

ГИДРОТЕХНИКА

Г. А. АМБАРЦУМЯН

НАНОСОСБРОСНОЙ ЩИТ-СИФОН

В [1] была дана критическая оценка работы основных типов водосбросных сооружений и указаны пути разработки новых комбинированных универсальных водосбросов, которые полнее отвечают предъявляемым к ним требованиям. Наши теоретические лабораторные и натурные исследования гидротехнических сооружений показали, что они получаются простыми и эффективными в работе, если при их разработке удастся добиться надлежащего соответствия между структурой потока у сооружения и его работой, т. е. если активным перестроением структуры бытового потока удастся подчинить ее работе сооружения. За последнее десятилетие разработаны новые схемы сифонных водосбросов с регулированием величины сбросного расхода [2] и [3], со значительным регулированием уровня водосбрасывания [4]* и [5], а также со сбросом наносов [6] шуги** и плавающих тел [7]. В последнее время передан производству разработанный в Арм. НИИГиМ сегментно-сифонный затвор [8]. На базе щита-сифона разработана новая схема этого сооружения для сброса вместе с водой донных наносов, осевших в верхнем бьефе.

На рис. 1 показана схема щитового комбинированного водосброса, приспособленного для сброса донных наносов. Это—сдвоенный щит-сифон врезанный в обыкновенный плоский щит и плоский донный щит 2, оснащенный всеми элементами, обеспечивающими нормальную работу обыкновенного щита. Донный плоский щит 2 служит для осуществления полного опорожнения верхнего бьефа, промыва накопившихся наносов. Обыкновенный плоский щит 3, на котором монтирован щит-сифон 1, обеспечивает автоматический сброс воды при достижении уровня воды определенного значения. Для подъема и опускания, оба щита снабжены соответствующими подъемными механизмами 5, а для придания необходимой жесткости—каркасом. По контуру монтированы соответствующие уплотнения. Данный щит 2 может быть стационарным в виде порога—забрала или же подвижным. Плоский щит 3, в который монтируется сифон, имеет высоту, равную полной глубине воды в верхнем бьефе, и снабжен соответствующим подь-

* Щитовой комбинированный водосброс. Авторское свидетельство № 107682.

** Щит-сифон—шугосброс. Авторское свидетельство № 104376.

емным механизмом 6. Сифон монтируется на щите так, чтобы гребень водослива сифона совпал с нормальным подпертым горизонтом (НПГ), при этом верх плоского щита должен быть выше максимально подпертого горизонта (МПГ) на величину, предотвращающую перелив воды.

Сифон с боков перекрыт стенками 8, усиленными каркасом из уголков. Входное и выходное сечения сифона устраиваются так, что-

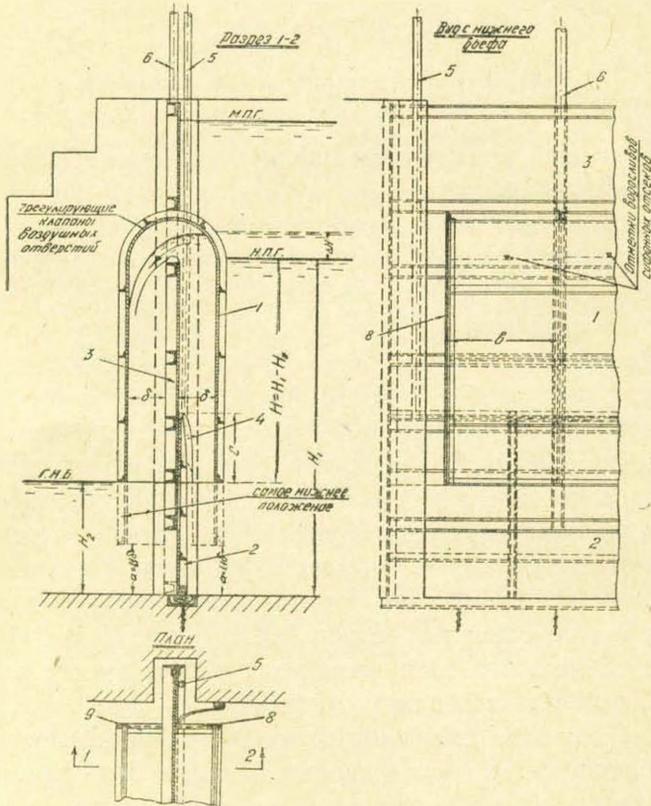


Рис. 1.

