

и формулой для русла прямоугольного сечения $h_k = H_0 \sqrt[3]{2 \alpha m^2}$, получим

$$\alpha = \frac{1}{m \sqrt{6,75}} \quad (2)$$

или, учитывая, что для неподтопленного водослива $0,385 \geq m \geq 0,272$ и $\varphi = \sqrt{m \sqrt{6,75}}$ [2] находим

$$\alpha = \frac{1}{\varphi^2} \quad (3)$$

При коэффициенте расхода водослива $m = 0,385$ или при коэффициенте скорости $\varphi = 1$ (идеальный водослив) коэффициент α , определяемый по соответствующим формулам (2) и (3), равен единице.

Для реального неподтопленного водослива, как это видно из формул (2) и (3), коэффициент α всегда больше единицы.

Резюме

Коэффициент Кориолиса для сечения, определяющего расход на водосливе с широким порогом, однозначно определяется коэффициентом расхода m или коэффициентом скорости φ .

Литература

1. Справочник по гидравлическим расчетам. Под ред. П.Г. Киселева. М., 1972. 2. Филиппович И.В. Количественные зависимости между гидравлическими элементами движения на водосливе с широким порогом. — В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Вып. 2. Минск, 1972.

УДК 626.24

С.Р. Медведев (проф.), В.У. Яблонский (канд. техн. наук)

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОПЕРЕЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СКОРОСТЕЙ В СУДОХОДНЫХ КАНАЛАХ ПРИ ЗАБОРЕ ИЗ НИХ ВОДЫ

В ряде случаев забор воды для различного рода водопотребления производится непосредственно из судоходных каналов, где нет течения или наблюдается небольшое течение с малыми продольными скоростями, появляющимися при шлюзовании.

При заборе воды в канале возникают поперечные скорости, которые могут привести к свалу судов. Величина этих поперечных скоростей на поверхности потока не должна превышать определенную величину (порядка 0,15 м/с). Для выполнения этого условия водозабор необходимо располагать на некотором расстоянии от уреза воды в канале, а подвод потока к водозабору осуществлять по постепенно сужающемуся каналу.

Чтобы определить положение оголовка водозабора или насосной станции относительно уреза воды в канале, прибегают к лабораторным исследованиям [1].

В настоящей статье предлагается приближенный способ расчета, который может быть рекомендован при предварительном эскизном проектировании.

В основу предлагаемого способа положена возможность замены работы насоса или трубы водозабора гидродинамической моделью стока. При этом вода рассматривается как идеальная жидкость, а вертикальный профиль скорости принимается в виде прямоугольника, высота которого примерно равна 0,8 поверхностной скорости. Вследствие этого расчетная скорость равна

$$v_p = 0,8 v_{\text{пов}}.$$

Принятые допущения позволяют расслоить поток на горизонтальные плоскости, отстоящие друг от друга на единицу глубины, а расход каждой такой полосы на один сток $Q_{\text{ст}}$ будет

$$Q_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h},$$

где $Q_{\text{тр}}$ - расход одной трубы водозабора или насоса; h - глубина (предполагается, что дно судоходного канала и водоприемника расположены в одной горизонтальной плоскости). Этот расход принимаем за мощность (обильность) одного стока.

Скорость частицы жидкости на полуокружности радиуса R равна

$$v = \frac{Q_{\text{ст}}}{\pi R}.$$

Подставляя вместо v расчетную скорость, получим

$$0,8 v_{\text{пов}} \leq \frac{Q_{\text{тр}}}{h \pi R},$$

откуда радиус влияния стока (этот радиус назовем расчетным и обозначим R_p):

$$R_p = \frac{Q_{\text{тр}}}{0,8 \pi h v_{\text{пов}}} .$$

Все изложенное относится к изолированному стоку.

Однако стоки оказывают влияние на все частицы жидкости. Поэтому определив расчетный радиус R_p , надлежит проверить скорости в точках, расположенных на общей касательной.

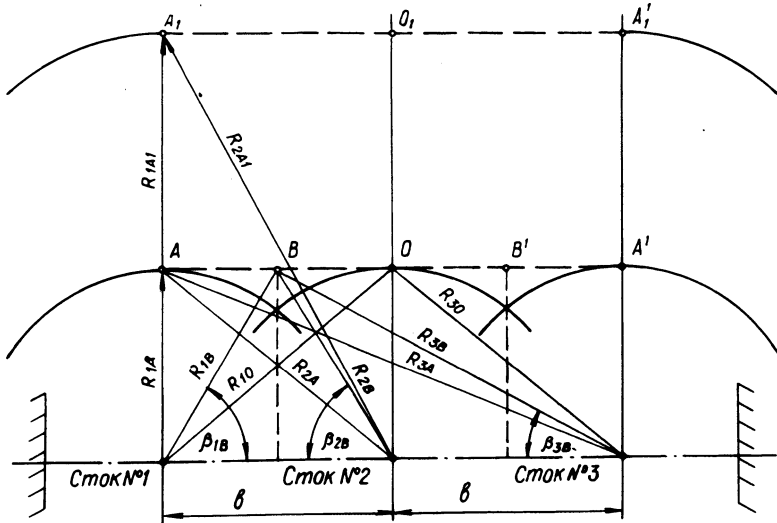


Рис. 1. Расчетная схема к определению поперечных составляющих скоростей.

