poniżej zbiornika).

5. Korekta prognozy dopływu do zbiornika retencyjnego

Istnieją dwie podstawowe metody korekty hydrogramu prognozowanego:

- Metoda oparta na deterministycznym określeniu warunków początkowych, wykorzystująca pomierzone wartości przepływu przed każdym obliczeniem prognozy.
- Metoda uwzględniająca stochastyczną naturę odchyień, oparta na analizie szeregów czasowych.

Prognozowane hydrogramy dopływu do zbiornika retencyjnego Dobczyce korygowane są w przyjętych 3-godzinowych krokach czasowych w oparciu o obserwowane wartości przepływu w przekrojach wodowskazowych zlewni cząstkowych i rzeki Raby.

Opcjonalnie można również zmieniać scenariusz i dobową prognozę opadu, co daje możliwość operatywnego wpływania na kształt hydrogramu prognozowanego.

6. Wnioski

1. Opracowany prognostyczny model dopływu do zbiornika retencyjnego posiada strukturę modułową i może być dowolnie rozbudowywany i modernizowany.
2. Organizacja wprowadzania danych została dostosowana do Systemu Hydrologii Operacyjnej IMGW, co umożliwia szybkie jego wdrożenie do systemu prognoz hydrologicznych.
3. Pakiet interakcyjnych programów identyfikacyjnych przystosowanych do realizacji na minikomputerze MERA 400 stwarza szansę szybkiej adaptacji modelu do prognozy odpływu z dowolnej zlewni kontrolowanej.
4. Jakość prognozy można znacznie poprawić poprzez modernizację sieci obserwacyjnej oraz systemu transmisji i wstępną analizę danych.

LITERATURA

- [1] Mathurst J.C. - Modelling Surface Flow Subsurface Flow Interaction with the SHE. - In. Symp. Hydrol. Models, Budapeszt'80.
- [2] Chow Ven Te - Handbook of Applied Hydrology. - Mc Graw Hill N.York'64.
- [3] Guillot F., Duband D. - Fonction de transfert pluie-debit sur de bassins versant. - Societ Hydrotechnique de France Paryż'79.
- [4] Więzik B., Bardzik A. - Le modele de prevision des crues RABA. XX Congres IAHR - Moskwa'83.

A FORECASTING MODEL OF THE INFLOW INTO THE RESERVOIR

S u m m a r y

A mathematical prognostic model of inflow into a reservoir is presented. The catchment area has been divided into a number of subcatchments for which the rainfall-runoff model has been worked out.

The model includes the possibility of updating the initial discharge values at the downstream cross-section of each subcatchment. The presented forecasting model utilizes the standard hydrometeorological information collected on-line.

The mathematical model consists of the three basic procedures: computation of net-rainfall, transformation of the net-rainfall into runoff hydrograph and channel routing until the initial reservoir cross-section. The model has been used to predict the inflow hydrograph for the Dobczyce reservoir on the Raba river.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИТОКА В ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Р е з ю м е

В статье представлено прогностическую модель притока в водохранилище. Водосбор расчленено на частные водосборы, для которых разработано модель трансформации эффективных осадков в гидрограф стока с корректировкой начального условия в замыкающих створах водосборов.

Прогностическая модель стока базируется на оперативной стандартной гидрометеорологической информации.

Основным элементом математической модели стока является процедура расчета эффективных осадков в гидрограф стока, и процедуры трансформации волны в основном русле к створу водохранилища.

Модель принята для вычисления прогнозы притока в водохранилище Добчыце на реке Раба.