

## OCENA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA URZĄDZEŃ DO ROZPRASZANIA ENERGII NA MODELU JAZU

Janusz Urbański

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych, których celem była ocena skuteczności działania urządzeń do rozpraszania energii. Doświadczenia przeprowadzono na modelu jazu z wpływem strumienia spod zasuw, niecką wypadową i poziomym, sztywnym umocnieniem dna w dolnym stanowisku. Za umocnieniem dno koryta wypełnione było piaskiem ( $d_{50} = 1,1$  mm,  $(d_{84}/d_{16})^{0,5} = 1,77$ ), gdzie przepływający strumień wody formował rozmycie. Podczas kolejnych eksperymentów modyfikowano urządzenia do rozpraszania energii, stosując w niecce szykany w dwóch różnych ustawieniach. W trakcie doświadczeń wykonywano punktowe pomiary prędkości w pionach na długości umocnień w dolnym stanowisku oraz głębokości tworzącego się w czasie trwania przepływu rozmycia. Przyjęto dwa kryteria oceny skuteczności działania urządzeń do rozpraszania energii: stopień redukcji wartości podstawowych charakterystyk turbulencji strumienia na wypadzie oraz intensywność rozmywania dna w czasie i ostateczne rozmiary lokalnego rozmycia. Szykany powodowały redukcję prędkości przy dnie na odcinku strumienia za niecką wypadową. Wpływały też na ograniczenie rozmiarów rozmycia.

**Słowa kluczowe:** modelowanie fizyczne, jaz, urządzenia do rozpraszania energii

### WSTĘP

Właściwy dobór rozwiązań konstrukcyjnych, poprawne zaprojektowanie i wykonanie urządzeń do rozpraszania energii to czynniki gwarantujące skuteczność ich działania w zmieniających się warunkach hydraulicznych podczas eksploatacji budowli piętrzącej. Prawidłowe funkcjonowanie urządzeń do rozpraszania energii wpływa na ograniczenie intensywności procesu erozji koryta rzeki poniżej budowli. Szykany i inne elementy wbudowane na wypadzie umożliwiają spłycenie i skrócenie niecki wypadowej, a rozkład prędkości i jednostkowych natężeń przepływu na szerokości koryta jest bardziej wyrównany [Peterka 1978, Dąbkowski i in. 1982]. Dzięki odpowiedniemu kształtowi bloków betonowych – z nachyloną powierzchnią czołową, uzyskać można nawet 48% redukcji długości odsoku hydraulicznego [Bessaih i Rezak 2002]. W wyniku zastosowania szykan

---

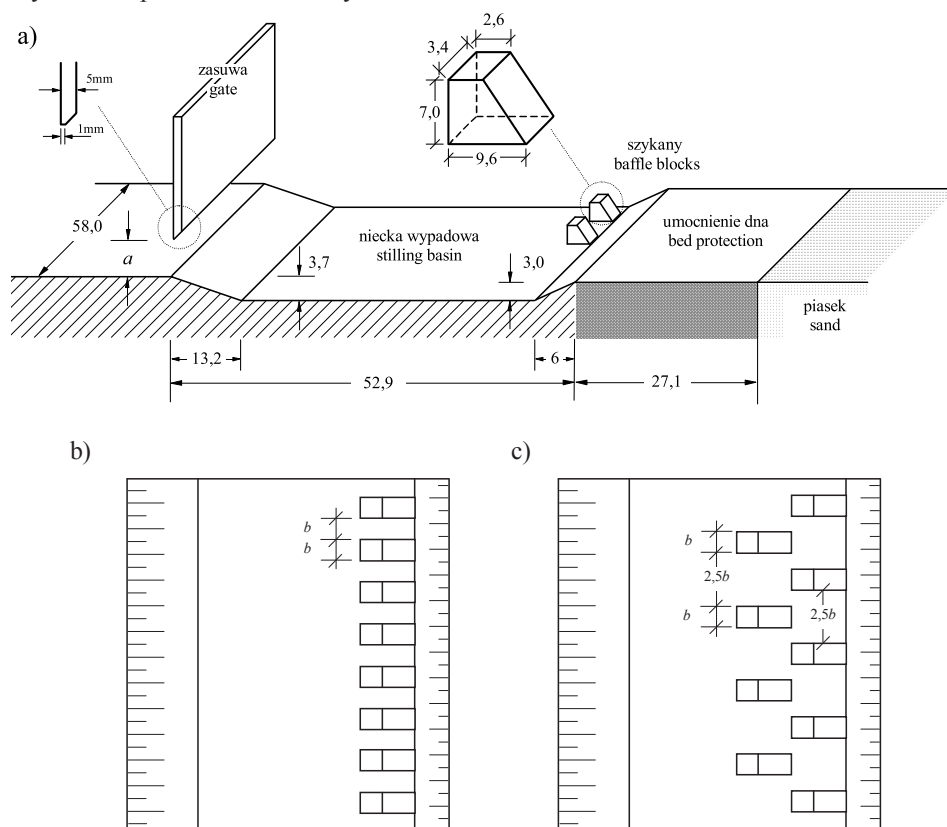
Adres do korespondencji – Corresponding author: dr Janusz Urbański, Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa, e-mail: janusz\_urbanski@sggw.pl.

uzyskuje się na ogół także ograniczenie rozmiarów tworzącego się wyboju. Stosowanie szykan jest bardzo rozpowszechnione w budownictwie wodnym, lecz ich wymiarów i rozmieszczenia nie można wyznaczyć obliczeniowo. Znalezienie optymalnego rozwiązania wymaga badań laboratoryjnych na fizycznym modelu budowli.

