Задание:

Вода отводится по открытому каналу прямоугольного поперечного сечения (поток спокойный) и падает с уступа (перепада).
Бытовая (нормальная глубина в канале 0,9 м
Выполнить сопряжение бьефов с помощью:
а) водобойного колодца
б) водобойной стенки

Вариант	Расход $м^3/с$	Высота уступа (перепада), м	Ширина канала м
1.	1,2	2	1,2
2.	2	2,5	2
3.	3	3	2
4.	4	2	2,5
5.	5	2,5	3
6.	4,5	3	3
7.	5	4	2,5
8.	4,5	5	2
9.	3,5	2,5	2
10.	2,5	3	2,5
11.	1,5	3,5	1,5
12.	1,7	3	1
13.	5	3	3
14.	4,5	4	2,5
15.	3,5	5	2
16.	2,5	2,5	2
17.	2,5	3	2,5
18.	2,5	3,5	1,5
19.	1,7	2,5	1
20.	1,7	2,5	1,5

Расчет водобойного колодца

В прямоугольном канале шириной $b = 22$ м устроен перепад (см. рис. 1). Установить характер сопряжения ниспадающей с перепада струи с нижним бьефом и определить размеры водобойного колодца. Расход воды в канале $Q = 44$ м^3/с, высота перепада $p = 2{,}9$ м, бытовая глубина $h_б = 1{,}4$ м, коэффициент скорости $\varphi = 0{,}95$, глубину воды на уступе перепада принять равной критической.

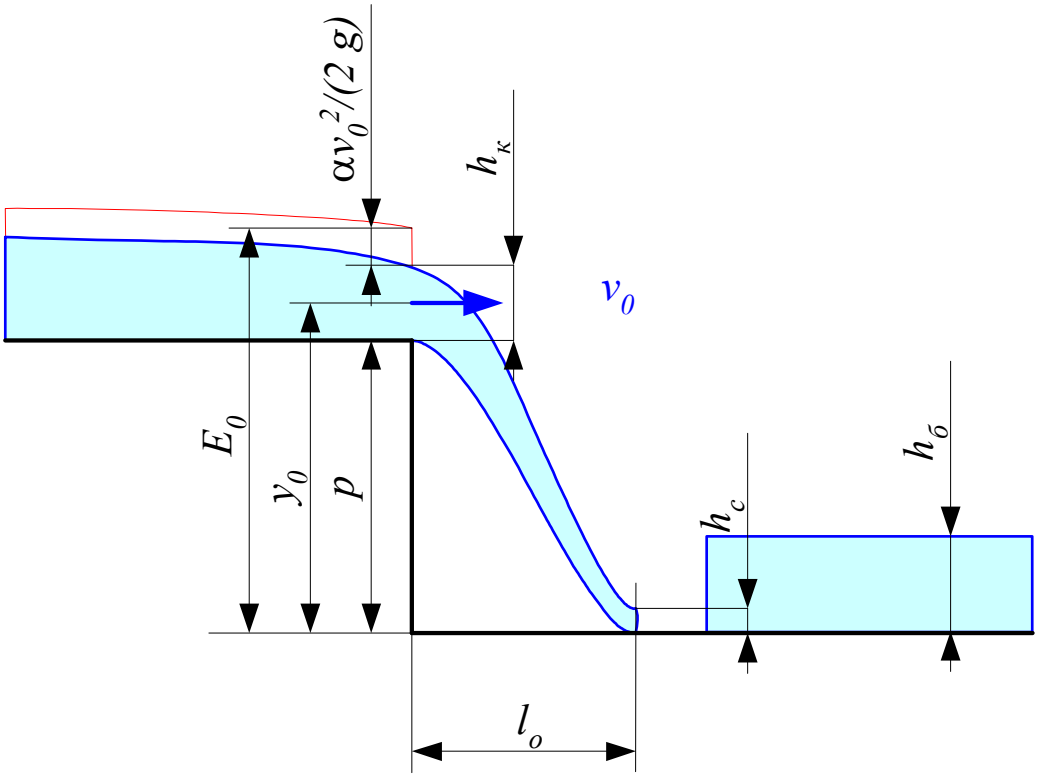


Рис. 1. Сопряжение бьефов. Перепад

Решение

1. Определяется удельный расход

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{44}{22} = 2$$ м^2/с.

2. Находится критическая глубина

$$h_к = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{2^2}{9{,}81}} = 0{,}742$$ м.

