

зйство Белоруссии. Минск, 1976, вып. 6. 9. Саплюков Ф.В. Заиление и переработка берегов малых водохранилищ. — В сб.: Создание, сохранение и восстановление водоемов. Елгава, 1974. 10. Справочник по климату СССР. Белорусская ССР, — Л., 1966, ч. III, вып. 7. 11. Строительные нормы и правила, ч. II, гл. 57. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) (СНиП II-57-75). М., 1976. 12. Сборник № 37 единых районных единичных расценок на работы в гидротехническом строительстве. — М., 1972. 13. Каталог единичных расценок и строительные работы в БССР. — Минск, 1973.

УДК 627.417.4

Г.П. Сапожников

### УЧЕТ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОКРЫТИЙ ОТКОСОВ ПЛОТИН ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЫСОТЫ НАКАТА ВОЛН

Как показывают некоторые исследования [1], для защиты верховых откосов плотин возможно применение плит с отверстиями, что позволяет уменьшить толщину крепления и, следовательно, его стоимость.

Вместе с тем увеличение проницаемости покрытий приводит к снижению высоты наката волн на откосы [1,2]. Это в свою очередь позволяет уменьшить высоту границы крепления, что снижает стоимость защитных покрытий, которая достигает в настоящее время 40% стоимости сооружения.

Однако в литературных источниках отсутствуют данные о способе учета высоты наката на крепления, имеющие разное количество отверстий. Для выяснения этого вопроса была проведена серия опытов. Опыты проводились в волновом лотке на модели откоса, сложенной из песка. В качестве испытываемых образцов были применены плиты размером 14,5 x 14,5 x 2,0 см из бетона с количеством отверстий  $n = 0, 20, 45$  и  $81$  на каждую плиту, что составляло соответственно 0, 4, 5 и 9 отверстий по длине откоса. Проницаемость плит вычислялась по формуле

$$S = \frac{F_{\text{отв}}}{F_{\text{пл}}} 100\%, \quad (1)$$

где  $F_{\text{отв}}$  — суммарная площадь отверстий;  $F_{\text{пл}}$  — площадь плиты (табл. 1).

Максимальное число отверстий принималось из условия нецелесообразности дальнейшего увеличения их количества при определении устойчивости плит при волновом воздействии.

Для измерения параметров волн и наката использовались емкостные датчики, модернизированные по сравнению с описанными в литературе [3], обладающие постоянными характеристиками при изменении физических свойств воды (температуры, мутности), а также азрированности потока, накатывающегося на откос, что имеет особо важное значение [4].

Т а б л. 1. Расчет проницаемости плит

Количество отверстий, $h$	0	$4 \times 5 = 20$	$5 \times 9 = 45$	$9 \times 9 = 81$
Скважность $S$ , %	0	3,8	8,2	14,8