W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych przeprowadzonych na modelu jazu z niecką wypadową, w której podczas kolejnych doświadczeń zastosowano szykany w różnych ustawieniach. Dokonano analizy wyników pod kątem rozpoznania wpływu modyfikacji urządzeń do rozpraszania energii na redukcję charakterystyk turbulencji strumienia za wypadem i rozmiary rozmyć dna w dolnym stanowisku.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w laboratorium hydraulicznym SGGW. Schemat modelu budowli w badaniach przyjęto za Żbikowskim [1970] i wraz z podstawowymi wymiarami przedstawiono na rys. 1a.



Rys. 1. Wymiary modelu jazu (w cm) (a) oraz rozmieszczenie szykan w niecce wypadowej (b i c):  $b$  – szerokość szykan

Fig. 1. Dimensions of weir model (in cm) (a) and distribution of baffle blocks in stilling basin (b and c):  $b$  – width of baffle blocks

Był to model jazu z płaskim zamknięciem zasuwowym, nieką do rozpraszania energii i poziomym, płaskim umocnieniem dna za wypadem. Strumień wody wypływał spod zasuw, a w niecce powstawał i utrzymywany był zatopiony odskok hydrauliczny. Poniżej umocnień dna koryta wypełniał materiał rozmywalny – przepływający strumień wody o zadanych parametrach formował tam wybój. Model skonstruowany został w korycie o przekroju prostokątnym i szerokości 0,58 m.

W pierwszym etapie doświadczeń do rozpraszania energii wykorzystano nieckę wypadową o głębokości 0,03 m, a w kolejnych dodatkowo na dno niecki wprowadzono szykany, rozmieszczone w jednym (rys. 1b) i w dwóch rzędach (rys. 1c). Kształt i wymiary użytych szykan przedstawiono na rys. 1a.

Doświadczenia przeprowadzono dla trzech natężeń przepływu  $Q$ , którym odpowiadały określone napełnienia koryta w stanowisku górnym  $H$  i dolnym  $h$  (tab. 1). Położenie zwierciadła wody dolnej  $WD$  utrzymywane było za pomocą kłapy zainstalowanej na końcu modelu, a wody górnej  $WG$  za pomocą zasuw piętrzącej, podnoszonej na określoną wysokość  $a$  podczas każdego doświadczenia. Za pierwszą głębokość sprzężoną  $h_1$  przyjęto najmniejszą głębokość strumienia za zasuwą nazywaną przez Čertousova [1962] głębokością zdławioną i obliczaną jako  $h_1 = \eta a$ , gdzie  $\eta$  jest współczynnikiem dławienia. Jego wartość, zawarta w przedziale 0,615–0,69, uzależniana jest przez Żukowskiego [za: Kiselev 1974] od stosunku  $a/H$ . Drugą głębokość sprzężoną  $h_2$  obliczono z równania (1):

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left( \sqrt{1 + 8 \frac{q^2}{gh_1^3}} - 1 \right) \quad (1)$$

gdzie:

- $h_1$  – pierwsza głębokość sprzężona,
- $q$  – jednostkowe natężenie przepływu,
- $g$  – przyspieszenie ziemskie.

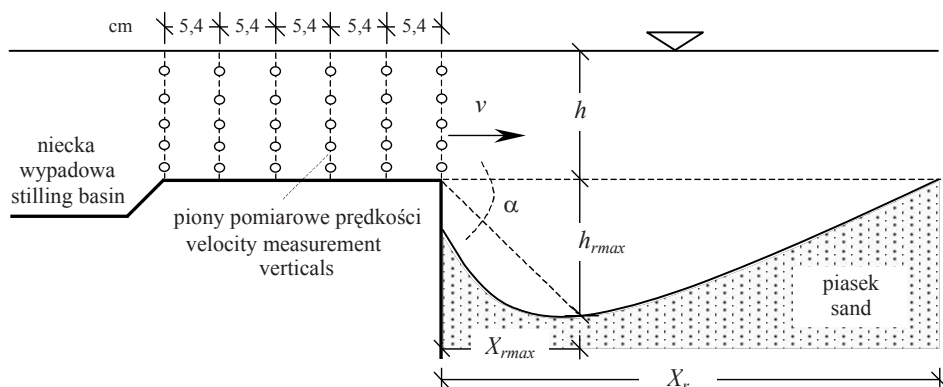
Jako współczynnik zatopienia odskoku hydraulicznego  $\sigma_z$ , zgodnie z zaleceniami praktycznymi [Dąbkowski i in. 1982] przyjęto stosunek:  $\sigma_z = \frac{h+d}{h_2}$ , gdzie  $d = 0,03$  m jest głębokością niecki wypadowej.

