

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Г. А. Амбарцумян

Некоторые замечания по поводу статьи А. К. Ананяна
„О пропускной способности двухярусных водосбросов“

[Известия АН Армянской ССР (физ.-мат., естеств.
и техн. науки), т. III, № 3, 1950]

На одной из строящихся гидростанций Армении головной узел за-проектирован так, что сбросные и промывные устройства объединены в одно общее сооружение.

Через нижнюю галлерею этого сооружения производится сброс паводочных расходов и осуществляется промыв донных наносов, осевших перед порогом водоприемника.

Через верхний ярус осуществляется сброс остальной части паводочных расходов, а также сброс поверхностного льда.

Такая компоновка водосбросных сооружений дает возможность регулировать деление сбросного расхода на поверхностную q_n и донную q_d так, чтобы в створе их встречи получить некоторое разряжение, которое приведет к увеличению скорости истечения через донную галлерею, следовательно и увеличит промывной эффект, не прекращая подачу очищенной воды в канал.

Расчет эффекта эжекции на увеличение донных скоростей и вопрос определения самой величины эжекции все еще не разрешены.

Имеющиеся в литературе работы по определению эффекта эжекции [1, 2, 3, 4] и другие носят или чисто экспериментальный характер, или же задачу решают при неправильных допущениях.

Удачную попытку для решения поставленной задачи сделал А. К. Ананян.

В отличие от других, А. К. Ананян при гидравлическом решении поставленной задачи рассматривает также влияние глубины колодца на эффект эжекции.

В дальнейшем изложении номера формул, обозначения и номера фигур приняты как у А. К. Ананяна.

Не приводя основные исходные предпосылки и допущения, сделанные А. К. Ананяном при решении поставленной задачи, вкратце отметим те упущения, которые вкратце в его работу.

Для решения поставленной задачи А. К. Ананян исходит из уравнения количества движения.

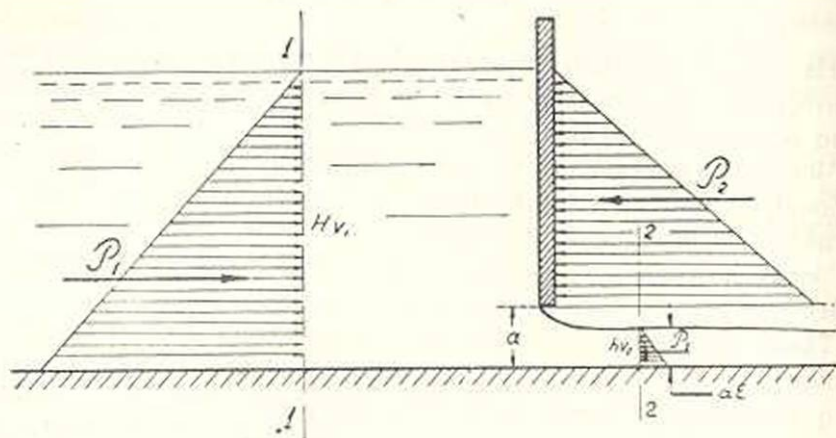
Удобство использования этого уравнения, перед уравнением живых сил при решении аналогичных задач, общеизвестно.

Но при этом требуется точно определить величины действующих усилий.

При решении поставленной задачи автор считает, что давление на щит можно определить из зависимости

$$P_{\text{щ}} = \frac{\gamma h_{\text{м}}^2}{2}.$$

Ошибочность такого допущения станет ясна, если рассмотреть случай простого истечения из-под щита (фиг. 2) взамен двухъярусного и применить уравнение количества движения для сечений 1—1 и 2—2.



Фиг. 2.