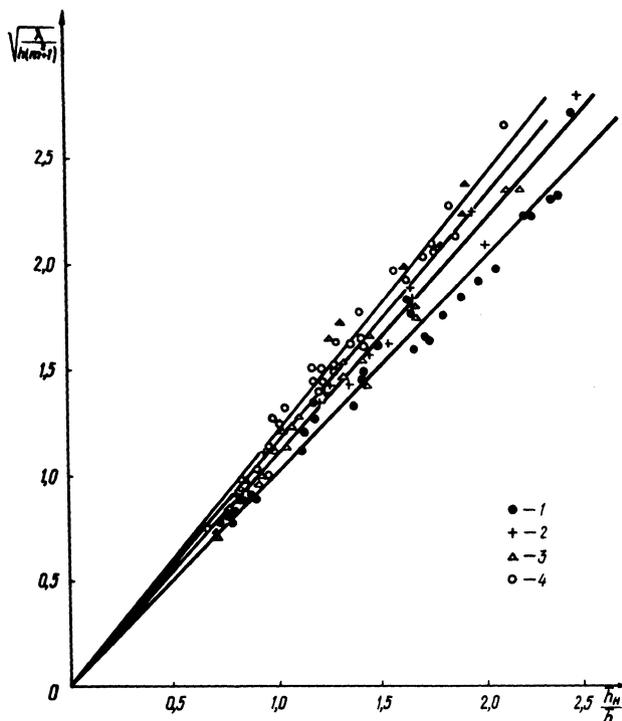


Рис. 1. Графики зависимости  $\frac{\bar{h}}{h} = f \left\{ \sqrt{\frac{\lambda}{\bar{h}(m^2+1)}} \right\}$   
 при различной скважности плит отверстий  $n$ :  
 1 — 0; 2 — 20; 3 — 45; 4 — 81.

Питание датчиков осуществлялось генераторами, имеющими частоту 12–15 тыс. Г; показания регистрировались осциллографом Н-700.

Опыты состояли в измерении длины наката волн различных параметров  $(\lambda, h)$  на откосы, укрепленные плитами, имевшими разное количество отверстий в каждой серии. Длина волн в каждой серии опытов изменялась в пределах  $\lambda = 80$ –146 см, высота  $h = 3,2$ –13,7 см.

При обработке опытных данных по осциллограммам определялись высоты накатов потока и высоты волн. Причем из дальнейших расчетов исключались 3–4 первые волны, образующиеся в лотке после включения волнопродуктора, и соответствующие им длины наката. За расчетную принималась средняя из 20–25 высот волн, измеренных по осциллограммам.

Анализ литературы по определению высоты наката [5,6,7] показал на отсутствие единой методики подсчета этой величины, вследствие чего зависимости  $h_H = f(\lambda, h)$ , предложенные разными авторами, дают расхождения до 30%. Известно [2,6], что высота наката — величина, варьируемая как при нерегулярном, так и при регулярном волнении: исходные волны одной высоты и длины вызывают различную высоту наката. Поэтому в качестве расчетной высоты наката  $\bar{h}_H$  (получаемой делением измеренной датчиком длины наката  $l_H$  на  $\sqrt{m^2 + 1}$ , где  $m$  — коэффициент заложения откоса) была выбрана средняя из 20–25 аналогично методике, принятой для определения высоты наката при нерегулярном волнении [8].

По опытным данным получено, что связь между высотой наката и параметрами волн описывается зависимостью:

$$\bar{h}_H = k_{об} \bar{h} \sqrt{\frac{\lambda}{\bar{h}(m^2 + 1)}}, \quad (2)$$

что совпадает с предложением В.Л. Максимчука [4], а также результатами И.Я. Попова, В.М. Рябых [9]. В этой формуле  $k_{об}$  — коэффициент, зависящий от шероховатости и проницаемости крепления откоса, т.е.

$$k_{об} = k_{ш} k_{п}. \quad (3)$$

Результаты обработки приведены на рис. 1,а, значения  $k_{об}$  в табл. 2.

Шероховатость плит во всех опытах была одинакова. Приняв коэффициент шероховатости для бетона  $k_{ш} = 0,9$  [6], получим значения коэффициента проницаемости  $k_{п}$ , представленные в табл. 3.

График связи  $k_{п} = f(S)$  представлен на рис. 2. По данным табл. 3 получена зависимость  $k_{п} = 1,11 e^{-0,015S}$  (4). Подставляя ее в (2), имеем

$$\bar{h}_H = 0,999 e^{-0,015S} \bar{h} \sqrt{\frac{\lambda}{\bar{h}(m^2 + 1)}}, \quad (5)$$

позволяющую учесть при определении высоты наката непосредственную характеристику проницаемости — скважность.