бы при любом положении они были бы выше отметки дна не менее чем на $1,1\delta$ (δ — высота сечения сифонной трубы). При определении размера сечения сифона целесообразно придерживаться отношения $B/\delta = 6-9$, где B длина отсека. Нижняя часть входного сечения щита-сифона оформляется с вертикальными боковыми вырезами 4 с таким расчетом, чтобы верхняя часть плоского донного щита 2 при опускании щита-сифона 1 частично поместилась бы в этих вырезах. При значительном водосбросном фронте щита-сифона целесообразно разбить его на отсеки. При этом отметки гребней отсеков следует принимать различными с тем, чтобы отдельные отсеки включались и выключались поочередно и плавно. При подъеме уровня воды выше НПГ вода начинает переливаться через гребень водослива и уносить с собой воздух из замкнутой области сифона. Здесь возникает разрежение

такой величины, что заполняется верхняя часть поворота сифона, и когда накопившаяся и подвешенная масса воды проваливается вниз, за ней возникает вакуум большой величины, обеспечивающий дальнейшее наполнение горловины сифона и непрерывную его работу.

Процесс включения сифона иногда происходит и со стороны нижнего бьефа. Здесь под ниспадающей струей возникает вакуум больше, чем над струей и это пространство заполняется водовоздушной эмульсией. Когда вес этого столба оказывается больше удерживающей способности нижнего бьефа, эта масса проваливается вниз и за ней возникает вакуум значительной величины, который как и в первом случае обеспечивает включение и нормальную работу сифона. Скорости, которые возникают у входа в сифон, велики, поэтому возможно использовать их для приближения, подъема и сброса в нижний бьеф вместе с водой значительное количество донных осевшихся наносов.

В отличие от обыкновенного сифона, для полного и легкого забора и сброса накопившихся в верхнем бьефе наносов с разных горизонтов, входное сечение сифонной трубы опускается до уровня накопления наносов. Наличие донного щита 2 дает возможность по мере сброса через сифон накопившихся наносов опускать входное сечение щита-сифона до уровня стояния наносов. Щиток 2 по мере необходимости может быть использован и для дополнительной подачи воды в нижний бьеф, с целью ускорения транспорта осевших там наносов. Регулирование работы сифона производится с помощью специального воздушного отверстия 7, снабженного поплавком или задвижкой с ручным приводом.

Ниже приводится методика определения компонентов скорости, возникающих у входного сечения сифонного сброса. На основании простого анализа можно доказать, что, если высота входного сечения сифона составляет 0,01 напора, то отношение скоростей верхней и нижней точек сечения составит 1,005, что указывает на возможность допущения постоянства скорости по высоте входного сечения сифона, а именно:

$$U \Big|_{x=0} = \frac{\partial \varphi}{\partial x} \Big|_{x=0} = f(y) = K \sqrt{2g(H_1 - H_2)} = \text{const}, \quad (1)$$

где φ — потенциал скоростей безвихревого потока идеальной несжимаемой жидкости в случае плоского движения; U — продольная скорость; x, y — координаты рассматриваемой точки; K — коэффициент скорости в общем виде.