Tabela 1. Hydrauliczne parametry przepływu w doświadczeniach

Table 1. Hydraulic parameters of flow in experiments

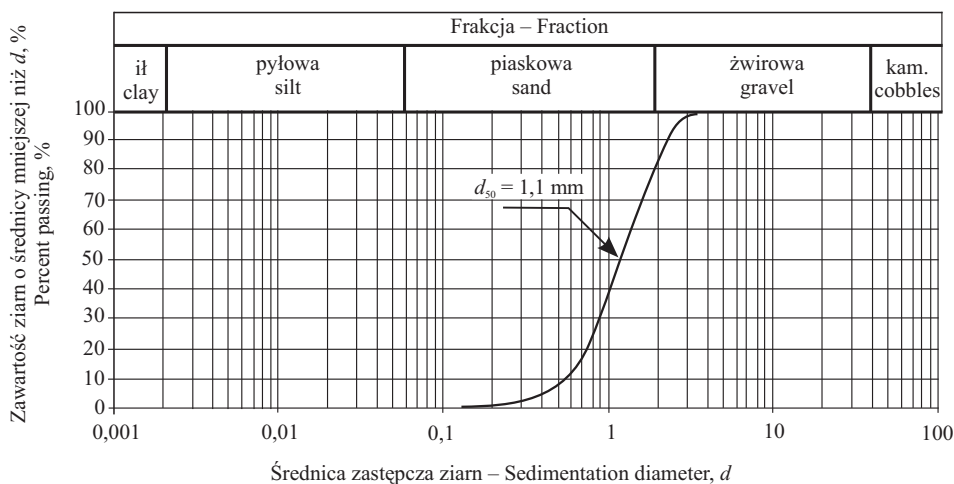
$Q$	$q$	$H$	$h$	$a$	$h_1$	$h_2$	$\sigma_z$
$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	m	m	m	m	m	-
0,0108	0,019	0,217	0,072	0,021	0,013	0,069	1,47
0,0164	0,028	0,230	0,090	0,031	0,019	0,082	1,46
0,0215	0,037	0,239	0,105	0,041	0,025	0,093	1,45

W trakcie doświadczeń wykonywano pomiary poziomych składowych wektora prędkości podłużnej  $v_x$  i poprzecznej  $v_y$  w pionach rozmieszczonych w osiowej płaszczyźnie koryta na długości umocnień za niecką wypadową (rys. 2). Wykorzystano elektrosondę



Rys. 2. Rozmieszczenie pionów pomiarowych prędkości i analizowane parametry rozmycia:  $v$  – średnia prędkość przepływu,  $h$  – początkowa głębokość strumienia w dolnym stanowisku,  $h_{rmax}$  – maksymalna głębokość rozmycia,  $X_{rmax}$  – odległość od końca umocnień do miejsca występowania rozmycia o maksymalnej głębokości,  $X_r$  – długość rozmycia,  $\alpha$  – kąt charakteryzujący kształt rozmycia.

Fig. 2. Location of velocity measurement verticals and specification of scour parameters considered:  $v$  – mean flow velocity,  $h$  – the initial depth of flow in downstream,  $h_{rmax}$  – maximum depth of scour,  $X_{rmax}$  – distance from the end of bed protection to the point of maximum depth of scour,  $X_r$  – length of the scour,  $\alpha$  – angle characterizing the shape of scour.



Rys. 3. Krzywa uziarnienia materiału rozmywalnego użytego w modelu

Fig. 3. Grain-size distribution of sand used in model

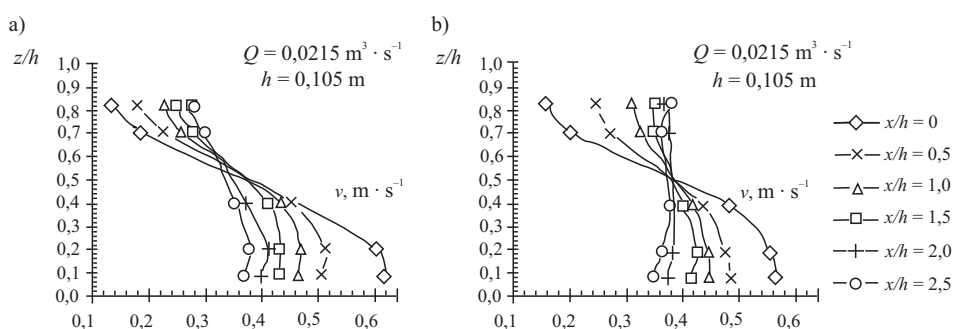
PEMS rejestrującą wyniki z częstotliwością 0,1 s. W każdym pionie pomiarów dokonywano w pięciu punktach rozmieszczonych następująco:  $p_1$  w odległości 1 cm nad dnem,  $p_2$  na wysokości  $0,2h$  nad dnem,  $p_3 - 0,5h$ ,  $p_4 - 0,7h$ , oraz  $p_5$  na głębokości 2 cm pod zwierciadłem wody. Czas pomiaru prędkości w każdym punkcie wynosił 120 s. Rejestrowane były zatem ciągi  $v_x$  i  $v_y$  o liczebności 1200 elementów dla każdego kierunku. Na podsta-

wie ciągów wartości chwilowych  $v_x$  obliczono w każdym punkcie średnią prędkość  $v_{sr}$  i względną intensywność turbulencji  $\varepsilon = \frac{\sigma}{v_{sr}}$ , gdzie  $\sigma$  jest odchyleniem standardowym.

