

$$\frac{D_H}{D_M} = \frac{\Pi_M}{\Pi_M + 68} \cdot \frac{k_H}{k_M} + \frac{68}{\Pi_M + 68} \cdot \frac{V_M}{V_H}; \quad (16)$$

$$\frac{k_H}{k_M} = \frac{\Pi_M + 68}{\Pi_M} \cdot \frac{D_H}{D_M} - \frac{68}{\Pi_M} \cdot \frac{V_M}{V_H}; \quad (17)$$

$$\frac{V_H}{V_M} = \frac{\Pi_M + 68}{68} \cdot \frac{D_H}{D_M} - \frac{\Pi_M}{68} \cdot \frac{k_H}{k_M}. \quad (18)$$

Если учесть, что $\frac{V_M}{V_H} = \frac{1}{\sqrt{L}}$ [3], получим из (17)

$$\frac{k_H}{k_M} = \frac{\Pi_M + 68}{\Pi_M} L - \frac{68}{\Pi_M} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}} = L + \frac{68}{\Pi_M} \left(L - \frac{1}{\sqrt{L}} \right). \quad (17')$$

Полученные зависимости (15)–(18) полнее раскрывают взаимоотношения характеристик двух гидравлически подобных труб, ими удобно пользоваться при подборе материала модели и ее размеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. З е г ж д а А.П. Теория подобия и методика расчета гидротехнических моделей. — Л. —М., 1938. 2. Л е в и И.И. Моделирование гидравлических явлений. — Л., 1967. 3. А л ь т ш у л ь А.Д. Гидравлические сопротивления. — М., 1970. 4. И д е л ь ч и к Е.И. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. — Л., 1975. 5. Гидравлические расчеты tunnelных и трубчатых водосбросов гидроузлов/А.Ф.Б у р к о в, Р.С.Г а л ь п е р и н, М.Я. Г и л ь д е н б л а т и др. Под общ. ред. Ф.Г.Г у н ь к о. — Л., 1974. 6. О ф ф е н г е н д е н Ю.С. Формулы для гидравлического расчета пластмассовых труб. — Научные записки МГМИ, т. 32, 1968. 7. Ш е в е л е в Ф.А., Л о б а ч е в П.В., Р у д и н М.Я. Исследование гидравлических сопротивлений при движении воды по трубам из пластмасс. — Сб.тр.НИИ санитарной техники Академии строительства и архитектуры СССР, 1960, № 5.

УДК 626/627

В.Д.КЕРНИЦКИЙ, ст.инж. (ЦНИИКИВР)

ОЦЕНКА МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА ПРИ РАСЧЕТЕ СИФОННОГО ВОДОВЫПУСКА С ЗАРЯДНОЙ ТРУБКОЙ

Работа сифонного водовыпуска с зарядной трубкой [1] обусловлена захватом и выносом воздуха струей воды. Такое явление наблюдается и в других гидротехнических сооружениях. Однако до сих пор не имеется общего теоретического решения, описывающего все разнообразие условий захвата воздуха и движения азрированных потоков.

В связи с этим исследования гидротехнических сооружений обычно проводят на моделях, основываясь на законах динамического подобия. В случае

же двухфазного аэрированного потока, как отмечают ряд авторов [2–4], моделирование по критерию Фруда приводит к искажению результатов при пересчете опытных данных с модели на натуру.

Так, в ТНИИСГЭИ [4] проведены опыты по определению величины расхода воздуха, захватываемого струей в результате удара ее о поверхность воды в шахтном водосбросе. Опытные данные показали, что величина масштабного коэффициента для расхода захватываемого воздуха, в отличие от рассчитанного по критерию Фруда, определяется по формуле

$$\alpha_{Q_a} = P \alpha_1^{5/2}, \quad (1)$$

где P – поправочный коэффициент, который, по данным А.Г.Чанишвили [4] и В.А.Храпковского [3], зависит от высоты падения струи в шахте и масштабного коэффициента α_1 .

В сифонном водовыпуске с зарядной трубкой захват воздуха происходит также вследствие удара струи о противоположную стенку сифона и о "водяную подушку". Однако в отличие от шахтных перепадов аэрированная струя выносит воздух из полости сифона, создавая в нем разрежение, которое обуславливает подъем уровня воды в сифоне.

