

УДК 627.83(282.25) (575.24)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОЗАБОРНОГО СООРУЖЕНИЯ НА РЕКЕ КУРКУРЕУ-СУУ

Б.А. Ботоканова, А.К. Самсалиев, А.К. Жаманганова, Рустембек у. А.

Рассмотрено современное состояние водозаборного гидроузла на р. Куркюреу-Суу. Проанализированы природно-климатические и топографические характеристики объекта строительства, включая анализ русловых и гидрологических процессов на участке р. Куркюреу-Суу. Произведены все необходимые расчеты, определены параметры водозаборных сооружений. Для обеспечения надежности в эксплуатации при всех режимах работы сооружений, а также эффективной борьбы с наносами и ледошуговыми образованиями определены основные параметры водозаборного сооружения.

Ключевые слова: водозаборное сооружение; водоотведение; водоснабжение; напор; речные наносы; автоводосливы; коэффициент расхода; гидравлический радиус; наносозащитный порог.

КҮРКҮРӨӨ-СУУ ДАРЫЯСЫНДАГЫ СУУ ТОПТООЧУ КУРУЛМАНЫН НЕГИЗГИ ПАРАМЕТРЛЕРИН АНЫКТОО

Б.А. Ботоканова, А.К. Самсалиев, А.К. Жаманганова, Рустембек у. А.

Бул макалада Күркүрөө-Суу дарыясындагы суу топтоочу гидро түйүндүн азыркы абалы каралган. Курулуш объектисинин табигый-климаттык жана топографиялык өзгөчөлүктөрүнө, анын ичинде Күркүрөө-Суу дарыясынын нугуна жана андагы гидрологиялык процесстерге талдоо жүргүзүлөт. Бардык зарыл болгон эсептөөлөр жүргүзүлдү, суу топтоочу курулманын чен-өлчөмдөрү аныкталды. Суу топтоочу курулманын бардык иштөө режимдеринде эксплуатациялоодо бекемдигин аныктоо, ошондой эле насостор жана муз, шыргалаң менен натыйжалуу күрөшүү үчүн суу топтоочу курулманын негизги чен-өлчөмдөрү аныкталды.

Түйүндүү сөздөр: суу топтоочу курулма; суу менен камсыз кылуу; басым; дарыя үчүн насостор; авто суу куйгуч; чыгымдоо коэффициенти; гидравликалык радиус, шилендилерден сактоочу босого.

DETERMINATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE WATER-SELF-STRUCTURE ON THE KURKUREU-SUU RIVER

B.A. Botokanova, A.K. Samsalyev, A.K. Zhamangapova, Rustembek u. A.

The article considers the current state of the water intake station on the Kurkureu-Suu river. The climatic and topographic characteristics of the construction site are analyzed, including the analysis of the channel and hydrological processes in the Kurkureu-Suu river section. All necessary calculations were made, the parameters of water intake structures were determined. Thus, to ensure reliability in operation during all operation modes of the facilities, as well as effective sediment control and ice-arc formations, the main parameters of the water intake structure are determined.

Keywords: water intake facility; water disposal; water supply; pressure; river sediments; road-drainage; discharge coefficient; hydraulic radius; dam; nanoprotective threshold.

Введение. Водозаборное сооружение является важным элементом системы ирригации и гидроэнергетики. Поэтому от правильного проектирования, строительства и эксплуатации этих сооружений будет зависеть надежность по-

дачи воды. В Кыргызской Республике основными гидротехническими комплексами являются гидроэнергетические и ирригационные системы, которые сформированы из ГТС инженерного типа и оснащены средствами автоматизации.

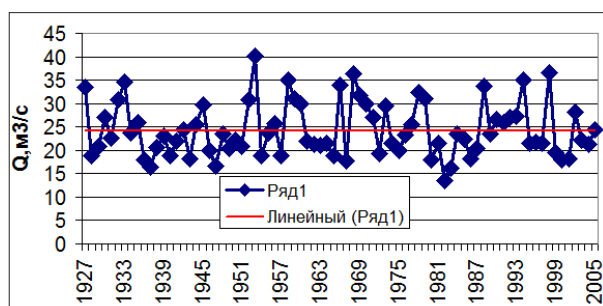


Рисунок 1 – Хронологический ход максимальных расходов воды р. Куркуреу-Суу – с. Чон-Курчан