Т а б л. 2. Зависимость значения  $K_{об}$  от скважности

Скважность $S, \%$	0	3,8	8,2	14,8
$k_{об}$	0,998	0,919	0,889	0,858

Т а б л. 3. Зависимость значения  $K_{п}$  от скважности

Скважность $S, \%$	0	3,8	8,2	14,8
$k_{п}$	1,108	1,021	0,987	0,953

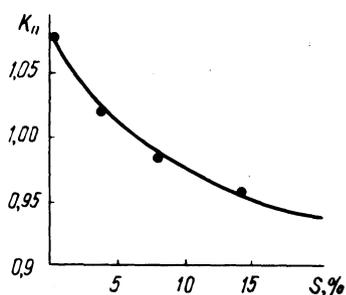


Рис. 2. График связи  $k_{п} = f(S)$ .

Полученная зависимость применима для гладких бетонных плит с различным количеством отверстий. В случае устройства монолитного покрытия с отверстиями скважность определяется отношением площади отверстий к единице площади крепления.

#### Л и т е р а т у р а

1. Натальчин Г.Д. Берегоукрепительные сооружения из щелевых плит и фасонных блоков. — Транспортное строительство, 1976, № 8.
2. Шайтан В.С. Крепления земляных откосов гидротехнических сооружений. — М., 1974.
3. Орлов Т.В. Аппаратура для изучения волновых процессов в водоемах. Тр. коорд. совещ. по гидротехнике. — Л., 1969. вып. 51.
4. Пышкин Б.А., Русаков С.В., Максичук В.Л. Проектирование защитных сооружений на водохранилищах. — Киев, 1962.
5. Шабанов А.Д. Крепление напорных земляных откосов. — М., 1971.
6. Пышкин Б.А. Динамика берегов водохранилищ. — Киев, 1973.
7. Красножон Г.Ф. Накат волны на откосы. — В сб.: Теория волн и расчет гидротехнических сооружений. М., 1975.
8. Пономарев И.Н. Исследование наката нерегулярных волн на гладкие непроницаемые от —

косы. — Гидротехническое строительство, 1976, № 4. 9. Попов И.Я., Рябых В.М. Исследование силового воздействия волн на крепление откосов земляных сооружений на крупномасштабных моделях. — В сб.: Научные исследования по гидротехнике в 1970. Л., 1971.

УДК 624.131.52

Н.Д. Банников, Ю.А. Соболевский,  
П.И. Харитonenko

### НАПРЯЖЕНИЯ БЫСТРОЗАГРУЖАЕМЫХ АНИЗОТРОПНЫХ ПО ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ОСНОВАНИЙ

В работе [1] начальные фильтрационные напряжения были определены в предположении гидростатической схемы их распределения, т.е. при коэффициенте бокового расширения  $\mu = 0,5$ . Однако исследования, проведенные в последние годы, указывают на то, что  $\mu$  зависит от плотности сложения грунтовых частиц, структурных связей, наличия защемленного воздуха и может принимать значения от 0,3 до 0,5 [2]. В связи с этим проанализируем влияние этого фактора на начальное распределение напряжений.

Основные уравнения равновесия с учетом коэффициента бокового расширения для анизотропного по водопроницаемости водонасыщенного основания при наличии объемных фильтрационных сил, возникающих при быстрых нагружениях, будут иметь вид:

$$\sqrt{k_x} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \sqrt{k_y} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \sqrt{k_x} \gamma_o \frac{\partial H}{\partial x} = 0; \quad (1)$$

$$\sqrt{k_y} \frac{\partial \sigma_x}{\partial y} + \sqrt{k_x} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \sqrt{k_y} \gamma_o \frac{\partial H}{\partial y} = 0; \quad (2)$$

$$k_x \frac{\partial^2 (\sigma_x + \sigma_y)}{\partial x^2} + y k_y \frac{\partial^2 (\sigma_x + \sigma_y)}{\partial y^2} + \frac{\gamma_o}{1-\mu} (k_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2}) = 0, \quad (3)$$

где  $k_x, k_y$  — коэффициенты фильтрации в горизонтальном и вертикальном направлениях;  $H$  — избыточный напор в поровой воде;  $\gamma_o$  — объемная масса воды.

Решение этих дифференциальных уравнений с использованием метода комплексного переменного [3] является суммой общего и частного реше-