

ГИДРАВЛИКА

Г. А. Амбарцумян, Р. М. Хачатрян и Р. С. Мартикян

О некоторых вопросах расчета вакуумных водосливов

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном 25. II. 1959)

Экономичность вакуумных водосливов общеизвестна, в частности с большим эффектом они могут быть применены при сооружении плотин в узких скалистых каньонах, где вопросы увеличения удельного сбросного расхода при ограниченности высоты переливающегося слоя воды и экономии объема кладки ставятся очень остро.

Большие исследования проведены по изысканию наилучших форм оголовков вакуумных профилей водосливов Ребоком^[1], Н. Р. Розановым⁽²⁾ А. А. Амбросимовой и другими. В результате этих исследований рекомендовано применение эллиптического очертания оголовка при отношении полуосей эллипса $2 \div 3$.

Однако широкому применению вакуумных профилей препятствует наличие ряда нерешенных или неокончательно разрешенных вопросов проектирования и расчета.

Таковыми являются вопросы определения величины вакуума, возникающего под ниспадающей с водослива струей, связи между коэффициентом расхода вакуумного водослива и величиной вакуума, возникающего под струей, воздухозасасывающей способности ниспадающей с водослива струи, регулирования и ограничения величины вакуума под струей и др.

Выяснение этих вопросов даст возможность правильно выбрать величину коэффициента расхода вакуумного водослива, а также обеспечить безразрывное сплошное течение ниспадающей с водослива струи и предотвратить возникновение кавитационных явлений на бетонной поверхности плотины путем регулирования и ограничения величины вакуума под ниспадающей струей с тем, чтобы обеспечить возможно высокий коэффициент расхода водослива.

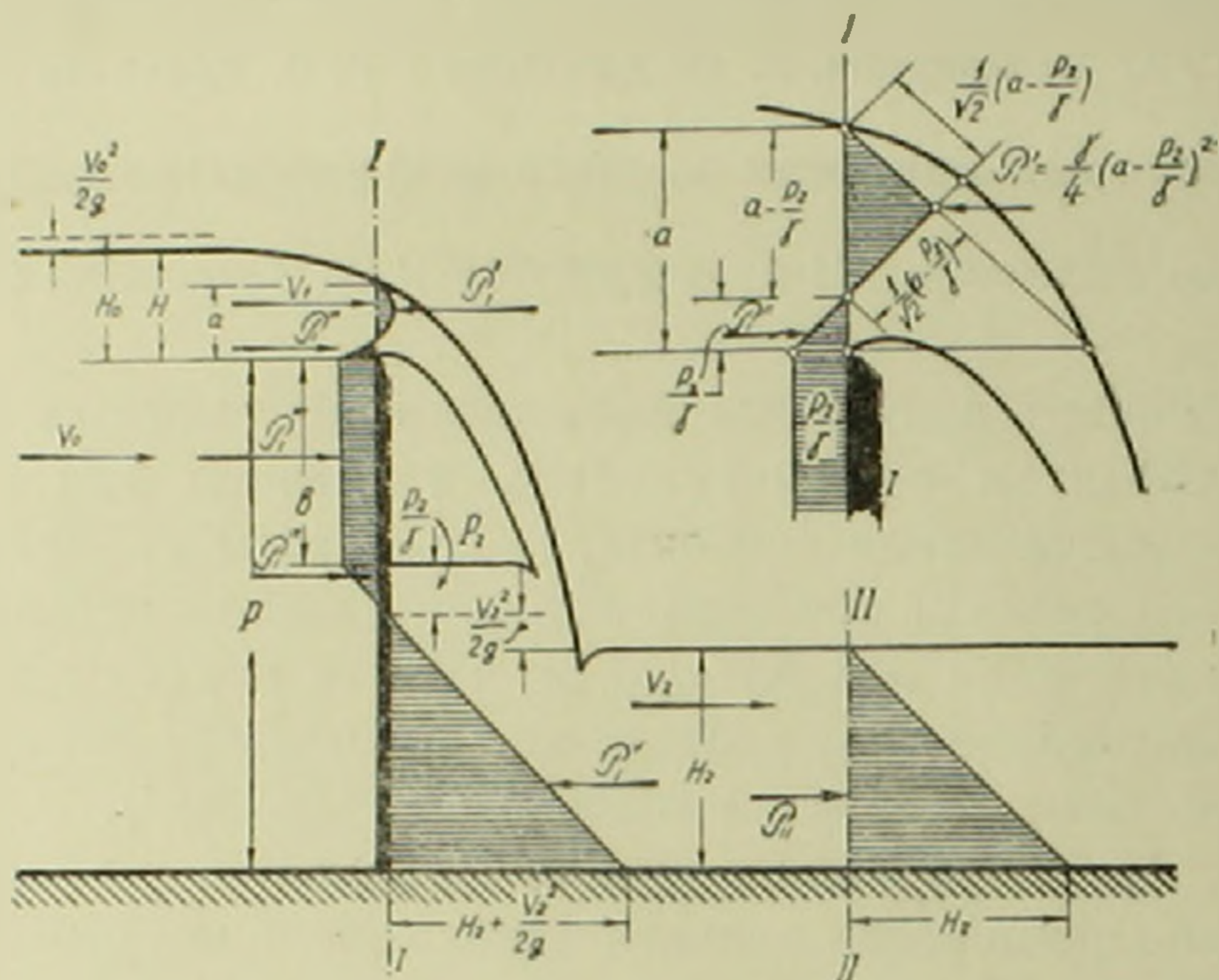
С целью выяснения вышеуказанных вопросов в гидротехнической лаборатории АрмНИИГиМ МВХ Армянской ССР были проведены специальные исследования.

