

щающиеся флейты. Для достижения аналогичного эффекта очистки сетки при использовании вращающихся флейт необходимо вращать их (при одинаковом числе флейт и лопаток) с одинаковой угловой скоростью и обеспечивать соответствующую мощность струи противотока. В этом случае значительно возрастают сопротивление вращению элементов флейты и сопротивление движению воды в подводных гидротоннелях, что приводит к дополнительным затратам приводной мощности. Проведенный расчет и анализ технико-экономических показателей свидетельствуют об экономической целесообразности конструкции РЗУ.

Таким образом, конструкция двухконусного РЗУ с очистным устройством в виде динамических лопаток обеспечивает эффективную рыбозащиту и очистку сетки при меньших габаритах и затратах энергии, что будет иметь преимущество по сравнению с существующими аналогичными способами.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 1105547. Рыбозащитное устройство водозаборного сооружения, 1984. — № 28. 2. Воньярский И.П., Варнаков Н.М., Сидоров А.Н., Молочко А.В. Рыбозащитное устройство с импульсной струйной очистной сетки // Водное хозяйство и гидротехн. стро-во, 1984. — Вып. 13. — С. 39—42.

УДК 627.8

Е.М.ЛЕВКЕВИЧ, канд. техн. наук,
Т.А.КОЗЛОВА (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЧАСТИЦ ГРУНТОВОГО ОТКОСА ПРИ ДЕЙСТВИИ ВОЛН И ГРУНТОВЫХ ВОД

Положение нижней границы крепления грунтовых откосов земляных сооружений и берегов, подвергающихся волновым воздействиям, а также характеристики профиля равновесия размываемых берегов водохранилищ зависят от величины размывающих скоростей для грунтов [1—3].

Определение допустимых волновых скоростей для грунтов, слагающих откос, представляет собой сложную задачу.

В настоящее время для их определения рекомендуется пользоваться графиком [2, 4], полученным для условий горизонтального и слабонаклонного дна и при других факторах, влияющих на устойчивость частиц.

В практике имеют место случаи, когда крутые откосы из несвязных грунтов находятся одновременно под воздействием волн и фильтрационных сил, возникающих в водонасыщенных откосах при резком снижении уровней перед ним или подъеме в них уровня грунтовых вод.

Имеются единичные рекомендации [2], в которых наклон откоса следует учитывать путем уменьшения величины допустимых скоростей, определенных по [5] на величину $\sqrt{\cos \alpha}$ (α — угол наклона откоса к горизонту). Рекомендации по учету влияния фильтрационных сил отсутствуют. Вместе с тем наличие подпора грунтовых вод, как показано в [5], оказывает влияние на величину и характер деформации неукрепленного откоса под действием волн.

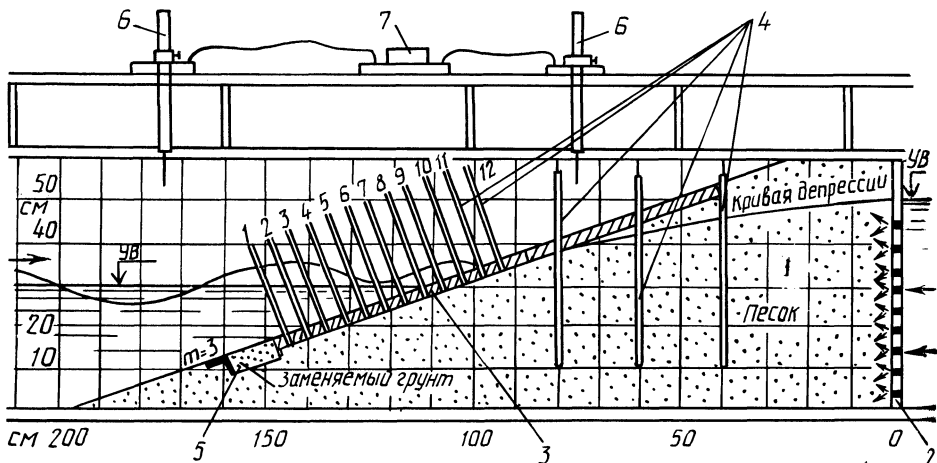


Рис. 1. Опытная установка:

1 — грунтовый откос; 2 — щит с отверстиями; 3 — плита; 4 — пьезометры; 5 — ограничитель; 6 — мерные иглы; 7 — электросигнализатор уровня

Нами проведены лабораторные исследования с целью изучения влияния крутизны откоса и грунтового потока на величину допускаемых волновых скоростей в нижней зоне откоса.