3. Вычисляется скорость движения воды на уступе перепада

$$v_0 = \frac{q}{h_к} = \frac{2}{0{,}742} = 2{,}697$$ м/с.

4. Находится полный напор

$$E_0 = p + h_к + \frac{v_0^2}{2g} = 2{,}9 + 0{,}742 + \frac{2{,}697^2}{2 \cdot 9{,}81} = 4{,}012$$ м.

5. Сжатая глубина определяется:

$$A = \frac{q^2}{2g\varphi^2} = \frac{2^2}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}95^2} = 0{,}226$$ м^3;

$$E_0 = h_c + \frac{0{,}226}{h_c^2}$$.

Задавшись рядом сжатых глубин (0,2; 0,25; 0,35 и 0,5 м) вычисляются соответствующие им величины полного напора (табл. 5.1)

По данным табл. 5.1 строится график зависимости полного напора от величины сжатой глубины (рис. 5.8). Откладывая по вертикальной оси величину полного напора 4,012 м, определяем значение сжатой глубины $h_c = 0{,}245$ м. Вычисленное значение полного напора для этой глубины равно 4,012 м. Относительная погрешность составила 0,008 %.

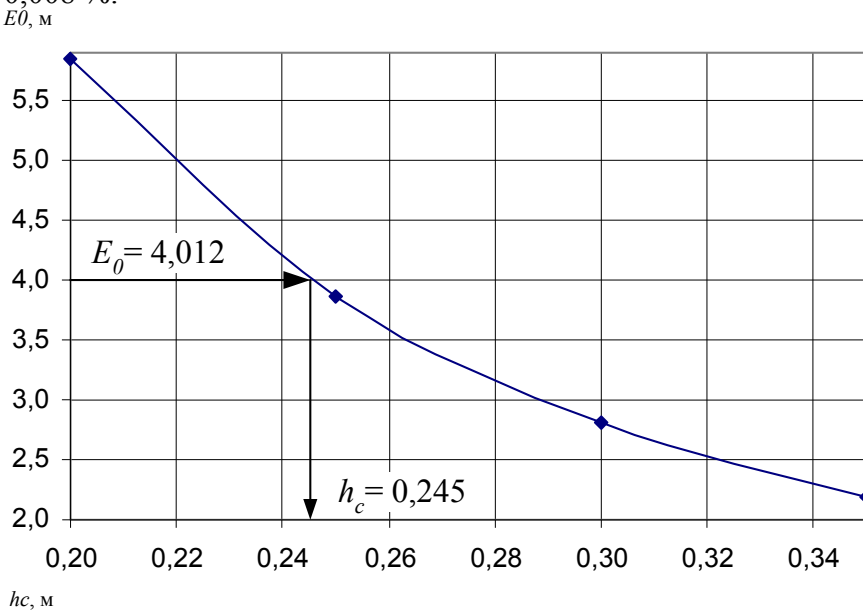


Таблица
К определению сжатой глубины

h_c, м	E_0, м
0,20	5,853
0,25	3,868
0,30	2,813
0,35	2,196

Рис. 2. Определение сжатой глубины

По формуле гидравлического прыжка определяется вторая сопряженная глубина

$$h_2 = \frac{0{,}245}{2}\left[\sqrt{1+8\left(\frac{0{,}742}{0{,}245}\right)^3}-1\right] = 1{,}706 \text{ м.}$$

Так как $h_2 > h_б$, то сопряжение струи с нижним бьефом будет осуществляться с помощью отогнанного гидравлического прыжка.
Определение глубины колодца сведено в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Определение глубины колодца

d_0, м	$E_0' = E_0 + d_0$, м	h_c, м	h_2, м	$d_0 + h_б$, м
0,000	4,012	0,245	1,706	1,400
0,250	4,262	0,237	1,740	1,650
0,500	4,512	0,230	1,773	1,900
0,355	4,368	0,234	1,754	1,755

По данным табл. 5.2 строятся графики $h_2 = f_1(d_0)$ и $d_0 + h_б = f_2(d_0)$ (рис. 3).

