

УДК 626. 824 (575.2) (04)

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УГЛОВ ИЗЛОМА РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ ДВУХСТОРОННЕГО ВОДОДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ КАНАЛОВ С БУРНЫМ ТЕЧЕНИЕМ

*Г.С. Аджыгулова* – канд. техн. наук

*Т.С. Султаналиева* – канд. техн. наук, доц.

*Т.А. Исабеков* – аспирант

КАУ им. К.И.Скрябина

---

Theoretical substantiation of angles of a break of a two-side water-divider division wall is considered for canals with rough current.

Для улучшения процессов вододеления на каналах-быстротоках профессором Н.П. Лавровым и инж. Т.А. Исабековым предложена усовершенствованная конструкция вододелителя для каналов с бурным течением (ВКБТ) [1], разработанная с учетом особенностей высокоскоростных потоков.

Ранее нами была установлена зависимость угла  $\beta$  между разделительной перегородкой ВКБТ и направлением потока в отводящем канале от величины коэффициента водоотбора для одностороннего вододелителя [1, 2]. Эта зависимость справедлива и для двухстороннего вододелителя при условии одинакового двухстороннего отбора воды ( $Q_1 = Q_2$ ). В этом случае разделительные перегородки симметричны, имеют излом на продольной оси быстротока и углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  равны.

При различных расходах в отводящие каналы разделительные перегородки нужно разместить так, чтобы удельный расход  $q_1$ , проходящий через первую секцию (рис. 1), был равен удельному расходу истечения через вторую секцию  $q_2$ , т.е.  $q_1 = q_2 = Q_1/2$  и соответственно,  $q_3 = q_4 = Q_2/2$ , где  $Q_1$  – расход левого отвода,  $Q_2$  – расход правого отвода.

В этом случае обеспечивается равномерность распределения скоростей по ширине отводов и исключается сбойность потока. Величины удельных расходов в каждую из четырех секций ВКБТ определяются по известным формулам истечения из затопленных больших отверстий [2]

$$\begin{aligned} q_1 &= \mu_1 \cdot \omega_1 \sqrt{2gH_1}; \\ q_2 &= \mu_2 \cdot \omega_2 \sqrt{2gH_2}; \\ q_3 &= \mu_3 \cdot \omega_3 \sqrt{2gH_3}; \\ q_4 &= \mu_4 \cdot \omega_4 \sqrt{2gH_4}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$  – коэффициенты расходов соответствующих секций (см. рис.1);  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$  – площади горизонтальных отверстий секций;  $H_1, H_2, H_3, H_4$  – напоры над соответствующими секциями колодца.

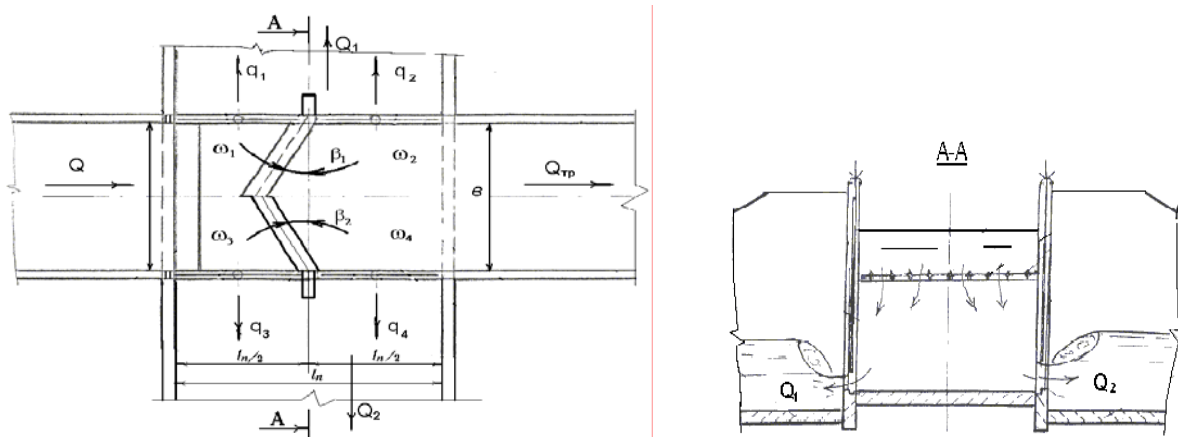


Рис. 1. Схема двухстороннего вододелителя для каналов с бурным течением.