Исследования проводились в двух направлениях: первое—теоретическое и второе—экспериментальное с целью сопоставления и проверки теоретических решений.

Лабораторные исследования проводились на водосливах, установленных в зеркальном лотке. Ширина лотка 40 см, длина лотка 8 м.

Эксперименты проводились для трех высот водослива, а именно 53,0; 44,5 и 37,5 см при расходе воды 13; 18; 25 и 30 л/сек.

Для определения величины вакуума, возникшего под ниспадающей струей, записывается уравнение количества движения для двух расчетных сечений [фиг. 1]. Первое сечение проведено по низовой



Фиг. 1.

границ водослива, а второе—в нижнем бьефе на таком удалении от водослива, где допустимо применение гидростатического закона распределения давления. После преобразований основное уравнение принимает следующий вид:

$$\frac{4}{g} q (v_2 - v_1) = a^2 - 2 \frac{p_2}{\gamma} (a - 2b) - 3 \left(\frac{p_2}{\gamma} \right)^2 + \frac{v_2^2}{2g} \left(4H_2 + \frac{v_2^2}{2} \right) \dots \quad (1)$$

Величина b определяется из выражения:

$$b = P - \left(H_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \right) \dots, \quad (2)$$

которое полностью подтверждается данными наших лабораторных исследований.

Заменяя v_1 и v_2 соответственно выражениями $\frac{q}{a}$ и $\frac{q}{H_2}$; подставив значение b из уравнений (2) в (1) и решив уравнение (1) относительно $\frac{p_2}{\gamma}$, получим:

$$\frac{p_2}{\gamma} = 2P - 2H_2 + \frac{q^2}{gH_2^2} + a \pm$$

$$\pm \sqrt{\left(2p - 2H_2 + \frac{q^2}{gH_2^2} + a\right)^2 - \left[a^2 + \frac{q^2}{gH_2^2} \left(\frac{q^2}{2gH_2^2} - 2H_2 + \frac{4H_2^2}{a}\right)\right]} \dots \quad (3)$$