Рассмотрим частный случай – возьмем три стока (рис. 1). В данном случае ввиду симметрии можно ограничиться вычислением скорости в точках А, В, О или О, В', А'. Если результаты расчета покажут, что суммарные поперечные скорости (по отношению к оси канала, из которого забирается вода) меньше $0,8 v_{\text{пов}}$, то вычисленную величину R_p оставляют. В противном случае при получении скоростей, больших $0,8 v_{\text{пов}}$, расчет повторяют для другого значения радиуса, например R_{1a1} .

Если обозначить стоки индексами 1, 2, 3, ..., n (i), а точки индексами А, В, О, ..., j, то радиусы влияния стоков, например, на точку А, будут:

от стока № 1 - R_{1a} ;

$$\begin{aligned} \text{от стока № 2} - R_{2a} &= \sqrt{R_{1a}^2 + b^2} = R_{1a} \sqrt{1 + \frac{b^2}{R_{1a}^2}} = \\ &= R_{1a} \sqrt{1 + \gamma^2}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{от стока № 3} - R_{3a} &= \sqrt{R_{1a}^2 + (2b)^2} = R_{1a} \sqrt{1 + \frac{4b^2}{R_{1a}^2}} = \\ &= R_{1a} \sqrt{1 + 4\gamma^2}; \end{aligned}$$

.....

$$\begin{aligned} \text{от стока № } n - R_{na} &= \sqrt{R_{1a}^2 + [(n-1)b]^2} = \\ &= R_{1a} \sqrt{1 + \frac{(n-1)^2 b^2}{R_{1a}^2}} = R_{1a} \sqrt{1 + (n-1)^2 \gamma^2}, \end{aligned}$$

где $\gamma = \frac{b}{R_{1a}}$.

Синусы углов между осью и радиусами влияния стоков на точку А будут:

$$\sin \beta_{1a} = 1,0;$$

$$\sin \beta_{2a} = \frac{R_{1a}}{R_{2a}} = \frac{R_{1a}}{R_{1a} \sqrt{1 + \gamma^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \gamma^2}};$$

$$\sin \beta_{3a} = \frac{R_{1a}}{R_{3a}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 4\gamma^2}};$$

.....

$$\sin \beta_{na} = \frac{1}{\sqrt{1 + (n-1)^2 \gamma^2}}.$$

Таким образом, поперечные скорости (по отношению к судовой ходному каналу), вызываемые влиянием стоков, в точке А равны:

$$v_{1a} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h \pi R_{1a}} \sin \beta_{1a} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h \pi R_{1a}};$$

$$v_{2a} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h \pi R_{2a}} \sin \beta_{2a} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h \pi R_{1a} \sqrt{1 + \gamma^2}} \times$$

$$\times \frac{1}{\sqrt{1+\gamma^2}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h\pi R_{1a}(1+\gamma^2)};$$

$$v_{3a} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h\pi R_{3a}} \sin \beta_{3a} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h\pi R_{1a}\sqrt{1+4\gamma^2}} \frac{1}{\sqrt{1+4\gamma^2}} =$$

$$= \frac{Q_{\text{тр}}}{h\pi R_{1a}(1+4\gamma^2)};$$

$$v_{na} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h\pi R_{na}} \sin \beta_{na} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h\pi R_{1a}\sqrt{1+(n-1)^2\gamma^2}} \times$$

$$\times \frac{1}{\sqrt{1+(n-1)^2\gamma^2}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h\pi R_{1a}[1+(n-1)^2\gamma^2]}.$$

Полная поперечная скорость в точке А:

$$v_A = \sum v_{iA} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h\pi R_{1A}} \left\{ 1 + \frac{1}{1+\gamma^2} + \frac{1}{1+4\gamma^2} + \frac{1}{1+9\gamma^2} + \dots + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{[1+(n-1)^2\gamma^2]} \right\}.$$

Аналогичным образом можно получить значения поперечных скоростей и в любых других точках.