Уравнение количества движения запишется следующим образом

$$\Delta t \frac{\alpha_0}{g} \gamma (\omega_2 V_2^2 - \omega_1 V_1^2) = \Delta t \cdot \gamma \left[\frac{H^3}{2} - \frac{(H-a)^3}{2} - \frac{a^3 \varepsilon^2}{2} \right].$$

Сокращая на $\Delta t \cdot \gamma$ и принимая $\alpha_0 = 1$, получим

$$\frac{1}{g} (\omega_2 V_2^2 - \omega_1 V_1^2) = \left[\frac{H^3}{2} - \frac{(H-a)^3}{2} - \frac{a^3 \varepsilon^2}{2} \right].$$

Для единичной ширины потока имеем

$$\omega_2 = a \cdot \varepsilon \cdot 1 \quad \text{и} \quad \omega_1 = H \cdot 1.$$

Подставляя эти значения в основное уравнение, получим

$$\frac{1}{g} (a \cdot \varepsilon \cdot V_2^2 - H V_1^2) = \left[\frac{H^3}{2} - \frac{(H-a)^3}{2} - \frac{a^3 \varepsilon^2}{2} \right].$$

Решая относительно V_2 , получим

$$V_2 = \sqrt{\frac{g}{\varepsilon} \left[H - \frac{a}{2} (1 + \varepsilon^2) + \frac{H V_1^2}{g \cdot a} \right]}$$

Принимая коэффициент сужения $\varepsilon = 0,62$, получим

$$V_2 = \sqrt{1,61g \left(H - 0,69a + \frac{H V_1^2}{g \cdot a} \right)}$$

При малом значении $\frac{H}{a} \frac{V_1^2}{g}$ пренебрегая им, получим

$$V_2 = \sqrt{1,61g(H - 0,69a)}$$

Указанная скорость при использовании уравнения Бернулли будет

$$V_2^1 = \sqrt{2g(H - \varepsilon a)}$$

Сравнив между собой V_2 и V_2^1 , нетрудно заметить существенное расхождение.

Таким образом, допущение о гидростатическом законе распределения давления на щит неверно.

Максимальное понижение давления в сечении 1—1, т. е., максимальный эффект эжекции А. К. Ананян получает отысканием минимума функции (3), т. е. из $\frac{dh_d}{dy_n} = 0$ предполагая, что величина пьезометрического давления в сечении 1—1 в основном зависит от глубины колодца.

Анализ этого условия показывает, что оно не может дать решения поставленной задачи.

В действительности изменение Y_n , т. е. глубина колодца почти не влияет на величину эффекта эжекции. Увеличивая или уменьшая величину колодца, мы фактически не изменяем ни распределения расходов между донным и поверхностным сбросами, ни кривизну этих струек, а также величину h_d . Следовательно и изменение Y_n не может влиять на величину эффекта эжекции.

Поэтому установленная зависимость $h_d = f(Y_n)$ является недостаточной для отыскания $h_{d \max}$ в зависимости от Y_n .

После определения максимальной величины вакуума автор не ставит того ограничительного условия, без которого не будет продолжительное время действовать данный вакуум.

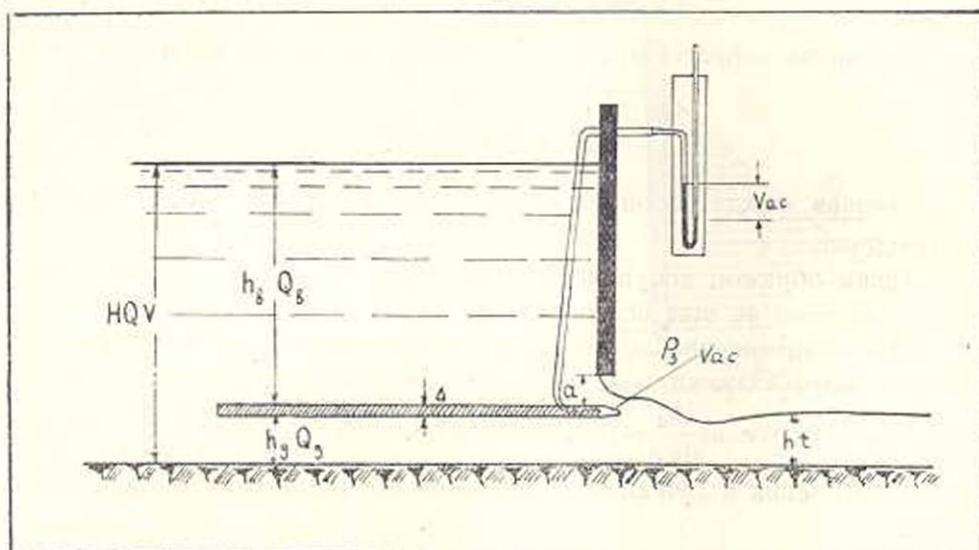
В действительности, если под струей возник некоторый вакуум, то для удержания этого вакуума необходимо соблюдение сплошности вытекающей струи.