Для исследования процесса зарядки сифона были проведены опыты на модели водовыпуска с поперечным сечением сифона 7,5х7,5 см. (рис. 1).

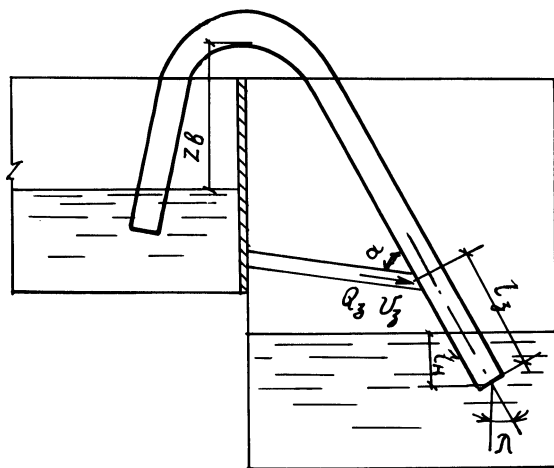


Рис. 1. Схема модели сифонного водовыпуска с зарядной трубкой.

Сифонная труба устанавливалась на опоре с возможностью изменения угла наклона нижней ветви к вертикали ($\lambda = 0^\circ - 20^\circ$). Заглубление сифона под уровень нижнего бьефа (h_n) изменялось в опытах от 2,5 до 20 см, а величина z_B , характеризующая превышение гребня сифона над уровнем воды верхнего бьефа, – от 25 до 60 см. Зарядная трубка подключалась к отдельному источнику воды и оснащалась задвижкой, позволяющей устанавли-

вать необходимый расход воды ($Q_3 = 0,2 - 2 \text{ л/с}$). Выходной участок зарядной трубки был выполнен в виде металлического патрубка, который мог располагаться под различными углами ($\alpha = 30^\circ - 90^\circ$) к сифонной трубе, а также с помощью вкладышей менять диаметр выходного сечения, что позволило при фиксированном расходе изменять скорость струи ($V_3 = 0,5 - 4 \text{ м/с}$). Длину участка сифонной трубы от центра тяжести выходного сечения зарядной трубки до сечения сифона на выходе (l_3) можно изменять с помощью специальной плиты от 25 до 50 см.

Анализ экспериментальных данных показал, что подъем уровня воды до отметки гребня в сифоне в процессе его зарядки может быть описан следующей зависимостью:

$$h = h_0 [1 - e^{-k(T + \tau)}], \quad (2)$$

где $h = h_n + l_n$ — высота столба воды в низовой ветви сифона за время $T + \tau$; h_n — высота подъема уровня воды в сифоне за время T ; h_0 — высота столба воды в низовой ветви сифона, при которой прекратился вынос воздуха из полости сифона; k — характеристика интенсивности подъема уровня воды в процессе зарядки; τ — время, которое было бы необходимо зарядной струе, чтобы обеспечить подъем уровня в сифонной трубе на высоту, численно равную l_n , если выходное сечение сифона расположено на уровне нижнего бьефа; T — время подъема уровня воды в сифоне.

Обобщение и анализ опытных данных позволили получить следующие эмпирические зависимости для определения величин h_0 и k (l_3 — в метрах, Q_3 — в $\text{м}^3/\text{с}$, V_3 — в м/с , α и λ — в градусах):

$$h_0 = 4259,8\sqrt{l_3} \frac{1 + \cos^2(\alpha + \lambda) / 16 l_3^2}{1 + 16 l_3^2 \sin^2 \lambda} Q_3^{5/4} V_3^{1/4} \zeta; \quad (3)$$

$$k = \left[\frac{0,0106}{\sqrt{l_3}} + \frac{11,31 Q_3}{\sqrt{l_3}} \left(1 + \frac{\sqrt{2 V_3 \cos \alpha}}{1,5} \right) \left(1 + \frac{0,039 l_3 \sqrt{V_3 \sin \lambda}}{\sqrt{Q_3}} \right) \right] \zeta', \quad (4)$$

где ζ и ζ' — коэффициенты, учитывающие изменение характера захвата и выноса воздуха струей при затоплении выходного сечения зарядной трубки.