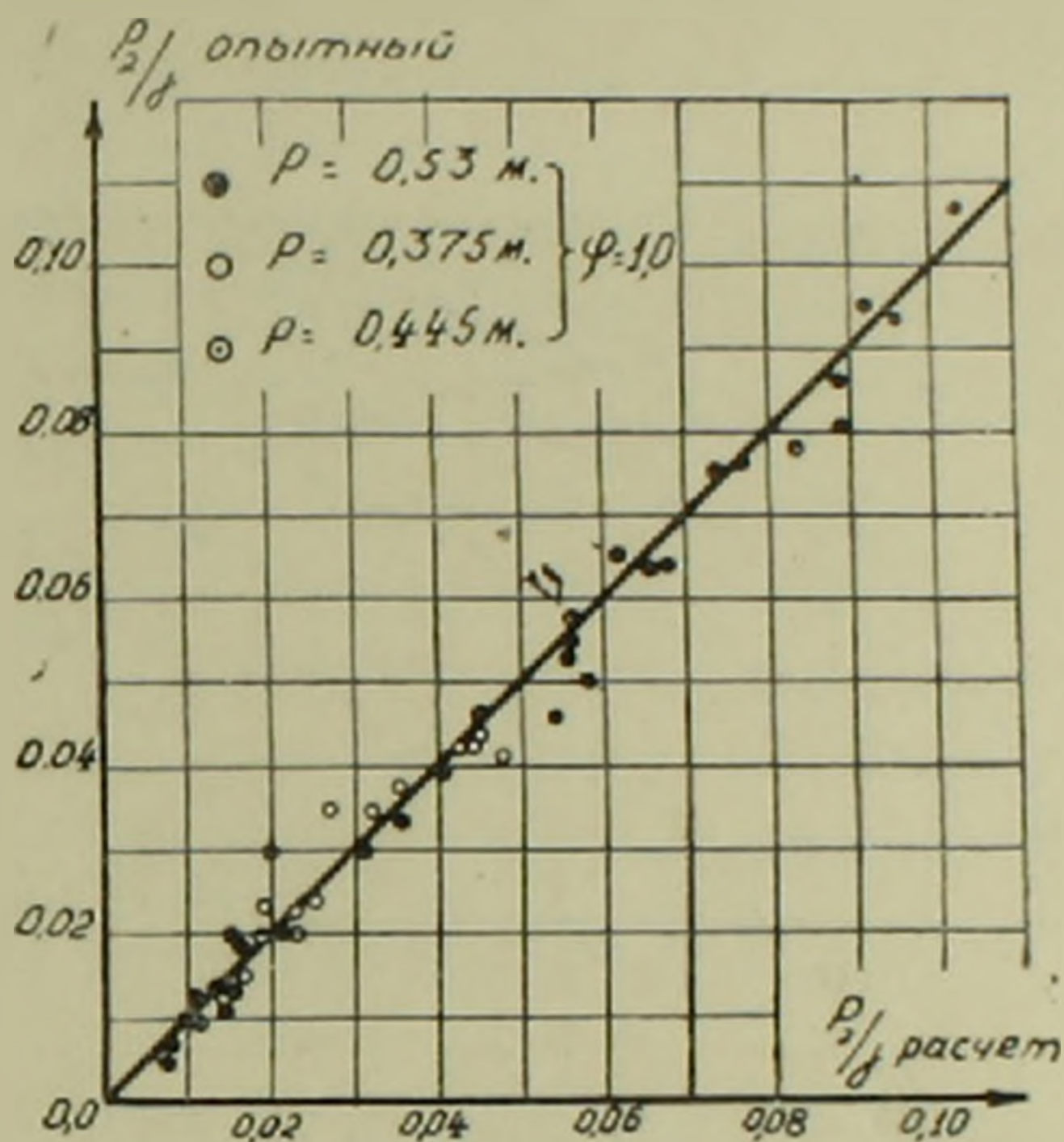
Это есть основное уравнение для определения величины вакуума под ниспадающей с водослива струей в замкнутой области.