Для дальнейших расчетов примем, что параметр Фруда для первой и второй секций левого отвода  $Fr_1 \approx Fr_2$  и правого отвода  $Fr_3 \approx Fr_4$ , поэтому можно сделать допущение, что коэффициенты расхода  $\mu_1 \approx \mu_2 \approx \mu'$ ;  $\mu_3 \approx \mu_4 \approx \mu''$

Для обеспечения равномерного истечения в отводящий канал необходимо соблюдение условий:  $q_1 = q_2$ ;  $q_3 = q_4$  или

$$\mu' \omega_1 \sqrt{2gH_1} = \mu' \omega_2 \sqrt{2gH_2} \Rightarrow \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}} \quad (2)$$

$$\mu' \omega_3 \sqrt{2gH_3} = \mu' \omega_4 \sqrt{2gH_4} \Rightarrow \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{\sqrt{H_4}}{\sqrt{H_3}} \quad (3)$$

В соответствии с расчетной схемой (рис. 1) площади секций определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \frac{\ell}{2} \cdot e_1 - \frac{e_1^2 \cdot \operatorname{tg} \beta_1}{2}, \\ \omega_2 &= \frac{\ell}{2} e_1 + \frac{e_1^2 \operatorname{tg} \beta_1}{2}, \\ \omega_3 &= \frac{\ell}{2} e_1 - \frac{e_1^2 \operatorname{tg} \beta_2}{2}, \\ \omega_4 &= \frac{\ell}{2} e_1 + \frac{e_1^2 \operatorname{tg} \beta_2}{2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Подставляем полученные зависимости площадей в выражения (2) и (3):

$$\frac{\frac{\ell}{2} e_1 - \frac{e_1^2 \operatorname{tg} \beta_1}{2}}{\frac{\ell}{2} e_1 + \frac{e_1^2 \operatorname{tg} \beta_1}{2}} = \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}}, \quad (5)$$

$$\frac{\frac{\ell}{2} e_1 - \frac{e_1^2 \operatorname{tg} \beta_2}{2}}{\frac{\ell}{2} e_1 + \frac{e_1^2 \operatorname{tg} \beta_2}{2}} = \frac{\sqrt{H_4}}{\sqrt{H_3}}, \quad (6)$$

решая (5) и (6), получим:

$$\frac{\ell \epsilon_1 - \epsilon_1^2 \operatorname{tg} \beta_1}{\ell \epsilon_1 + \epsilon_1^2 \operatorname{tg} \beta_1} = \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}}, \quad (7)$$

$$\frac{\ell \epsilon_1 - \epsilon_1^2 \operatorname{tg} \beta_2}{\ell \epsilon_1 + \epsilon_1^2 \operatorname{tg} \beta_2} = \frac{\sqrt{H_4}}{\sqrt{H_3}}. \quad (8)$$

Величины  $\sqrt{H_2}/\sqrt{H_1}$  и  $\sqrt{H_4}/\sqrt{H_3}$  являются функциями  $\alpha_{\epsilon_1} = Q_{\text{от}\epsilon_1}/Q$  и  $\alpha_{\epsilon_2} = Q_{\text{от}\epsilon_2}/Q$  соответственно.

Из (7) находим  $\beta_1$ , а из (8) вычислим  $\beta_2$ .

Решим (7) относительно  $\sqrt{H_2}/\sqrt{H_1}$ , причем  $\epsilon_1 = \epsilon/2$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\ell \left( 1 - \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}} \right)}{\epsilon_1 \left( 1 + \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}} \right)};$$

$$\beta_1 = \operatorname{arctg} \left( \frac{2\ell}{\epsilon} \cdot \frac{1 - \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}}}{1 + \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}}} \right) \quad (9)$$