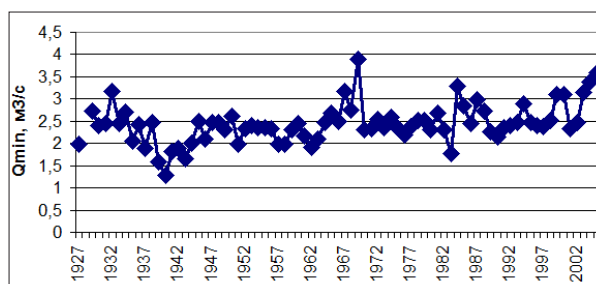


Рисунок 2 – Хронологический ход минимальных месячных расходов р. Куркуреу-Суу – с. Чон-Курчан (март)

В состав водозаборных сооружений вводят устройства, осуществляющие защиту сооружений и систем от излишних объемов воды и твердых включений [1].

При проектировании водозаборных сооружений основными нормативными документами (СНиП II-И.33-01–2003, и ВСН II-14–73) рекомендуется соблюдать следующую последовательность работы: после сбора и обработки информации окончательно выбирается местоположение створа, тип и компоновочная схема сооружения, рассчитываются параметры и размещаются отдельные элементы [2].

Цель работы – обоснование параметров водозаборного сооружения на участке р. Куркуреу-Суу с учетом гидрологических и морфометрических характеристик водотока для повышения надежности эксплуатации водохозяйственной системы во все эксплуатационные периоды.

Исходные данные и методы исследования. Для характеристики ряда наблюдений за максимальными и минимальными расходами на гидрометрическом посту “р. Куркуреу-Суу – с. Чон-Курчан” были построены хронологические графики (рисунки 1, 2), на которых видно, что максимальные расходы воды р. Куркуреу-Суу в створе водозабора определены методом статистической обработки имеющегося ряда наблюдений и составили: 0,1 %-ной обеспеченностью – 54,6; 1 – 44,3; 3 – 40,4; 5 – 36,5; 10%-ной – 32,9 (м³/с).

Водозабор в проектируемый гидроэнергетический комплекс выполняется из р. Куркуреу-Суу. При этом створ подпорных сооружений размещается ниже входного створа зарегулированного криволинейного русла, параметры которого

определяются морфометрическими характеристиками реки.

На основании топографических данных установлено, что уклоны дна водотока на участке устройства водозаборного сооружения составляют: $i = 0,0131$, а величина расчетного расхода 1 %-ной обеспеченности принимается равной $Q_{1\%} = 44,3 \text{ м}^3/\text{с}$.

Методом подбора были найдены следующие параметры зарегулированного русла при Q1%:

коэффициент заложение откосов m ;

коэффициент шероховатости n ;

ширина по дну B ;

i – уклон реки на участке водозабора русла;

наполнение – h , м.

Из подпорного створа вода будет сбрасываться в прямолинейное зарегулированное русло с параметрами, равными параметрам подводящего русла.

Определение параметров подводящих и отводящих зарегулированных русел на участке устройства водозаборного сооружения

Русло было рассчитано по уравнению:

$$Q = w \cdot C \cdot (R \cdot i_{\text{русла}})^{0,5}. \quad (1)$$

Площадь живого сечения рассчитывается по уравнению:

$$w = (b + m \cdot h) \cdot h. \quad (2)$$

Смоченный периметр рассчитывается по уравнению:

$$X = b + ((m \cdot h)^{0,2} + h^{0,2}) \cdot 2. \quad (3)$$

Гидравлический радиус рассчитывается по уравнению:

$$R = w / X. \quad (4)$$

Коэффициент Шези рассчитывается по уравнению:

