UO‘K: 532.5

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВОЛН В НАПОРНОМ ПОТОКЕ ЗАКРЫТЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ И РАСЧЁТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА НА ЗАТВОР ТРУБОПРОВОДА

старший преподаватель **Жўраев Хуршидбек Абдирахимович**.
Наманганский государственный технический университет,
Наманган, Республика Узбекистан,
hurshid7.uz@gmail.com

Аннотация. *В данной статье исследуются процессы образования волн при движении напорного потока в закрытых водопропускных сооружениях, а также гидравлические удары, воздействующие на затворы трубопроводов. Проанализированы режимы течения потока, потери давления, расход воздуха и явления гидравлического прыжка в водоводах. Кроме того, рассмотрены методы расчёта гидравлического воздействия на затворы трубопроводов и даны рекомендации по безопасной и эффективной эксплуатации гидротехнических сооружений.*

Ключевые слова. *Водопропускные трубы, потеря давления, гидравлический скачок, расход воздуха, закрытая водопропускная труба, поток под давлением, трубные клапаны.*

WAVE FORMATION IN PRESSURIZED FLOW OF CLOSED CONDUIT WATER CONVEYANCE STRUCTURES AND CALCULATION OF HYDRAULIC IMPACT ON THE PIPE GATE

senior lecturer **Jo‘rayev Xurshidbek Abdiraximovich**
Namangan State Technical University
Republic of Uzbekistan, Namangan
hurshid7.uz@gmail.com

imrconf.com

Abstract. *This article examines wave formation in pressurised flow within closed-conduit water conveyance structures and the hydraulic impacts on pipe gates. Flow regimes, pressure losses, air discharge, and hydraulic jump phenomena in water conduits are analysed. In addition, methods for calculating hydraulic impacts on pipe gates are considered, and recommendations for the safe and efficient operation of hydraulic structures are provided.*

Keywords. *Culverts, pressure loss, hydraulic jump, air flow, closed culvert, pressurised flow, pipe valves.*

imrconf.com

Введение

В закрытых водопропускных сооружениях в зависимости от их длины и уклона, условий входа и выхода потока, состояния затворных ворот и степени их открытия, а также возможности поступления воздуха в водопропускное сооружение могут устанавливаться следующие режимы течения: напорный режим; безнапорное спокойное течение; безнапорное бурное течение; смешанный (частично напорный) режим, при котором безнапорный поток переходит в напорный или наоборот.

Расчёт гидравлического прыжка в закрытых водопропускных сооружениях, вместе с определением количества поглощаемого потоком воздуха, приведён в [1]. Ниже приведены уравнения для определения уровня воды в нижнем бьефе, соответствующего положению начального вальца прыжка в сжатом сечении за затвором. Геометрические параметры сооружения, степень открытия затвора, уровень воды в верхнем бьефе и вакуум за затвором считаются заданными величинами.

Для вывода расчётных уравнений используются уравнение количества движения, уравнение Бернулли, расчёт расхода воздуха, поглощаемого во время гидравлического прыжка, пропускная

способность воздуховода, коэффициент сжатия струи при истечении воды из-под затвора, а также формулы расхода воды через затвор.

Здесь секундная масса воды в сечениях 1–1 и 2–2, равная ρQ, считается постоянной (масса воздуха не учитывается); в первом сечении скорость потока равна $\frac{Q}{\omega_1}$.

Через данное устройство удаляется избыточный воздух, а для предотвращения образования вакуума подаётся воздух, что, в свою очередь, вызывает явление аэрации. Поскольку диаметр воздуховыпускной трубы превышает 50 мм, на ней установлена задвижка, с помощью которой вручную регулируется подача воздуха. Особенно важную роль это устройство играет после полного слива воды из трубопровода и закрытия большого затвора №1, когда требуется ремонт отдельных участков и последующее повторное заполнение трубы водой [2].

По формуле:

$$\beta = \psi\left(\sqrt{Fr_1} - 1\right)^n \quad (1)$$

По формуле:

$$\beta = \frac{Q_a}{Q} = 0{,}012\left(\sqrt{Fr} - 1\right)^{1{,}4} \quad (2)$$

По формуле:

$$Q_a = \mu\omega_a\sqrt{\frac{\rho}{\rho_a}}\sqrt{2gh_{vak}} \quad (3)$$

Согласно графику, приведённому на рисунке; во втором случае

$$\frac{(Q+Q_a)}{\omega_2} \quad (4)$$

где Q_a— расход воздуха, поглощённого потоком при гидравлическом прыжке; e— давление в сечении 2–2, отсчитываемое от потолка; $h_{\text{вак}}$— вакуум в воздушной полости за затвором, который создаёт в сечении 2–2 давление $\rho g h_{\text{вак}}\omega_2$, направленное против течения потока.