Za umocnieniem w dolnym stanowisku, gdzie dno koryta wypełniał piasek sortowany o krzywej uziarnienia i średnicach charakterystycznych przedstawionych na rys. 3, w wyniku przepływu strumienia formowane było rozmycie. Czas trwania przepływu wynosił 480 min. Podłużne profile rozmytego dna mierzono w osiowej płaszczyźnie koryta po 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360 i 480 min od początku doświadczenia. Parametry rozmyć poddane analizom przedstawiono na rys. 2.

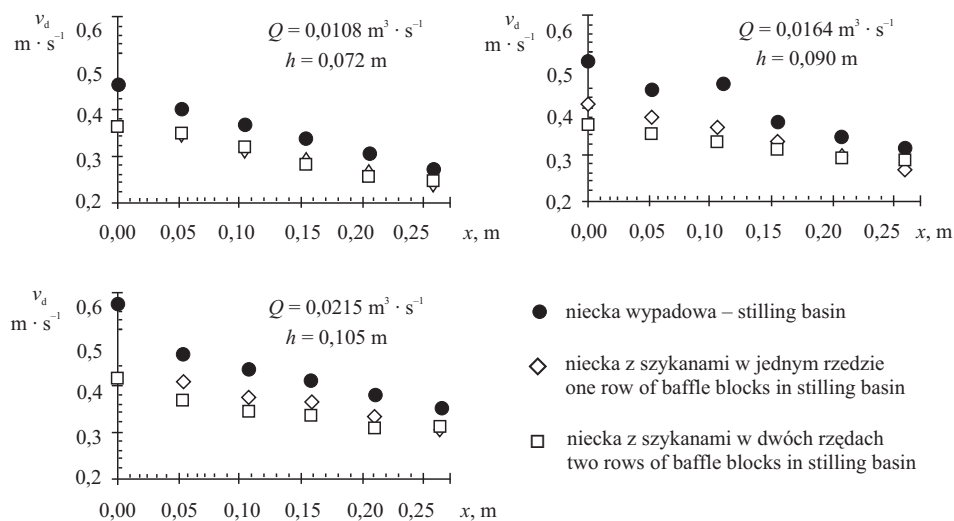
## WYNIKI

Na rys. 4 przedstawiono rozkłady prędkości w pionach, pomierzone w trakcie doświadczeń z przepływem  $Q = 0,0215 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  za niecką bez szykan (rys. 4a) i za niecką z szykanami rozmieszczonymi w jednym rzędzie (rys. 4b). Kształt rozkładów zmieniał się wraz z odległością  $x$  od końca niecki wypadowej. W pionie zlokalizowanym bezpośrednio za niecką prędkość maksymalna występowała w punkcie położonym najbliżej dna, tzn. w odległości 1 cm od niego, a jej wartość była nawet kilkakrotnie większa od wartości  $v$  w pobliżu zwierciadła wody. Miało to związek z przemieszczaniem się strumienia tranzytowego przy dnie za odskokiem hydraulicznym. Strumień ten stopniowo rozszerzał się na całą głębokość, na co wskazują kształty kolejnych tachoid. Wraz ze wzrostem bezwymiarowej odległości  $x/h$  od końca wypadu wartości prędkości na głębokości strumienia stają się bardziej wyrównane. W kolejnych pionach za niecką malały wartości  $v$  przy dnie, a rosły w pobliżu zwierciadła wody, co jest typowe dla przejściowego odcinka strumienia za odskokiem hydraulicznym [Wu i Rajaratnam 1996].



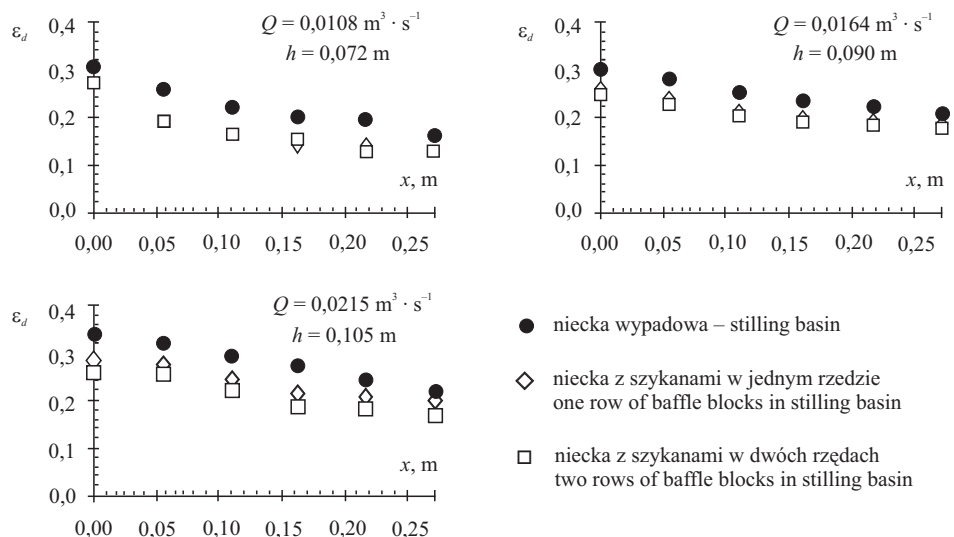
Rys. 4. Rozkłady prędkości w pionach za niecką wypadową (a) i niecką z szykanami (b):  $v$  – średnia prędkość przepływu w punkcie pomiarowym,  $x$  – odległość pionu pomiarowego od końca niecki wypadowej,  $z$  – odległość punktu pomiarowego prędkości od dna,  $h$  – początkowa głębokość strumienia w dolnym stanowisku,  $Q$  – natężenie przepływu.