Сравнение данных, полученных по уравнению (3), с экспериментальными данными дает удовлетворительную сходимость (фиг. 2).

Все величины, входящие в (3), известны и заранее заданы, за исключением толщины переливающегося слоя на гребне водослива a . В общем случае величина a является

функцией H и $\frac{p_2}{\gamma}$.

В поисках этой зависимости в гидротехнической лаборатории АрмНИИГим были поставлены специальные опыты. В результате этих исследований получена следующая эмпирическая зависимость:



Фиг. 2.

$$a = \left[0,852 - 0,037 \frac{\left(\frac{p_2}{\gamma}\right)_{\text{факт.}}}{\left(\frac{p_2}{\gamma}\right)_{\text{мак.}}} \right] H \dots, \quad (4)$$

где H определяется по формуле для водослива,

$\left(\frac{p_2}{\gamma}\right)_{\text{факт.}}$ — величина вакуума, соответствующая заданным значениям

P , H и H_2 .

$\left(\frac{p_2}{\gamma}\right)_{\text{мак.}}$ — максимальная возможная величина, соответствующая не-

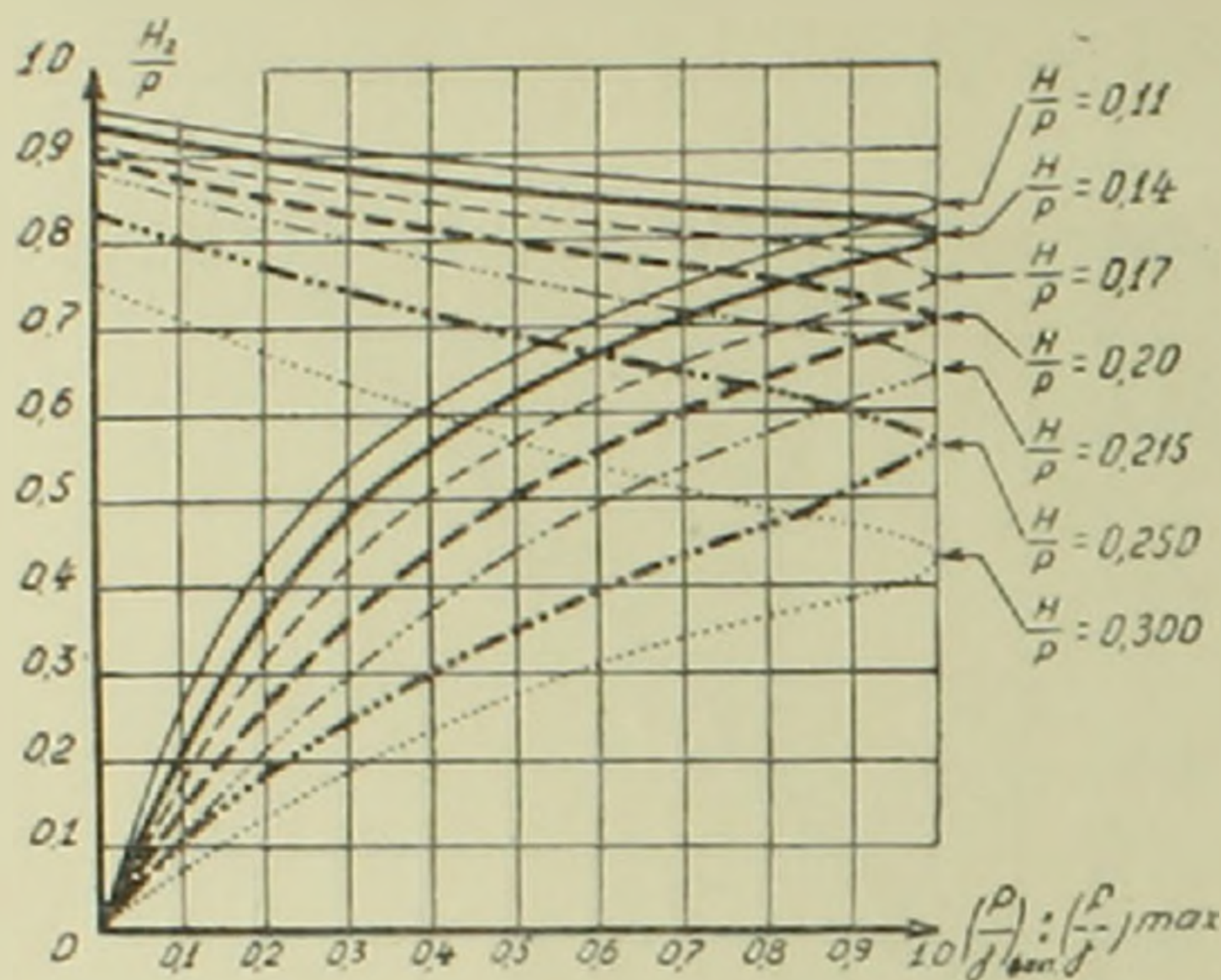
которой глубине воды в нижнем бьефе H_2 и заданным значениям P и H .

