

расчету водосливов. Прямые водосливы. – Л.: «Энергия», Ленинградское отд., 1974. – 27 с.

5. **Чугаев Р. Р.** Гидравлика. – Л.: «Энергия», Ленинградское отд., 1971. – 552 с.

6. **Агроскин И. И., Дмитриев Г. Т., Пикалов Ф. И.** Гидравлика. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1954. – 484 с.

7. **Гурьев А. П.** Совершенствование конструкции шахтного водосброса //

Известия ВНИИГ имени Б. Е. Веденеева. – Т. 254. – 2009. – С. 35–44.

8. **Гурьев А. П.** Шахтный водосброс гидроузла Джедра // Известия ВНИИГ имени Б. Е. Веденеева. – Т. 255. – 2009. – С. 106–116.

Материал поступил в редакцию 23.06.10.
Гурьев Алим Петрович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Комплексное использование водных ресурсов»
Тел. 8 (495) 471-44-72

УДК 502/504:627.5

М. А. ЕНАЛДИЕВА

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский горнометаллургический институт (СКГТУ)»

З. Г. ЛАМЕРДОНОВ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия имени В. М. Кокова»

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСНЫХ КРЕПЛЕНИЙ ДАМБ

Рассмотрен способ повышения устойчивости креплений. Приведена методика по определению коэффициента устойчивости откосного крепления. Выведено уравнение кривой, по которой предлагается делать новое крепление.

Повышение устойчивости дамб, крепление дамб, гибкое крепление дамб.

There is considered an enhancement method of aprons stability. The procedure on determination of the stability factor of slope apron is given. The equation of curvature is inferred according to which it is proposed to construct a new apron.

Enhancement of dam stability, dam apron, dams flexible apron.

Актуальным вопросом при строительстве креплений дамб является повышение устойчивости их от сползания. В результате экспериментальных исследований установлено, что устойчивость вогнутых откосных криволинейных креплений на 30...40 % выше, чем плоских, при этом наиболее оптимальным вариантом является постепенное увеличение угла поворота.

Обоснуем то, что криволинейное крепление, выполненное с постепенным увеличением угла поворота, является наиболее устойчивым от сползания [1]. В качестве примера возьмем вариант

армобутобетонного крепления, который является гибким откосным креплением [2].

Устойчивость гибкого крепления откоса от сползания можно оценить коэффициентом устойчивости, который определяется по следующей формуле [3, 4]:

$$K_y = \frac{\sum F_{уд}}{\sum F_{сдв}} \geq K_d = 1,1, \quad (1)$$

где $\sum F_{уд}$ – сумма всех сил, удерживающих гибкое крепление от сползания; $\sum F_{сдв}$ – сумма всех сил, сдвигающих гибкое крепление с откоса.

Основная сила, которая определяет состояние устойчивости крепления на

откосе, это собственный вес самого крепления.

Рассмотрим вариант гибкого армо-бутобетонного крепления на плоском откосе (рис. 1, 2). Крепление разбито конструктивно-деформационными швами на блоки размером 2х2 м (толщина крепления – 0,3 м).

Вес каждого отдельного блока

$$P = g_s V = g_s abc = 24 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0,3 = 28,8 \text{ кН}, \quad (2)$$

где g_s – удельный вес армобутобетона ($g_s = 24 \text{ кН/м}^3$); a, b, c – соответственно длина, ширина и толщина отдельного блока ($a = 2 \text{ м}, b = 2 \text{ м}, c = 0,3 \text{ м}$).

Силой,двигающей этот блок с плоского откоса, является проекция веса на плоскость скольжения (рис. 3):

$$P_x = P \cdot \sin \psi = 28,8 \sin 30^\circ = 14,4 \text{ кН}.$$

Силой, удерживающей крепление на откосе, является сила трения его о грунт основания. В качестве основания используется обычно гравийная подготовка с углом внутреннего трения $\varphi = 35^\circ$:

$$F_{\text{тр}} = P_y \text{ tg } \varphi = P \cos 30^\circ \text{ tg } 35^\circ = 17,4 \text{ кН}.$$