$$C = 1 / n \cdot R^{0,16667}. \quad (5)$$

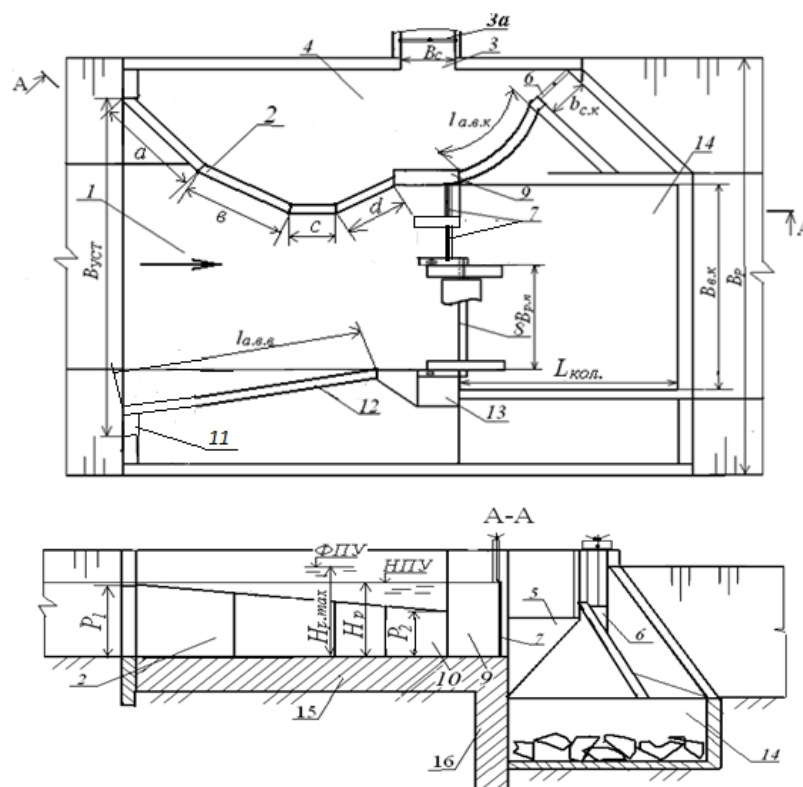


Рисунок 3 – Расчетная схема водозаборного сооружения из горных рек: 1 – верхний бьеф; 2 – наносозащитный порог; 3 – водоприемный оголовок; 3а – регулятор расхода; 4 – водоприемная камера; 5, 12 – автоводослив; 6 – затвор сбросного отверстия; 7 – затвор промывника; 8 – затвор речного пролета; 9 – разделительная стенка; 10 – концевая секция четырехсекционного ломаного в плане порога; 11 – дополнительная береговая вставка; 13 – быки; 14 – водобойный колодец; 15 – понур; 16 – зуб флютбета; 17 – отводящее русло

Скорость воды рассчитывается по уравнению:

$$V = Q / w, \quad (6)$$

где Q – расчетный расход $\text{м}^3/\text{с}$; w – площадь живого сечения определяется по формуле (2); C – коэф. Шези определяется по формуле (5); R – гидравлический радиус определяется по формуле (4); i – уклон русла.

Строительная высота струенаправляющих дамб подводящего зарегулированного русла определяется по формуле:

$$H_{\text{стр}} = H_{\text{max}} + \Delta h + \Delta H_p + i_n B, \quad (7)$$

где Δh – запас верха струенаправляющей дамбы над максимальным уровнем воды у вогнутого берега, $\Delta h = 0,5 \div 0,7$ м; ΔH_p – запас низа дамбы от дна воронки размыва $\Delta H_p = 1,0 \div 1,2$ м.

Минимальный диаметр камня для крепления откоса определяется из условия устойчивости на размыв [2], и определяется по формуле:

$$d = 0,04V_{\text{русл}}^2 \text{ м}. \quad (8)$$

Определение параметров элементов и устройств водозаборного сооружения производится по компоновочной схеме водозаборного сооружения из горных рек (Патент КР № 917 [3]), приведенной на рисунке 3.

Эта конструкция сооружения была разработана для условий максимального изменения глубин в верхнем бьефе при прохождении меженных и среднетлетних расходов воды [3]. Четырехсекционный порог был выбран из условия проведения водозабора с организацией наносозащиты при прохождении расходов воды по р. Куркуреу-Суу.

При проектировании речных плотинных водозаборных сооружений, прежде всего, определяется расчетная глубина воды H_p в верхнем бьефе, которая складывается из высоты наносозащитного порога $P_{\text{сп}}$ и напора над его гребнем $H_{\text{нт}}$.

