

УДК 626/25(575.2) (04)

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ УТОЧНЕНИЕ
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОТВЕРСТИЯ РЕЧНОГО ПРОЛЕТА
ВОДОЗАБОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ДЕРИВАЦИОННЫХ ГЭС,
АРМИРОВАННОГО ПРИСЛОННЫМ АВТОРЕГУЛЯТОРОМ УРОВНЯ**

М.К. Торопов – старший преподаватель

In the article a calculation method of discharge capacity of the automatic gate of water intake structure for small power plants is described.

Водозаборное сооружение для деривационных ГЭС (ВСДГ) конструкции КРСУ-КАУ предназначено для круглогодичного забора постоянных во времени расходов воды из горных рек в открытую деривацию. Данное сооружение является головным, вода из него поступает через деривационный канал, напорный бассейн и напорные трубопроводы к гидротурбинам электростанции.

Конструкция и режимы работы ВСДГ, включающего устройства гидравлической автоматизации поддержания командного уровня в верхнем бьефе сооружения и подачи нормированного расхода воды в отвод, защищены патентом Кыргызской Республики [1], описаны в [2] и научном отчете [3]. Поддержание уровня верхнего бьефа постоянным осуществляется при помощи прямодействующего Г-образного авторегулятора уровня (далее авторегулятор уровня), установленного в речном пролете сооружения.

С научной и практической точек зрения представляет интерес определение как общей пропускной способности нового гидротехнического сооружения, так и пропускной способности его отдельных элементов. Это необходимо при проектировании для назначения размеров водопропускных устройств, и при эксплуатации сооружения – для определения баланса поступающего по реке расхода Q_p , расхода деривации Q_d и расхода сброса $Q_{сбр}$ в нижний бьеф,

т.е. транзитного расхода реки. В данной статье рассматривается вопрос определения расхода воды, поступающего через авторегулятор уровня в нижний бьеф сооружения в зависимости от угла открытия α (рис. 1).

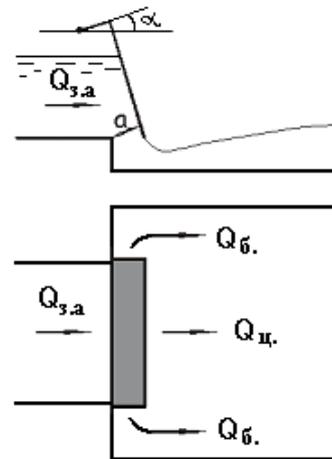


Рис. 1. Схема деления расходов при истечении из-под затвора-автомата.

Авторегулятор уровня вступает в работу при пропуске через водозаборное сооружение расхода воды среднесреднегодовой обеспеченности $Q_{50\%}$. Через него осуществляется сброс основной части расхода в нижний бьеф сооружения. Обычно, при назначении ширины

речного пролета, используется формула истечения через водослив с широким порогом. Такой подход вполне оправдан, так как многочисленные эксперименты показывают, что при больших открытиях влияние авторегулятора уровня на поток минимально, и истечение изпод него происходит как через водослив с широким порогом. Поэтому для назначения основных размеров сооружения, и в частности размеров речного пролета, достаточно пользоваться этой формулой. Однако нельзя исключать влияния авторегулятора уровня на расход истечения даже при его полном открытии, а тем более при малых открытиях. Задача определения пропускной способности речного пролета, армированного авторегулятором уровня, становится важной при составлении баланса расходов через сооружение, а также если речь идет об изучении водомерных характеристик авторегулятора.

Логично предположить, что расход воды, сбрасываемой в нижний бьеф через затвор-автомат может быть определен в виде суммы:

$$Q_{з.а} = Q_{ц} + 2 Q_{б}, \quad (1)$$

где $Q_{ц}$ – расход, проходящий через центральную часть затвора-автомата; $Q_{б}$ – расход, проходящий через боковые пазухи (рис. 1).

