

А. К. Ананиян

Ответ на статью Г. А. Амбарцумяна „Некоторые замечания по поводу статьи А. К. Ананияна „О пропускной способности двухъярусных водосбросов“

[Известия АН Армянской ССР (серия ФМЕТ наук), т. VII, № 2, 1954]

Основные возражения Г. А. Амбарцумяна по поводу моей статьи „О пропускной способности двухъярусных водосбросов“ [1] сводятся к следующему:

1. Замена действительного закона распределения давления на плоский щит верхнего яруса водосброса (см. рис. 4 нашей работы [1]) — гидростатическим приводит к недопустимым погрешностям.

2. При определении максимума эжекционного эффекта нами использовано условие $\frac{dh_d}{dy_n} = 0$ (см. [1], стр. 231), что, по мнению Г. А.

Амбарцумяна, не решает поставленной задачи.

В нашей работе [1], при решении вопросов гидравлики двухъярусных водосбросов, необходимо было выяснить: образуется ли воздушное пространство под струей в нижнем бьефе после слияния донных и поверхностных потоков или нет (см. рис. 4 нашей работы [1]).

При решении этой задачи мы воспользовались теоремой импульсов. Выбор контрольной поверхности и эпюры действующих сил на выделенный отсек приведены на рис. 4 работы [1].

При применении теоремы импульсов, контрольную поверхность стремились провести так, чтобы силы, действующие на щит водосброса верхнего яруса, составляли незначительную долю от суммы остальных сил, действующих на остальную часть контура контрольной поверхности.

При этих условиях ясно, что ошибка, которую мы допускаем при вычислении суммарного давления на плоский щит, не может чувствительно отразиться на конечных результатах.

В этом совершенно не трудно убедиться при внимательном анализе постановки нашей задачи и эпюр сил, приведенных на рис. 4 [1].

Это положение нетрудно проверить также и на частном примере: необходимые для расчета данные приведены на рис. 9 [1].

Из этого примера видно, что горизонтальное давление на щит верхнего яруса водосброса равняется 4,8 т, а равнодействующая всех остальных сил (на ту же горизонтальную ось) равняется 75,7 т.

Но так как в нашей окончательной расчетной формуле (см. формула (9) в работе [1]) под корень входит разность указанных выше сил, то ясно, что ошибка, допускаемая при определении давления на щит, весьма незначительно будет отражаться на конечных результатах. Необходимо отметить, что максимальная ошибка, которую мы можем допустить при определении давления на плоский щит, судя по данным экспериментов Качановского (см. М. М. Гришин, Курс гидротехнических сооружений, часть I, 1947., стр. 448) составляет всего лишь 13%.

Оценка величины ошибки, которая приводится в статье Г. А. Амбарцумяна [2], относится к случаю, который не имеет никакого отношения к рассматриваемой нами задаче. Одно и то же допущение, принимаемое при решении различных задач, может совершенно различно отразиться на точности конечных результатов.

В нашей задаче пропускная способность донных отверстий определена по формуле (13) (см. [1], стр. 232), которая, как известно, выводится из закона живых сил, а не из теоремы импульсов, потому что для этой задачи неточное вычисление давления на щит может чувствительно отразиться на конечных результатах (конечно при определенных открытиях отверстий).

Пользуясь случаем, сделаем некоторые замечания по поводу анализа Г. А. Амбарцумяна [2] и относящихся к задаче истечения жидкости из-под щита.

Конечно, нет сомнения, что теоремы импульсов и живых сил в применении к задаче истечения жидкости из-под щита могут привести к одинаковым результатам только в том случае, если мы сумеем точно учесть работу всех внешних и внутренних сил. Попытка Г. А. Амбарцумяна теоретически оценить ошибку, допускающуюся при определении величин скоростей для любых открытий щита, заменяя действительный закон распределения давления на щит — гидростатическим, весьма условна.

Действительно, при правильном применении теорем импульсов (при этом неизменно принимается, что давление на щит распределяется по гидростатическому закону) и живых сил, мы приходим к следующим двум уравнениям:

$$v_2 = \sqrt{\frac{g}{\varepsilon \alpha_{ж. \lambda_2}} \left[H - \frac{a}{2} (1 + \varepsilon^2) + \frac{H v_1^2}{g a} \alpha_{ж. \lambda_1} - \frac{\tau L_x}{\gamma a} \right]}. \quad (1)$$

$$v_2 = \frac{\varphi_c}{\alpha_{ж. c_2}} \sqrt{\left(H + \frac{\alpha_{ж. c_1} v_1^2}{2g} - a \varepsilon \right)}. \quad (2)$$

Зависимости (1) и (2) приводятся к уравнениям Г. А. Амбарцумяна только в том случае, если принимать, что $\alpha_{\text{ж. д. 1}} = \alpha_{\text{ж. д. 2}} = 1$, $\alpha_{\text{ж. с. 2}} = \alpha_{\text{ж. с. 1}} = 1$, $\varphi_c = 1$ и $\tau = 0$.

