

грунта); 2) пульсации скоростей затухают менее интенсивно и проникают на большую глубину, чем в грунтах, находящихся под воздействием равномерных потоков; 3) коэффициенты взаимной корреляции между пульсациями скорости в придонной области и в грунте возрастают с увеличением интенсивности турбулентности и диаметра частиц грунта.

Последнее свидетельствует о том, что изменение давления на верхних гранях частиц вызывает изменения давления на нижних гранях с меньшим запаздыванием, чем в случае, когда грунт находится под воздействием равномерного потока. А это в свою очередь приводит к снижению взвешивающего усилия, возникающего за счет рассогласования давления. Следовательно, в воронке размыва основную роль в нарушении устойчивости частиц должны играть лобовое и подъемное усилия, возникающие за счет несимметричного обтекания частиц потоком, величина которых определяется мгновенной придонной скоростью в каждой точке воронки размыва.

Результаты исследований позволили дополнить сведения о взаимодействии потока с грунтом и оценить роль взвешивающего усилия, возникающего за счет рассогласования давления на верхних и нижних гранях частиц, в нарушении их устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. В а с и л ь ч е н к о Г.В. Проникновение турбулентного потока в подстилающий его несвязный грунт. — В сб.: Вопросы водохозяйственного строительства. Минск, 1970, с. 131–141.
2. В а с и л ь ч е н к о Г.В., К а л и н о в и ч А.С. Турбулентное течение жидкости на границе с несвязным грунтом. — В сб.: Гидравлика водопропускных сооружений. Гомель, 1973, с. 115–118.
3. К а л и н о в и ч А.С. Исследования взаимодействия турбулентного потока с несвязным грунтом. — В сб.: Комплексное использование водных ресурсов. М., 1974, вып. 2. с. 175–183.
5. В а с и л ь ч е н к о Г.В., Н е л и п о в и ч Н.Б. Прибор для измерения скоростей течения жидкости элетрохим. способом. — Труды координ.совещ. по гидротехнике. Вып. 51, 1969, с. 94–100.
6. Т а у н с е н д А.А. Структура турбулентного потока с поперечным сдвигом. — М., 1959. — 399 с.
7. Б л э к Т.Дж. Некоторые практические приложения новой теории турбулентности пристенного слоя. — В кн.: Достижения в области теплообмена. М., 1970, с. 325–351.

УДК 627.15

Н.В.СУРМА (БПИ)

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА НИЖНЕГО БЬЕФА ЗА НИЗКОНАПОРНОЙ ВОДОСБРОСНОЙ ПЛОТИНОЙ

Поток, прошедший через плотину, обладает запасом кинетической энергии и воздействует на русло. Для надежной работы плотины предусматривается крепление нижнего бьефа, а иногда и устройство гасителей на нем. Крепление на участке водобоя обычно выполняется из монолитного железобетона, а на участке рисбермы — из сборного.

При проектировании сооружения для правильного выбора устройств нижнего бьефа в каждом конкретном случае необходимы данные о гидравлическом режиме в нижнем бьефе за плотиной, которые, как правило, получают лабораторными исследованиями.

Нами был рассмотрен случай работы сооружения, характеризующийся следующими данными: высота плотины $P = 2,1$ м, два пролета соответственно по 25,0 и 50,0 м, общая длина крепления нижнего бьефа 62,0 м. Плотина расположена на песках средней крупности (рис. 1).

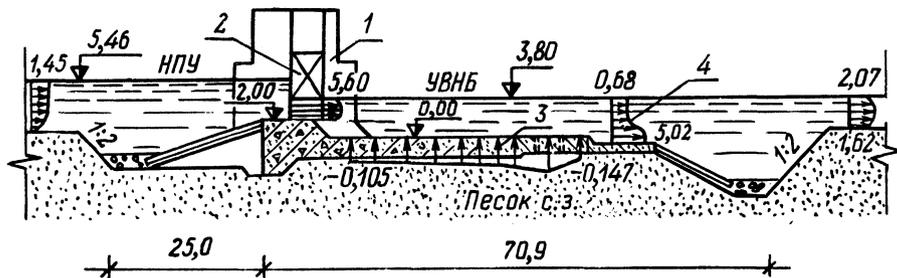


Рис. 1. Схема исследуемого сооружения: 1 – бык; 2 – затвор; 3 – эпюра дефицита давления; 4 – эпюра скоростей.