Исследования проводились в волновом лотке размером 12,0 x 0,32 x 0,6 м на размываемой модели. Последняя (рис. 1) представляла собой грунтовый откос с заложением 1:3, уложенный из среднезернистого песка с диаметром частиц $d_{10} = 0,12$ мм, $d_{50} = 0,3$ мм, $d_{60} = 0,4$ мм. С тыльной стороны откос ограничивался щитом с отверстиями, что позволяло насыщать его водой и поддерживать заданный уровень в течение опыта. На поверхность откоса укладывалось непроницаемое покрытие в виде металлической плиты, в которой было установлено 12 пьезометров с шагом 5,0 см. Плита укладывалась на заданную глубину таким образом, чтобы ее нижняя кромка находилась на глубине, превышающей критическую. На расстоянии 10 см от нижнего края плиты вниз по откосу укладывался ограничитель, представляющий собой уголок из оцинкованной жести с полками шириной 4 см. Плита устанавливалась в грунт, чтобы вторая плоскость полки была заподлицо с поверхностью откоса. Ограничитель такой конструкции позволял визуально фиксировать начало подвижек частиц грунта. На участке откоса между нижним краем плиты и ограничителем в зависимости от условий опыта укладывался просеянный песок однородного состава.

При различных уровнях воды и составах грунта откос поочередно подвергался действию волн с увеличивающейся высотой. Увеличение высоты волны производилось до тех пор, пока не начиналась подвижка частиц грунта вниз по откосу у нижней кромки плиты. В каждом опыте фиксировались отметки уровня воды перед и после откоса в пьезометрах и высоты высачивания грунтовой воды, а также высота волны, при которой начиналась подвижка частиц грунта исследуемого состава. Опыты проводились при глубине воды

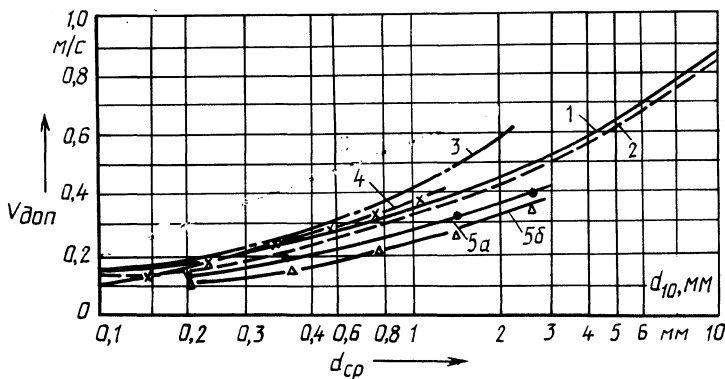


Рис. 2. Графики зависимости размывающих волновых скоростей на откосе при $m = 3,0$ для несвязных грунтов:

1 — по Шанкину П.А.; 2 — по СНиП 2.06.04-82; 3 — по Божичу П.К.; 4 — по Высоцко-му А.Ф.; 5 — опытные: 5а — при $\Delta H = 0$; 5б — при $\Delta H = 20,0$ см

в лотке 30,0 см, уровне воды за откосом 30,0–50,0 см, длине волны 100,0 см, высоте, изменявшейся в пределах 4,0–8,0 см, и с однородными песками, имеющими диаметр зерен $0,25 \leq d \leq 0,5$ мм; $0,5 \leq d \leq 1,0$ мм; $1,0 \leq d \leq 2,0$ мм; $2,0 \leq d \leq 3,0$ мм.

В результате опытов для каждого сочетания уровней воды была получена высота волны, при которой начиналась подвижка частиц грунта исследуемых диаметров.