Многочисленные эксперименты показывают [3], [4], [5], что ни одна из этих величин не удовлетворяет написанным выше условиям. Принятые условия $\alpha_{\text{ж. д. 2}} = \alpha_{\text{ж. д. 1}} = \alpha_{\text{ж. с. 2}} = \alpha_{\text{ж. с. 1}} = \varphi_c = 1$ и $\tau = 0$ могут привести к таким же погрешностям, какие получаются при замене действительного давления на щит гидростатическим.

Перехожу к возражению по второму пункту.

Для установления максимального эжекционного эффекта применительно к двухъярусным водосбросам нами [1] использовано условие

$\frac{dh_d}{dy_n} = 0$. Это условие, как указано в [1], взято из работ [6] и [7], где дается его теоретический и экспериментальный анализ. Вкратце изложим то общее положение, которым надо руководствоваться при оценке условия $\frac{dh_d}{dy_n} = 0$.

Когда мы говорим об эжекционном эффекте на двухъярусных водосбросах, то под ним мы понимаем разность тех пьезометрических напоров, которые получаются в выходном отверстии донного водосброса при одновременной и раздельной работе поверхностных и донных водосбросов. Разумеется, что при этом глубина воды в нижнем бьефе остается постоянной, так как при одновременной и отдельной работе указанных водосбросов суммарный расход воды остается постоянным.

Очевидно, что положение уровня воды в нижнем бьефе существенно может отразиться на величине пьезометрического напора у выходных отверстий донного водосброса.

Уровень воды в нижнем бьефе в свою очередь зависит от отметки дна водовода в нижнем бьефе. Таким образом, мы видим, что

$\frac{dh_d}{dy_n} = 0$ выражает определенную связь между глубиной воды (отметкой дна) в нижнем бьефе и пьезометрическим напором у выходных отверстий донного водосброса.

Подробный анализ критерия $\frac{dh_d}{dy_n} = 0$ и доказательство того положения, что удовлетворение этого условия может привести к максимальному эжекционному эффекту, даются в работах [6] и [7].

Возражение Г. А. Амбарцумяна, что глубина колодца не отражается на пьезометрическом напоре непосредственно у выходных отверстий донного водосброса, является следствием неправильного понимания того положения, что, говоря о глубине колодца, мы соответствующим образом учитываем и высотное расположение для нижнего бьефа.

Необходимо отметить, что возражение Г. А. Амбарцумяна по поводу условия $\frac{dh_d}{dy_n} = 0$ имеет принципиальное значение, и поэтому стоит к нему возвратиться, если автор сумеет теоретически или экспериментально доказать правоту своих сомнений.

Введение Г. А. Амбарцумяном поправки в формулу „д“ (см. работу [2]) в виде члена $\frac{P_0 - P}{\gamma}$ является ошибочным, так как наличие под струей разреженной зоны, но при наличии в верхнем и нижнем бьефах свободной поверхности, ни в коем случае не может изменить фактически действующий напор (точнее говоря полную энергию потока в верхнем бьефе над отверстием щита).

Учет влияния разрежения на пропускную способность отверстий может быть произведен путем введения поправки в коэффициент расхода системы, как это обычно делается на практике для вакуумных водосливов [8].

Наконец, условие, ограничивающее размер вакуума под струей, выражающееся формулой (в) (см. работу [2]), также является ошибочным, так как общеизвестно, что напряженные состояния потока, находящегося в покое и в движении, резко отличаются друг от друга.

Водно-энергетический институт
АН Армянской ССР

Поступило 21 IX 1954

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананян А. К.* О пропускной способности двухъярусных водосбросов. Известия АН АрмССР, том III, № 3, Ереван, 1950.
2. *Амбарцумян Г. А.* Некоторые замечания по поводу статьи А. К. Ананяна „О пропускной способности двухъярусных водосбросов. Известия АН Армянской ССР (серия ФМЕТ наук), т. VII, № 2, 1954.
3. *Павловский Н. Н.* Гидравлический справочник. М. — Л., 1937.
4. *Евреинов В. Н.* Гидравлика. М. — Л., 1947.
5. *Вызго М. С.* О местном размыве за горизонтальным креплением и падающей струей. „Гидротехническое строительство“, № 5, 1954.
6. *Вейц И. И.* Основные задачи соединения двух потоков (плоская задача). Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, т. 32, Ленинград, 1947.
7. *Кумин Д. И.* Максимальный эжекционный эффект в водосливных гидростанциях. Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, том 44, Ленинград, 1951.
8. *Агроскин И. И., Димитриев Г. Т., Иванов А. И., Пикалов Ф. И.* Гидравлика. Госэнергоиздат, М. — Л., 1944.