

WSPÓLCZYNNIKI SZORSTKOŚCI KORYT DOLNEJ ODRY

Jacek Kurnatowski

Politechnika Szczecińska, Szczecin

STRESZCZENIE

W pracy przeanalizowano wartości rzędnych zer wodowskazów położonych w obrębie sieci rzek i kanałów dolnej Odry. Stwierdzono, że wskutek istnienia istotnych rozbieżności pomiędzy spadkami zwierciadła wody obliczanymi w aktualnie obowiązującym (Kr) oraz poprzednim (NN) wysokościowym układzie odniesienia identyfikacja współczynników szorstkości koryt dolnej Odry musi prowadzić do różnych wartości tych współczynników w zależności od przyjętego wysokościowego układu odniesienia. Tezę tę zweryfikowano dla 34 przypadków quasi-ustalonego ruchu wody na odcinku Widuchowa – Trzebież.

WSTĘP

Jednym z podstawowych zagadnień hydrauliki koryt otwartych jest określenie wartości współczynnika szorstkości dla części lub całości obwodu zwilżonego, zwane w teorii modelowania matematycznego zagadnieniem odwrotnym (Wasantha Lal 1995). Jeśli dokonuje się tego w drodze zastosowania procedur optymalizacyjnych, proces taki zwany jest identyfikacją (Khatibi et al. 2000). Poprawna identyfikacja współczynnika szorstkości jest istotnym problemem również dla sieci rzek i kanałów dolnej Odry, gdyż pozwala na eksploatację matematycznych modeli ruchu wód w sieci (Ewertowski 1988, Kurnatowski 1989).

Warunki brzegowe dla modeli dolnej Odry określane są od północy (warunek dolny) dla jednego z wodowskazów położonych w obrębie Zalewu Szczecińskiego (najczęściej wodowskaz Trzebież) i od południa (warunek górny) dla wodowskazu Widuchowa lub też jednego z wodowskazów położonych powyżej (Bielinek, Gozdowice). Hydrogramy

stanów dla tych wodowskazów i wartości globalnych przepływów wody w sieci uzyskiwane z krzywej związku stan - przepływ dla wodowskazu Gozdowice wraz z wartościami prędkości i kierunku wiatru stanowią podstawowy zestaw danych do rozwiązania problemu odwrotnego. Identyfikacja Manningowskich współczynników szorstkości jest jednak w tym przypadku możliwa jedynie jako określenie jednej wartości zastępczej (wypadkowej) dla wszystkich koryt łącznie z jeziorem Dąbie. Wprowadzenie ewentualnych dodatkowych wewnętrznych warunków w postaci stanów na wodowskazach IMGW położonych w obrębie sieci, np. w Gryfinie lub stanów obserwowanych na wodowskazach szczecińskiego Oddziału Instytutu Morskiego dotychczas nie pozwoliło na jednoznaczne zróżnicowanie wartości współczynników szorstkości dla poszczególnych odcinków czy nawet grup odcinków sieci. Przyjmowanie jednej wartości współczynnika szorstkości jest jednak akceptowalne z powodu niewielkiego zróżnicowania morfologicznego koryt sieci, a także podobieństw w pokryciu dna i brzegów koryt rzek i kanałów oraz misy jeziora Dąbie (piaski drobne o niewielkiej chropowatości i namuły organiczne).

Aby było możliwe jednoznaczne rozwiązanie problemu odwrotnego, oba warunki brzegowe dotyczące położenia zwierciadła wody w wodowskazowych przekrojach ograniczających układ muszą być podane w postaci rzędnych tego zwierciadła. Zarejestrowane hydrogramy stanów muszą zatem być przeliczone w określonym wysokościowym układzie odniesienia, a otrzymane w ten sposób różnice rzędnych zwierciadła wody pomiędzy przekrojami ograniczającymi wyznaczają przeciętny globalny spadek zwierciadła wody w układzie.

RZĘDNE ZER WODOWSKAZÓW DOLNEJ ODRY

Począwszy od końca lat 60-tych XX wieku w Polsce stosowany jest wysokościowy układ odniesienia Kr oparty o średni poziom morza w Kronsztadzie, który zastąpił układ NN („normal null”) bazujący na średnim poziomie morza w Amsterdamie. Konsekwencją zmiany układu odniesienia była zmiana rzędnych zer polskich wodowskazów, w tym wodowskazów położonych na obszarze dolnej Odry (tab.1). Z analizy tych danych wynika, że jakkolwiek obserwowany zbiór stanów w obrębie sieci przeliczony w obu układach odniesienia na rzędne skutkuje innymi wartościami