imrconf.com

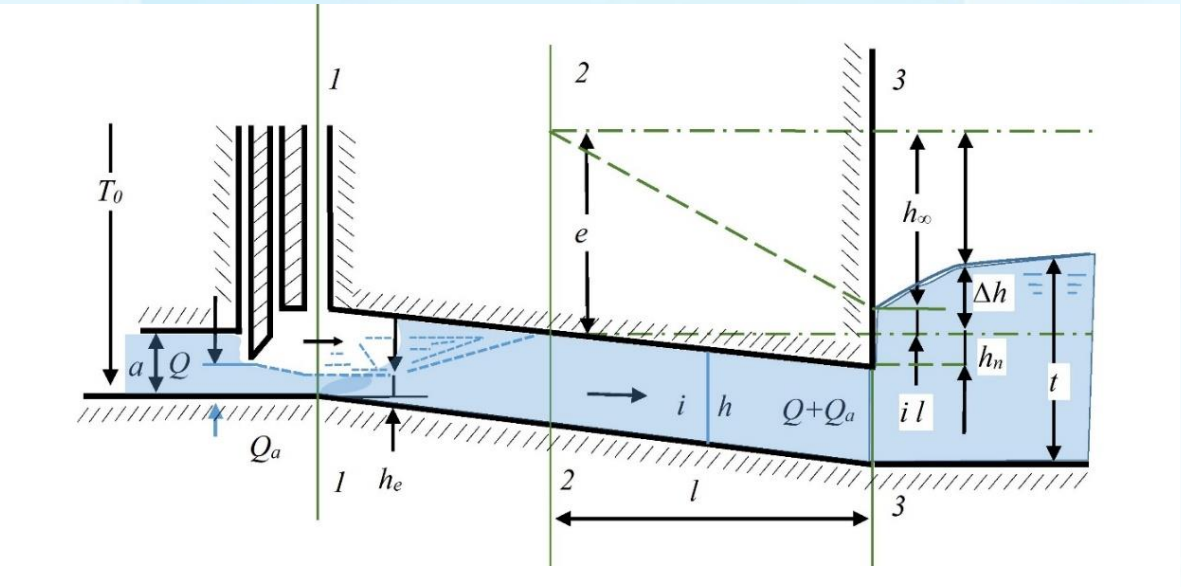


Рисунок 1. Схема расчёта гидравлического прыжка в закрытых водопропускных сооружениях.

Для водопропускных сооружений с прямоугольным сечением:

$$\omega_1 = \varepsilon a b и \omega_2 = bh$$

Решая уравнение относительно e, получаем:

$$e = \frac{(\varepsilon a)^2}{2h} - \frac{h}{2} - h_{\text{вак}} + \frac{Q}{gbh}\left(\frac{Q}{\varepsilon ab} - \frac{Q+Q_a}{bh}\right) \quad (5)$$

Уравнение Бернулли для сечений 2–2 и 3–3 в выходной части водовода. В сечениях 2–2 и 3–3 водовода одинаковой площади оно принимает следующий вид:

$$e = h_n + h_\omega - il \quad (6)$$

где h_n— превышение уровня воды над верхней кромкой выходного отверстия водовода; h_ω— потери давления в сечениях 2–2 и 3–3; i, l— превышение свода водовода в сечении 2–2 над верхней кромкой выходного отверстия.

Подставив значение в выражение (4), получим следующее:

$$h_n = \frac{(\varepsilon a)^2}{2h} - \frac{h}{2} - h_{vak} + \frac{Q}{gbh}\left(\frac{Q}{\varepsilon ab} - \frac{Q+Q_a}{bh}\right) - h_\omega + il \quad (7)$$

В этом случае:

$$Q = \mu \varepsilon ab\sqrt{2g(T_0 - \varepsilon a + h_{vak})} \quad (8)$$

imrconf.com

где εa— глубина в сжатом сечении; a— открытие затвора; T_0— давление в сечении, отсчитываемое от дна перед затвором.

Расход воздуха Q_aопределяется по формуле (4). Потери давления в сечении 2–3 выражаются столбом водовоздушной смеси и равны:

$$h_{\omega sm} = \lambda \frac{l}{D_G} \frac{(Q+Q_a)^2}{2g(bh)^2} \quad (9)$$

Поскольку:

$$\rho_{sm}(Q + Q_a) = \rho Q + \rho_a Q_a \quad (10)$$

и

$$h_{\omega sm}\rho_{sm} = h_\omega \rho \quad (11)$$

то получаем:

$$h_{\omega sm} = \lambda \frac{l}{4R} \frac{(Q+Q_a)Q}{2g(bh)^2} \quad (12)$$

По найденной по формуле (9) глубине h_n, исходя из затопления верхней кромки выходного отверстия водовода, определяем уровень свободной поверхности в выходном сечении 3–3. Затем, учитывая изменения в зоне восстановления потока, определяем уровень воды в нижнем бьефе, выходящий из выходного сечения водовода. Он может располагаться как выше, так и ниже уровня в сечении 3–3.

