

Она справедлива в том случае, когда характер истечения зарядной струи (незатопленное или затопленное истечение) одинаков для модели и природы. Однако в опытах, для которых отношение h/h_0 модели находится в диапазоне от $\bar{a}_1^{-1/4}$ до 1, характер истечения на модели и в природе различен, т.е. на модели имеет место незатопленное истечение зарядной струи, в природе — выходящее сечение зарядной трубки затоплено. Для учета подобного явления коэффициенты \bar{C} и \bar{C}' необходимо вычислять по формулам (5) и (6), несмотря на то, что истечение зарядной струи является незатопленным. Получаемая при этом величина h_0 позволяет определять значение ρ' по графику, представленному на рис. 2.

Проведенные модельные исследования и полученные на их основе зависимости для определения величин h_0 и K , а также график для определения величины поправочного коэффициента ρ' позволяют рассчитать параметры сифонного водовыпуска с зарядной трубкой при использовании его в водорегулирующих сооружениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 696095 (СССР). Водовыпускное устройство/Альферович А.Н. — Оpubл. в Б.И., 1979, № 41. 2. Евреенко Ю.П., Солнышков В.А. Моделирование потоков в сифонах. — Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура, 1974, № 1, с. 102. 3. Храповский В.А. Аэрация потока в типовых шахтных перепадах. В сб.: Гидравлика сооружений оросительных систем: Тр. НИМИ. — Новочеркасск, 1973, т. 15, вып. 5, с. 172. 4. Чанишвили А.Г. Масштабный эффект аэрации при моделировании гидротехнических сооружений. — Изв. ТНИИСГЭИ. Л., 1962, т. 14, с. 25.

УДК 626/627

М.К.ПОВАЛЯЕВ, мл. науч.сотр (ЦНИИКИВР)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КРЕПЛЕНИЕ ОТВОДЯЩЕГО РУСЛА ВОДОРЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Одной из возможностей совершенствования методов расчета жесткого крепления нижнего бьефа гидросооружений является учет динамического характера взаимодействия крепления с потоком и основанием [1, 2]. Это особенно важно при расчетах сборных креплений из элементов относительно малых плановых размеров и массы, которые вследствие своей малоинерционности в наибольшей степени испытывают воздействие пульсационной составляющей гидродинамической нагрузки.

Для расчета малоинерционных элементов сборного крепления предложен метод и получены зависимости [3], позволяющие определять толщину δ элементов соответственно в случае прямого всплывания:

$$\delta = \frac{2S}{gb^2 \tau (\rho - \rho_B)} \quad (1)$$

и в случае опрокидывания вокруг одного из нижних поперечных к потоку ребер:

$$\delta = \frac{D}{b \left[\frac{\rho l^3}{3} \arcsin \left(\frac{z\tau}{l} \right) + g \left(\frac{l\tau}{2} \right)^2 (\rho - \rho_B) \right]}, \quad (2)$$

где S — расчетный импульс момента M' пульсационного дефицита суммарной гидродинамической нагрузки, выражаемый формулой

$$S = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} M'(t) dt; \quad (3)$$

D — параметр, характеризующий действие расчетного импульса и определяемый по формуле

$$D = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} S(t) dt; \quad (4)$$

τ и t_0 — продолжительность и начальный момент действия расчетного импульса соответственно; b и l — ширина и длина элемента крепления; ρ и ρ_B — плотности материала крепления и воды; g — ускорение свободного падения; z_{τ} — наибольшее допустимое вертикальное перемещение элемента под воздействием расчетного импульса S , принимаемое в качестве критерия нарушения устойчивости.

Согласно предложенному методу, расчет производится на величину расчетного импульса S или импульсного параметра D , а не гидродинамической нагрузки или ее момента, что обычно принято в подобного рода расчетах [4]. Поэтому при использовании зависимостей (1) и (2) учитывается динамический импульсный характер расчетной пульсационной нагрузки. Кроме того, принятый критерий устойчивости z_{τ} , определяемый допустимым зазором между основанием и элементом крепления [2], позволяет учитывать возможный отрыв вибрирующего элемента крепления от основания.

Для реализации предложенного метода в практических расчетах необходимы данные о количественных значениях параметров S , D и τ , входящих в расчетные зависимости. С целью их получения на специально изготовленной установке были проведены экспериментальные исследования гидродинамического воздействия потока на элементы креплений.