Коэффициенты ζ и ζ' принимаются равными единице, если величина h_0 , вычисленная по формуле (3) без учета ζ , меньше l_3 . В противном случае они определяются по формулам:

$$\zeta = \frac{0,001\sqrt{l_3}(1+4l_3 \sin^2 \alpha) [1 + 0,6(\cos^2 \alpha + \cos \alpha \sin \lambda)]}{Q_3 [1 + 0,354(\sqrt{V_3} + 4,52\sqrt{Q_3}) \cos^2 \alpha / l_3]}; \quad (5)$$

$$\zeta' = \zeta \left[1 + \frac{22930 Q_3^2 \cos \alpha}{l_3^2 \sqrt{V_3} (4,5\sqrt{Q_3} + 0,1V_3 \sqrt{\sin \lambda})} \right]. \quad (6)$$

Таким образом, используя полученные эмпирические зависимости, можно рассчитать время зарядки при известных параметрах модели сифона, которое связано с расходом воздуха, выносимого из полости сифона струей воды, следующим соотношением:

$$T = \frac{W_a}{Q_a}, \quad (7)$$

где W_a — объем воздуха в сифоне, выносимый из него струей воды в процессе зарядки; Q_a — средний расхода, выносимого из полости сифона. Тогда масштабный коэффициент времени a_T с учетом формулы (1) будет равен:

$$a_T = \frac{a_{W_a}}{a_{Q_a}} = \frac{a_1^3}{\rho a_1^{5/2}} = \rho' a_1^{1/2}. \quad (8)$$

Здесь a_1 — масштаб длин при пересчете данных модели в натуру.

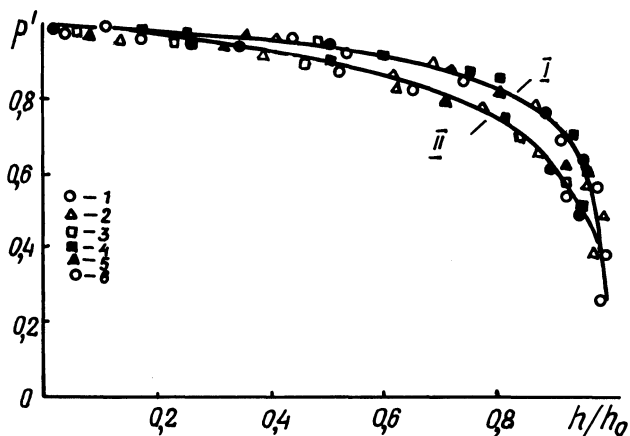


Рис. 2. Зависимость поправочного коэффициента ρ' от отношения h/h_0 при фиксированных параметрах модели: 1 — $l_3 = 0,5$ м, $\alpha = 90^\circ$, $\lambda = 0^\circ$; 2 — $l_3 = 0,5$ м, $\alpha = 30^\circ$, $\lambda = 0^\circ$; 3 — $l_3 = 0,5$ м, $\alpha = 90^\circ$, $\lambda = 20^\circ$; 4 — $l_3 = 0,5$ м, $\alpha = 30^\circ$, $\lambda = 20^\circ$; 5 — $l_3 = 0,25$ м, $\alpha = 90^\circ$, $\lambda = 0^\circ$; 6 — $l_3 = 0,25$ м, $\alpha = 30^\circ$, $\lambda = 20^\circ$ (I — для масштаба $a_1 = 2$; II — для масштаба $a_1 = 4$).

Для определения поправочного коэффициента ρ' были проведены опыты на сифонах, геометрически подобных модели, поперечные сечения которых соответственно равны 15x15 и 30x30 см, т.е. по сравнению с исследованной моделью масштаб длин у них $a_1 = 2$ и $a_1 = 4$. Во всех опытах параметры сифона и зарядной струи соответствовали условиям динамического подобия по критерию Фруда.

Анализ опытных данных показал, что величина поправочного коэффициента ρ' зависит от масштабного коэффициента a_1 и от отношения h/h_0 , вычисленного для модели. График этой зависимости приведен на рис. 2.

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:

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