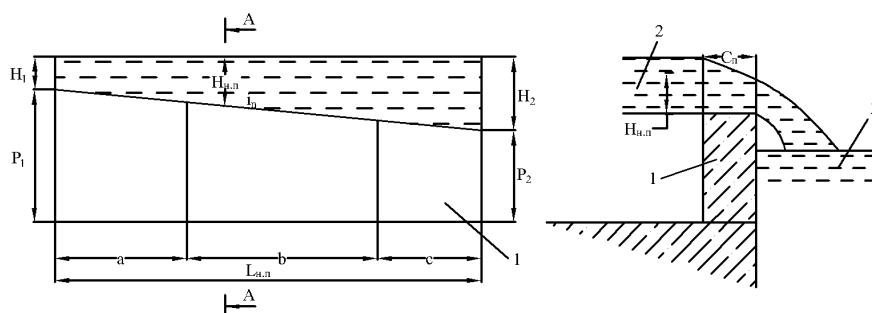


Рисунок 4 – Расчётная схема ломанного в плане наносозащитного порога: 1 – внешняя поверхность порога; 2 – верхний бьеф водозаборного сооружения; 3 – водоприёмная камера; L_n – длина порога; P_1 – высота порога в начале; H_1 – напор над гребнем порога в начальной части; $H_{n.n}$ – напор над гребнем порога в средней части; H_2 – напор над гребнем порога в конце; i_n – уклон гребня порога; P_2 – высота порога в концевой части; C_n – ширина порога [4]

Расчетная глубина в верхнем бьефе была определена равной $H_p = 2,15$ м, из условия дальнейшего применения типовых средств гидравлической автоматизации процесса водозабора: Г-образного затвора автомата уровня верхнего бьефа [2, 3] (рисунок 4).

Величина напора над порогом определяется значением расхода водозабора, который равен расходу заданной обеспеченности (для сооружений III класса капитальности) от $Q_{75\%}$. Максимальная величина расхода водозабора, необходимая для ирригации, равна $Q_{max/год} = 5$ м³/с.

Подбор параметров наносозащитного порога проводился по уравнению [2]:

$$Q_{n.n} = m_{n.n} L_n \sqrt{2gH_{n.n}^{1.5}}, \quad (9)$$

где $m_{n.n}$ – коэффициент расхода порога; $C_{n.n}$ – ширина гребня порога, принята равной 0,4; $L_{n.n}$ – длина наносозащитного порога принимается равной ширине водного потока по урезу воды в подводящем русле при прохождении паводкового расхода $Q_{1\%}$. Это необходимо для создания наилучших подводящих условий потока воды к порогу при создании подпора [2, 3].

Напор над гребнем порога в концевой части определяется по формуле:

$$H_2 = 2 \cdot H_{n.n}. \quad (10)$$

Учитывая, что наименьший уклон гребня наносозащитного порога равен $i_n = 0,06$; P_2 – высота порога в концевой части усовершенствованной конструкции порога принимается по рекомендациям [4]:

$$P_2 = 0.5H_p, \quad (11)$$

где H_p – нормальный расчетный напор в верхнем бьефе водозаборного гидроузла, в первом приближении может быть определен по формуле:

$$H_p = P_2 + H_2. \quad (12)$$

Длина 1-ой секций a определяется по уравнению:

$$a = (L_n - c) \div 2 \text{ м}. \quad (13)$$

Длина концевой секции c была принята с учетом рекомендаций [5]:

$$c = (1,0 \div 1,2)H_p \text{ м}. \quad (14)$$

При этом напор воды над средней частью порога определится по формуле:

$$H_{nn} = (H_p - P_2) \div 2 \text{ м}. \quad (15)$$

Относительный напор над порогом составит $\left(\frac{H_{nn}}{C_{n.n}}\right)$.

Для этих условий коэффициент расхода порога определим по формуле [5]:

$$m_{nn} = 0,42(0,7 + 0,183H_{nn} \div C_{n.n}). \quad (16)$$

Далее по формуле водослива с широким порогом определяется общая длина наносозащитного порога:

$$L = \frac{Q}{m_{n.n} \sqrt{2gH_{n.n}^{3/2}}}, \quad (17)$$

где $m_{n.n} = 0,37$ (формула 17) коэффициент расхода ломанного в плане наносозащитного порога [5].

Уклон гребня порога может изменяться в пределах $(0,06 \div 0,08)$ м, и был принят равным 0,060.

Длина секции рассчитывается по формуле:

$$b = L - a - c. \quad (18)$$

Наполнение в верхнем бьефе с учетом скорости подхода воды равно [5]:

$$H_0 = H_{p,max} \frac{\alpha_0 \cdot V_{pvc}^2}{2g}; \quad (19)$$

где α_0 – коэффициент кинетической энергии для турбулентного потока $(1,05 \div 1,1)$.