Экспериментальная установка (рис. 1) смонтирована в остекленном гидравлическом лотке 1 с размерами поперечного сечения $0,5 \times 0,8$ м и длиной 20 м на массивной опоре 2 и включает герметический измерительный блок 3, жестко связанный с опорой трубчатыми стойками 4. Измерительный блок 3 состоит из металлического корпуса 5, закрытого сверху крышкой 6 и массивной плитой 7, в которых прорезаны прямоугольные отверстия для сменной регистрирующей плиты 8, укрепленной на одном плече рычага 9. На другом плече рычага 9, ось поворота 10 которого совпадает с нижним ребром регистрирующей плиты, установлены пружины 11. Их количество и механические

кие характеристики позволяют изменять чувствительность и частоту собственных колебаний образованной таким образом колебательной системы. В данном случае частота собственных колебаний составила около 130 Гц в воздухе и не ниже 100 Гц в воде, что позволяет без искажения регистрировать пульсационные процессы с максимальными частотами до 20 Гц и тарировать измерительный блок статическим способом [5].

Под воздействием гидродинамической нагрузки на регистрирующую плиту шток 12, жестко соединенный с рычагом 9, воздействует на стальную

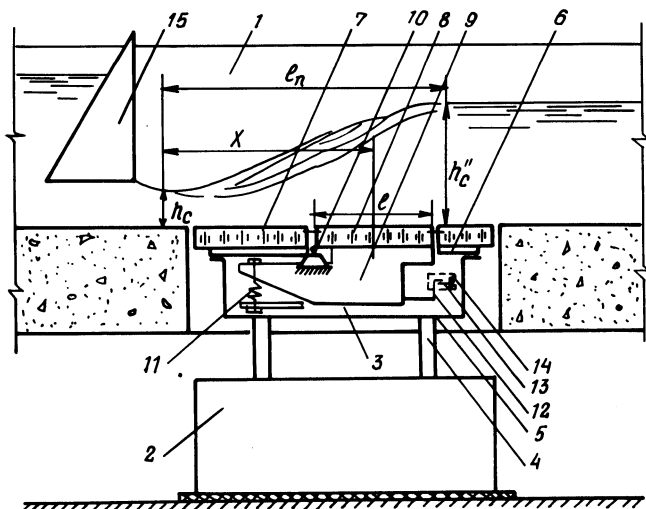


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

упругую консольную пластинку 13 датчика 14, вызывая тем самым деформацию двух полупроводниковых тензорезисторных преобразователей, наклеенных на поверхность пластинки. Достаточно высокая чувствительность примененных тензорезисторов обеспечивает возможность совмещения оси 10 рычага с ребром регистрирующей плиты и регистрации непосредственно вращающего момента гидродинамической нагрузки, а не самой нагрузки, как это обычно имеет место в подобных исследованиях [6].

Сигналы датчика 14, включенного в мостовую измерительную схему, усиливались с помощью тензометрического усилителя типа УТЧ-1 и регистрировались светолучевым осциллографом Н008М. Продолжительность записи составляла 50 с. Для расшифровки полученных осциллограмм ординаты с них считывались с шагом квантования 0,02 с при помощи полуавтоматического цифрового преобразователя каротажных диаграмм типа Ф001. Преобразованная цифровая информация наносилась на перфоленту, и последующая математическая обработка производилась на ЭВМ по специально разработанным программам.

Опыты проводились в условиях плоской задачи для трех размеров регистрирующей плиты: $l = 0,10; 0,18$ и $0,24$ м, ширина $b = 0,10$ м при сопряже-

нии бьефов в форме назаопленного гидравлического прыжка. Расположение плиты в нижнем бьефе изменялось путем перемещения водоподпорной перемычки 15 (см. рис. 1) вдоль лотка. В качестве определяющего критерия подобия использовался критерий Фруда. При этом минимальное число Рейнольдса изменялось в пределах от 26000 до 100000, что обеспечивало соблюдение условия автомодельности. Расходы воды в лотке измерялись треугольным мерным водосливом. Уровни бьефов фиксировались пьезометрами и шпигенмасштабами.

