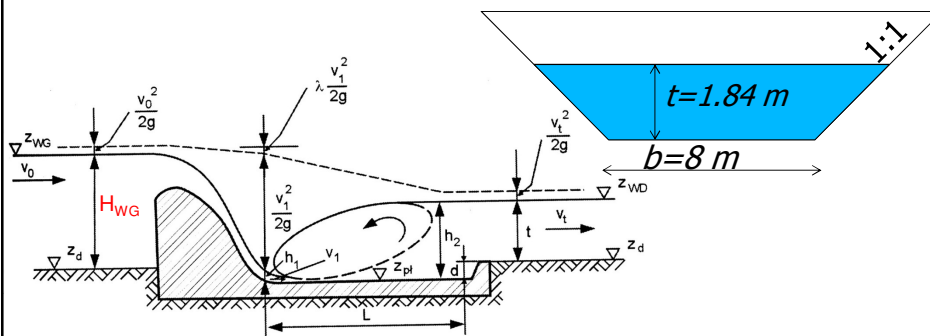


Zad. 2. Przepływ ustalony, niejednostajny: $Q = \text{const.}$, $v \neq \text{const.}$

Dane:

- ✓ szerokość dna: $b = 8 \text{ m}$
- ✓ nachylenie skarp $m = 1,0$
- ✓ spadek dna koryta: $i = 0,0005$
- ✓ współczynnik szorstkości powierzchni dna i ścian koryta: $n = 0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$



- Wysokość progu $W = 3.8 \text{ m}$
- Szerokość przelewu $B_p = b = 8 \text{ m}$
- Wydatek przepływu $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow h = 1.84 \text{ m}$ (zad. 1)

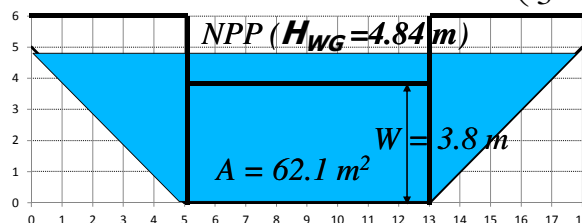
$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot B_p \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(H + \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2g} \right)^{3/2}$$

α – współczynnik nierównomierności strug,

v_0 – prędkość wody dopływającej do budowli piętrzącej $[\text{m/s}]$,

szerokość przelewu $B_p = b = 8 \text{ m}$
 wydatek przepływu $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$
 współczynnik wydatku $\mu = 0,8$

$$H = \left(\frac{Q}{\frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot B_p} \right)^{2/3} = 1.04 \text{ m}$$



$$v_0 = \frac{Q}{A} = \frac{20}{62.1} = 0.322 \text{ m/s}$$

$V_0 < 1 \text{ m/s} \rightarrow$ pomijamy
 człon wysokości prędkości

Odskok hydrauliczny – głębokości sprzężone

$$\frac{h_1^2}{2} + \frac{\beta \cdot Q^2}{B^2 \cdot g \cdot h_1} = \frac{h_2^2}{2} + \frac{\beta \cdot Q^2}{B^2 \cdot g \cdot h_2}$$

w którym: β - współczynnik korygujący, przyjmowany zwykle w granicach: 1 – 1,1 (podobny do współczynnika Saint-Venanta)

B - szerokość koryta

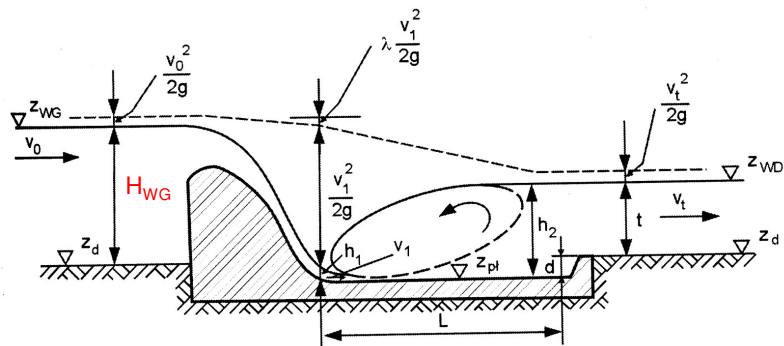
Zależność między głębokościami sprzężonymi h_1 i h_2 jest podana w postaci przekształconego równania, z którego można wyznaczyć drugą głębokość sprzężoną na podstawie parametrów ruchu przed odskokiem.

Równanie to (ważne dla koryta prostokątnego) ma postać:

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8\beta \cdot v_1^2}{g \cdot h_1}} - 1 \right) \quad h_1 = \frac{Q}{B \cdot v_1} = \frac{q}{v_1}$$

v_1 – prędkość w ruchu podkrytycznym.