Располагая входное сечение вертикально (рис. 2), воспользуемся решением, данным Санояном В. Г. [9]. При этом в данной стадии принимаем $f(y) \neq \text{const}$ с тем, чтобы в конечном решении перейти к случаю $f(y) = \text{const}$. Потенциал скоростей безвихревого потока идеальной несжимаемой жидкости, в случае плоского движения, выразится через интеграл Фурье [10] в следующем виде:

$$\varphi = \int_0^{\infty} \frac{e^{-\lambda x}}{\lambda} (A\lambda \cos \lambda y + B\lambda \sin \lambda y) d\lambda. \quad (2)$$

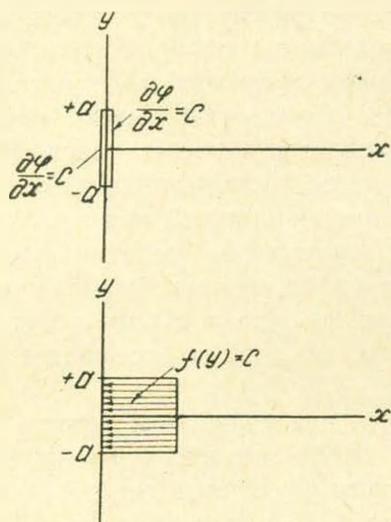


Рис. 2.

В рассматриваемом случае представляет интерес пространство, где $x > 0$. Значения коэффициентов $A\lambda$ и $B\lambda$ необходимо подбирать так, чтобы величина продольной скорости у входа в сифон ($x=0$) имела бы заданное распределение по высоте (1).

С учетом (1) уравнение (2) можно представить в следующем виде:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = f(y) = \int_0^{\infty} A\lambda \cos \lambda y + B\lambda \sin \lambda y) d\lambda. \quad (3)$$

Поскольку значение $f(y)$ в любом конечном интервале удовлетворяет условиям Дирихле, то (3) представляет собой обычное разложение функции $f(y)$ по интегралам Фурье [10].

Значения коэффициентов $A\lambda$ и $B\lambda$ с учетом четности функции $f(y)$ получаются равными:

$$A\lambda = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} f(\zeta) \cos \lambda \zeta d\zeta, \quad B\lambda = 0. \quad (4)$$

Подставив значения $A\lambda$ и $B\lambda$ в уравнение (2) для потенциала скорости, получим следующее выражение:

$$\varphi = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(\zeta) d\zeta \int_0^{\infty} e^{-\lambda x} \cos \lambda (\zeta - y) \frac{d\lambda}{\lambda}. \quad (5)$$

По известным значениям потенциала скорости можно определить выражения для продольных и поперечных проекций скорости. Так из (5) для продольной проекции скорости получим:

$$U = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(\zeta) d\zeta \int_0^{\infty} \cos \lambda (\zeta - y) e^{-\lambda x} d\lambda. \quad (6)$$

Для поперечной проекции скорости:

$$V = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(\zeta) d\zeta \int_0^{\infty} \sin \lambda (\zeta - y) e^{-\lambda x} d\lambda. \quad (7)$$

Интегрируя (6) и (7) в силу (1) получим [11]:

$$U = \frac{C}{\pi} \left(\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{a-y}{x} + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{a+y}{x} \right); \quad (8)$$

$$V = \frac{C}{2\pi} \ln \sqrt{\frac{x^2 + (a-y)^2}{x^2 + (a+y)^2}}. \quad (9)$$

Общая скорость W в любой точке пространства определится зависимостью:

$$W = \sqrt{V^2 + U^2} = W(V, U). \quad (10)$$

Имея в виду что $U = -\frac{\partial \psi}{\partial y}$, $V = \frac{\partial \psi}{\partial x}$ получим окончательно:

$$\psi = \frac{C}{\pi} \left\{ y \operatorname{arctg} \frac{2ax}{x^2 - a^2 + y^2} + x \ln \sqrt{\frac{x^2 + (a-y)^2}{x^2 + (a+y)^2}} + a \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{2xy}{x^2 - y^2 + a^2} \right\}. \quad (11)$$

Эту задачу можно было решить и введением функции комплексного переменного. Рассмотрим аналитическую функцию:

$$\frac{dw}{dZ} = \frac{\partial \varphi}{\partial y} + i \frac{\partial \psi}{\partial x}. \quad (12)$$

где $W = \varphi + i\psi$ а $Z = y + ix$.