Для каждого исследованного режима регистрировались пульсации момента суммарной гидродинамической нагрузки на регистрирующую плиту, удаленную от сжатого сечения на различные расстояния X : от 0,2 до $2,4l_n$, где l_n — длина незаопленного гидравлического прыжка. Таким путем были получены реализации возмущающего процесса в диапазонах относительных размеров элементов крепления $\frac{1}{l_n}$ от 0,1 до 0,4 и параметра кинетичности по-

тока в сжатом сечении Fr_1 от 3 до 26. Импульсные параметры S и D определялись в процессе обработки полученных реализаций соответственно по формулам (3) и (4) методом численного интегрирования. В результате были получены дискретные ряды значений S , D и τ , при дальнейшей обработке которых известными методами анализа случайных процессов [7] определялись расчетные значения, входящие в зависимости (1) и (2).

По данным экспериментов, на рис. 2 для сечений с наибольшей по длине отводящего русла интенсивностью возмущающего воздействия показано изменение максимальных (за время записи) значений указанных импульсных параметров. Приведенные графики могут быть использованы для расчета устойчивости элементов сборных креплений по зависимостям (1) и (2).

Полученные экспериментальные данные позволяют также оценить диапазон изменения продолжительности τ действия возмущающих импульсов, что необходимо для определения границ применимости предложенного метода [3]. Максимальные τ_{\max} и минимальные τ_{\min} значения τ , выбранные с этой целью для каждого из исследуемых гидравлических режимов и выраженные в безразмерных числах Струхала St , представлены на рис. 3, где огибающие кривые ограничивают диапазон изменения St в пределах от $St_{\max} =$

$$= \frac{\tau_{\max}}{\sqrt{\frac{h_k}{g}}} \text{ до } St_{\min} = \frac{\tau_{\min}}{\sqrt{\frac{h_k}{g}}} \quad (h_k - \text{критическая глубина}).$$

В табл. 1 приведены результаты пересчета полученных таким образом граничных значений чисел Струхала в значения τ в возможном для низконапорных сооружений диапазоне h_k .

Анализ данных табл. 1 показывает, что в пересчете на низконапорное сооружение частота возмущающих импульсов не превышает 3—10 Гц. Для сравнения по приближенной методике [8] был рассчитан диапазон изменения частоты собственных колебаний натуральных квадратных элементов крепления

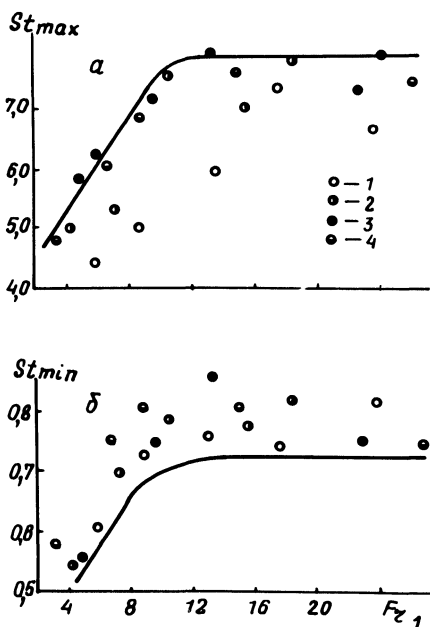
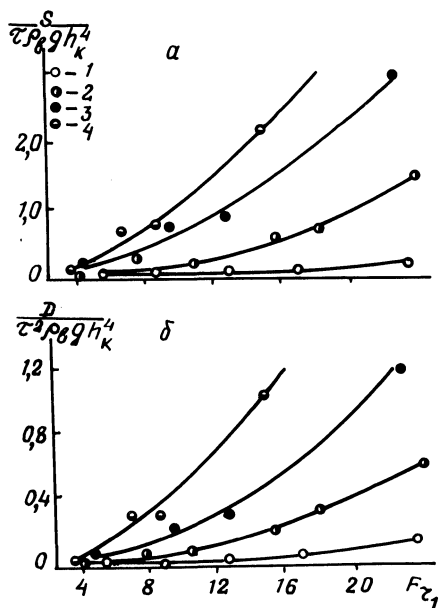


Рис. 2. Изменение расчетных значений импульсных параметров для квадратных элементов крепления с плановыми размерами $b \approx 1$ в случаях: а — прямого всплывания, б — опрокидывания; $\frac{1}{n}$: 0,1 (1); 0,2 (2); 0,3 (3); 0,4 (4).