Величина отношения $\frac{\left(\frac{p_2}{\gamma}\right)_{\text{факт.}}}{\left(\frac{p_2}{\gamma}\right)_{\text{мак.}}}$ определяется с помощью кривых,

изображенных на фиг. 3. Указанные кривые построены на основании наших экспериментальных данных.

С целью определения величины вакуума под ниспадающей струей и его воздухозасасывающей способности был сконструирован специальный прибор, который измерял давление и объем воздуха, засасанного переливающимся потоком, при постоянном давлении воздуха в мерном резервуаре.

Эти эксперименты проводились в пределах основных диапазонов наших исследований, при разных глубинах нижнего бьефа. Глубины



Фиг. 3.

нижнего бьефа устанавливались с помощью регулировочного щитка и в нижнем бьефе создавались режимы от свободного истечения с прыжком до затопленного истечения через водослив.

Обработка экспериментальных данных показывает тесную связь между величиной удельного расхода воды, переливающегося через водослив $q_{\text{воды}}$, и удельным расходом воздуха, засасываемого переливающимся потоком $q_{\text{возд.}}$ для каждого постоянного значения комплексного безразмерного выражения

$$\frac{P + H - H_2}{P}$$

Графически эта связь выражается кривой типа параболы. Уравнение семейств парабол имеет следующий вид:

$$q_{\text{возд.}} = k q_{\text{воды}}^2 \dots \quad (5)$$

где коэффициент k является функцией безразмерного выражения $\frac{P + H - H_2}{P}$.

На основании наших экспериментальных данных установлено, что

$$k = f\left(\frac{P + H - H_2}{P}\right) = 0,8 \sqrt{\frac{P + H - H_2}{P}} \dots \quad (6)$$

и для величины удельного расхода воздуха окончательно получено:

$$q_{\text{возд.}} = 0,8 \sqrt{\frac{P + H - H_2}{P}} \cdot q_{\text{воды}}^2 \dots \quad (5')$$

Определив величину вакуума, возникающего под струей из уравнения (3), а значение максимального расхода воздуха—из уравнения (5'), можно установить сечение воздушной трубы, с помощью которой можно регулировать величину вакуума, а в случае необходимости погасить полностью этот вакуум. Диаметр трубы будет:

$$d = 0,54 \sqrt{\frac{B q_{\text{макс. воздуха}}}{\sqrt{\frac{p_2}{\gamma}}}} \dots \quad (7)$$

где B — ширина водослива,

$q_{\text{макс. воздуха}}$ — максимальный расход воздуха, определяемый уравнением.