Fig. 4. Velocity profiles in verticals downstream of stilling basin (a) or stilling basin with baffle blocks (b):  $v$  – mean flow velocity at the measuring point,  $x$  – distance from the end of stilling basin to vertical measuring,  $z$  – distance from the bed of the measuring velocity point,  $h$  – the initial depth of flow in downstream,  $Q$  – discharge of flow.



Rys. 5. Wyniki pomiarów prędkości w punktach położonych w odległości 1 cm nad dnem umocnionym w dolnym stanowisku (objaśnienia zob. rys. 4)

Fig. 5. Results of velocity measurements in points located 1 cm over bed downstream of protection (explanation see Fig. 4)



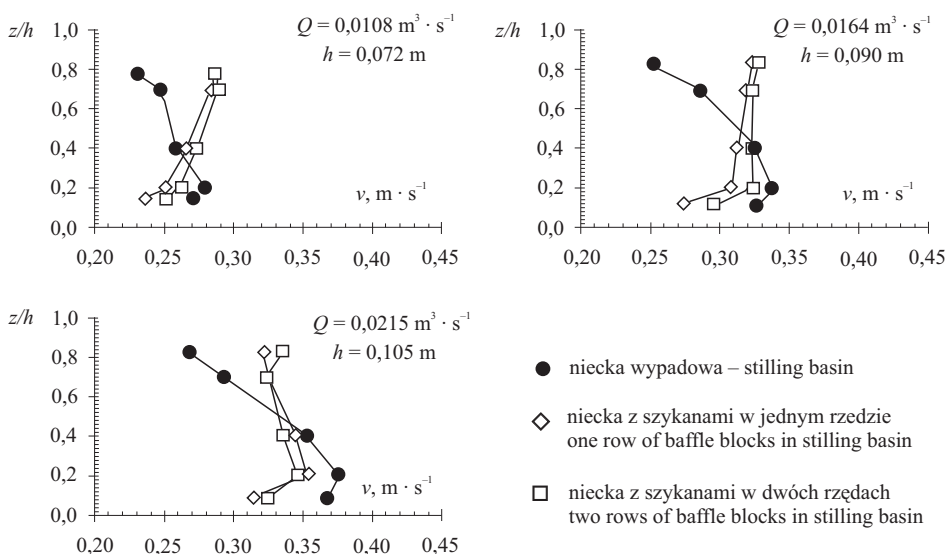
Rys. 6. Wyniki pomiarów intensywności turbulencji w punktach położonych w odległości 1 cm nad dnem umocnionym w dolnym stanowisku (objaśnienia zob. rys. 4)

Fig. 6. Results of turbulence intensity measurements in points located 1 cm over bed downstream of protection (explanation see Fig. 4)

Analizie poddano zmienność wartości prędkości  $v_d$  w punktach zlokalizowanych w odległości 1 cm nad dnem na długości umocnień w dolnym stanowisku (rys. 5). Największe wartości prędkości  $v_d$  na końcu wypadu (tzn. dla  $x = 0$ ) zarejestrowano w przypadku zastosowania niecki bez szykan. Przyczyną tego był odskok hydrauliczny, który wówczas sięgał najdalej w dolne stanowisko. Po zastosowaniu szykan nastąpiło skrócenie odskoku i przysunięcie go do przegrody piętrzącej, a prędkość przy dnie na końcu wypadu uległa znacznej redukcji. Wraz ze wzrostem odległości  $x$  od końca niecki obserwowano redukcję prędkości przy dnie, na co wskazuje położenie punktów na wykresach (rys. 5). W największym stopniu redukcja ta zaznaczała się za niecką bez szykan. W tym przypadku prędkość  $v_d$  na końcu umocnienia stanowiła 57–62%  $v_d$  pomierzonej bezpośrednio za wypadem.

Najmniejsze wartości prędkości przy dnie na analizowanym odcinku strumienia zarejestrowano po zastosowaniu w niecce szykan rozmieszczonych w dwóch rzędach. Wskazuje na to wzajemne położenie punktów na wykresach przedstawionych na rys. 5. Na końcu umocnień prędkość  $v_d$  za wypadem z szykanami stanowiła 80–92%  $v_d$  pomierzonej w tym samym punkcie poniżej wypadu z niecką bez szykan. Ograniczenie prędkości przy dnie na odcinku strumienia za wypadem jest korzystne z punktu widzenia oceny przyczyn tworzenia się rozmyć miejscowych poniżej budowli.