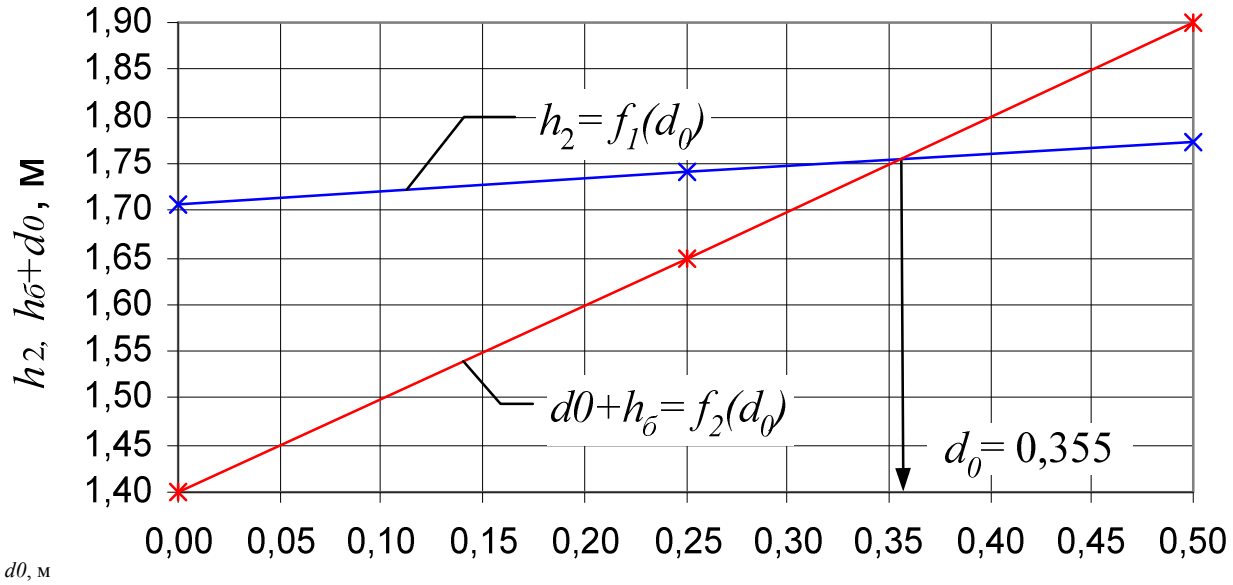


Рис. 3 Определение глубины колодца

Точка пересечения этих линий является теоретической глубиной колодца $d_0 = 0{,}355$ м.
Относительная погрешность определения теоретической глубины составила 0,07 %.
Чтобы в нижнем бьефе получился затопленный прыжок, теоретическую глубину колодца необходимо увеличить на 5 %:

$$d = 1{,}05\, d_0 = 0{,}373 \text{ м.}$$

Перепад на выходе из колодца в отводящее русло

$$\Delta z = \frac{q^2}{2\, g\, \varphi_1^2 h_б^2} = \frac{2^2}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}85^2 \cdot 1{,}4^2} = 0{,}144 \text{ м.}$$

Длина гидравлического прыжка

$$l_n = 2{,}5\left(1{,}9\, h_2 - h_c\right) = 2{,}5\left(1{,}9 \cdot 1{,}754 - 0{,}234\right) = 7{,}747 \text{ м.}$$

Высота центра тяжести струи над дном колодца

$$y_0 = d + p + \frac{h_к}{2} = 0{,}373 + 2{,}9 + 0{,}742 = 3{,}644 \text{ м.}$$

Дальность отлета струи находится по формуле (5.9)