Установив на воздушной трубе вентиль, можно всегда допустить ту величину вакуума, которая обеспечит заданное значение коэффициента расхода с учетом допустимого максимального значения вакуума из условий кавитации и разрыва сплошности струи.

На основании обработки наших многочисленных экспериментов для коэффициента расхода водослива с тонкой стенкой (в случае возникновения вакуума под струей) получена следующая эмпирическая зависимость:

$$m'_0 = m_0 + 0,0656 \left(\frac{\frac{p_2}{\gamma}}{H} \right)^{2,5} \dots \quad (8)$$

где $m_0 = \left(0,405 + \frac{0,003}{H} \right) \left[1 + 0,55 \frac{H^2}{(H+P)^2} \right]$ коэффициент расхода водослива с тонкой стенкой по Базену для безвакуумного водослива и без бокового сжатия.

Сопоставление экспериментальных значений m'_0 с его значениями, подсчитанными по формуле (8), дает удовлетворительное совпадение.

АрмНИИГим МВХ Армянской ССР

Գ. Ա. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, Ռ. Մ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ ԵՎ Ռ. Ս. ՄԱՐՏԻԿՅԱՆ

Վակուումային ջրթափների հիդրավիկ հաշվարկի մի բանի հարցերի մասին

Վակուումային ջրթափները, շնայած իրենց մի շարք բացահայտ առավելություններին, մինչև հիմա մեղանում չեն լայն կիրառություն չեն գտել:

Այս փաստը հիմնականում կարելի է բացատրել նրանով, որ վակուումային ջրթափի հիդրավիկական հաշվարկում դեռևս կան չպարզարանված հարցեր, որոնք արգելակում են այդ տիպի ջրթափի լայն կիրառությունը:

Այդպիսի հարցերի շարքին կարելի է դասել՝ ջրթափից ղեկվող շիթի տակ առաջացած վակուումի մեծության որոշումը, կասլը ջրթափի ծախսի գործակցի և ղեկվող շիթի տակ առաջացած վակուումի մեծության միջև, ջրթափից ղեկվող շիթի օդը ծծելու ընդունակության որոշումը, ղեկվող շիթի տակ առաջացած վակուումի կարգավորումը և այլն:

Այս հարցերի պարզարանման նպատակով, հայկական Ռեսպուբլիկայի Ջրային տնտեսության մինիստրության հիդրոտեխնիկայի և մեխորագիտայի գիտահետազոտական ինստիտուտի հիդրոտեխնիկական լաբորատորիայում կատարվել են համապատասխան լաբորատոր և տեսական ուսումնասիրություններ:

Այդ ուսումնասիրությունների հիման վրա ստացվել են հետևյալ հիմնական արդյունքները՝

1. Ձեկվող շիթի տակ ստացվող վակուումի մեծությունը որոշելու տեսական հավասարում (3): Այս հավասարումով հաշված վակուումի մեծությունը բավարար ճշտությամբ համընկնում է մեր լաբորատոր փորձերի արդյունքների հետ (գծ. 2):

2. Էմպիրիկ կապ (5) ջրթափի շուրթի վրայով ջեղվող շիթի ելքի և նրա միջոցով շիթի տակից հեռացվող օդի ելքի միջև:

3. Ջեղվող շիթի տակ առաջացող վակուումի մեծությունը կարգավորող խողովակա-տրամագիծը որոշելու համար բանաձև (7):

4. Էմպիրիկ բանաձև (8) վակուումային ջրթափի ելքի գործակիցը որոշելու համար:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Th. Rehbock (P. Gerhardt, K. Hilgard, E. Mattern und Th. Rehbock), Der Wasserbau, III Teil, das Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Zweiter Band „Stauwerke“, Leipzig, 1912. ² Н. Г. Розанов, Вакуумные водосливные плотины, М.-Л., 1940.