На основании формулы Сохоцкого [12] получим

$$\frac{dW}{dZ} = \frac{1}{2\pi} \int_{-a}^{+a} \frac{2C}{x_1 - Z} dx_1 = \frac{C}{\pi} \ln \frac{Z-a}{Z+a}.$$

Откуда,

$$W = \frac{Ca}{\pi} Z \ln \frac{Z-1}{Z+1} + \frac{Ca}{\pi} \ln (Z^2 - 1). \quad (13)$$

Для записи решения в безразмерном виде примем обозначение $C_1 = \frac{Ca}{\pi} \ln a^2$. Тогда (13) примет вид:

$$W = \frac{C_1 a}{\pi} Z_1 \ln \frac{Z_1 - 1}{Z_1 + 1} - \frac{C_1 a}{\pi} \ln (Z_1^2 - 1), \quad (14)$$

где $Z_1 = \frac{Z}{a}$, $Z_1 = y + ix$ и $W = \varphi + i\psi$.

Отделив мнимую часть от реальной и заменив выражения \ln и arctg соответствующими значениями, получим (11).

Значения U и V подсчитываются по формулам (6) и (7). Для определения функции тока по (11) сначала подсчитывается ψ для заданных значений x и y . По этим данным строятся кривые $\psi = \psi(x, y)$, затем для постоянного значения $x = \operatorname{const}$ и значений $y = 1, 2, 3 \dots$ определяются соответствующие величины ψ . По этим данным ($\psi = \operatorname{const}$) строятся графики и функции тока.

Для проверки работы щита-сифона с точки зрения возможности захвата и сброса донных наносов с помощью сифона в гидротехнической лаборатории АрмНИИГиМ были проведены специальные экспериментальные исследования на модели.

Модель нанососбросного щита-сифона была выполнена из жести (рис. 3). Наносы подводились на специальной ложке к входу сифона при этом фиксировались координаты точки отрыва наноса сифонами и вес сброшенного наноса.

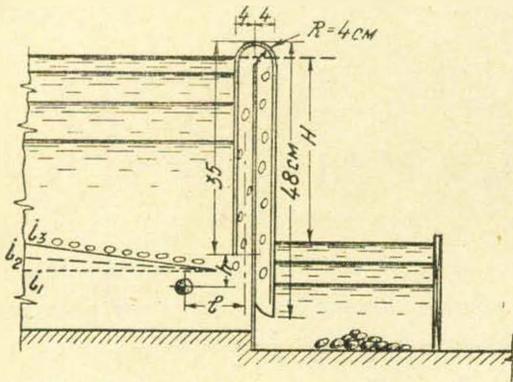


Рис. 3.

Для проверки работы сифона при массовом поступлении наносов к входу на определенном расстоянии по решетчатой наклонной плоскости подводились наносы. Сбросной способностью считалась та, при которой подводимое количество наносов все еще не накапливалось у входа в сифон. Результаты экспериментов

приводятся на рисунках 4 и 5, где через H_c обозначен рабочий напор сифона, а через H — горизонтальное расстояние захвата частицы.

Влияние формы камушек здесь не учитывалось, так как все камушки выбирались шарообразной формы. Из анализа лабораторных данных вытекает, что с увеличением действующего напора при постоянных координатах местонахождения твердой частицы, увеличивается вес захватываемой и сбрасываемой частицы.