Предельное значение $\frac{P_0 - P_2}{\gamma}$ ограничивается физическими усло-

виями величины вакуума, а действительная величина вакуума будет ограничена условием прорыва атмосферного воздуха в зону разряжения.

Давление, при котором может произойти прорыв атмосферного воздуха в зону разряжения (фиг. 1), является функцией толщины вытекающей из-под щита струи жидкости (точнее — прикрывающей толщи) h_1 , скорости истечения $V_{ис}$ и коэффициента кинематической вязкости γ , т. е.

$$\left(\frac{P_0 - P_3}{\gamma} \right)_{\text{прел}} = \varphi(h_1, V_{ис}, \gamma). \quad (a)$$



Фиг. 1.

Для первого приближения можно допустить, что напряжение разрыва определится зависимостью

$$\sigma = K \left(\frac{P_0 - P_3}{h_{ис}} \right), \quad (б)$$

где $h_{ис}$ — минимальная толщина слоя жидкости, вытекающей из-под щита,

σ — напряжение разрыва,

K — коэффициент.

Допуская, что $\gamma = \frac{\sigma}{K}$, из (б) получим

$$P_3 = \gamma \cdot h_{ис} - P_0. \quad (в)$$

(Для статических условий указанная зависимость вполне оправдывается, см. сосуд Мариотта „Гидравлика в задачах“ Н. К. Горчин и М. Д. Чертоусов, 1934.)

Следовательно, величина максимального вакуума, определяемого по зависимости автора, должна быть ограничена условием (8), что им не сделано. Этим можно объяснить возможность увеличения донных скоростей с помощью эффекта эжекции, приведенном в задаче у А. К. Анапяна, где увеличение напора получается около 40% от первоначального.

Указанные основные упущения имеют место в работах и других авторов.

В рассматриваемой работе допущен и ряд обидных ошибок, как-то: величина расхода поверхностного потока определяется по зависимости (5).

$$Q_n = \mu_n \cdot B_n \cdot h_n \sqrt{2g(H - h_n)}. \quad (5)$$

Само собой понятно, что

$$Q_n = \mu_n \cdot B_n \cdot h_n \sqrt{2g\left(H - h_n - \Delta - \frac{a}{2}\right)}, \quad (6)$$

без учета влияния эжекции.

При учете эжекции расход приближенно определяется по формуле:

$$Q_n^I = \mu_n \cdot B_n \cdot h_n \sqrt{2g\left(H - h_n - \Delta - \frac{a}{2} + \frac{P_0 - P}{\gamma}\right)}, \quad (7)$$

где $h_n = \varepsilon \cdot a$.

При рассмотрении действующих сил для применения теоремы о приращении секундного количества движения, автор принимает, что в точках поверхности 5—4 вертикальной грани уступа—давление атмосферное, следовательно, избыточное давление равно нулю.

Такое допущение говорит об исключении случая возникновения вакуума под струей и, следовательно, зависимости, полученные для этого случая, не верны.

Армянский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации

Поступило 1 IX 1953

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейс И. И. Известия ВНИИГ им. Вedenсева, № 32, 1947.
2. Кумин Д. И. Известия ВНИИГ им. Вedenсева, № 44, 1951.
3. Егоров С. А. Эжекция в нижний бьеф гидростанции, М.—Л., 1948.
4. Кочановский Б. Д. Известия ВНИИГ им. Вedenсева, № 34, 1947.