

### НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛИТ КРЕПЛЕНИЙ В УСТАНОВИВШЕМСЯ ПОТОКЕ

Исследованием устойчивости плит креплений откосов и дна каналов занимались многие авторы [1–7]. Однако ряд вопросов требуют изучения и уточнения.

Рассматривая условия работы плит сквозных покрытий, можно заметить, что при движении воды в русле или вдоль поверхности откоса они работают по схеме двустороннего обтекания потоком: с верхней стороны плиты движется поверхностный поток с высокой степенью турбулентности, с нижней — поток в слое подготовки, на который обычно эти плиты укладываются. При этом направление потока под плитами может совпадать с направлением поверхностного потока, может быть направлено навстречу ему, а может и отсутствовать [1,2,3]. При обтекании плиты с двух сторон потоками, имеющими разные скорости, образуется перепад давлений, который в зависимости от условий обтекания может повышать или уменьшать устойчивость плиты [2,38]. Нами исследовалось влияние сил, возникающих при обтекании плит креплений установившимся потоком, на их устойчивость. Исследования проводились в гидравлическом проточном лотке, на установке, состоящей из горизонтальной полки, разделяющей поток на нижнюю и верхнюю части. Средняя часть полки имела разрыв 16 x 16 x 20 см, в который можно было заложить на специальные держатели исследуемую плитку. Регулирование расходов и скоростей производилось путем изменения напора и соответствующим перекрытием входного и выходного отверстий под разделительной полкой. Измерение расхода над и под разделительной полкой производилось при помощи мерных водосливов. Средняя скорость определялась расчетом по расходу и площади живого сечения, а также по данным измерений микровертушкой и скоростной трубкой. Для опытов была изготовлена серия плиток с различной объемной массой (от 1,0 до 2,4 г/см<sup>3</sup>). Суть опытов заключалась в том, что при различных условиях укладки плит в лотке пропускался поток, скорость которого постепенно наращивалась до тех пор, пока не замечалась подвижка плиты с заданной объемной массой. В момент подвижки фиксировались на вертикалях: уровни свободной поверхности поверхностного потока, скорости над и под плиткой. Всего было проделано четыре группы опытов. Каждая из них состояла в определении условий, при которых сдвигались плитки с различной объемной массой при заданных условиях обтекания и ширине шва между плиткой и разделительной полкой ( $\frac{\delta}{t} = 0,05 \div 0,35$ , где  $\delta$  — ширина шва;  $t$  —

толщина плитки). Каждая группа опытов соответствовала определенным условиям расположения плитки:

- 1) на дне;
- 2) на уровне полки при отсутствии движения воды под ней;
- 3) на уровне полки при наличии движения воды под ней;
- 4) то же, что и 3, с заполнением подплитного пространства гравийным материалом различной крупности.

Опыты показали, что во всех случаях под плиткой наблюдалось движение потока в сторону нижнего бьефа, возникающее в результате наличия швов независимо от того, создавалось или не создавалось движение под плиткой путем подачи воды через входное отверстие. При этом во всех опытах поток воды, поступающий через верховой шов в подплитное пространство, имел выход через низовой шов. При введении красителя — раствора перманганата калия — через верховой шов все пространство под плиткой окрашивалось в темный цвет, а затем, по истечении времени, пространство светлело из-за движения потока через низовой шов.

В результате наблюдений за состоянием свободной поверхности потока было установлено, что условия расположения плитки оказывают влияние на характер движения потока. В первой и второй группах опытов на свободной поверхности потока местные возмущения отсутствовали при увеличении относительной ширины швов до  $\frac{\delta}{t} = 0,5$ . И только при ширине швов более 0,5 (при глубине потока над плиткой  $\frac{h}{t}$  менее 2,5) на свободной поверхности наблюдались местные возмущения типа прыжок-волна. В третьей и четвертой группах опытов за низовым швом образовывался четко выраженный прыжок независимо от ширины шва и глубины потока над плиткой.

Анализ расходных характеристик потока перед плиткой и за ней в третьей группе опытов показал, что наличие швов оказывает существенное влияние на перераспределение расходов на участке под плиткой. На рис. 1 приведены графики зависимости  $Q = f(H)$  для случаев, когда швы отсутствуют (1,2) и когда между плиткой и раздельной полкой имеется шов (3,4). Из рисунка видно, что в пределах плиты за низовым швом произошло перераспределение расходов. При этом расходы поверхностного потока уменьшались, а под раздельной полкой — увеличивались.

При анализе опытных данных по исследованию устойчивости плит выявилось, что во всех случаях начало подвижки плит находилось в прямой зависимости от скорости потока над плиткой и объемной массы при заданной ширине шва. В первой и второй группах опытов эта зависимость примерно одинакова (рис. 2). Опыты третьей и четвертой групп показали, что и здесь имеет место прямая зависимость между этими параметрами. Однако характер зависимости несколько иной.