Для каждого исследованного случая производилось вычисление максимальных донных скоростей по формуле (1):

$$v = \frac{mh}{\sqrt{\frac{\pi\lambda}{g} sh} \frac{4\pi H}{\lambda}}, \quad (1)$$

где h — высота волны, см; λ — длина волны, см; H — глубина воды перед откосом, см; g — ускорение свободного падения, $\text{см}^2/\text{с}$; $n = 0,6-0,8$ — коэффициент, зависящий от пологости волны.

На рис. 2 представлены зависимости для определения неразмывающих скоростей, а также опытные кривые начала трогания частиц для случаев, когда перепад уровней воды перед откосом и в нем отсутствует, и при перепаде, равном 20 см (с учетом падения напора в теле опытного откоса при $i = 0,10$).

Из графиков видно, что начало подвижки частиц грунта исследованных диаметров происходило при меньших волновых придонных скоростях, чем определенных по рекомендуемому графику [4], как в случае отсутствия перепада уровней, так и при его наличии. При этом уменьшение скоростей при наличии перепада больше, чем при его отсутствии. Графики показывают на влияние заложения откоса и перепада уровней на устойчивость частиц грунта на откосе. Для оценки влияния крутизны откоса и грунтовых вод на устой-

Соотношения между скоростями трогания частиц грунта при волнении на откосе с заложением 1:3 (у низа крепления) при различных уровнях грунтовой воды

Характерные диаметры частиц грунта, мм	Волновые донные скорости, м/с					
	опытные			$\frac{v_{\text{доп}} - v_{\text{оп.о}}}{v_{\text{доп}}}$	$\frac{v_{\text{оп.о}} - v_{\text{оп.20}}}{v_{\text{оп.о}}}$	$\frac{v_{\text{доп}} - v_{\text{оп.20}}}{v_{\text{доп}}}$
	$v_{\text{доп}}$	$v_{\text{оп.о}}$	$v_{\text{оп.20}}$	$v_{\text{доп}}$	$v_{\text{доп}}$	$v_{\text{доп}}$
	при $\Delta H=0$		при $\Delta H=20$ см	х100 %	х 100 %	х100 %
0,25–0,5	0,22	0,18	0,14	18	18	36
0,5–1,0	0,31	0,28	0,24	11	11	22
1,0–2,0	0,4	0,32	0,26	20	15	35
2,0–3,0	0,5	0,4	0,36	20	8	28

чивость частиц грунта на откосе были подсчитаны соотношения между скоростями начала трогания частиц и опытными скоростями, отсутствия напора грунтовых вод и при напоре 20 см.

Из табл. 1 видно, что при коэффициенте откоса $m=3$ и отсутствии перепада уровней происходит уменьшение скоростей до 20 %, при этом отклонение увеличивается по мере увеличения диаметра зерен грунта; при перепаде уровней, равном 20,0 см ($i_{\text{гр}} = 0,1$), скорости трогания частиц уменьшаются еще на 18 % от $v_{\text{доп}}$. Можно видеть, что по мере увеличения диаметра частиц грунта влияние фильтрационных сил уменьшается. Суммарное уменьшение скоростей трогания частиц под совместным воздействием волн и фильтрационных сил составило в условиях опыта в среднем 30 %.

Проведенные опыты показали, что уклон откоса и фильтрационные силы, возникающие при перепаде уровней грунтовых вод, оказывают существенное влияние на устойчивость частиц грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП П-53-73. Плотины из грунтовых материалов. — М.: Стройиздат, 1974. — 32 с.
2. Методические рекомендации по проектированию креплений откосов земляных гидротехнических сооружений, подверженных действию ветровых волн (П 52-71) ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. — Л., 1972. — 20 с. З. С и д о р ч у к В.Н. Определение нижней границы крепления откосов // Труды, совещания по гидрологии и инженерной геологии района Днепровских водохранилищ и ирригационных систем Приднепровья. Днепропетровск, 1962. — С. 217–229.
4. СНиП 2.06.04-82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). — М., 1983. — 40 с. 5. Л е в к е в и ч Е.М. Лабораторные исследования переформирования неукрепленных откосов земляных плотин под действием волн и фильтрационных сил // Энергетика. — 1971. — № 8. — С. 98–102.