

Р. Н. 1945

532
C-91

Проф. Г. Й. Сухомел

Деякі доповнення до теорії водозливів з широким порогом

З водозливів з широким порогом найбільше значення, безперечно, має водозлив з прямокутним перерізом струмни над порогом. Проте і водозливи з широким порогом з іншими різноманітними формами перерізу струмни над порогом також застосовуються на практиці. Тому бажано мати єдину теорію цих водозливів для різноманітних форм перерізів струмни над порогом. Безперечно, бажано також, щоб така теорія базувалася не на тому чи іншому постулаті, а спиралась би на якусь більш загальне і обгрунтоване положення.

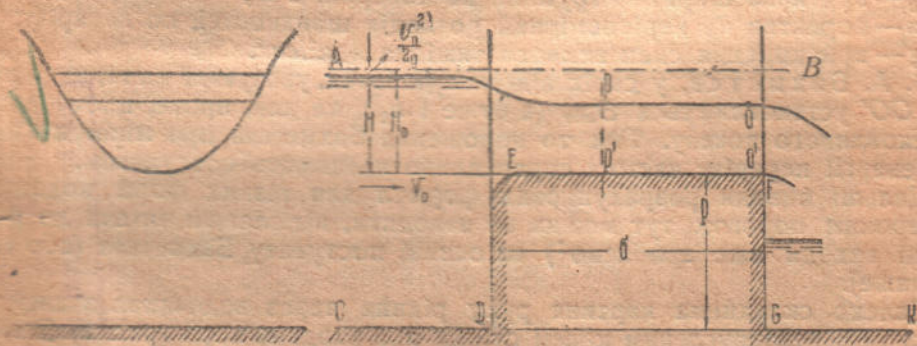


Рис. 1.

Розгляньмо спочатку водозлив з широким порогом з довільною формою перерізу струмни (рис. 1) і з добре закругленим краєм стінки при вході на поріг. Теорію такого водозливу можна обгрунтувати в обох зазначених вище напрямках за допомогою такого загального положення: рух, який повільно змінюється, у відкритих потоках і спорудах на них установлюється так, щоб площа між лінією енергії і дном була якнайменша. Сформульоване положення є наслідком другого принципу термодинаміки¹⁾.

Прикладаючи це положення до водозливу з широким порогом, бачимо, що площа між лінією енергії AB і лінією дна $CDEF$ повинна бути якнайменша. На перший погляд може здатися, що для цього над порогом EF повинна скрізь установитися критична глибина h_k і відповідна їй найменша можлива питома енергія перерізу \mathcal{E}_{\min} . Проте легко переконатися, що в найближчості тертя струмни об поріг h_k і \mathcal{E}_{\min} можуть установитися тільки на кінці горизонтальної площадки на порозі в перерізі OO' . Це найлегше

¹⁾ Див. статтю автора „Про місцеві втрати енергії у відкритих водотоках і гідротехнічних спорудах в зв'язку з загальним принципом руху потоків“, „Збірник з питань гідравліки“, вид. АН УРСР, Київ, 1936.

довести від противного. Припустимо, що h_k і \mathcal{E}_{\min} установляться в якомусь проміжному перерізі PP' . Тому що після цього перерізу лінія енергії повинна знижуватися, то, беручи на увагу горизонтальність порога, довелось би припустити, що на ділянці $P'O'$ струмина мала б питому енергію перерізу меншу, ніж \mathcal{E}_{\min} , а цього, зрозуміло, бути не може.

На питання, яке постає в зв'язку з цим, — чому ж h_k і \mathcal{E}_{\min} можуть установитися і установлюються в кінці горизонтальної площадки в перерізі OO' , де починається уже водопад, — слід відповісти так. У відкритих руслах струмина може рухатися з питомою енергією перерізу, не меншою, ніж \mathcal{E}_{\min} ; але коли струмина падає в повітрі, то зазначене обмеження її не стосується, тим більше, що в нижньому б'єфі питому енергію перерізу доведеться рахувати вже від лінії GK , і тому вона дорівнюватиме там приблизно $\mathcal{E}_{\min} + P$, а не \mathcal{E}_{\min} . Отже можна вважати доведеним, що в кінці водозливу встановлюється критична глибина, яка визначається з формули:

$$\alpha \frac{Q^2}{g} = \frac{\omega_k^3}{B_k},$$

де:

- Q — витрата в $m^3/сек$;
- ω_k — критична площа перерізу в m^2 ;
- B_k — критична ширина струмини на поверхні в m ;
- α — коректив на нерівномірний розподіл швидкостей по перерізу;
- g — прискорення сили земного тяжіння в $m^2/сек$.

Б. А. Бахметев, у своїх відомих роботах, указуючи на те, що в перерізі OO' установлюється \mathcal{E}_{\min} (а отже і h_k), не дає, проте, цьому досить переконливого доказу. Тим то положення Бахметева про мінімуми питомої енергії перерізу часто і справедливо називають постулатом.

Дальші виводи розрахункових формул для різних форм водозливів з широким порогом тут можна не наводити, відіславши читача до робіт, де ці виводи вже зроблено¹⁾ на основі постулату Бахметева (або іноді Беланже).

Далеко складніша картина руху рідини через водозливи з широким порогом з незакругленим краєм стінки при вході на поріг (рис. 2). В цьому випадку при вході на поріг утворюється поверхня розділу ACB . Рідина, яка міститься під цією поверхнею, порівнюючи слабо зв'язана з рухом струмини над нею. Тим то є підстави питому енергію перерізу над поверхнею ACB виміряти саме до цієї поверхні, а не до площини порога. В першому наближенні викривленням струминок і втратами енергії до перерізу над точкою C нехтуємо.

