XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч.I: С.26-28, 2005.

УДК 532

Р.Б.Фоничев (6 курс, каф. ГТС), В.Н.Бухарцев, д.т.н., проф.

РАСЧЕТ БЕРЕГОВОГО ВОДОСБРОСА С БОКОВЫМ ПОДВОДОМ ВОДЫ

Для расчета траншейного водосброса с боковым подводом воды используется дифференциальное уравнение неравномерного движения с боковым притоком постоянной интенсивности, которое после исключения малых величин второго порядка приобретает вид:

$$-\frac{dz}{dx}=\frac{dh_v}{dx}+\frac{2h_v}{x}. \tag{1}$$

В это уравнение, выражающее баланс расходов, входят две неизвестные функции: $z(x)$ – функция, описывающая положение свободной поверхности воды в траншее, и $h_v(x)$ – своеобразный скоростной напор потока в траншее.

Для решения поставленной задачи вместо уравнения баланса энергий вводят дополнительное условие, доопределяющее какую-либо из упомянутых функций. Широко известно, например, предложение Мильчина-Можевитинова, устанавливающее закон распределения скоростей движения воды вдоль траншеи:

$$v=v_L\eta^n, \tag{2}$$

где v_L – скорость в конце траншеи (задаваемая), $\eta = x/L \in [0;1]$, L – длина траншеи, $n \in (0;1)$ – числовой параметр.

Глубина воды в траншее, определяемая зависимостью $h(x)= h_L\eta^{1-n}$, в начальном сечении получается равной нулю, что не возможно реализовать. Поэтому получаемое решение, нарушающее, к тому же, законы механики, приходится конструктивно подправлять, что вносит неопределенную погрешность в решение задачи. В связи с этим нами предложен ряд других вариантов решения поставленной задачи, исключающих отмеченный недостаток. Например, вместо условия (2) предложено использовать условие

$$h=h_0+\left(h_L-h_0\right)\eta^n \tag{3}$$

или условие

$$\omega=\omega_0+\left(\omega_L-\omega_0\right)\eta^n, \tag{4}$$

где ω – живое сечение потока в траншее, индексы 0 и L обозначают значения величин в начале и конце траншеи, n – числовой параметр.

Получаемое при этом криволинейное очертание дна траншеи вносит значительные технологические трудности при ее возведении, поэтому траншея с плоским дном может дать существенный положительный экономический эффект. Для траншеи трапецеидального сечения с постоянным уклоном дна I = const глубина воды в любом сечении определяется рекуррентной зависимостью:

$$h = L\left(i\eta + \sqrt[3]{\frac{h_0^3}{L^3} - \frac{\lambda t^2}{12}\left[\left(4 - 3it\right)^2 + 2 \right]} \right), \qquad (5)$$

где $\lambda = \dfrac{2\alpha_0 Q_L^2}{g\left(\beta + \overline{m}\right)^2 L^5}$ – числовой коэффициент, $t = \dfrac{\eta L}{h}$, α_0 – корректив количества движения, Q_L – полный расход водного потока, сбрасываемого через водослив в траншею, g – ускорение свободного падения, $\beta = b/h$ = const, b – ширина дна траншеи, $\overline{m} = (m_1 + m_2)/2$, m_1, m_2 – коэффициенты заложения бортов (откосов) траншеи.

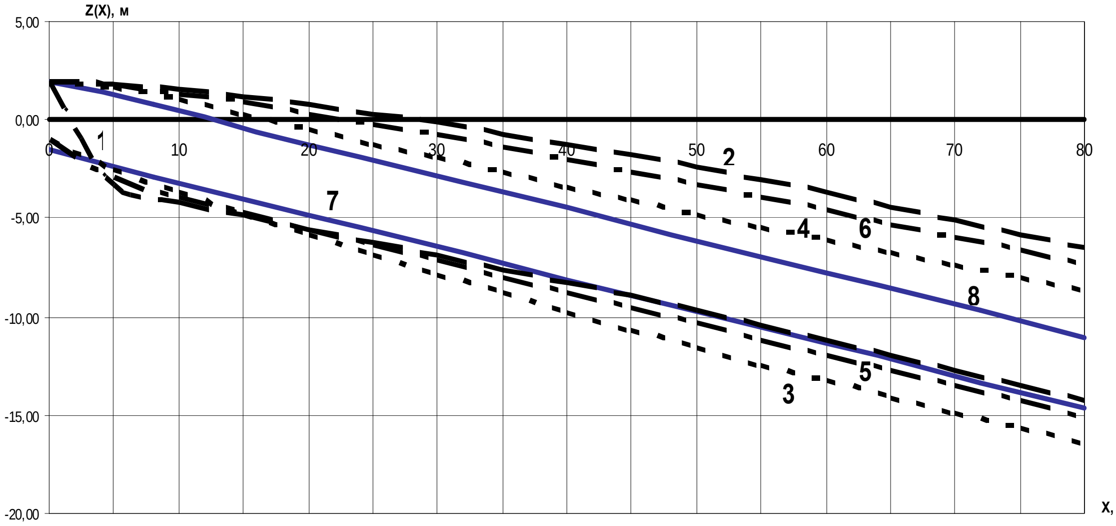

Рис. 1. Сопоставление результатов.

Значение глубины в начальном сечении траншеи h_0 задается из условия погашения избыточной кинетической энергии сбрасываемого потока. Значение i, соответствующее максимально высокому положению дна траншеи, что обеспечивает наиболее экономичное решение, определяется выражением:

$$i^3 - \frac{15}{4}\sqrt[5]{\lambda}\, i^2 + 5\sqrt[5]{\lambda^2}\, i - \frac{5}{2}\sqrt[5]{\lambda^3} + \frac{h_0^3}{L^3} = 0. \qquad (6)$$

Этому значению соответствует глубина в конце траншеи $h_L = L\sqrt[5]{\lambda}$. Используя это выражение, уравнение (6) можно представить в виде:

$$i^3 - \frac{15}{4}\frac{h_L}{L} i^2 + 5\frac{h_L^2}{L^2} i - \frac{5}{2}\frac{h_L^3}{L^3} + \frac{h_0^3}{L^3} = 0. \qquad (6^*)$$

Положение дна траншей описывается функцией $\zeta = z_0 - h_0 - ix$, где z_0 – отметка поверхности воды в начальном сечении траншеи. Свободная поверхность водного потока в траншее определяется функцией $z = \zeta + h$.

На рис. 1 представлено сопоставление результатов решения задачи с использованием выражений (2), (3), (4), (5).

Представленные графики показывают, что по зависимости (5) (кривые 7, 8) можно получить не только удобную форму дна траншеи с точки зрения производства работ, но и более высокое положение дна траншеи в сравнении с известной зависимостью (4) (кривые 5, 6).