Na rys. 6 przedstawiono zmienność względnej intensywności turbulencji  $\epsilon_d$  na długości umocnień za wypadem, określoną na podstawie wyników pomiarów w punktach położonych w odległości 1 cm od dna. Wartości tej charakterystyki opisującej stopień burzliwości strumienia malały wraz z odległością od końca niecki wypadowej. Wyniki doświadczeń wykazały, że zastosowanie szykan w niecce spowodowało redukcję intensywności turbulencji przepływu za wypadem. Przy przepływach  $Q = 0,0164 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i  $Q = 0,0215 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  najmniejsze wartości  $\epsilon_d$  uzyskano za niecką z szykanami rozmieszczonymi w dwóch rzędach. Z wartościami charakterystyk turbulencji strumienia w tym przekroju (bezpośrednio poprze-



Rys. 7. Rozkłady prędkości w pionie na końcu umocnień (objaśnienia zob. rys. 4)

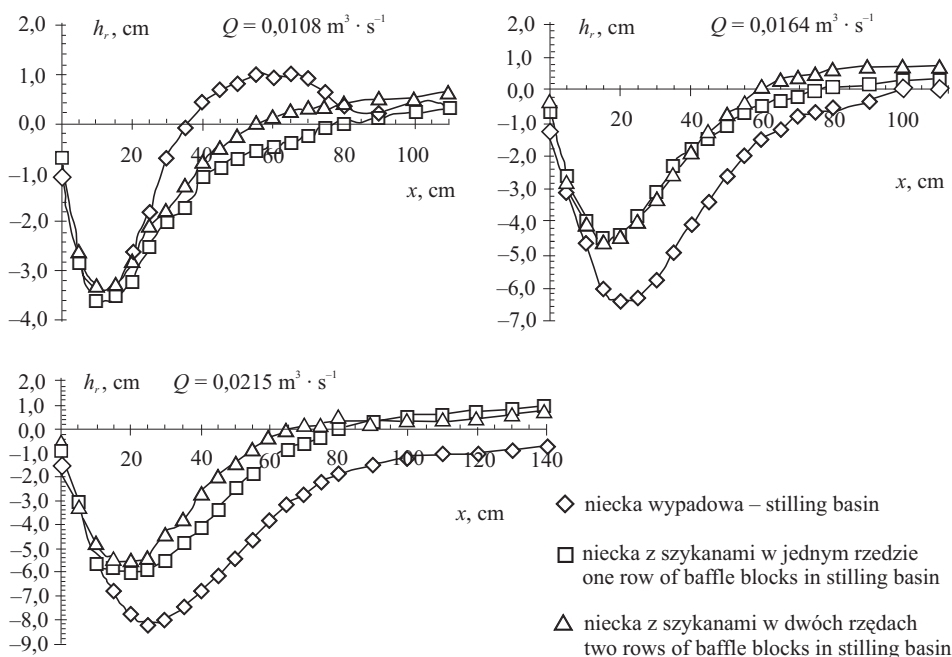
Fig. 7. Velocity profiles in vertical at end of bed protection (explanation see Fig 4)

działającym dno rozmywane) liczni badacze wiążą rozmiary lokalnych rozmyć [Popowa 1985, Błażejowski 1989, Hoffmans i Booij 1993, Urbański 2005, 2008]. Przyjmując za kryterium oceny skuteczności działania urządzeń do rozpraszania energii stopień redukcji burzliwości strumienia, za najkorzystniejszy wariant rozwiązania wypadu na modelu należy uznać nieckę wypadową z szykanami rozmieszczonymi w dwóch rzędach (rys. 1c).

Na rys. 7 przedstawiono rozkłady prędkości pomierzone w pionie na końcu umocnień w dolnym stanowisku za wypadem o różnej konstrukcji.

Porównując kształty tachoid, można zauważyć wpływ szykan wprowadzonych do niecki na rozkład prędkości w pionie. Szykany te powodują wyrównanie prędkości na głębokości strumienia oraz zapewniają redukcję prędkości przy dnie i przesunięcie maksymalnej wartości  $v$  w kierunku zwierciadła wody, co obserwowano przede wszystkim podczas doświadczeń z przepływami  $Q = 0,0108 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i  $Q = 0,0164 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (rys. 7).

Jako kryterium oceny skuteczności działania urządzeń do rozpraszania energii potraktowano również intensywność rozmywania dna w czasie trwania przepływu na modelu i rozmiary rozmycia pomierzone na końcu każdego doświadczenia. Profile podłużne wyboju, który ukształtował się w czasie ośmiu godzin trwania przepływu, przedstawiono na rys. 8. Na podstawie wzajemnego położenia linii na wykresach stwierdzić można, że rozmiary i kształt rozmycia zmieniały się wraz ze zmianą konstrukcji urządzeń do rozpraszania energii na modelu. Największe rozmycia tworzyły się za wypadem z niecką, a wprowadzenie szykan powodowało ograniczenie rozmiarów wyboju – zarówno jego maksymalnej głębokości  $h_{rmax}$ , jak i długości  $X_r$ . Nachylenie stoku wyboju od strony