różnic tych rzędnych, a w konsekwencji również spadków zwierciadła wody. Wartym uwagi jest też fakt, że różnice rzędnych zer, generalnie rosnące w miarę posuwania się w kierunku południowym, zmieniają się w sposób niesystematyczny (różnice rosną na odcinku Trzebież – Szczecin, maleją na odcinku Szczecin – Gryfino, z kolei rosną do Widuchowej itd.), co dowodzi, że powierzchnie odniesienia obu układów, czyli miejsca geometryczne punktów o zerowych rzędnych, traktowane z założenia jako poziomy (a w rzeczywistości będące co najwyżej quasi-poziomami), nie stanowią powierzchni regularnie gładkich (a ściśle – przynajmniej jedna z nich nie posiada tej właściwości).

Rzędne zwierciadła wody stanowią podstawę określania spadków podłużnych zwierciadła wody w korytach. Spadki podłużne służą z kolei identyfikacji współczynników szorstkości i oczywistym jest, że spadki te powinny być określone względem rzeczywistego poziomu.. Wzajemna nierównoległość obu rozważanych powierzchni odniesienia powoduje, że spadki zwierciadła wody, określone na podstawie wskazań stanów i znajomości rzędnych zer wodowskazów, a w konsekwencji również obliczane na ich podstawie wartości współczynników szorstkości, przynajmniej w jednym układzie muszą być obarczone błędami.

Tabela 1

Rzędne zer wodowskazów dolnej Odry

Wodowskaz	Rzędne zera wodowskazu (m)		Różnica rzędnych zer (m)
	układ <i>NN</i>	układ <i>Kr</i>	
Świnoujście	-5,000	-5,080	0,080
Trzebież	-5,000	-5,080	0,080
Szczecin Most Długi	-5,000	-5,12	0,12
Gryfino	-5,000	-5,11	0,11
Widuchowa	-5,000	-5,157	0,157
Bielinek	-0,949	-1,10	0,15
Gozdowice	3,201	3,02	0,18

IDENTYFIKACJA WSPÓŁCZYNNIKÓW SZORSTKOŚCI DOLNEJ ODRY

W celu weryfikacji tezy o zależności wartości identyfikowanych współczynników szorstkości od przyjętego wysokościowego układu odniesienia dokonano obliczeń identyfikacyjnych na odcinku Trzebież – Widuchowa przy pomocy modelu matematycznego ustalonego ruchu wód dolnej Odry z uwzględnieniem działania wiatru (Kurnatowski 1989). Jako dane wejściowe przyjęto 34 niezależne przypadki wyselekcjonowane jako spełniające warunki ruchu ustalonego wystarczająco dobrze. Przypadki te objęły następujące zakresy warunków brzegowych:

- stany wody w Trzebieży $H_T = 478 - 531$ cm,
- stany wody w Widuchowej $H_W = 508 - 632$ cm,
- przepływ globalny w sieci $Q_G = 235 - 1383$ m³s⁻¹,

zatem, oprócz strefy wartości średnich, również część stref wartości niskich i wysokich. W żadnym z badanych przypadków prędkość wiatru nie przekraczała 5 ms⁻¹. Identyfikacja współczynników szorstkości była prowadzona dla każdego przypadku odrębnie i polegała na doborze takiej wartości współczynnika, przy której obliczona rzędna wody górnej na wodowskazie w Widuchowej nie różniła się w sposób istotny od rzędnej stanowiącej górny warunek brzegowy. Obliczenia dla każdego przypadku wykonywano niezależnie w układzie NN i Kr.

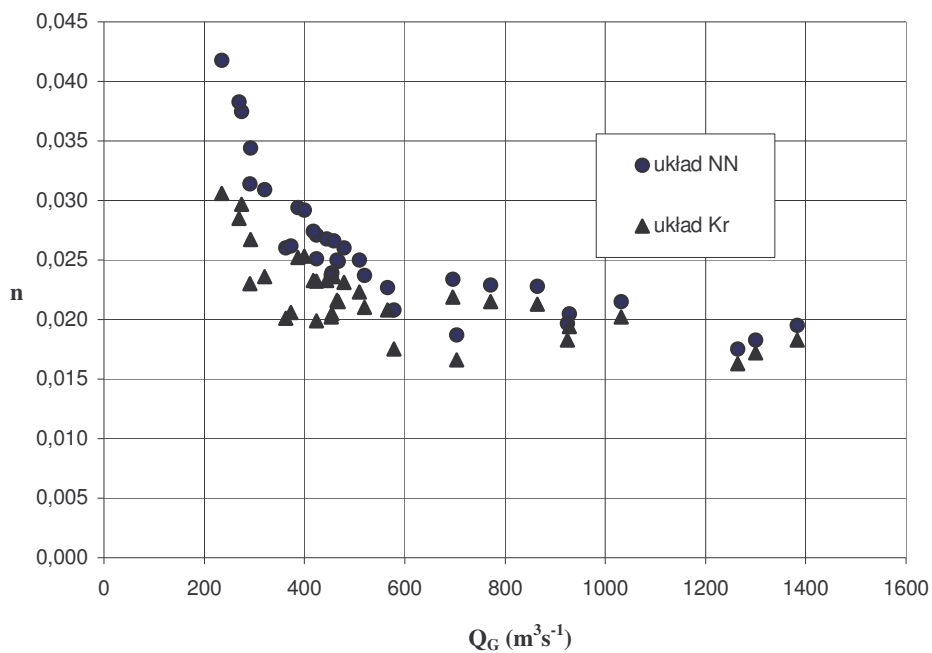
Wyniki identyfikacji przedstawiono na rys. 1. Otrzymane wartości współczynników szorstkości Manninga n zmieniają się w granicach:

- dla układu NN $n = 0,0175 - 0,0418$,
- dla układu Kr $n = 0,0163 - 0,0306$,

przy czym wartości obliczane w obu układach wykazują wyraźne skorelowanie z wartościami przepływu globalnego Q_G i rosną w miarę zmniejszania się przepływu. Zmienność współczynników tylko częściowo może być tłumaczona poprzez wpływ błędów określenia warunków brzegowych oraz zmienność napełnienia koryt. Układ NN generuje znacznie większe zróżnicowanie wartości współczynników szorstkości niż układ Kr, co może sugerować, że powierzchnia odniesienia układu Kr jest bardziej zbliżona do rzeczywistego poziomu, czyli geoidy, niż analogiczna powierzchnia układu NN, przez co błąd określenia spadku zwierciadła wody w układzie Kr nie wpływa w takim stopniu na obliczane wartości współczynników, jak w układzie NN.

WNIOSKI

Przeprowadzone obliczenia świadczą o istotnym wpływie błędów określenia spadków zwierciadła wody na identyfikowane wartości współczynników szorstkości koryt. Błędy te wynikają z pozornie nieznaczących odchyłeń powierzchni odniesienia danego wysokościowego układu rzędnych względem rzeczywistego poziomu i należy sądzić, że dolna Odra, charakteryzująca się m.in. bardzo małymi spadkami hydraulicznymi (w każdym układzie wysokościowym), jest doskonałym laboratorium pozwalającym na badanie tego zjawiska. Wyniki identyfikacji pozwalają na sformułowanie tezy, że dla celów obliczeń warunków hydraulicznych dolnej Odry powierzchnie odniesienia żadnego z badanych układów wysokościowych nie mogą i nie powinny być traktowane jako powierzchnie poziome, czyli aproksymacje geoidy. Odrębnymi problemami są: ustalenie związku pomiędzy położeniem powierzchni odniesienia układu względem geoidy a zmiennością identyfikowanych współczynników szorstkości oraz przydatność otrzymanych wyników do badania rzeczywistego położenia geoidy.



Rys. 1. Zależność współczynników szorstkości od przepływu globalnego

BIBLIOGRAFIA

EWERTOWSKI R. (1988): Mathematical Model of the Oder River Estuary. Bulletin of the Permanent International Association of Navigation Congresses No. 60.

KHATIBI R.H., WILLIAMS J.J.R., WORMLEATON P.R. (2000): Friction Parameters for Flows in Nearly Flat Tidal Channels. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 126, No. 10, October, 2000, ASCE.

KURNATOWSKI J. (1989): Symulacyjny model sieci rzecznej o dowolnej strukturze topologicznej na przykładzie dolnej Odry. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 389, Prace IIW nr 29.

KURNATOWSKI J. (1989): Metoda modelowania matematycznego ruchu wód w złożonych systemach rzeczno-jeziornych. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 402, Prace IIW nr 32.

WASANTHA LAL A.M. (1995): Calibration of riverbed roughness. Journal of Hydraulic Engineering,, Vol. 121, No. 9, September, 1995, ASCE.

ROUGHNESS COEFFICIENTS FOR LOWER ODER RIVERBEDS

SUMMARY

The ordinates of gauge stations nulls located within the network of the lower Oder rivers and channels have been analyzed. Significant discrepancies between water surface slopes calculated in present (Kr) and former (NN) height reference systems that have been found result in different values of identified roughness coefficients depending on applied reference system. This thesis has been verified for 34 cases of semi-steady flow within the area bordered by gauge stations of Trzebież and Widuchowa.