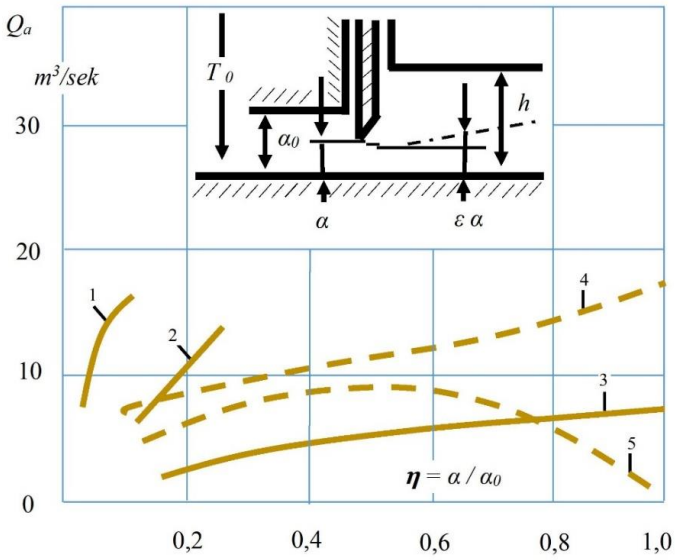


Рисунок 2. Изменение расхода всасываемого воздуха в закрытых водоводах в зависимости от степени открытия затвора.

imrconf.com

imrconf.com

Уровень воды в нижнем бьефе, определённый экспериментальными и натурными расчётами, соответствует состоянию гидравлического прыжка в водоводе, при котором начальный валец прыжка располагается в сжатом сечении за затвором. По сравнению с уровнем воды, при повышении уровня воды в нижнем бьефе затвор и пространство за затвором оказываются затопленными, а при понижении — гидравлический прыжок не возникает.

Состояние отсутствующего прыжка может рассчитываться по формуле (7). При этом дополнительно определяется глубина воды до прыжка, для чего рассчитывается кривая подпора на участке от сжатого сечения до места возникновения прыжка. Если при этом для сжатого сечения получается число Фруда $Fr > 40$, тогда по формуле (8) дополнительно рассчитывается расход воздуха за счёт самоаэрации потока на участке до гидравлического прыжка.

$$Fr > 40$$

Площадь выходного отверстия водовода определяется по формуле (1) при известном расходе воздуха и вакууме. При расчёте состояния гидравлического прыжка вакуум за затвором определяется в процессе расчёта параметров прыжка.



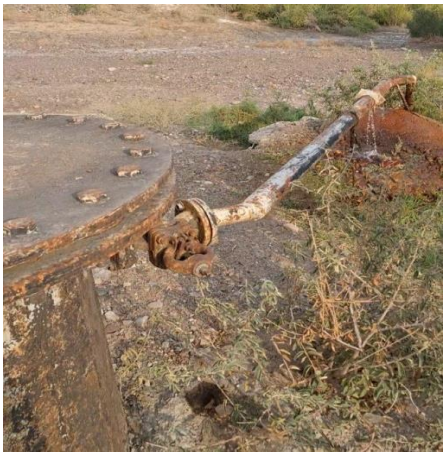


Рисунок 3. Устройство для удаления воздуха и регулирования его количества в водосбросной трубе Резаксойское водохранилище**.**

В заключение можно отметить, что при установлении глубины $h'' < h_{vod}$в закрытых водоводах параметры гидравлического прыжка оказываются аналогичными параметрам в открытом потоке.

$$h'' < h_{vod}$$

Если же:

$$h_{kr} \leq h_{vod}, h'' > h_{vod}$$

то установлено, что увеличение гидравлического прыжка по высоте ограничивается сводом водовода.

При потоке без гидравлического прыжка, если критическое значение аэрации меньше числа Фруда, воздух засасывается в водовод только за счёт трения воды и воздуха на свободной поверхности потока, и аэрация потока не происходит.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бедная Т. А., Плуготаренко Н.К. “Гидрогазодинамика” 2015 г

2. Khudaikulov S., Kaniev J., Juraev Kh. Calculation of the air consumption captured by the flow in the closed water conduit of the Karkidon reservoir.// Science and Education in Karakalpakstan. 2022 №2/1 83-85

3. Худайкулов С.И., Жураев Х.А., Нишонов Ф.Х. Аэрация водных масс в решении технических, хозяйственных и экологических задач.//Гидротехника., 2022. №4 53-57.

4. Хайдаров Ш. Э., Жураев Х. А., Худайкулов С. И. Моделирование течения вязкой жидкости систем гидроприводов и гидроавтоматики // Гидротехника. 2023. № 2. С. 36–39

imrconf.com