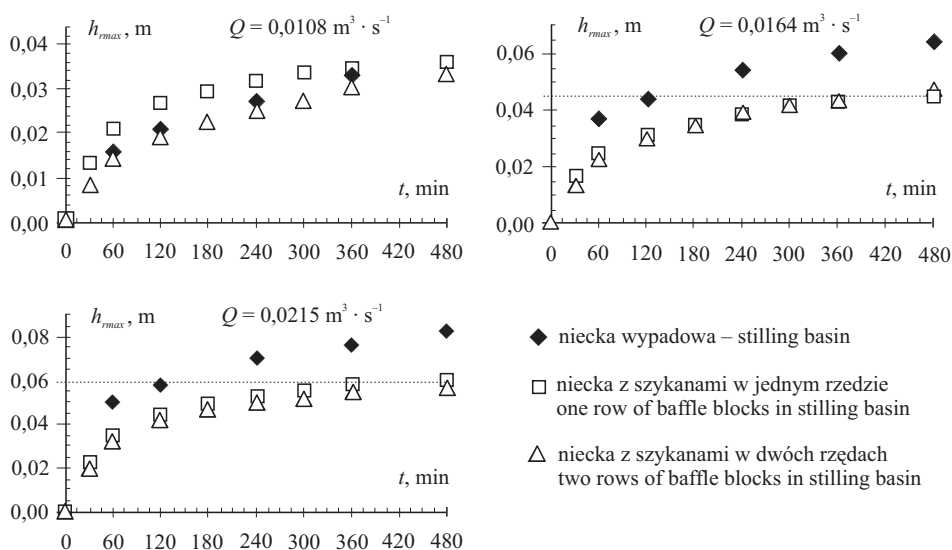


Rys. 8. Profile rozmytego dna po 480 minutach trwania przepływu:  $h_r$  – głębokość rozmycia

Fig. 8. Profiles of bed erosion after 480 minutes of flow duration:  $h_r$  – depth of scour



budowli nie zmieniało się podczas kolejnych doświadczeń, a zmianie ulegało położenie i nachylenie przeciwległej skarpy rozmycia. W doświadczeniu z przepływem  $Q = 0,0108 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na modelu z niecką bez szykan za wybojem tworzyło się odsypisko o maksymalnej wysokości wynoszącej około  $0,25 h_{rmax}$  i długości równej w przybliżeniu długości rozmycia. W pozostałych doświadczeniach odsypisko powstające za wybojem miało znacznie mniejszą wysokość, a większą długość.

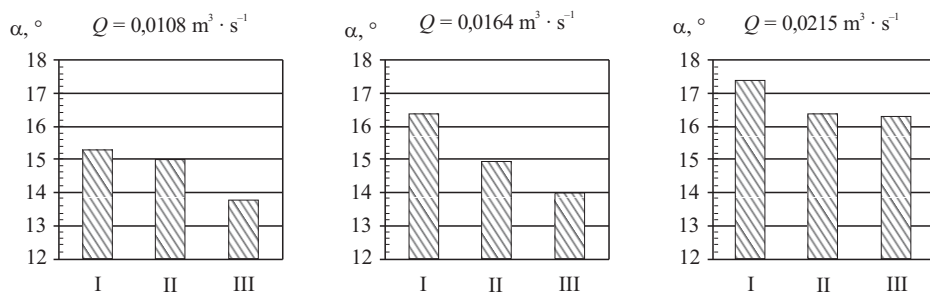


Rys. 9. Zmienność maksymalnej głębokości rozmycia  $h_{rmax}$  w czasie trwania przepływu na modelu

Fig. 9. Variability in maximum depth of scour  $h_{rmax}$  during flow in model

Na rys. 9 przedstawiono zmienność maksymalnej głębokości wyboju  $h_{rmax}$  w czasie trwania przepływu. W doświadczeniach z przepływami  $Q = 0,0164 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i  $Q = 0,0215 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  maksymalna głębokość rozmycia po 2 godzinach trwania przepływu na modelu z niecką była w przybliżeniu równa  $h_{rmax}$  ukształtowanej w czasie 8 godzin na modelu z szykanami w niecce. Zastosowanie szykan powodowało zatem opóźnienie rozwoju rozmycia w czasie. Nieznacznie większą skuteczność ograniczania głębokości wyboju uzyskano w wyniku rozmieszczenia szykan w niecce w dwóch rzędach.

Z uwagi na bezpieczeństwo i stateczność budowli piętrzącej ważnym parametrem charakteryzującym rozmycie jest nachylenie stoku wyboju od strony umocnień. Opisywane jest ono za pomocą miary kąta zawartego między prostą wyznaczającą poziome, nierozmyte dno a odcinkiem łączącym krawędź końca umocnień z punktem położonym w miejscu występowania maksymalnego rozmycia (rys. 3). Na podstawie pomierzonych rozmiarów wyboju na końcu każdego doświadczenia (tzn. po 8 godzinach trwania przepływu) wyznaczono wartości tego kąta i przedstawiono je na rys. 10. Zastosowanie szykan w niecce wpływało na zmniejszenie wartości kąta  $\alpha$ , a zatem powodowało tworzenie się wyboju bardziej odsuniętego od budowli, co jest pożądane z punktu widzenia oceny jej stateczności.



