

УДК 626.824

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ СТАБИЛИЗАТОРА РАСХОДА ВОДЫ

Г.И. Логинов

Приводятся результаты лабораторных исследований стабилизатора расхода воды типа секционный коробчатый затвор. Рекомендована методика для расчета параметров конструкции стабилизатора и водоприемного оголовка низконапорных водозаборных сооружений.

Ключевые слова: стабилизатор расхода воды; уровни воды в верхнем бьефе; водоприемный оголовок; лабораторные исследования.

RESULTS OF LABORATORY STUDIES TO IMPROVE THE DESIGN FLOW STABILIZER WATER

G.I. Loginov

The work discusses the results of laboratory studies of water flow stabilizer type breakout box shutter. The methodology for the calculation of design parameters of the stabilizer and water intake pressure water intake structures is recommended.

Keywords: stabilizer of water consumption; water levels upstream of the; rainwater headroom; laboratory studies.

В работе [1] была аналитически обоснована усовершенствованная конструкция стабилизатора расхода воды типа секционный параболоческий коробчатый затвор (СПКЗ) (рисунок 1). Конструкция рекомендована для устройства в водоприемных оголовках низконапорных пло-

тинных водозаборных сооружений, устраиваемых на горно-предгорных участках рек. Отличительной особенностью СПКЗ является раздельное устройство основного затвора с передней стенкой и форма гребня передней стенки, выполненного в виде параболы. Это позволило при расчетных глубинах в верхнем бьефе снизить величину изменения подаваемых расходов воды до значений 3 %, и улучшить условия очистки коробов. При извлечении передней стенки СПКЗ преобразуется в плоский затвор.

Результаты расчетов по обоснованию параметров стабилизатора позволили изготовить физическую модель водоприемного оголовка и стабилизатора расхода воды (рисунок 2). Физическое моделирование было проведено в гидравлическом лотке лаборатории ГТС КРСУ с соблюдением подобия по Фрудру $Fr = idem$, в масштабе М1:10.

В качестве исходных данных при разработке модели были взяты величины расходов воды, подаваемой в отводящие каналы $Q_{от.к}$ гидроэнергетических и ирригационных систем, максимальная $H_{в.кр/мах}$ и расчетная $H_{в.кр}$ глубина в водоприемных камерах, и ширина водоприемного оголовка $b_{в.лр}$ низконапорных водозаборных сооружений.

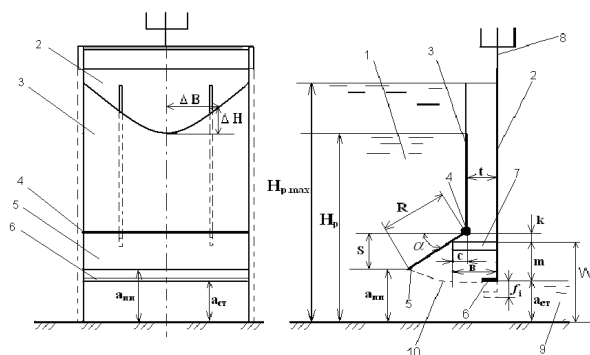


Рисунок 1 – Расчетная схема усовершенствованной конструкции стабилизатора расхода:

1 – верхний бьеф; 2 – плоский затвор; 3 – передняя стенка; 4 – шарнир; 5 – поворотная пластина; 6 – горизонтальный козырек; 7 – штанга взаимодействия; 8 – подъемный винт; 9 – нижний бьеф; 10 – траектория сжатия струи; 11 – траектория смещения нижней грани затвора при регулировании



Рисунок 2 – Модель водоприемного оголовка низконапорного водозаборного сооружения с устройством стабилизатора расхода воды типа (СПКЗ)

В качестве расчетной величины расхода воды модели был принят расход водоприемного оголовка $Q_{в.ог}$, его значение определялось по формуле:

$$Q_{в.ог} = \frac{\alpha_{в.макс} Q_{75\%}}{n}, \quad (1)$$

где $\alpha_{в.макс}$ – максимальная величина коэффициента водозабора, используемая при исследованиях устройств низконапорных водозаборных сооружений, равная 0,9 [2]; $Q_{75\%}$ – значение расчетного расхода воды 75 %-ной обеспеченности рек, определенных в качестве репрезентативных; n – количество водоприемных оголовков отводящего канала низконапорного водозаборного сооружения.