Решаем (8) относительно  $\sqrt{H_4}/\sqrt{H_3}$ :  $\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{\ell \left( 1 - \frac{\sqrt{H_4}}{\sqrt{H_3}} \right)}{\epsilon_1 \left( 1 + \frac{\sqrt{H_4}}{\sqrt{H_3}} \right)}$

$$\beta_2 = \operatorname{arctg} \left[ \frac{2\ell}{\epsilon} \cdot \frac{1 - \frac{\sqrt{H_4}}{\sqrt{H_3}}}{1 + \frac{\sqrt{H_4}}{\sqrt{H_3}}} \right] \quad (10)$$

Зависимость (9) и (10) можно считать универсальной для любых размеров каналов-быстроотоков и водовыпусков с двусторонним отводом с различными коэффициентами водоотбора предложенного типа.

Проведем расчет и определим зависимости углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  от величины коэффициента водоотбора на примере водовыпуска с заданными параметрами: подводящий расход  $Q = 8 \text{ м}^3/\text{с}$ . Расход левого отвода  $Q_1 = q_1 + q_2 = 0,8 \text{ м}^3/\text{с}$ , расход правого отвода  $Q_2 = q_3 + q_4 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$ . Ширина подводящего канала  $b = 3,0 \text{ м}$ , длина решетчатой плиты ВКБТ  $\ell_n = 4 \text{ м}$ .

Коэффициенты водоотбора:

$$\alpha_{\epsilon_1} = \frac{Q_1}{Q} = \frac{0,8 \text{ м}^3/\text{с}}{8 \text{ м}^3/\text{с}} = 0,1$$

$$\alpha_{\epsilon_2} = \frac{Q_2}{Q} = \frac{0,6 \text{ м}^3/\text{с}}{8 \text{ м}^3/\text{с}} = 0,075$$

В полученных формулах (9) и (10) отношение  $\sqrt{H_2}/\sqrt{H_1} = \sqrt{m_{e_1}} \text{ и } \sqrt{H_4}/\sqrt{H_3} = \sqrt{m_{e_2}}$ , где  $m_{e_1}$  – относительный действующий напор над первой и второй секцией левого отвода,  $m_{e_2}$  – относительный действующий напор над третьей и четвертой секцией правого отвода.

Значение  $m_{e_1}$  и  $m_{e_2}$  можно определить по зависимости относительного действующего напора над решеткой от коэффициента водоотбора  $\alpha_e$  [3],  $m_{e_1} = 0.83$ ,  $m_{e_2} = 0.88$  (рис. 2).

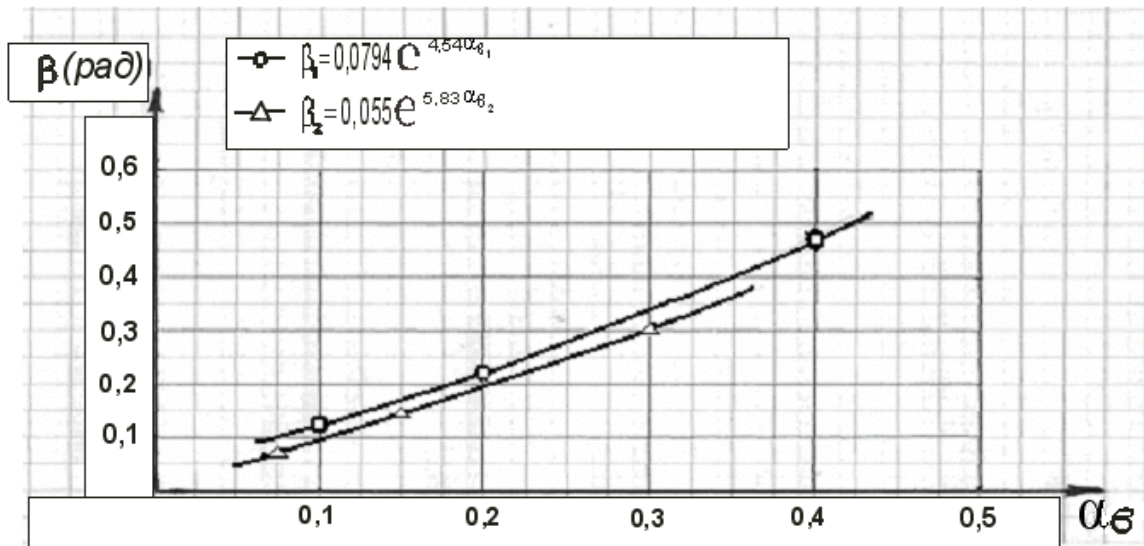


Рис. 2. Графические зависимости  $\beta = f(\alpha_e)$ .