Якщо згодитися далі розглядати поверхню ACB як своєрідний водозлив і прийняти, що над точкою C установиться критична глибина, то для витрати в окремому випадку прямокутного водозливу можна написати:

¹⁾ Инж. В. Н. Аравин, Движение воды в каналах, оканчивающихся водосливом с широким порогом, „Изв. Н.-и. ин-та гидротехники“, т. II; А. Н. Рахманов, О трапецидальных водосливах с широким порогом, „Изв. Н.-Мелиорационного ин-та, вып. XIX, та деякі інші.

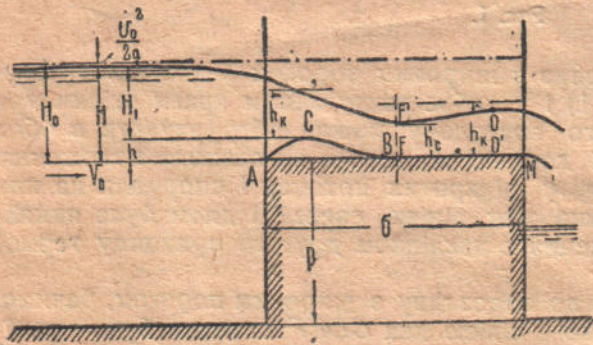


Рис. 2.

$$Q = 0,385 b \sqrt{2g} H_1^{3/2}$$

Але, тому що $H_1 = H - h$ і приймаючи, згідно з деякими дослідними даними, що $h = 0,14H$, матимемо: $H_1 = 0,86H$. Підставляючи це значення у вираз для Q , одержимо:

$$Q \cong 0,308 b \sqrt{2g} H^{3/2} \cong 0,31 b \sqrt{2g} H^{3/2}$$

В курсах гідравліки для коефіцієнта витрати прямокутного водозливу з широким порогом з незакругленою стінкою при вході даються цифри $m = 0,297 \div 0,320$.

Спустившись з підвищення ACB , струмина матиме вже в перерізі FF' питому енергію перерізу \mathcal{E}_c , трохи меншу, ніж $\mathcal{E}_{\min} + h$, але більшу, ніж \mathcal{E}_{\min} . Як відомо, питомій енергії перерізу \mathcal{E}_c відповідатимуть дві глибини: одна — більша, ніж критична, друга — менша за критичну.

За допомогою викладеного вище положення про мінімум площі між лінією енергії і дном можна легко довести, що в перерізі FF' установиться за звичайних умов глибина $h_c < h_k$, тобто на ділянці BO' ми матимемо бурхливу течію при кривій підпору $F'O$. За певних умов на ділянці FO' може утворитися стрибок, а за ним — крива спаду. Докладне пояснення цього, а також і деяких інших форм руху через водозлив з широким порогом, можна знайти в статті автора „До теорії переливу з широким порогом“ („Збірник наукових праць Київського гідромеліоративного інституту“, 1936), отже тут на цих деталях можна не зупинятися.

Проф. Г. И. Сухомел

Некоторые дополнения к теории водосливов с широким порогом

РЕЗЮМЕ

В работе дано доказательство того, что на всевозможных (прямоугольных, трапециoidalных, треугольных и др.) водосливах с широким порогом и с хорошо закругленным входом (черт. 1) устанавливается в конце их критическая глубина h_k и соответствующая ей минимальная возможная удельная энергия сечения \mathcal{E}_{\min} . Таким образом дополняется и обобщается теория водослива с широким порогом, данная Б. А. Бахметевым, который без достаточного доказательства принимал, что на пороге в конце его устанавливаются h_k и \mathcal{E}_{\min} .

Для водослива с широким порогом, но без закругления края стенки при входе (черт. 2), дается вывод формулы расхода водослива и обоснование значения (приблизительного) коэффициента расхода $m = 0,31$. Этот вывод базируется на том, что поверхность раздела ACB , образующаяся при входе на водослив, рассматривается в свою очередь как некоторый своеобразный водослив. Попутно выясняется также и появление на пороге водослива сжатого сечения FF' с глубиной h_c , меньшею, чем h_k , а следовательно выясняются в определенной степени и формы струи на пороге рассматриваемого водослива.



by Prof. G. Sukhomel

Contribution to the Theory of Broad-crested Weirs

SUMMARY

The author shows in the present paper that on all possible weirs (rectangular, trapezoid, triangular and others) with a broad-crest and a well rounded edge (see E fig. 1) at the entrance, the critical depth h_k and the respective minimum specific energy of flow \mathcal{E}_{\min} are established at their end. Thus, the theory of broad-crested weirs given by B. Bakhmeteff is complemented and generalized. Bakhmeteff made the supposition that on the end of the crest h_k and \mathcal{E}_{\min} are established, without sufficient proof.

For a broad-crested weirs without a rounded edge of wall at the entrance (fig. 2) a formula for the discharge is deduced and the (approximate) value of the consumption coefficient $m=0.31$ is established. This conclusion is based on the fact, that the discontinuity surface ACB which is formed on the weir crest is regarded in its turn as a particular weir. Simultaneously the appearance on the weir crest of a compressed section FF' with a depth h_r which is smaller than h_k is established, and, consequently the form of the stream on the crest of the investigated weir is determined.

744358



572 020000 048572 0