Аналогично рассуждает Б.И. Мельников в [4], но после ряда преобразований он приводит формулу для истечения через авторегулятор уровня к виду:

$$Q_{з.а} = \mu_{об} \cdot a \cdot b_{р.п} \cdot \sqrt{2g \cdot H_0}, \quad (2)$$

где $\mu_{об}$ – общий коэффициент расхода, вычисляемый по эмпирической зависимости $\mu_{об} = f(a/H_p)$, a и $b_{р.п}$ – открытие затвора-автомата и ширина речного пролета; H_0 – гидродинамический напор, $H_0 = H_p + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$.

Как видно, здесь коэффициент расхода не является постоянным и зависит от открытия a и напора H_p , это усложняет расчеты по формуле (2) – удобнее, когда коэффициент расхода остается постоянным для данного устройства, по крайней мере в определенном интервале открытий или напоров.

Определим $Q_{ц}$ и $Q_{б}$ в (1) как расход через отверстие: $Q_{ц}$ – как через прямоугольное отверстие

шириной $b_{р.п.}$ и высотой a , $Q_{б}$ как через отверстие трапециевидальной формы APRS (рис. 2). Для этого воспользуемся формулой [5, 6]:

$$Q_{ц} = \mu_{ц} \cdot a \cdot b_{р.п.} \cdot \sqrt{2g \cdot H_{ц}}, \quad (3)$$

$$Q_{б} = \mu_{б} \cdot \omega_{б} \cdot \sqrt{2g \cdot H_{б}}, \quad (4)$$

где $\mu_{ц}$ и $\mu_{б}$ – коэффициенты расхода для центрального и боковых отверстий (определяются экспериментально); $H_{ц}$ – напор над центром тяжести центрального отверстия $H_{ц} = H_{в.б.} - SF/2$; $\omega_{б}$ – площадь трапеции APRS, $\omega_{б} = \frac{PR + AS}{2} RS$; $H_{б}$ – напор над центром тяжести трапеции APRS, определяется согласно [7] по формуле:

$$H_{б} = \frac{RS \cdot (PR + 2AS)}{3(PR + AS)}. \quad (5)$$

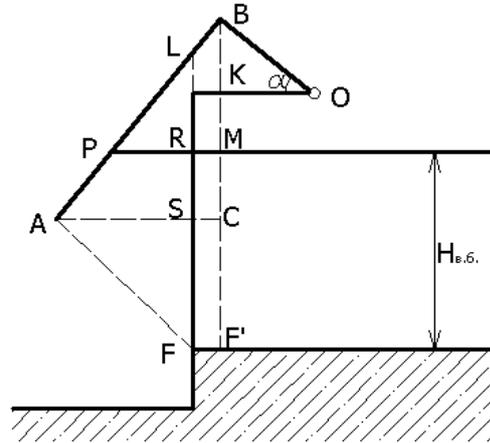


Рис. 2. Расчетная схема авторегулятора уровня.

Тогда (1) можно переписать в виде:

$$Q_{з.а} = \mu_{ц} \cdot a \cdot b_{р.п.} \cdot \sqrt{2g \cdot H_{ц}} + 2 \cdot \mu_{б} \cdot \omega_{б} \cdot \sqrt{2g \cdot H_{б}}. \quad (6)$$

Считая заданными габариты затвора-автомата, т.е. величины AB и BO , напор $H_{в.б.}$ и угол открытия α , можно выразить все необходимые геометрические параметры, входящие в формулы (3)...(5):

$$a = AF = 2AO \sin(\alpha/2) = 2\sqrt{AB^2 + BO^2} \sin(\alpha/2); \quad (7)$$

$$PR = OB \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha + KM \operatorname{tg} \alpha - OB(1 - \cos \alpha); \quad (8)$$

