

Hydrotechnické výpočty

Obsah výpočtů :

Algoritmus k hydrotechnickým výpočtům

Výpočet rovnoměrného a nerovnoměrného proudění v obecných korytech

Výpočet průtoku přes širokou korunu – vtok do propustků

Vodní skok

Údaje o Q_N

Výpočet průběhu hladiny návrhového průtoku

Schématický podélný profil

Vstupní údaje do hydrotechnických výpočtů byly získány polohopisným a výškopisným zaměřením lokality.

Jako výpočtový model byl zvolen produkt HYDROCHECK, který pracuje jako 1D model s ustáleným nerovnoměrným prouděním v korytech a inundacích a dále dovoluje provádět výpočty objektů na toku. Drsnostní parametry v korytě byly voleny v uzavřeném profilu $n=0,025$, u lichoběžníku v kamenném záhozu $n=0,04$, na svazích $n=0,035$, což je plně odpovídající pro účelnost výpočtu požadovaných Q_N .

Dále doložené hydrotechnické výpočty jsou uvedeny chronologicky natolik postupně a přehledně, že k nim není připojován již další komentář.

Zhotovitel:

Agroprojekce Litomyšl spol. s r.o.
Rokycanova 114/IV
566 01 Vysoké Mýto
Ing. Jakoubek Jaroslav



AGROPROJEKCE LITOMYŠL
spol. s r.o.
Rokycanova 114, (1)
566 01 VYSOKÉ MÝTO



Datum zpracování:

12.2017

V hydrotechnických výpočtech byly používány následující vzorce a teze :**Výpočet rovnoměrného a nerovnoměrného proudění v obecných korytech**

Postup výpočtu v profilu, který je rozdělený na několik dílčích částí. Pokud by byl profil nedělený, je automaticky postup shodný, pouze s tím rozdílem, že celý profil je tvořen jedinou dílčí částí.

Zaved'mě tyto indexy :

i – i-tý dílčí projekt

j – j-tá úsečka omočeného obvodu v dílčím profilu

k – celkový počet dílčích profilů

Výpočtový algoritmus nejprve pro zadanou hladinu (resp. pro okamžitou hladinu v každém iteračním kroku) nalezne její průsečíky s příslušným, obrysem dílčích profilů a určí pro každý dílčí profil základní geometrické údaje.

B_i šířka v hladině

S_i průtočná plocha

O_i omočený obvod

R_i hydraulický poloměr

T_i hloubka těžiště dílčího profilu k hladině

$$n_i = \left(\frac{1}{O_i} \times \sum (n_{ij}^e \times O_{ij}) \right)^{1/e}$$

$O_i = \sum O_{ij}$ (omočený obvod)

e exponent nabývající hodnoty 1,2 nebo 3/2 podle n

Rychlostní součinitel C_i dle různých autorů (viz dále)

$$B = \sum B_i, \quad S = \sum S_i, \quad O = \sum O_i, \quad K = \sum K_i$$

Celkové hodnoty n, c

$$c = \left(\sum c_i K_i \right) / K$$

Celková hodnota hloubky těžiště průtočné plochy T

$$T = \left(\sum T_i S_i \right) / S$$

Není-li zadán sklon J, především u nerovnoměrného proudění, pak

$$J = Q^2 / K^2$$

Rychlosti v_i a průtoky

$$v_i = c_i \sqrt{(R_i J)}$$

$$Q_i = v_i S_i$$

Coriolisovo číslo α_i , Froudovo číslo Fr_i a Boussinesqovo číslo β_i (viz. dále)

$$Fr_i = \sqrt{\left(\frac{\alpha_i Q_i^2 b_i}{g S_i^3} \right)}$$

Celková hodnota průtoku Q

$$Q = \sum Q_i$$

Celkové hodnoty v , α , Fr , β

$$v = \left(\sum v_i K_i \right) / K$$

$$Fr = \left(\sum Fr_i K_i \right) / K$$

Výpočet rychlostního součinitele C
možný dle různých autorů

Přímé vzorce :

- Manningův vzorec :

$$C_i = \frac{1}{n_i} \times R_i^{1/6}$$

$$\text{platnost : } 0,001 < n_i \\ 0,3 \text{ m} < R_i < 5 \text{ m}$$

- Pavlovského vzorec :

$$C_i = \frac{1}{n_i} \times R_i^y$$

$$\text{kde } y = 2,5 \times \sqrt{n_i} - 0,13 - 0,75 \times (\sqrt{n_i} - 0,1)$$

$$\text{platnost : } 0,001 < n_i < 0,04 \\ 0,1 \text{ m} < R_i < 3 \text{ m}$$

- Agroskinův vzorec :

$$C_i = 17,72 \times \left(\frac{0,05643}{n_i} + \log R_i \right)$$

$$\text{platnost : } 0,009 < n_i$$

Nepřímé vzorce :