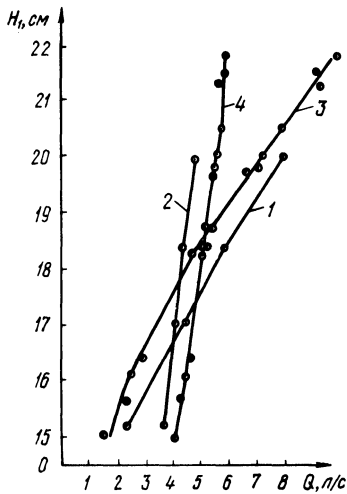


Рис. 1. Графики зависимости  $Q = f(H)$ . Расход над и под плиткой: 1, 2 — при закрытых швах; 3, 4 — при ширине шва  $\frac{\delta}{t} = 0,1 \div 0,25$ .

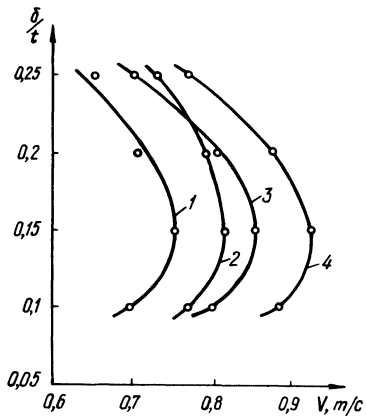


Рис. 2. Графики зависимости сдвигающих скоростей от ширины шва  $\gamma$ : 1 —  $1,08 \text{ г/см}^3$ ; 2 —  $1,03$ ; 3 —  $1,13$ ; 4 —  $1,20 \text{ г/см}^3$ .

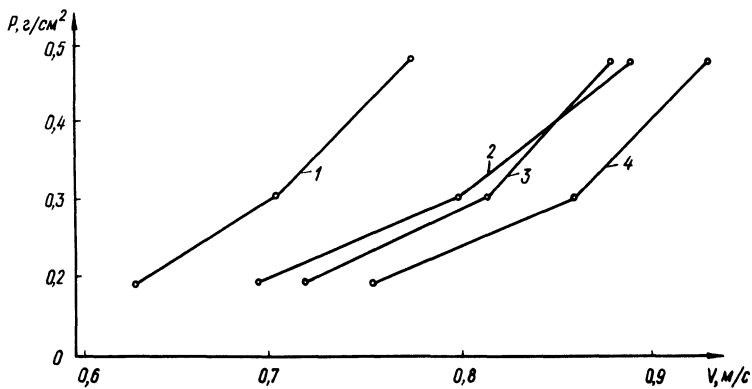


Рис. 3. Графики зависимости сдвигающей силы от скорости поверхностного потока. Ширина шва  $\frac{\delta}{t}$ : 1 —  $0,25$ ; 2 —  $0,10$ ; 3 —  $0,20$ ; 4 —  $0,15$ .

Анализ опытных данных показал отсутствие зависимости между подвижкой плит и разностью поверхностных и подплитных скоростей. Полученные данные о зависимости критического состояния плитки от ее объемной массы  $\gamma$  дают возможность путем простейших расчетов перейти к оценке величины подъемной силы. При этом допускаем, что одинаковы величина касательных напряжений на границе плитка–вода для плиток с различным  $\gamma$  и величина лобового давления при одинаковой ширине шва и скорости потока. Для выявления влияния ширины шва на устойчивость плит были построены графики  $v = f(P)$  (рис. 3). Из графика следует, что в условиях опыта величина этого давления достигает  $0,48 \text{ г/см}^2$  при  $v = 0,91 \text{ м/с}$  и ширине шва  $\frac{\delta}{t} = 0,15$ .

Из вышеприведенного следует, что устойчивость плит существенно зависит от ширины шва. Причем отсутствует линейная зависимость между шириной шва и началом подвижки плит. Для всех опытов (см. рис. 2) наблюдалась подвижка плит при ширине шва  $\frac{\delta}{t} = 0,1 \div 0,25$ , наибольшая устойчивость плиты – при ширине шва  $\frac{\delta}{t} = 0,15$ .

Данные  $t$  опытов подтверждаются исследованиями некоторых авторов [9] по взаимодействию установившегося потока над дном, имеющим местные углубления.

## Л и т е р а т у р а

1. Ш а й т а н В.С. Крепление земляных откосов гидротехнических сооружений. — М., 1974.
2. С а в а р е н с к и й А.Д. Гасители энергии и крепления русла за плотинами. — М.—Л., 1938.
3. Б е л я ш е в с к и й Н.Н. П и в о в а р Н.Г., К а л а н т ы р е н к о И.И. Расчеты нижнего бьефа за водосбросными сооружениями на нескальных основаниях. — Киев, 1973.
4. Защита от размыва русел и нижних бьефов водосбросов (рекомендации по проектированию). — М., 1974.
5. Г о н ч а р о в В.Н. Динамика русловых потоков. — Л., 1962.
6. Л я х т е р В.М., Х а л т у р и н а Н.В., Б о ж и ч Л.И. Пульсация давления под плитами крепления за водосливной плотиной. Тр. гидропроекта. Исследования и расчеты гидротехнических сооружений на действие динамических нагрузок. — М., 1963, с. 49—68, вып. 10.
7. П р а в д и в е ц Ю.П. Крепление водотоков каменной наброской. — Энергетическое строительство, 1977, № 11, с. 83—87.
8. Б у г а й Н.Г. Свободная фильтрация из одиночной щели. — В сб.: Гидромеханика. Киев, 1978, вып. 37, с. 108—112.
9. Ч ж е н П. Отрывные течения. — М., 1972, т.2.