

## Л и т е р а т у р а

1. А р а в и н В.И. и Н у м е р о в С.Н. Теория движения жидкостей и газов в недеформируемой пористой среде. — М., 1953. — 616 с. 2. Справочник по гидротехнике. — М., 1955. — 828 с. 3. Ч у г а е в Р.Р. Гидравлика, — Л., 1975. — 599 с. 4. П о л о ж и й Г.Н. Численное решение двумерных и трехмерных краевых задач математической физики и функции дискретного аргумента. — Киев, 1962. — 171 с. 5. Л я ш к о И.И. Решение фильтрационных задач методом суммарных представлений, — Киев, 1963. — 175 с. 6. Б у р т ы с Ю.Ф., Ч е р н и к П.К., П и с е ц к и й Г.А. Расчет трехшпунтового флютбета в полесе методом суммарных представлений // Конструкции и методы расчета мелиоративных систем. — Минск, 1985. — С. 175–186.

УДК 627.824 + 627.8.034

Е.М. ЛЕВКЕВИЧ,

В.Н. ЮХНОВЕЦ, кандидаты техн. наук (БПИ)

### НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВОЛНЕНИЯ НА ПОЛОЖЕНИЕ КРИВОЙ ДЕПРЕССИИ В ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЕ

Лабораторными исследованиями фильтрации через напорные дамбы с верховым откосом, покрытым водопроницаемым креплением, установлено: при воздействии регулярных волн наблюдается подъем кривой депрессии над ее положением, соответствующим спокойному уровню [1], т.е. изменяются характеристики грунтового потока в сооружении. Это вызывает необходимость изменения исходных расчетных условий, характеристики которых были положены в основу фильтрационного расчета сооружения. Исследование этого вопроса представляется важным, так как неучет влияния волнения на фильтрационный режим может привести к нежелательным последствиям, особенно на водохранилищах со значительным волновым режимом.

В работе [1] влияние волнения на режим фильтрации рекомендовалось учитывать условным дополнительным напором  $\Delta H_{\text{в}}$ , для определения которого была найдена зависимость:

$$\Delta H_{\text{в}} = ah_{\text{н}}, \quad (1)$$

где  $h_{\text{н}}$  — высота наката волны;  $m = \text{ctg} \alpha$  — коэффициент верхового откоса;  $\alpha$  — угол наклона откоса к горизонту;  $a = 0,075m + 0,475$  (при  $m > 7$   $a = 1$ ).

Нами были проведены натурные исследования фильтрации с целью проверки наличия подъема депрессионной кривой при волнении, а также предложенной зависимости для учета этого явления. Исследования проводились на земляной плотине малого водохранилища ГЭС, краткие сведения о котором и об условиях волнообразования приведены в источнике [2].

Плотина (рис. 1) отсыпана из мелкозернистого песка. В основании плотины залегают мелкозернистые, а также разнотернистые пески; ниже, на глубине 4,5–5,0 м, — суглинки. Верховой откос первоначально был укреплен в соответствии с проектом каменным мощением на гравийно-щебеночной под-



Определение значения отметки  $\nabla ВБ_{\text{усл}}$  выполнялось расчетом по разработанной нами методике, смысл которой заключался в следующем. Была проведена проверка соответствия положения опытной кривой депрессии при НПУ положению, определяемому теоретически по методикам [3, 4]. (Расчетную схему см. на рис. 1.) Результаты расчетов подтвердили соответствие фактического положения кривой депрессии расчетному, о чем свидетельствуют данные табл. 1.

Хорошее соответствие кривых позволило определять значения  $\Delta H_{\text{в}}$ , используя построенные графики зависимости ординат теоретических кривых депрессий, рассчитанных по [4], от напора  $H_1$ , значения которого задавались (рис. 2). Для определения  $\Delta H_{\text{в}}$  на графики рисунка накладывали опытные ординаты кривых депрессии при волнении, снимали с оси абсцисс значения  $H_1$  и по ним получали искомую отметку  $\nabla ВБ_{\text{усл}}$ . Более достоверными данными при определении отметки  $\nabla ВБ_{\text{усл}}$  считались показания первого пьезометра, так как в нем наблюдалось почти синхронное с ВБ изменение урвня.

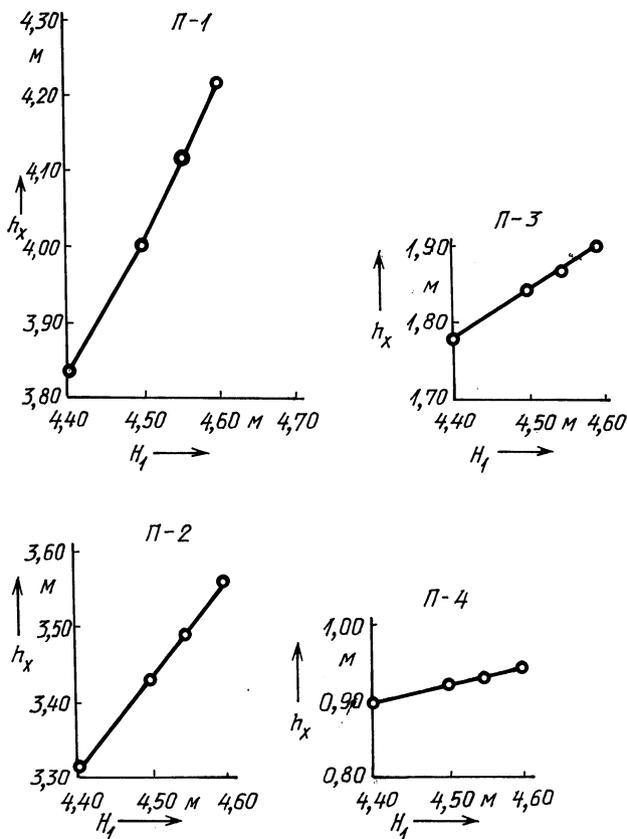


Рис. 2. Графики определения условной отметки верхнего бьефа. Плоскость сравнения на отметке 120,00