Parametry odskoku hydraulicznego



$$Z_{WG} + \frac{v_0^2}{2g} - Z_{pt} = h_1 + (1 + \zeta) \frac{v_1^2}{2g}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta}} \cdot \sqrt{2g \cdot \left(Z_{WG} + \frac{v_0^2}{2g} - Z_{pt} - h_1 \right)}$$

Wymiarowanie niecki wypadowej

$$v_1 = \varphi_1 \cdot \sqrt{2g \cdot \left(Z_{WG} + \frac{v_0^2}{2g} - Z_{pt} - h_1 \right)}$$

Współczynnik prędkości φ_1 odnoszący się do przekroju mniejszej głębokości sprężonej: $\varphi_1 = \omega \varphi$

ω – współczynnik uzależniony od długości przelewającej się strugi wody,

φ – współczynnik prędkości odnoszący się do korony jazu.

na podstawie Tablica 2-8 (Balcerski i in., 1969)

Wysokość budowli piętrzącej, m	0	10	20	30	40	50
Współczynnik ω	1,0	0,97	0,92	0,87	0,81	0,75

na podstawie Tablica 2-5 (Balcerski i in., 1969)

Kształt części wlotowej przelewu	opływowy (wg krzywej Creagera)	łagodny	zaokrąglony	ścięty	ostrokrawędziowy	zagłębiony w podłożu
Współcz. φ	1,0 – 0,98	0,95	0,92	0,88	0,85	0,98

Obliczenie h_1 i v_1 wykonuje się metodą kolejnych przybliżeń:

1) obliczamy prędkość v_1 przy założeniu $h_1 = 0$, $\varphi_1 = ?$, $d = 0$;

$$v_1 = \varphi_1 \cdot \sqrt{2g \cdot \left(H_{WG} + \frac{v_0^2}{2g} - h_1 + d \right)} = 0,98 \cdot 0,985 \cdot \sqrt{2g \cdot \left(4,84 + \frac{0,32^2}{2g} - 0 \right)}$$

$$2) \text{ obliczamy } h_1 \text{ ze wzoru: } h_1 = \frac{Q}{B \cdot v_1} = \frac{q}{v_1} = \frac{20}{8 \cdot 9,44} = 0,265 \text{ m}$$

3) obliczone h_1 podstawiamy do wzoru:

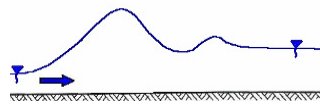
$$v_1 = \varphi_1 \cdot \sqrt{2g \cdot \left(H_{WG} + \frac{v_0^2}{2g} - h_1 + d \right)} = 9,18 \text{ m/s} \quad h_1 = \frac{Q}{B \cdot v_1} = 0,272 \text{ m}$$

4) obliczamy F_{r1} oraz h_2 : $\alpha = 1,0$

$$F_{r1} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = 5,62 \quad h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \cdot F_{r1}^2} - 1 \right) = 2,082 \text{ m}$$

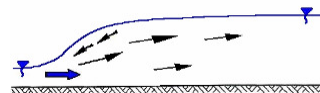
Rodzaje odskoków hydraulicznych:

$$F_r = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}}$$



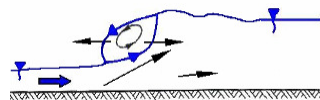
$$F_r = 1 \div 1,8$$

Odskok zafalowany



$$F_r = 1,8 \div 2,5$$

Odskok słaby



$$F_r = 2,5 \div 4,5$$

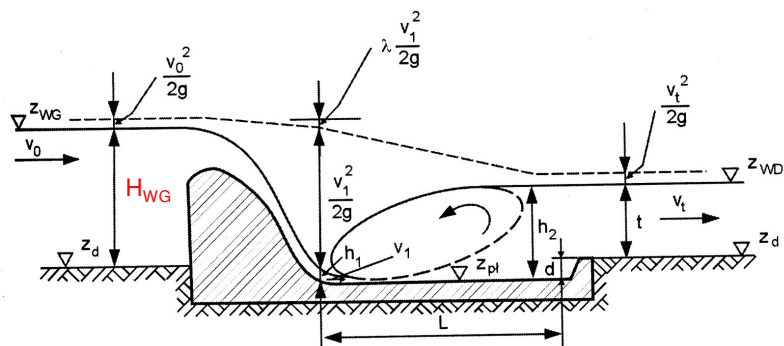
Odskok oscylujący



$$F_r > 4,5$$

Odskok trwały

Wymiarowanie niecki wypadowej

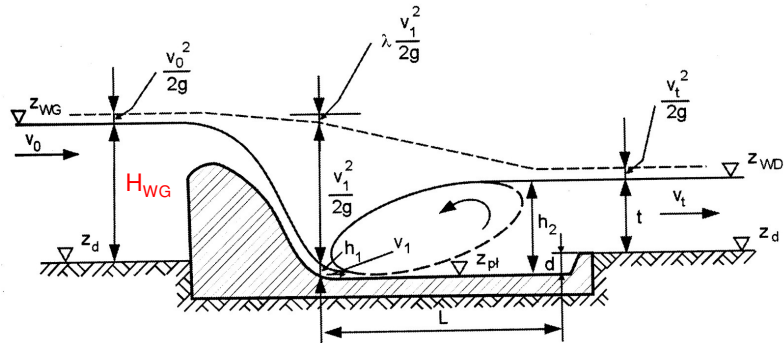


Wymiarowanie wypadu polega na takim doborze jego długości L oraz zagłębienia d , aby powstały odskok hydrauliczny w całości mieścił się w obrębie wypadu i był zatopiony.

Warunek zatopienia odskoku: $\eta = \frac{t + d}{h_2} \geq 1$

$$\eta = 1.20 \div 1.25$$

Wymiarowanie niecki wypadowej



Warunek zatopienia odskoku: $\eta = \frac{t + d}{h_2} = \frac{1.84 + 0}{2.082} < 1$

Zagłębienie niecki wypadowej: $d = 0.25 \text{ m}$

$$v_1 = \varphi_1 \cdot \sqrt{2g \cdot \left(H_{WG} + \frac{v_0^2}{2g} - h_1 + d \right)} = 9.42 \text{ m/s} \quad \eta = \frac{1.84 + 0.25}{2.06} = 1.01$$

Długość odskoku hydraulicznego

Obliczenie długości odskoku możemy przeprowadzić korzystając z istniejących wielu wzorów doświadczalnych, wśród których najczęściej używane są:

wzór Wóycickiego:

$$L = \left(8 - 0.05 \frac{h_2}{h_1} \right) (h_2 - h_1)$$

wzór Pawłowskiego:

$$L = 2.5(1.9h_2 - h_1)$$

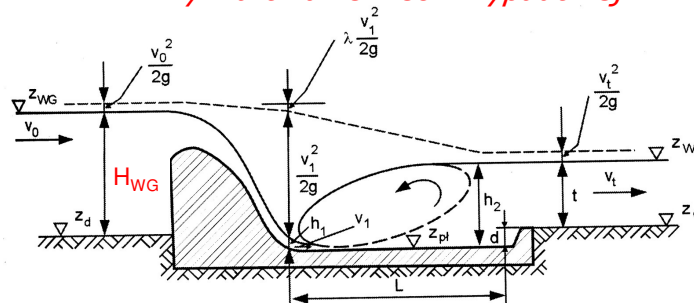
w których: h_1, h_2 – głębokości sprzężone w m,
 L – długość odskoku w m.

TABELA 1. Równania opisujące długość odskoku (L_0) na poziomym dnie (za: Čertousov 1962, Hager i in. 1990, Dąbkowski i in. 1982)

TABLE 1. Equations describing length of hydraulic jump (L_0) on the horizontal bottom (after Čertousov 1962, Hager at al. 1990, Dąbkowski at al. 1982)

Autor Author	Równanie Equation	Numer równania Number of equation
Wójcicki	$L_0 = \left(8 - 0,05 \frac{h_2}{h_1}\right)(h_2 - h_1)$	(1)
Čertousov	$L_0 = 10,3h_1(Fr_1 - 1)^{0,81}$	(2)
Pawłowski	$L_0 = 2,5(1,9h_2 - h_1)$	(3)
Smetana	$L_0 \approx 6(h_2 - h_1)$	(4)
Bakhmeteff and Matzke	$L_0 = 5(h_2 - h_1)$	(5)
Page	$L_0 = 5,6h_2$	(6)
Wu	$L_0 = 10(h_2 - h_1)Fr_1^{-0,16}$	(7)
Formuły zalecane w praktyce Equations recommended in practice	$L_0 = 3h_2$	(8)
	$L_0 = (4 \div 4,5)(h_2 - h_1)$	(9)
	$L_0 = 5h_2$	(10)

Wymiarowanie niecki wypadowej



Zagłębienie niecki wypadowej: $d = 0.75 \text{ m}$

Głębokości sprzężone: $h_1 = 0.2523 \text{ m}$; $h_2 = 2.125 \text{ m}$

$$Fr_1 = 6.30$$

$$\text{Warunek zatopienia odskoku: } \eta = \frac{t + d}{h_2} = \frac{1.84 + 0.75}{2.125} = 1.219$$

Długość niecki wypadowej:

L=	14.19	9.46	10.03	11.24	13.95
autor wzoru:	Wójcicki	Pawłowski	Čertousov	Smetana	Wu