I – niecka wypadowa; stilling basin

II – niecka z szykanami w jednym rzędzie; one row of baffle blocks in stilling basin

III – niecka z szykanami w dwóch rzędach; two rows of baffle blocks in stilling basin

Rys. 10. Wartości kąta  $\alpha$  w doświadczeniach (objaśnienia zob. rys. 2 i 4)

Fig. 10. Values of  $\alpha$  angle in experiments (explanation see Fig. 2 i 4)

## WNIOSKI

Analiza wyników doświadczeń na modelu jazu z niecką wypadową, w której zastosowano szykany w dwóch różnych ustawieniach, umożliwiła sformułowanie następujących wniosków dotyczących oceny skuteczności działania urządzeń do rozpraszania energii:

1. Szykany umieszczone w niecce zwiększały skuteczność działania urządzeń do rozpraszania energii, co potwierdziły wyniki pomiarów charakterystyk turbulencji strumienia za wypadem. Wartość względnej intensywności turbulencji strumienia na końcu umocnień po ustawieniu w niecce szykan w dwóch rzędach ulegała redukcji o 15–22%, w zależności od hydraulicznych warunków przepływu na modelu.
2. Wprowadzenie szykan do niecki powodowało redukcję prędkości przy dnie na odcinku strumienia za wypadem, ograniczając tym samym oddziaływanie jednego z bezpośrednich czynników warunkujących tworzenie się lokalnych rozmyć w dolnym stanowisku, szczególnie w początkowej fazie rozwoju.
3. Zastosowanie szykan na wypadzie, przy zachowaniu niezmiennych hydraulicznych parametrów strumienia i czasu trwania przepływu na modelu wpływało na ograniczenie rozmiarów rozmycia, tzn. głębokości i długości wyboju. Wpływ ten uwidaczniał się bardziej przy przepływach o większym natężeniu. Nieco wyższą skuteczność redukcji rozmiarów wyboju uzyskano w wyniku rozmieszczenia szykan w niecce w dwóch rzędach.
4. Wprowadzenie szykan powodowało opóźnienie procesu erozji dna w czasie. Maksymalna głębokość rozmycia po 2 godzinach trwania przepływu na modelu z niecką była w przybliżeniu równa  $h_{r,max}$  wyboju ukształtowanego w czasie 8 godzin na modelu z szykanami.

## PIŚMIENNICTWO

- Bessaih N., Rezak A., 2002. Effect of baffle blocks with a sloping front face on the length of the jump. J. Civil Eng. CE 30 (2), The Institution of Engineers, Bangladesh, 101–108.
- Błażejowski R., 1989. Prognozowanie rozmyć miejscowych gruntów niespoistych poniżej budowli upustowych. Roczn. AR w Poznaniu, Rozpr. Nauk. 190, Wydawnictwo AR Poznań.
- Čertousov M. D., 1962. Gidravlika – specialnyj kurs. Gosudarstvennoje Energetičeskoje Izdatelstvo Leningrad.
- Dąbkowski Sz. L., Skibiński J., Żbikowski A., 1982. Hydrauliczne podstawy projektów wodnemioryacyjnych. PWRiL Warszawa.
- Hoffmans G. J. C. M., Booij R., 1993. The influence of upstream turbulence on local scour holes. Proc. 25th IAHR Congr., 471–478.
- Kiselev P. G., 1974. Spravočnik po gidravličeskim rasčetam. Energija Moskva.
- Peterka A.J., 1978. Hydraulic design of stilling basin and energy dissipators. U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.
- Popova K. S., 1985. Rasčet izmenenija glubiny mestnyh razmyvov za plotinami vo vremeni. Izv. VNNIG 119, 66–73.
- Urbański J., 2005. Związek charakterystyk turbulencji strumienia z głębokością rozmycia za jazem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 506, Kształt. Środ., 507–513.
- Urbański J., 2008. Wpływ turbulencji strumienia na rozmiary lokalnego rozmycia na modelu jazu. Acta Sci. Pol., Architectura 7(2), 3–12.
- Wu S., Rajaratnam N., 1996. Transition from hydraulic jump to open channel flow. J. Hydraul. Eng. 122, 9, 526–528.
- Żbikowski A., 1970. Badania laboratoryjne zależności głębokości rozmycia poniżej przelewu od długości umocnień i czasu trwania doświadczenia. Rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Warszawa.

## ASSESSMENT OF OPERATION EFFECTIVENESS OF ENERGY DISSIPATORS IN WEIR MODEL

**Abstract.** The paper presents the results of experimental investigations aimed to evaluate the efficiency of energy dissipation devices. The experiments were conducted on a weir model with a gate regulating the outflow of water, a stilling basin and a horizontal stiff bed protection downstream of the basin. The channel bed downstream of the protection had a filling of sand ( $d_{50} = 1.1$  mm,  $(d_{84}/d_{16})^{0.5} = 1.77$ ), where the stream of flowing water formed a scour. The energy dissipators were modified during the experiments by placing baffle blocks in two arrangements in the stilling basin. To assess the effectiveness of their operation according to two criteria: (i) the reduction in the values of the basic characteristics of stream turbulence downstream of the stilling basin and (ii) the intensity of bed scouring with time and the final size of the local scour, vertical measurements of water velocity were made along the bed protection and the depths of the local scour formed during the flow were measured. It was found that baffle blocks reduced water velocity at the bed downstream of the stilling basin and had a limiting effect on the size of scour.

**Key words:** physical modelling, weir, energy dissipators

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 10.03.2010*