Задача состояла в изучении гидравлического режима в верхнем и нижнем бьефах плотины при пропуске характерных расходов и соответствующем маневрировании затворами. Были исследованы варианты работы сооружений.

Исследования проводились в гидравлическом проточном лотке размером 12,0 x 0,32 x 0,6 м в условиях пространственной задачи на модели с различными вертикальными и горизонтальными масштабами: $M_{\text{верт}} - 1 : 42$; $M_{\text{гор}} - 1 : 125$. На водобое и рисберме водосбросной плотины в продольном направлении выведены в 4 ряда устья пьезометров для измерения давлений на верхней поверхности плит (рис. 2). В каждом ряду размещалось соответственно 10, 8, 10 и 10 устьев пьезометров. Устья пьезометров резиновыми трубками соединялись со стеклянными трубками, расположенными на боковой стенке лотка.

Измерения скоростей производились в шести поперечных створах, на каждом из которых они выполнялись по вертикалям, в каждом продольном ряду. Для этого использовалась микровертушка 10 мм. Импульсы от нее регистрировались счетным устройством конструкции ЦНИИКИВР [1].

В лотке пропускался определенный постоянный расход при соответствующих уровнях в ВБ и НБ. После стабилизации уровней и расхода регистрировались показания пьезометров и мерными иглами определялись отметки свободной поверхности потока с последующим измерением скоростей по вертикалям в заданных створах. Данные об исследованных вариантах работы сооружения представлены в табл. 1.

В результате их обработки установлено, что максимальные донные скорости наблюдались в первом варианте работы сооружения и составляли $v = 5,02$ м/с, максимальные дефициты давления равнялись $1,24$ т/м² в варианте 2 а.

Нами было принято, что дефицит давления есть разность между глубиной потока и пьезометрической высотой для каждой отдельной точки относительно верхней поверхности плиты. Это дало возможность получать дефицит давле-

ния для случая дренированного крепления, независимо от количества дренажных отверстий. Численные значения дефицита в нашем случае имели положительные (+0,042) – (+1,970 м) – на модели +(0,1) – +(4,69 см) и отрицательные (–0,042) – (–1,240 м) – на модели (–0,1) – (–2,95 см) значения. Первые играют роль пригрузки на работу крепления нижнего бьефа, вторые вызывают подъем элементов крепления или (при незначительной величине) расширяют эти элементы, что существенно сказывается на устойчивости.