Определим углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  для данных величин коэффициентов водоотбора по формулам (9) и (10):

$$\beta_1 = \arctg \left[ \frac{2 \cdot 4}{3} \cdot \frac{1 - \sqrt{0,83}}{1 + \sqrt{0,83}} \right] = \arctg 0,124 = 7,1^\circ = 0,123 \text{ рад}$$

$$\beta_2 = \arctg \left[ \frac{2 \cdot 4}{3} \cdot \frac{1 - \sqrt{0,88}}{1 + \sqrt{0,88}} \right] = \arctg 0,085 = 4,86^\circ = 0,085 \text{ рад}$$

Рассчитаем углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  для коэффициентов водоотбора  $\alpha_{e_1} = 0,2$  и  $\alpha_{e_2} = 0,15$  при  $Q = 4 \text{ м}^3/\text{с}$  при тех же параметрах канала и сооружения:  $m_{e_1} = 0,7$ ,  $m_{e_2} = 0,79$

$$\beta_1 = \arctg \left[ \frac{2 \cdot 4}{3} \cdot \frac{1 - \sqrt{0,7}}{1 + \sqrt{0,7}} \right] = \arctg 0,237 = 13^\circ = 0,232 \text{ рад}$$

$$\beta_2 = \arctg \left[ \frac{2 \cdot 4}{3} \cdot \frac{1 - \sqrt{0,79}}{1 + \sqrt{0,79}} \right] = \arctg 0,157 = 8,9^\circ = 0,15 \text{ рад}$$

Для  $\alpha_{e_1} = 0,4$ ,  $\alpha_{e_2} = 0,3$ ,  $Q = 2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $m_{e_1} = 0,45$ ;  $m_{e_2} = 0,61$

$$\beta_1 = \arctg \left[ \frac{2 \cdot 4}{3} \cdot \frac{1 - \sqrt{0,45}}{1 + \sqrt{0,45}} \right] = \arctg 0,526 = 27,7^\circ = 0,48 \text{ рад}$$

$$\beta = \arctg \left[ \frac{2 \cdot 4}{3} \cdot \frac{1 - \sqrt{0,61}}{1 + \sqrt{0,61}} \right] = \arctg 0,328 = 18^\circ = 0,316 \text{ рад}$$

Пользуясь расчетными данными, построим графики функции  $\beta_1 = f(\alpha_{e_1})$  и  $\beta_2 = f(\alpha_{e_2})$

Построенные графические зависимости (рис.2) можно описать более простыми, чем (9) и (10) уравнениями:

$$\beta_1 = 0,0794e^{4,54\alpha_{e_1}} \quad (11)$$

$$\beta_2 = 0,055e^{5,83\alpha_{e_2}} \quad (12)$$

#### Выводы

1. При расчете углов излома  $\beta_1$  и  $\beta_2$  разделительной перегородки двухстороннего вододелителя для каналов с бурным течением рекомендуется использовать универсальные зависимости (9) и (10).
2. Для расчета вододелителя предложенного типа на каналах с уклонами  $0,004 \leq i \leq 0,05$  и соотношением параметров  $\frac{\ell_n}{b} = 1 \dots 1,5$  можно использовать также упрощенные эмпирические зависимости (11) и (12) по определению ориентации разделительных перегородок ВКБТ.

#### Литература

1. Вододелитель для каналов с бурным течением /Лавров Н.П., Исабеков Т.А./ Заявка на изобретение в "Кыргызпатент" № 20040003.1 от 3 декабря 2003 г.
2. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. – М.: Энергия, 1974. – 312 с.
3. Отчет о ПИР за 2004 г по теме ХЭ – 02 – 2002 "Анализ эксплуатации и совершенствование водораспределительных сооружений на канале – быстройтоке ТУШ". – Бишкек: КРСУ, 2004. – 134 с.