Зная величину силы, сдвигающей крепление, и силы, удерживающей крепление на плоском откосе, можно оценить устойчивость величиной коэффициента устойчивости. При этом надо иметь в виду, что

$$K_{\text{уст}} = \frac{3F_{\text{тр}}}{3P_x} = \frac{317,4}{3 \cdot 14,4} = 1,2 > K_d = 1,1.$$

Рассмотрим полигональное крепление: все крепление разбито на три участка, и угол поворота каждого крепления увеличивается постепенно на 15° . Устойчивость такого крепления можно оценить величиной коэффициента устойчивости:

$$K_{2\text{уст}} = \frac{\sum M_{\text{уд}}}{\sum M_{\text{сдв}}} = \frac{R_1 F_{1\text{ТР}} + R_2 F_{2\text{ТР}} + R_3 F_{3\text{ТР}}}{R_1 P_{x1} + R_2 P_{x2} + R_3 P_{x3}}, \quad (3)$$

где $\sum M_{\text{уд}}$ – сумма моментов сил, удерживающих крепление на откосе; $\sum M_{\text{сдв}}$ – сумма моментов сил, сдвигающих крепление с откоса.

Вес каждого отдельного блока равен 28,8 кН (2).

Проекция веса каждого отдельного блока на плоскость скольжения (см. рис. 2):

$$P_{x1} = P \sin \psi_1 = 28,8 \cdot \sin 15^\circ = 7,45 \text{ кН};$$

$$P_{x2} = P \sin \psi_2 = 28,8 \cdot \sin 30^\circ = 14,4 \text{ кН};$$

$$P_{x3} = P \sin \psi_3 = 28,8 \cdot \sin 45^\circ = 20,4 \text{ кН}.$$

Силы трения каждого блока соответственно равны (см. рис. 2, 3):

$$\begin{aligned} F_{\text{ТР1}} &= (P_{y1} + P_{x2} \sin 15^\circ) \text{tg } \varphi = \\ &= (P \cos 15^\circ + 14,4 \sin 15^\circ) \text{tg } 35^\circ = \\ &= (27,8 + 3,7) \text{tg } 35^\circ = 22,1 \text{ кН}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{ТР2}} &= (P_{y2} + P_{x3} \sin 15^\circ) \text{tg } \varphi = \\ &= (P \cos 30^\circ + 20,4 \sin 15^\circ) \text{tg } 35^\circ = \\ &= (24,9 + 5,3) \text{tg } 35^\circ = 21,1 \text{ кН}; \end{aligned}$$

$$F_{\text{ТР3}} = P_{y3} \text{tg } \varphi = P \cos 45^\circ \cdot \text{tg } 35^\circ = 20,2 \text{ кН}.$$

Поскольку поверхность сползания является криволинейной, коэффициент устойчивости определяется как отношение моментов сдвигающих сил к моментам удерживающих сил. Зная величины сил, сдвигающих крепление, и сил, удерживающих крепление на откосе, а также их плечи, оценим устойчивость с помощью коэффициента устойчивости. При этом имеем в виду, что $R = R_1 = R_2 = R_3 = R$, а толщина крепления незначительна по сравнению с величиной R . Тогда

$$K_{\text{уст}} = \frac{R \sum_i^n F_{\text{ТРi}}}{R \sum_i^n P_{xi}} = \frac{F_{\text{ТР1}} + F_{\text{ТР2}} + F_{\text{ТР3}}}{P_{x1} + P_{x2} + P_{x3}}; \quad (5)$$

$$K_{\text{уст}} = \frac{22,1 + 21,1 + 20,2}{7,4 + 14,4 + 20,4} = \frac{63,4}{42,2} = 1,5.$$

Полученные расчеты позволяют сделать вывод, что устойчивость полигонального откоса выше, чем плоского. Отсюда следует: чем больше число участков, на которые разбито крепление, тем выше его устойчивость на откосе. Когда число участков стремится к бесконечности, крепление становится криволинейным.