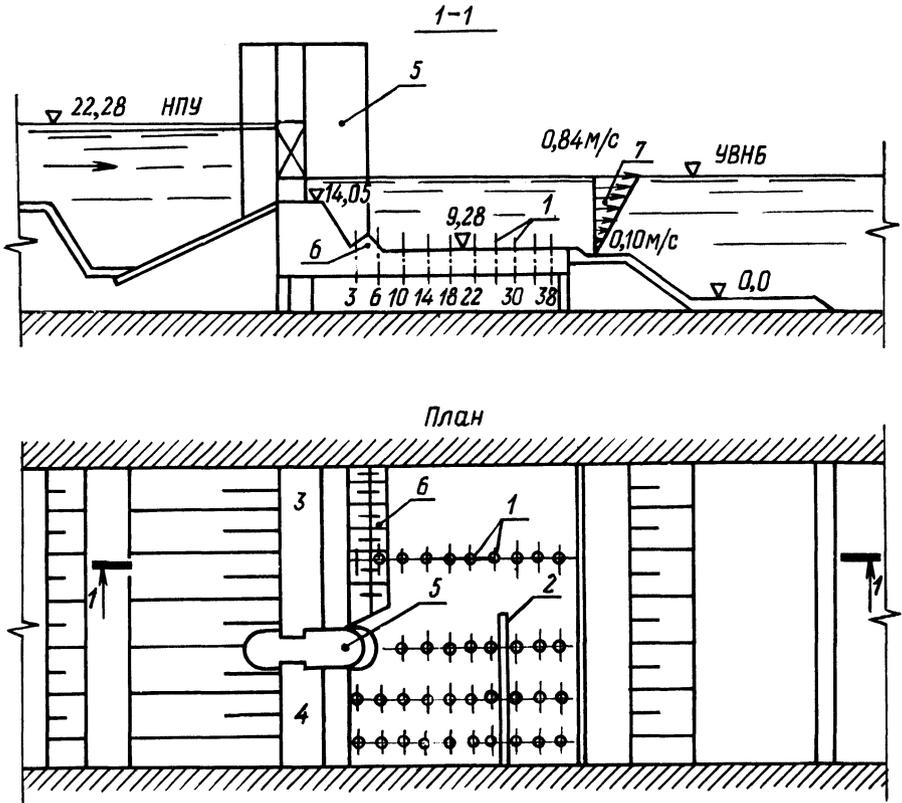


Рис. 2. Схема установки предлагаемого гасительного устройства: 1 – устья пьезометров; 2 – водобойная стенка прямоугольного поперечного профиля; 3 – часть первого пролета; 4 – часть второго пролета; 5 – бычок; 6 – стенка треугольного поперечного профиля; 7 – эпюра скоростей.

При обработке опытных данных было замечено, что дефицит давления в случае гладкой поверхности крепления нижнего бьефа можно определять по зависимости [2]:

$$\Delta P / g\rho = 0,1266 \frac{v^2}{2g} + 0,0013. \quad (1)$$

Табл. 1. Исследованные варианты работы плотины

Номер варианта	Степень открытия затворов		Q, м ³ /с	Отметки уровней, м	
	1-й пролет	2-й пролет		ВБ	НБ
1	Открыт	Закрыт	350	214,36	212,7
2	Закрыт	Открыт	—	214,36	218,8
2а	—	—	—	214,10	212,4
3	Открыт	Закрыт	440	214,8	214,3
4	Закрыт	Открыт	340	215,6	214,3

Так, в первом варианте работы сооружения по формуле (1) имеем $\Delta P/g\rho = 0,164$ м, а по пьезометрам, установленным в створе IV, — $\Delta P/g\rho = 0,147$ м (расхождение в данных пределах 10%). Амплитуда пульсации давления в условиях опыта находилась в пределах 0,012–0,420 м. Было установлено, что в первом варианте работы сооружения скорости у дна значительные — до 5,02 м/с.

В дальнейшем исследовании были направлены на нахождение способов уменьшения этих скоростей. Так, известно, что наиболее эффективным средством уменьшения донных скоростей являются рассеиватели энергии потока. Рассматривались следующие типы рассеивателей: 1) двойной ряд шашек (в шахматном порядке, высота шашек $H_{ш} = (0,5 - 1,0)h_c$, расстояние — $(5 \div 6)h_c$ от сжатого сечения) и водобойная стенка $H_c = (1,0-1,5)h_c$ на расстоянии $(15-20)h_c$ [3]; 2) ряд пирсов с наклонной верховой гранью и сплошной водобойной стенкой с вертикальной напорной гранью. Стенка устанавливалась за пирсами [4]; 3) два ряда шашек в шахматном порядке. Вышеприведенным типам гасителей присущи некоторые недостатки: сложность в изготовлении, повышенный расход бетона, возможность возникновения кавитации на их поверхностях и др. Чтобы исключить некоторые из приведенных недостатков и уменьшить придонные скорости, предложена стенка треугольного поперечного профиля, которая устраивалась поперек потока в разных положениях по длине водобоя.

На основании этих опытов было установлено, что скорости у дна уменьшились с 5,02 до 0,60 м/с при высоте стенки 0,67 м и при размещении ее за порогом водосбросной плотины (см. рис. 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. В.П.Р о г у н о в и ч. Однополюсная микровертушка. — В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Минск, 1965, с. 458–464.
2. Е.М.Л е в к е в и ч, Н.В.С у р м а. К вопросу распределения давлений на плиты креплений при различных режимах движения потока. — В сб.: Водное хозяйство и гидротехническое строительство. Минск, 1981, вып. 11, с. 88–91.
3. В.В.Б а р о н и н. Исследования местных размывов русла и рассеяния энергии в нижних бьефах гидросооружений, снабженных гасителями энергии в виде шашек и водобойных стенок. — Научно-технический информационный бюллетень: Гидротехника. Л., 1957, № 8, с. 19–32.
4. Ф.Г. Г у н ь к о. Гасители энергии и маневрирование затворами как мероприятие по борьбе со сбийными течениями в нижних бьефах гидроузлов: Труды координационных совещаний по гидротехнике. — М. — Л., 1964, вып. 12, с. 183–200.