Строительная высота элементов водозаборного сооружения определяется по зависимости:

$$H_{стр} = H_{p, \max} + a_c, \quad (20)$$

где a_c – строительный запас принимается в пределах от 0,5 до 0,7 м.

Далее проверяем пропускную способность порога по подобранным параметрам с использованием формулы (9):

$$Q_{n,n} = m_{n,n} L_{n,n} \sqrt{2gH_{n,n}^{1.5}}.$$

Рассчитанное значение расхода воды покажет, удовлетворяет ли оно потребностям в воде, требуемой для ирригации.

Пропускная способность речного пролета, перекрываемого затвором-автоматом уровня верхнего бьефа, зависит от ширины, которая принята по опыту эксплуатации горных водозаборных сооружений, и определяется по формуле водослива с широким порогом [2]:

$$Q_{pn} = mB_n \sqrt{2gH_{p, \max}^{1.5}} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (21)$$

где m – коэффициент расхода для водослива без порога при вертикальных боковых устоях и с положительным уклоном дна за счет размываемой поверхности призмы наносов, принят равным максимуму для водослива с широким порогом $m = 0,385$.

Пропускная способность промывных трактов, которые предусмотрены в компоновке в количестве 2 шт. (рисунок 3), ограниченных промежуточными бычками и перекрываемых плоскими затворами, при пропуске паводка может быть определена по формуле [3]:

$$Q_{np} = \mu B_{np} \sqrt{2g(H_{p, \max} - a)} = \text{м}^3/\text{с}, \quad (22)$$

где μ – коэффициент расхода при максимальном открытии плоского затвора промывного тракта; a – максимальное открытие затвора, а (м); B_{np} – ширина отверстия промывного тракта b (м).

Расход воды, сбрасываемой через гребень автоводослива верхнего бьефа, установленного на противоположном берегу относительно водоприемника длиной 10 м, в соответствии с компоновкой и высотой со стороны верхнего бьефа 1,8 м определяется по формуле водослива с тонкой стенкой [4]:

$$Q_{ab} = ml_{a,с,г} \sqrt{2gH^{1.5}} \text{ м}^3/\text{с}. \quad (23)$$

Здесь H – разница уровней воды при прохождении паводка и отметки гребня водослива, равна 0,7м; m – коэффициент расхода водослива, с учетом рекомендаций [6].

Расход воды, поступающей при паводке в нижний бьеф через наносозащитный порог водоприемника и сбросной порог водоприемной галереи, определяются по данным [2].

Таким образом, суммарная расчетная пропускная способность элементов водозаборного сооружения при глубине в верхнем бьефе в первом приближении составит:

$$Q_{в.с} = Q_{p,n} + Q_{n,p} + Q_{a,с,г} + Q_{n,n} \text{ м}^3/\text{с}. \quad (24)$$

Выводы. Для определения параметров низконапорного водозаборного сооружения выполнен детальный анализ гидроморфометрических и геологических характеристик участка русла реки Куркуруе-Суу, а также технических характеристик ирригационной системы.

Обоснована компоновка плотинного водозабора, выбрана конструкция автоматизированного сооружения с ломаным в плане наносозащитным порогом. Обоснованы параметры водоприемных, водосбросных элементов и устройств водозаборного сооружения для создания оптимального режима водозабора во все гидрологические периоды р. Куркуруе-Суу.

Рассчитанное значение пропускной способности превышает значение расхода $Q_{1\%}$ обеспеченности 44,3 м³/с, определенного на основании гидрологических расчетов для заданного створа р. Куркуруе-Суу.

Литература

1. Лавров Н.П. Водозаборное сооружение для деривационной ГЭС на р. Иссык-Ата / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов, М.К. Торопов // Гидротехническое строительство. 2008. № 12. М.: НТФ “Энерго-прогресс”. С. 5–9.
2. Лавров Н.П. Проектирование гидросооружений деривационной ГЭС и подбор основного силового оборудования / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов // Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2008. 110 с.
3. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из горных рек / Г.И. Логинов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2014. 196 с.
4. Справочник по гидравлическим расчетам / колл. авторов; под ред. П.Г. Киселева // Репринт. 1972. М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 312 с.
5. Логинов Г.И. Водозаборные сооружения / Г.И. Логинов. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. 175 с.
6. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / под ред. Н.П. Лаврова. Бишкек: Салам, 2009. 504 с.