Рис. 3. Границы диапазона изменения продолжительности возмущающих импульсов: а — верхняя, б — нижняя; $\frac{1}{n}$: 0,1 (1); 0,2 (2); 0,3 (3); 0,4 (4).

с плановыми размерами до 4 м и толщиной 0,05–0,5 м, который составил, например, для песчаных оснований 40–1560 Гц в воздухе и на 10–40% ниже в воде.

Из сопоставления определенных частотных диапазонов следует вывод, что условие квазистатического возмущения, выполняемое при 5–10-крат-

Таблица 1

Границы диапазона изменения продолжительности (τ , с) возмущающих импульсов

$h_k, \text{ м}$	Fr_1				
	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0
0,4	0,10–1,08	0,12–1,23	0,13–1,38	0,14–1,53	0,15–1,60
0,6	0,13–1,41	0,14–1,51	0,16–1,71	0,17–1,88	0,18–1,95
0,8	0,15–1,63	0,17–1,74	0,19–1,97	0,20–2,17	0,21–2,26
1,0	0,16–1,82	0,19–1,95	0,21–2,20	0,22–2,43	0,23–2,52
2,0	0,23–2,57	0,26–2,75	0,30–3,12	0,32–3,43	0,33–3,57

ном превышении частоты собственных колебаний над частотой возмущающих импульсов и принятое при выводе расчетных зависимостей [3], заведомо выполняется для элементов с плановыми размерами до 2—3 м, для расчета которых поэтому и правомерно применение предложенного метода. Поскольку при этом, как следует из анализа данных рис. 3, экспериментально установлено отсутствие в условиях плоской задачи влияния линейных размеров элементов на диапазон изменения St , можно полагать, что ориентация элементов в данном случае не влияет на расчет и сопоставление диапазонов частот, а полученные результаты справедливы как для квадратных, так и для прямоугольных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буханов В.В. О динамическом взаимодействии жестких плит крепления нижнего бьефа с подплитной областью. — Изв. ВНИИГ, 1974, т. 105. 2. Ляхтер В.М., Черных О.Н. Оценка колебаний и устойчивости плит водобоя. — Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура, 1979, № 6. 3. Поваляев М.К. Исследование устойчивости сборного крепления отводящего русла за водовыпусками. — В сб.: Водное хозяйство и гидротехническое строительство. Минск, вып. 11, 1981. 4. Рекомендации по определению гидродинамических нагрузок, воздействующих на плиты водобоев и рисберм водосливных плотин. — Л., 1979. 5. Логинов В.Н. Электрические измерения механических величин. — М., 1976. 6. Юдицкий Г.А. Пульсация гидродинамической нагрузки на плиты водобоя и рисбермы в условиях пространственной задачи. — Изв. ВНИИГ, 1963, т. 73. 7. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. — М., 1971. 8. Власов В.З., Леонтьев Н.Н. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. — М., 1960.

УДК 532.543

Ф.Д.ШНИПОВ, мл. науч.сотр.
(ЦНИИКИВР)

ОБОБЩЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ НА СРЕДНЕЙ ВЕРТИКАЛИ КИНЕМАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТУРБУЛЕНТНОЙ ВЯЗКОСТИ

При решении трехмерной задачи о распределении осредненных скоростей в турбулентных потоках используется, как правило, система уравнений движения Рейнольдса, которая, однако, оказывается незамкнутой даже в простейших случаях. Для уменьшения числа неизвестных в систему обычно вводится кинематический коэффициент турбулентной вязкости. Как отмечает К.В.Гришанин [4], "составить гипотезу о поведении K легче, чем составить гипотезу о величине самого турбулентного напряжения". Имеется ряд предложений, позволяющих рассчитать распределение по сечению кинематического коэффициента турбулентной вязкости [1, 8], но особенно много гипотез по расчету распределения K на вертикали [2, 4, 5, 7, 11, 12, 14].

Существующие предложения отличаются применительно к одним и тем же условиям движения не только количественно, но и качественно. В связи с этим возникла необходимость сравнения между собой и с эксперименталь-