Табл. 1. Сравнение опытных ординат кривой депрессии с теоретическими при НПУ (отм. НПУ 125,50 м)

Пьезометры	1	2	3	4
$\nabla y_{оп}$ — опытные	124,04	123,70	121,83	120,96
$\nabla y_p$ — расчетные по [3]	123,97	123,56	121,90	120,88
$y_{оп} - y_p$ — в % по [3]	+1,7	+4	+4	+6
$\nabla y_p$ — расчетные по [4]	124,03	123,43	121,84	120,92
$y_{оп} - y_p$ — в % по [4]	0,25	+7,3	-0,55	-4,17

Примечание.  $y_{оп}$  и  $y_p$  — опытные и расчетные ординаты кривой депрессии в местах установки пьезометров.

Одновременно была отмечена высокая чувствительность и остальных пьезометров к изменению уровня в ВБ, особенно в условиях волнового воздействия. Так, при смене волновых режимов перед откосом незамедлительно происходили изменения в показаниях всех пьезометров. По-видимому, для фильтрационного режима при волнении велика роль пульсирующей компоненты в грунтовом потоке. Отчасти поэтому нестационарные условия плоской фильтрации в створе, обусловленной волнением, быстро сменяются стационарными при неизменности волнового режима. Это подтверждалось систематическими промерами уровня грунтовых вод в пьезометрах.

Наблюдения и опыты подтвердили применимость полученной на основе лабораторного эксперимента зависимости из источника [1] для расчета в натур-

Табл. 2. Опытные данные по измерениям  $\Delta H_B$  и элементов волн

Показатели	Номер опыта		
	1	2	3
Продолжительность волнения, ч	4	7	5
Угол подхода волн к плотине, $\beta^\circ$	80	80	21
Высота волны $h_{1\%}$ , м	0,46	0,40	0,26
Высота волны $h_{10\%}$ , м	0,36	0,32	0,20
Средняя длина волны $\bar{\lambda} = 1,56 T^*$ , м	2,39	2,64	0,91
Дополнительный напор $\Delta H_B$ , м			
опытный	0,09	0,09	0,013
вычисленный по формуле (2)	0,09	0,09	0,01

\*  $T$  — средний период, с.

ных условиях. В этом случае для учета угла подхода волн к сооружению необходимо ввести коэффициент  $k_{\beta}$  [5]. Тогда формула (1) примет вид

$$\Delta H_{\text{в}} = ah_{\text{н}} k_{\beta}. \quad (2)$$

В табл. 2 в выборочном порядке представлена часть опытных данных.

В связи с тем что на откос воздействовали нерегулярные волны, для расчета высоты наката принимались волны обеспеченностью 10 % в группе [6], которые определялись по рекомендациям авторов [7, 8].

Сравнение экспериментальных и расчетных данных по формуле (2) подтверждает их хорошую сходимость.

Для более конкретного представления о численном значении дополнительного напора  $\Delta H_{\text{в}}$  в реальных условиях выполнен расчет на примере плотины одного из гидроузлов. При скорости ветра 22 м/с, длине разгона 1,7 км [1, 2] высота волны, по [7–8],  $h_{\text{в}} = 0,6$  м; значение  $\Delta H_{\text{в}}$  получается по предлагаемой формуле равным 0,45 м, что оказывается существенным для случая низконапорной плотины.

#### Л и т е р а т у р а

1. Л е в к е в и ч Е.М., Ю х н о в е ц В.Н. Лабораторные исследования влияния волнения в верхнем бьефе на фильтрационный режим в напорной дамбе // Водное хозяйство Белоруссии. — Минск, 1972. — Вып. 2. — С. 104–108.
2. Л е в к е в и ч Е.М., Ю х н о в е ц В.Н. Некоторые особенности ветрового волнения на водоемах с малыми разгонами волн // Водное хозяйство Белоруссии. — Минск, 1973. — Вып. 4. — С. 143–147.
3. Гидротехнические сооружения: Справочник проектировщика / Под общ. ред. В.П. Недриги. — М., 1983. — 543 с.
4. Справочное пособие для фильтрационных расчетов земляных плотин // Тр. Харьков.отделение. ВНИИВОДГЕО. — Харьков, 1970. — Вып. IV. — С. 81.
5. Строительные нормы и правила "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)". СНиП 2.06.04–82. — М., 1983. — 39 с.
6. Ш а й т а н В.С. Крепления земляных откосов гидротехнических сооружений. — М., 1974. — 351 с.
7. Л е в к о в и ч Е.М., Ю х н о в е ц В.Н. К расчету высоты ветровой волны на водохранилищах с малой длиной разгона // Водное хозяйство Белоруссии. — Минск, 1974. — Вып. 4.
8. Ю х н о в е ц В.Н. О распределении высоты ветровых волн в водохранилищах // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. — Минск, 1978. — Вып. 8.

УДК 532.5

В.П. РОГУНОВИЧ,

З.А. ВОЙТЕХОВСКАЯ, кандидаты техн. наук,

И.И. ФЕДОРОВА (ЦНИИКИВР)

### ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ВОДНОГО РЕЖИМА В СИСТЕМЕ ВОДОТОКОВ

Проектирование и эксплуатация водохозяйственных объектов, имеющих большую протяженность, разнообразные по форме и размеру поперечные сечения с переменной, изменяющейся во времени и пространстве шерохова-