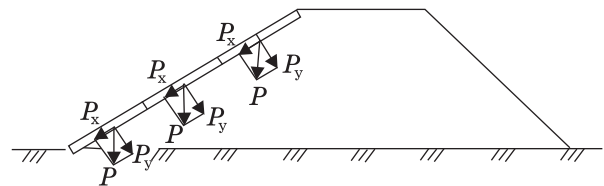


Рис. 1. Схема к расчету плоского откоса

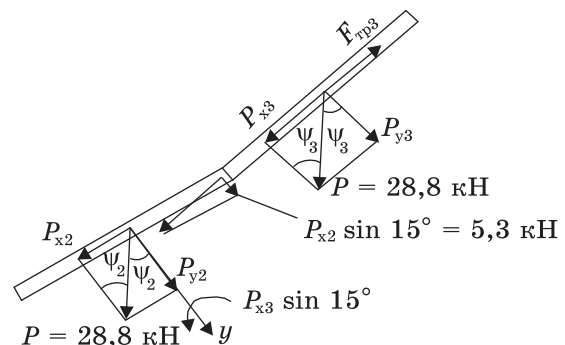


Рис. 2. Схема к расчету полигонального откоса

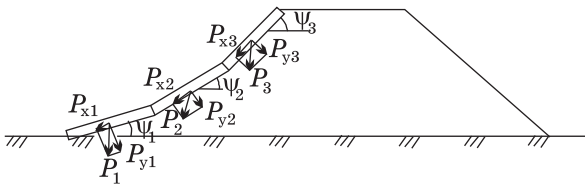


Рис. 3. Схема к расчету полигонального откоса (укрупненная)

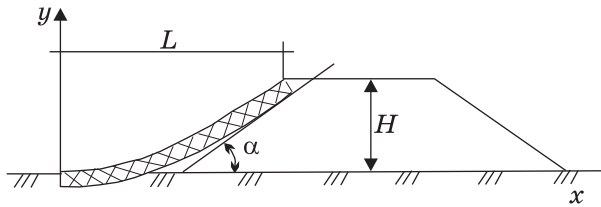


Рис. 4. Схема к расчету криволинейного откоса

Криволинейное крепление будет максимально устойчивым на откосе, когда угол поворота крепления к концу увеличится постепенно до величины α конечного угла поворота криволинейного крепления [1]. Следовательно, тангенс угла наклона касательной к кривой гибкого крепления к концу увеличится по линейному закону:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = Kx, \quad (6)$$

где K – коэффициент пропорциональности; x , y – соответственно абсцисса и ордината кривой криволинейного гибкого крепления в декартовой системе координат; α – конечный угол поворота касательной к кривой гибкого крепления ($\alpha < 90^\circ$).

Интегрируя это уравнение, получим:

$$dy = Kx dx; \quad (7)$$

$$y = K \frac{x^2}{2} + C.$$

Найдем из последнего уравнения значения коэффициентов C и K . Зная, что в начале координат $x = 0$ и $y = 0$, найдем C : $0 = 0 + C$; $C = 0$.

Зная, что в конце кривой, когда $x = L$,

где L – проекция верхового откоса на горизонтальную плоскость, угол криволинейного крепления равен α , следовательно,

$$\frac{dy}{dx} = KL = \operatorname{tg} \alpha; \quad K = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{L}.$$

Таким образом, уравнение кривой в декартовой системе координат имеет следующий вид:

$$y = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2L} x^2,$$

следовательно, $L = \frac{2H}{\operatorname{tg} \alpha}$.

Имея в виду последнюю формулу, уравнение кривой в декартовой системе координат можно переписать так:

$$y = \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{4H} x^2,$$

где H – высота дамбы.

1. **Ламердонов З. Г.** Гибкие берегозащитные сооружения, адаптированные к морфологическим условиям рек. – Нальчик: КБГСХА, 2004. – 151 с.

2. Армобутобетонное крепление: патент № 2189364 Рос. Федерация МКИ Е 02 D 17/20, Е 02 В 3/12 / З. Г. Ламердонов, А. Х. Дышеков; заяв. 16.10.2000; опубл. 20.03.2003. – Бюл. № 8.

3. Гидротехнические сооружения / Н. П. Розанов [и др.]; под ред. Н. П. Розанова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с.

4. **Волков И. М., Кононенко П. Ф., Федичкин И. К.** Гидротехнические сооружения. – М.: Колос, 1968. – 464 с.

Материал поступил в редакцию 12.05.10.
Еналдиева Мадина Анатольевна, аспирантка
Тел. 8-928-719-78-26

Ламердонов Замир Галимович, доктор технических наук, профессор

E-mail: Lamerdonov-zamir@rambler.ru

Тел. 8-928-719-78-26