- Stricklerův vzorec :

$$\frac{1}{n_i} = \frac{21,1}{k_s^{1/6}}$$

$$C_i = \frac{1}{n_i} \times R_i^{1/6}$$

$$\text{platnost : } 4,3 < R_i/k_s < 276$$

- Martincův vzorec :

$$C_i = 17,72 \times \left(0,77 + \log \frac{R_i}{d_{50}} \right)$$

$$\text{platnost : } 0,15 \text{ m} < R_i < 2,25 \text{ m}$$

$$0,004 \text{ m} < d_{50} < 0,25 \text{ m}$$

Poznámka : vztah byl odvozen z měření na českých řekách

- Mostkovův vzorec :

$$C_i = 22 \times \log \frac{R_i}{k} + 9,5 \times \frac{k}{R_i} + 1,5$$

Program disponuje třemi možnostmi aplikace zadání a výpočtů Coriolisova čísla „alfa“.

Obecně v jednotlivých prouzcích :

$$V_{s'ij} = \frac{1}{n_{ij}} \times \sqrt{i \times h_{ij}^{2/3}}$$

$$Q'_i = \sum_{j=1}^m (V_{s'ij} \times h_{ij} \times \Delta B_{ij})$$

$$k_i = \frac{Q_i}{Q'_i}$$

$$V_{sij} = k_i \times V_{s'ij}$$

$$\alpha = \frac{\int_s u^3 ds}{v^2 \times Q} = \frac{\int_s u^3 ds}{v^3 \times S}$$

$$v^2 \times Q \quad v^3 \times S$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{Q_i \times v_i^2} \times \sum_{j=1}^m (d_{sij} \times v_{sij} \times h_{ij} \times \Delta B_{ij})$$

Celoprofilová hodnota α se pak vypočte z dílčích hodnot α_i jako průměr vážený dílčími moduly průtoku K_i .

První metoda - ruční zadávání – viz. výše

Druhá metoda - $\alpha - s_{vis} = 1$

Třetí metoda - $\alpha - s_{vis} = f(y, n)$

$$\alpha_{sij} = \frac{1}{h_{ij}} \times \int_0^n \left(1 + \frac{6,2642 \times n_{ij}}{h_{ij}^{1/6}} \times \left(1 + \ln \frac{z}{h_{ij}} \right)^{1/3} \right) dz$$

Výpočet Boussinesqova čísla β

$$\beta = \frac{\int_s u^2 ds}{v^2 \times S} = \frac{\int_s u^2 ds}{v^3 \times Q}$$

tedy

$$\beta_1 = \frac{1}{Q_i \times v_i} \times \sum_{j=1}^m \left(\beta_{sij} \times v_{sij}^2 \times h_{ij} \times \Delta B_{ij} \right)$$

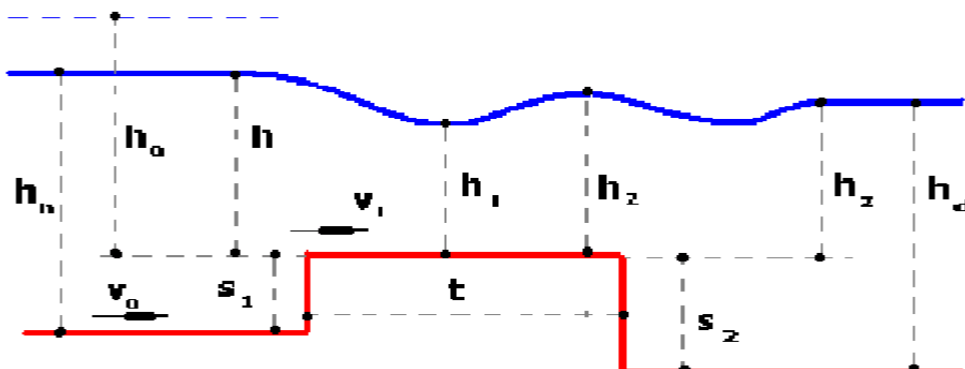
$$\beta = \left(\sum \beta_i \times K_i \right) / K$$

Výpočet průtoku přes širokou korunu

Široká koruna

Schéma podélného řezu jezovým tělesem s vyznačením dále používaných veličin

Obvyklé řešení jezových těles vychází ze známé základní rovnice :



$$Q = \varphi_c b_n h_r \sqrt{(2g (h_o - h_r))}$$

Q průtok (m³/s)

φ_c upravený součinitel rychlosti, $\varphi_c = \varphi \varepsilon_c / \sqrt{(\varphi^2 (\varepsilon_c^2 - 1) + 1)}$

φ tabulková hodnota součinitele rychlosti podle vlastností jezu, zadaná obsluhou ve formuláři