$$l_{отл} = 2{,}697 \sqrt{\frac{2 \cdot 3{,}644}{9{,}81}} = 2{,}325 \text{ м.}$$

Длина водобойного колодца определяется по формуле

$$l = 2{,}325 + 0{,}8 \cdot 7{,}747 = 8{,}522 \text{ м.}$$

Основные размеры водобойного колодца представлены на рис. 4

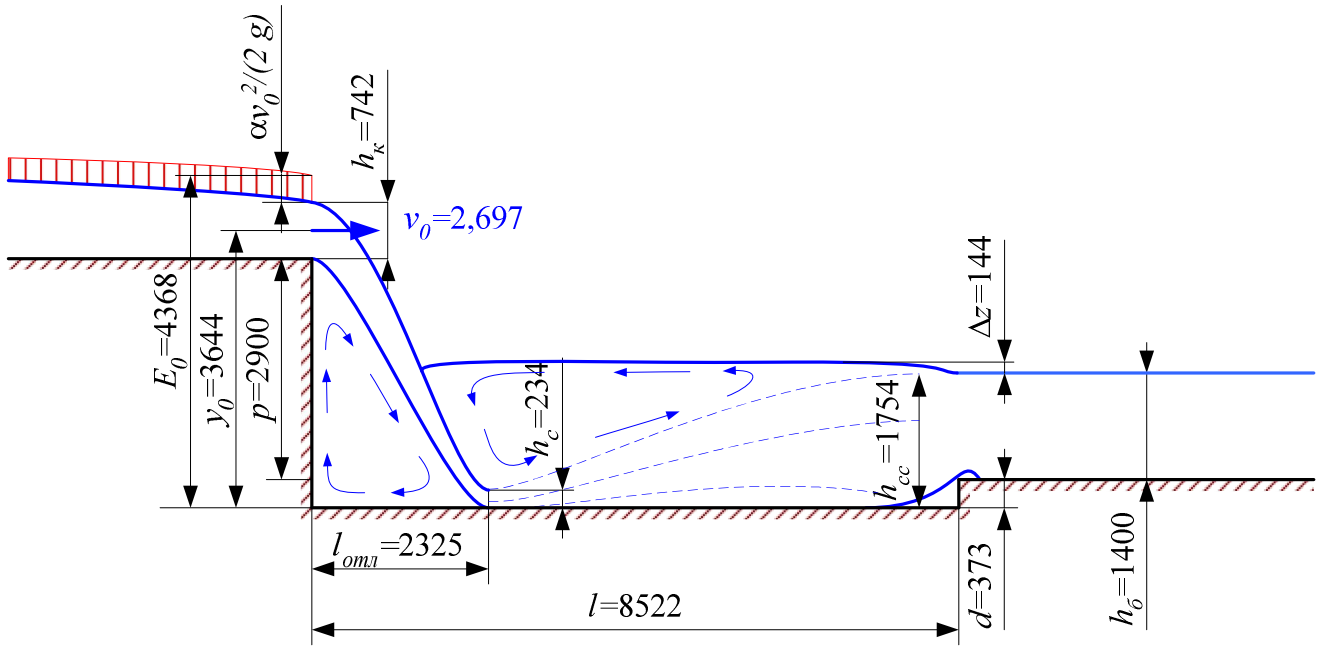


Рис. 4. Схема водобойного колодца

Расчет водобойного водобойной стенки.

В прямоугольном канале шириной $b = 22$ м устроен перепад (см. рис. 1). Установить характер сопряжения ниспадающей с перепада струи с нижним бьефом и определить размеры водобойного колодца. Расход воды в канале $Q = 44$ м^3/с, высота перепада $p = 2{,}9$ м, бытовая глубина $h_б = 1{,}4$ м, коэффициент скорости $\varphi = 0{,}95$, глубину воды на уступе перепада принять равной критической.