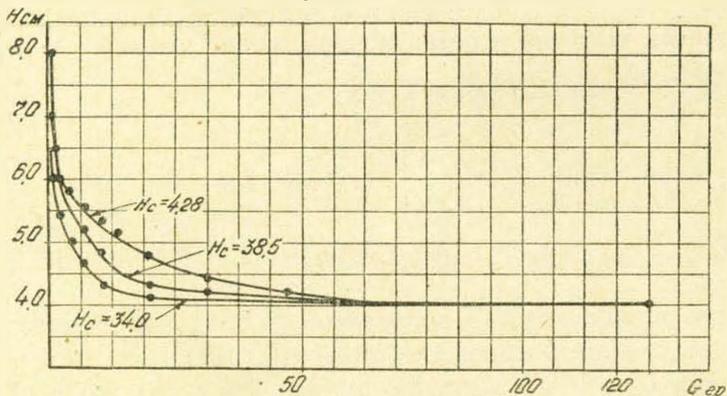


Рис. 4.

При заданном напоре и высоте подъема частицы, с увеличением веса, сокращается горизонтальное расстояние захвата. При небольшом изменении высоты подъема частицы резко изменяется вес сбрасываемой частицы. При заданном напоре условная зона захвата склады-

вается из горизонтального и вертикального участков. При этом единица высоты подъема равносильна семи—одиннадцати-кратным единицам горизонтального пути. Сбрасываемый расход наносов по весу доходил до 26% от общего расхода воды. Этот процент можно повысить, если будут сбрасываться наносы смешанных фракций.

На повороте Талинского магистрального канала недалеко от входа в тоннель, для поддержания уровня воды у входа в тоннель, были установлены щиты-сифоны. При проверке работы этих щитов-сифонов в натуре удалось фиксировать, что они при своей работе подымали и сбрасывали в нижний бьеф накопившиеся у поворота канала наносы. В частности, при величине напора сифона в 120 см вместе с водой,

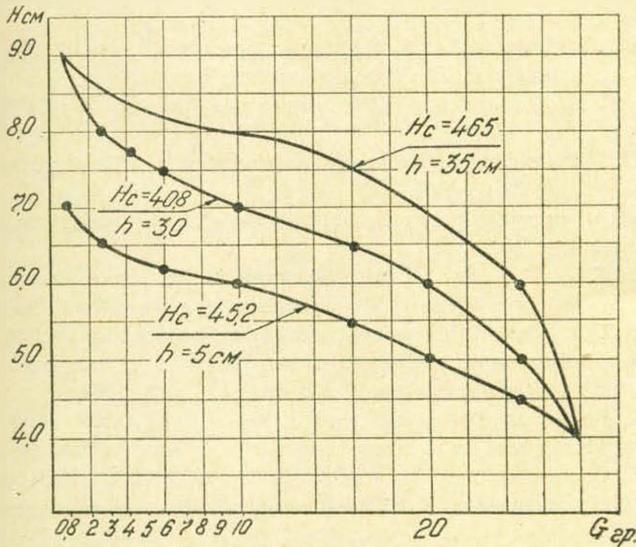


Рис. 5.

песком и илом сбрасывались наносы диаметром 5—8 см. Нанососбросный щит-сифон может быть использован в комбинации с водосбросным щитом-сифоном, щитом сифоном-шугосбросом. Сопоставление теоретических результатов с опытными будет дано позже после накопления значительных натурных данных.

АРМНИИГИАМ

Поступило 5.1.1963 г.

Գ. Ա. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ
ՋՐԲԵՐՈՒԿԱՆԵՏ ՎՈՀԱՆ ՍԻՓՈՆ
Ա մ փ ո փ ո ս մ

Ջրնեա կառուցվածքների դերը հիդրոտեխնիկական հանգույցների ճիշտ մշակման մեջ շատ մեծ է: Ներկայումս մշակվել են և արտադրութան մեջ լայն կիրառութուն են ստանում ունիվերսալ տիպի սիֆոնային ջրնետները: Որոշակի հետաքրքրութուն է ներկայացնում վաճառ սիֆոնի մի նորաձևութունը՝ ջրբերովանեա վաճառ սիֆոնը: Այս ջրնեա կառուցվածքում օդոսփռման վաճառ սիֆոնի ալն հնարավորութունը, որ նրա մուտքամասը կա-