ε_c tabulková hodnota součinitele bočního zúžení podle vlastností jezu

$\varepsilon_c \leq 1$, zadaná obsluhou ve formuláři. Není-li boční zúžení, je $\varepsilon_c = 1$ a tudíž

$\varphi_c = \varphi$

b_n náhradní šířka přelivu při hloubce h_r (tj. šířka obdélníkového přelivu se stejnou průtočnou plochou při dané hloubce) (m)

g tíhové zrychlení (m/s²)

h_r řídící hloubka (m)

$h_o = h + h_{od}$

h přepadová výška (m)

h_{od} rychlostní výška (m) : $h_{od} = \alpha v_o^2 / 2g$

v_o přítoková rychlost (m/s)

α Coriolisovo číslo v horním profilu

Řídicí hloubka h_r je různě vyčíslována s ohledem na zatopení takto :

dokonalý přepad $h_r = h_1 = \varepsilon_1 h_o$

zatopený přepad $h_r = h_z$

kriterium zatopení $h_z > h_2 = \varepsilon_2 h_o$

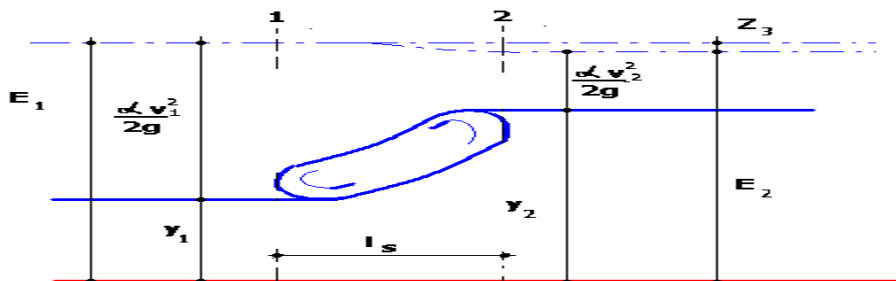
h_z převýšení dolní hladiny nad korunou přepadu (m)

ε_1 $\varepsilon_1 = (2\varphi_c^2 - 1) \varepsilon_2$

ε_2 $\varepsilon_2 = 2\varphi_c^2 / (1 + 2\varphi_c^2 (2\varphi_c^2 - 1))$

Většina členů výrazu na pravé straně rovnice není bohužel konstantní. Některé z nich závisí přímo či nepřímo na hodnotě průtoku Q , takže vyřešení rovnice vyžaduje iteraci. Při každém iteračním kroku je přitom třeba vyhodnocovat kriterium zatopení a používat tomu odpovídající variantu rovnice.

Vodní skok



Vzájemné hloubky vodního skoku y_1 a y_2 v korytě s nulovým sklonem dna jsou svázány vztahem

Vodní skok s dnovým režimem

Vodní skok prostý vzniká při hloubce $y_2 > (1,3 + 1,4) y_k$

Funkce vodního skoku

$\theta(y)$, odvozená z věty o hybnostech pro objem vody mezi průřezy 1 a 2 (viz obrázek)

$$\theta(y) = \frac{\beta Q^2}{g^S} + z_T S$$

Kde β Boussinesquovo číslo ($\beta \doteq 1,0$)

S plocha průřezu

z_T hloubka těžiště průřezu

Minimum $\theta(y)$ je při

$$\frac{\beta Q^2}{g} = \frac{S^3}{B}$$

Kde B šířka v hladině

Vzájemné hloubky vodního skoku

y_1 a y_2 v korytě s nulovým sklonem dna jsou svázány vztahem

$$y_2 \frac{y_1}{2} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{8\beta q^2}{gy_1^3}} \right] = \frac{y_1}{2} \left[-1 + \sqrt{1 + 8 Fr_{*1}} \right]$$

kde q měrný průtok $q = \frac{Q}{B}$ (m^2s^{-1})

Fr_{*1} Froudovo číslo bystrinného pohybu $Fr_{*1} = \frac{v^2}{gz_1}$

Délka vodního skoku prostého

z řady vzorců uvádíme :

- podle Smetany $l_s = 6 (y_2 - y_1)$

- podle Pavlovského $l_s = 0,5 [4,5 y_2 + 5 (y_2 - y_1)]$

Rozdíl $y_2 - y_1$ nazýváme výškou vodního skoku.

Ztráta energie

(energetické výšky ve vodním skoku prostém Z_s při $\alpha \doteq \beta \doteq 1,0$)

$$Z_s = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4 y_1 y_2}$$

Vodní skok vlnovitý

Vzniká při $y_2 < (1,3 \div 1,4) y_k$.