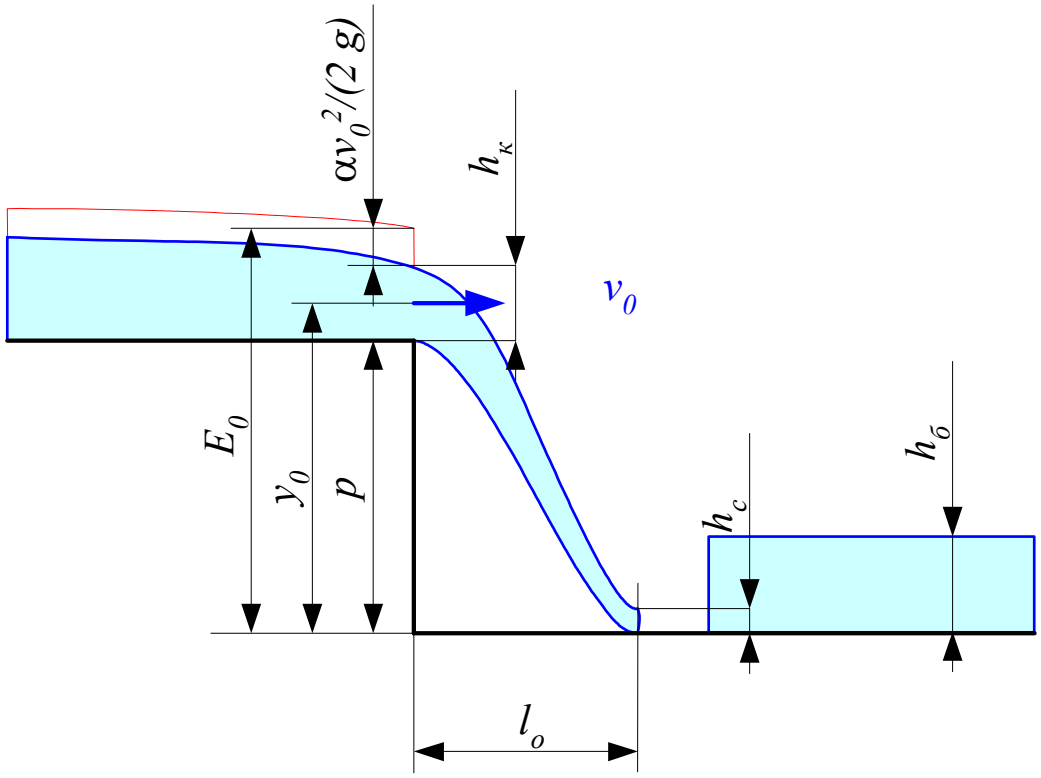


Рис. 1. Сопряжение бьефов. Перепад

Решение
Выполняется расчет сжатой, критической и сопряженной сжатой глубины аналогично предыдущему примеру.

Дается заключение о виде сопряжения бьефов.
Затем определяется скорость подхода к водобойной стенке

$$v = \frac{q}{h_{cc}} = \frac{2}{1{,}706} = 1{,}172$$ м/с.

По формуле вычисляется скоростной напор

$$h_v = \frac{(1{,}172)^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}070$$ м.

Находится полный напор на водосливной стенке

$$H_0 = \left(\frac{2}{0{,}42\sqrt{2 \cdot 9{,}81}} \right)^{\frac{2}{3}} = 1{,}049$$ м.

Геометрический напор на водосливной стенке определяется

$$H = 1{,}049 - 0{,}070 = 0{,}979$$ м.

Определяется высота водобойной стенки при условии, что водослив не подтоплен

$$c = 1{,}05\, h_2 - H = 1{,}05 \cdot 1{,}706 - 0{,}979 = 0{,}812$$ м.

Так как $c < h_б$, водослив является подтопленным.

Дальнейший расчет проводится в табл. 1. Задаются рядом высот водобойной стенки (0,6; 0,7; 0,8 м). Для этих высот вычисляются: геометрический *H* и полный H_0 напоры на водосливе; высоту подтопления водослива h_n и отношение высоты подтопления водослива к геометрическому напору на водосливе.

Интерполяцией данных табл. 2 определяется коэффициент подтопления σ_n.

Таблица 2

Коэффициент подтопления водослива

h_n/H	0,050	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700
σ_n	0,997	0,995	0,985	0,972	0,957	0,935	0,906	0,856

Продолжение табл. 2

h_n/H	0,800	0,850	0,900	0,925	0,950	0,975	0,990	0,995	1,000
σ_n	0,776	0,710	0,621	0,555	0,470	0,319	0,170	0,100	0,000

Находится удельный расход водобойной стенки. По данным табл. 1 строится график зависимости удельного расхода от высоты стенки (рис. 2). Отложив значение удельного расхода, находят высоту стенки – 0,713 м. Погрешность вычисления составила минус 0,06 %.

Таблица 1

Определение высоты водобойной стенки

c, м	$H = 1{,}05 h_2 - c$, м	$H_0 = H + h_v$, м	$h_n = h_б - c$, м	$\frac{h_n}{H}$	σ_n	$q_{ст} = \sigma_n m\sqrt{2g}H_0^{3/2}$, м^2/с
0,6	1,191	1,261	0,800	0,672	0,870	2,292
0,7	1,091	1,161	0,700	0,641	0,885	2,060
0,8	0,991	1,061	0,600	0,605	0,903	1,837
0,727	1,064	1,134	0,673	0,632	0,890	1,999