В общем виде расчетная зависимость для поперечной составляющей скорости записывается так:

$$v_{ij} = \frac{Q_{\text{тр}}}{h\pi} \sum \frac{\sin \beta_{ij}}{R_{ij}}.$$

Рассмотрим конкретный пример. Водозабор состоит из трех труб, которые должны обеспечить пропуск максимального расхода $Q_{\text{макс}} = 46,0 \text{ м}^3/\text{с}$; ширина между осями труб $b = 5,3 \text{ м}$; глубина воды в судоходном канале, откуда производится забор

воды, равна $h = 4,5$ м; допускаемая для судоходства поперечная поверхностная скорость в канале не должна превышать величину $v_{\text{пов}} = 0,15$ м/с. Необходимо определить поперечные скорости в судоходном канале и минимальное удаление водозабора от уреза воды.

Расход одной трубы

$$Q_{\text{1тр}} = \frac{Q_{\text{макс}}}{3} = \frac{46,0}{3} \approx 15,33 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Радиус влияния изолированного стока

$$R_p \geq \frac{Q_{\text{тр}}}{0,8\pi h v_{\text{пов}}} = \frac{15,33}{0,8 \cdot 3,14 \cdot 4,5 \cdot 0,15} \geq 9,1 \text{ м}.$$

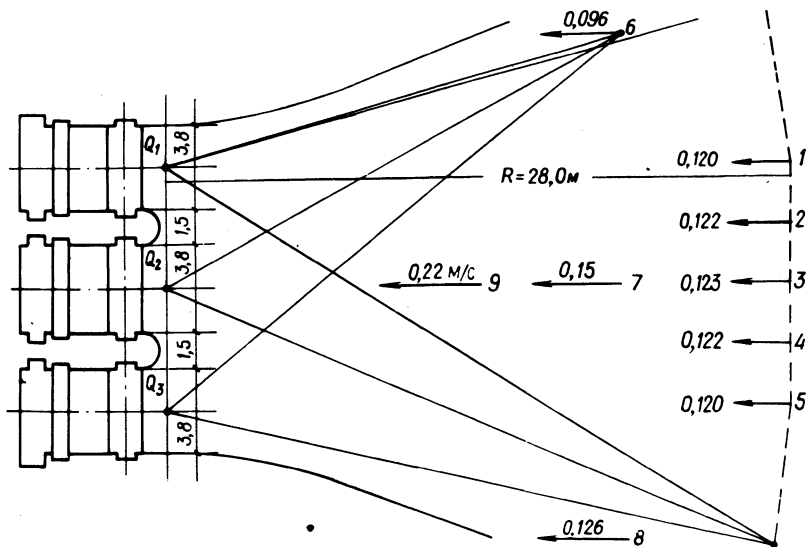


Рис.2. Поперечные скорости (м/с) в судоходном канале при заборе расхода $Q = 46,0$ м³/с ($h = 4,5$ м).

Так как стоки оказывают взаимное влияние на все точки жидкости, удаление водозабора от уреза воды в канале должно быть большим, чем найденное значение R_p . Для нахождения этого расстояния подсчитываем значения поперечных скоростей при различном удалении водозабора от уреза воды в канале.

Как видно из рис. 2, при удалении водозабора от уреза воды на расстояние $R = 28,0$ м поперечные скорости в судоход-

ном канале не превысили величину $v_{\text{пов}} = 0,15$ м/с. Это удаление и следует признать минимальным при заборе из канала максимального расхода $Q_{\text{макс}} = 46,0$ м³/с.

Р е з ю м е

Предлагается приближенный способ расчета поперечных скоростей, основанный на допустимости замены работы насоса или трубы водозабора гидродинамической моделью стока.

Л и т е р а т у р а

1. Ронжин И.С. Изучение плана течений открытого потока методом ЭГДА. - "Труды Гидропроекта", сб. 11. М., 1964.

УДК 532.542.4; 518.3

В.Б. Хейнман (канд. техн. наук), Г.Е. Иткина, Я.И. Матвеева

НОМОГРАММЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРЕНИЮ ПО ДЛИНЕ ТРУБОПРОВОДА (формула Н.З. Френкеля)

Для определения коэффициента гидравлического трения (коэффициента Дарси) предложен ряд формул, учитывающих зависимость его от размеров поперечного сечения трубы, шероховатости стенок и числа Рейнольдса. Одной из них является формула Н.З. Френкеля для турбулентного движения в промышленных шероховатых и гладких трубах:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\frac{\Delta}{3,7 d} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right]. \quad (1)$$

Однако нахождение коэффициента λ по формуле (1) связано с большой вычислительной работой.

Нами построены номограммы из выравненных точек, дающие возможность одним наложением линейки находить значения λ по заданным значениям $\frac{\Delta}{d}$ и Re .

Для удобства построения номограммы, с учетом того, что при больших значениях Re существенное влияние на значение коэффициента λ оказывает отношение $\frac{\Delta}{d}$, нами построены две номограммы. Одна номограмма (рис.1) построена для значений