$$AS = AB \sin \alpha - OB(1 - \cos \alpha); \quad (9)$$

$$RS = AB \cos \alpha - OB \sin \alpha - KM; \quad (10)$$

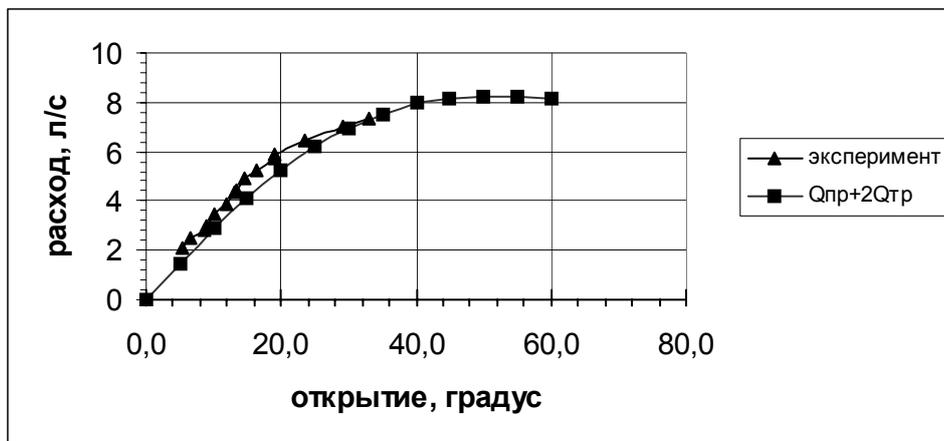


Рис. 3. Экспериментальная и расчетная кривые расходов для авторегулятора уровня.

$$FS=AB+OB\sin\alpha-AB\cos\alpha ; \quad (11)$$

где КМ – расстояние от поверхности воды в верхнем бьефе до оси вращения затвора автомата, достаточно точно КМ можно определить как разность: $КМ=AB-H_{в.б.}$.

Сравнение расходов, вычисленных по предложенной методике с экспериментальными данными, приведено на рис. 3.

Экспериментальная кривая расхода получена на модели масштаба 1:25 совместной группой КРСУ-КАУ при непосредственном участии В.А. Биленко и Г.И. Логинова, результаты модельных исследований опубликованы в научном отчете [3]. Вторая кривая получена расчетом по формуле (6), при этом коэффициенты расхода $\mu_{ц}$ и $\mu_{б}$ были определены подбором и составили 0,6 и 0,95 соответственно. Из рис. 3 видно, что предлагаемый метод расчета пропускной способности речного пролета, армированного авторегулятором уровня, дает хорошую сходимость с экспериментальными данными, однако требует дальнейшего уточнения и определения достоверности результатов. Поэтому намечено проведение экспериментов на модели масштаба 1:10. Однако полученные предварительные результаты являются весьма привлекательными, так как с помощью предложенных формул можно получить расход для любого открытия, при этом коэффициенты расхода остаются неизменными. Это дает возможность использовать авто-

регуляторы уровня для приблизительного определения расходов воды, проходящих через речной пролет водозаборного сооружения.

Литература

1. Лавров Н.П. и др. Водозаборное сооружение для деривационных ГЭС // Положительное решение по заявке на изобретение в “Кыргызпатент” от 04.02.2002, №200200004.
2. Лавров Н.П., Рохман А.И., Логинов Г.И., Торопов М.К. Модель водозаборного сооружения деривационной ГЭС на р. Иссык-Ата // Вестник КРСУ. – 2003. – Т. 3. – №2. – С. 87–92.
3. Отчет о НИР “Моделирование водозабора из горных рек для малых ГЭС” (промежуточный). – Бишкек: КРСУ, 2003.
4. Мельников Б.И. Совершенствование конструкций, методов расчетного обоснования и проектирования сооружений и гидравлических средств автоматизации головных участков оросительных систем предгорной зоны: Автореф. дисс.... докт. техн. наук. – Бишкек: Кирг. СХИ, 1994. – 64 с.
5. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. – М.: Энергия, 1974. – 313 с.
6. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. – Л.: Энергия., 1975. – 600 с.
7. Николай Е.Л. Теоретическая механика. – Л.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит-ры, 1951. – 304 с.