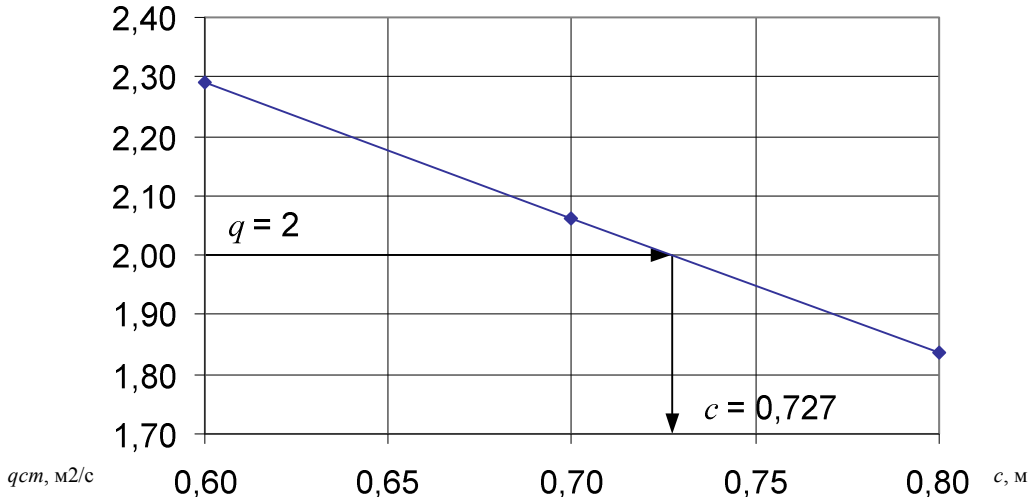


Рис. 2. Определение высоты водобойной степени

Длина гидравлического прыжка

$$l_n = 2{,}5\left(1{,}9\,h_2 - h_c\right) = 2{,}5\left(1{,}9 \cdot 1{,}706 - 0{,}245\right) = 7{,}491 \text{ м.}$$

Высота центра тяжести струи

$$y_0 = p + \frac{h_к}{2} = 2{,}9 + 0{,}742 = 3{,}271 \text{ м.}$$

Дальность отлета струи

$$l_{отл} = v_0\sqrt{\frac{2\,y_0}{g}} = 2{,}697\sqrt{\frac{2 \cdot 3{,}271}{9{,}81}} = 2{,}202 \text{ м.}$$

Длина водобойного колодца

$$l = l_{отл} + 0{,}8\,l_n = 2{,}202 + 0{,}8 \cdot 7{,}491 = 8{,}195 \text{ м.}$$

Основные размеры водобойного колодца представлены на рис. 3

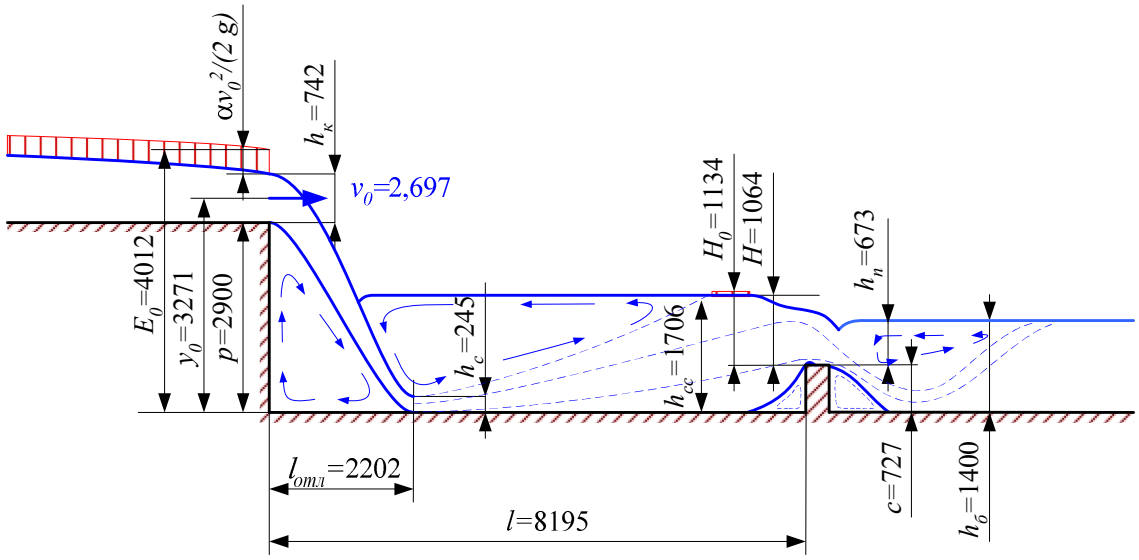


Рис. 3. Схема водобойной стенки

Библиографический список используемой литературы

1. Тужилкин А.М, Злобин Е.К, Бурдова М.Г., Белоусов Р.О. Гидравлика: учебное пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017, 266 с. – 200 экз.

2.Земцов, В.М. Гидравлика : учеб.пособие для вузов / В.М.Земцов;под ред. Ю.В.Брянской .— М. : АСВ, 2007 .— 352с. : ил. — Библиогр.в конце кн. — ISBN 978-5-93093-510-3 : 181.82. 15экз.

3. Курганов А.М. , Федоров Н.Ф. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения: Справочник / Под общ. ред. А.М.Курганова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Стройиздат, 1986. - 440 с.

4. Тужилкин А.М., Бурдова М.Г., Механика жидкости и газа: Учебное пособие. ТулГУ. Тула 1998. – 283 с.

.