Druhou vzájemnou hloubku vypočteme ze vztahu $y_2 \doteq y_1 Fr_{*1}$

Vodní skok vzdutý

Vzniká při hloubce vody y_d v průřezu druhé vzájemné hloubky větší než y_2 . Míra vzdutí

$$\sigma = \frac{y_d}{y_2}$$

Délku vodního skoku vzdutého určíme podle Pikalova

$$l_s \doteq 3 \sigma y_2$$

Údaje ČHMÚ



ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

POBOČKA HRADEC KRÁLOVÉ



VÁŠ DOPIS ZN: ///
DORUČEN DNE: 30.9.2014

Ing. Jaroslav Branda – ATELIER M

NAŠE ZNAČKA: P14005920/551

Krausova 215

VYŘIZUJE: Ing. Zdeňka Sedláčková

549 32 Velké Poříčí

DATUM: 9.10.2014

TELEFON: 495 705 032

E-MAIL: zdena.sedlackova@chmi.cz

HYDROLOGICKÉ ÚDAJE POVRCHOVÝCH VOD

Na Vaši žádost Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400 pro:

Vodní tok	Pravostranný přítok Metuje v jejím cca 33,4 ř.km (AKM Povodí Labe)	
Číslo hydrologického pořadí	1-01-03-0410-0-00	
Profil	Staré Město nad Metují, nad zatrubněným úsekem nad bývalou továrnou Bartoň, cca 0,38 ř.km	
Souřadnice v S JTSK	x = -615974 m y = -1023342 m	
Plocha povodí A ⁹⁾	1,95	km ²

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P _a	-----	mm	
Dlouhodobý průměrný průtok Q _a	-----	l.s ⁻¹	třída -----

M-denní průtoky Q _{Md} ^{b)}												l.s ⁻¹	
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

N-leté průtoky Q _N								m ³ .s ⁻¹	
1	2	5	10	20	50	100	třída		
0,81	1,41	2,42	3,74	5,35	7,88	10,1	IV.		

Dvorská 410/102, 503 11 Hradec Králové – Svobodné Dvory
tel.: 495 705 011, fax: 495 705 001, e-mail: hradec@chmi.cz

IČ: 00020699, DIČ: CZ00020699, nejsme plátcí DPH
č. ú.: 54132041/0100, www.chmi.cz

Výpočet průběhu hladiny návrhového průtoku

Výpočet proveden ustáleným nerovnoměrným prouděním

Q100(20.12.2017 09:15:18) - souhrnná bilance

Stan [km]	Profil / křivka	Hk[m]	H[m]	Z[mnm]	Dno[mnm]	L[mnm]	P[mnm]	A[mnm]	B[mnm]	v[m/s]	Q[m ³ /s]	DzetaV/S
0.310050	PF00	1.39	1.33	344.53	343.20	344.70	344.70	344.70	344.70	3.862	10.100	0.1000 S
0.360000	PF0	1.39	1.39	345.53	344.14	345.64	345.64	345.64	345.64	3.674	10.100	0.1000 S
0.378440	PF1	1.39	1.39	345.64	344.25	345.75	345.75	345.75	345.75	3.674	10.100	0.5000 V
0.400610	PF2	1.39	1.28	345.66	344.38	345.88	345.88	345.88	345.88	3.977	10.100	0.5000 V
0.433370	PF3	1.39	1.27	346.32	345.05	346.55	346.55	346.55	346.55	4.006	10.100	0.1000 S
0.484740	PF4	1.39	1.27	347.40	346.13	347.63	347.63	347.63	347.63	4.004	10.100	0.1000 S
0.510020	PF5a	1.39	1.39	348.05	346.66	348.16	348.16	348.16	348.16	3.674	10.100	0.1000 S
0.510030	PF5b		1.93	348.59	346.66					3.188	10.100	
0.514680	PF5	1.23	1.18	348.59	347.41	349.20	348.76	348.75	348.79	3.188	10.100	0.0500 S
0.530480	PF6	1.23	1.19	348.96	347.77	349.19	351.01	349.19	349.27	3.163	10.100	0.6000 V
0.561950	PF7	1.22	1.17	349.66	348.49	349.54	349.88	349.75	349.88	3.180	10.100	0.6000 V
0.585100	PF8	1.23	1.17	350.19	349.02	350.75	350.81	350.52	350.52	3.254	10.100	0.6000 V
0.603080	PF9	1.23	0.94	350.39	349.45	351.39	351.29	350.95	350.95	4.537	10.100	0.0500 S
0.603090	PF9c	1.39	1.38	350.83	349.45	350.95	350.95	350.95	350.95	3.700	10.100	0.1000 S
0.658840	PF10a	1.39	1.39	351.79	350.40	351.90	351.90	351.90	351.90	3.674	10.100	

Q100(20.12.2017 09:15:18) - konec souhrnné bilance

Schématický podélný profil