Количество водоприемных оголовков, оборудованных стабилизаторами расхода воды, при проектировании и строительстве водозаборных сооружений определяется с учетом следующих условий:

- 1) Возможность подачи в отводящий канал расходов с величинами больше расчетных деривационных каналов, для проведения гидравлических промывок отстойников гидроузлов.
- 2) Поддержание в водоприемной камере расчетных глубин больше критических $H_{в.кр} > h_{кр}$ для создания в верхнем бьефе стабилизаторов расхода спокойного режима движения водного потока с $Fr < 1$.
- 3) Обеспечение наименьшей строительной высоты водозаборного сооружения.
- 4) Ведение водоподдачи в зимний период через минимальное количество водоприемников с целью концентрации и обеспечения условий не замерзания объемов воды в водопроводящих сооружениях (зависит от местных климатических условий, для сооружений Средней Азии $v_{н.зам} = 0,6$ м/с) [2].

Первое условие может быть обеспечено без повышения расчетных глубин в водоприемных камерах при полном поднятии полотнищ затворов стабилизаторов расхода и проведения водоподдачи в виде истечения через водослив с широким порогом. В этом случае в качестве расчетного авторами было использовано уравнение водослива с широким порогом:

$$Q_{в.ог} = m_{в.пр} b_{в.пр} \sqrt{2g} H_{в.пр}^{1,5}, \quad (2)$$

где $m_{в.пр}$ – коэффициент расхода водослива с широким порогом с боковым сжатием, принимался равным 0,32 [2].

При этом максимальный расход, проходящий через один водоприемный оголовок, определяли по формуле:

$$Q_{в.ог.макс} = \frac{\lambda Q_{от.к}}{n}, \quad (3)$$

где λ – коэффициент повышения подаваемых расходов воды в отводящий канал в зависимости от конструктивных особенностей отстойников (для двухкамерных отстойников $\lambda = 2$; трех камерных отстойников $\lambda = 1,5$) [3].

Для выполнения второго условия было использовано уравнение для расчета критической глубины воды в руслах с прямоугольным сечением [3]:

$$H_{в.кр} = z_3 \times \sqrt[3]{\frac{\alpha Q_{в.ог}^2}{b_{в.пр}^2 g}}, \quad (4)$$

где z_3 – коэффициент запаса введен с целью однозначного поддержания спокойного режима перед стабилизатором расхода воды.

При этом обеспечивается равенство $H_{в.кр} = z_3 h_{кр}$. Проведенный анализ существующих автоматизированных водозаборных сооружений Кыргызстана показал, что коэффициент запаса z_3 изменяется от 1,78 до 2,64.

Выполнение третьего условия, связанного с относительной минимизацией затрат при строительстве, выполняется при наименьших допустимых значениях коэффициента запаса z_3 .

Таким образом, основным уравнением для определения расчетных глубин в водоприемной камере $H_{в.кр}$ в случае устройства отстойников с гидравлической промывкой является уравнение (4) с использованием его в виде:

$$H_{в.пр} = 1,5 \sqrt[3]{\frac{\lambda Q_{в.ог}}{m_{в.пр} b_{в.пр} \sqrt{2g}}}. \quad (5)$$

В уравнениях (4) и (5) при известном значении расчетного расхода водоприемного оголовка расчетная глубина $H_{в.кр}$ и ширина водоприемного оголовка $b_{в.пр}$ являются неизвестными переменными, что определяет необходимость проведения расчета с помощью подбора. Очевидно, что при рас-

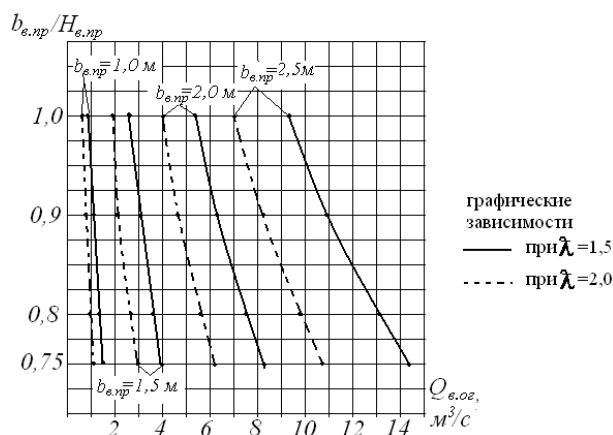


Рисунок 3 – Зависимости относительной ширины водоприемного оголовка $b_{в.пр}/H_{в.пр}$ сооружения от величин подаваемых расходов воды $Q_{в.ог}$

чете водозаборных сооружений, подающих воду в каналы через отстойники с гидравлической промывкой, определение расчетной глубины должно производиться по формуле (5), а в случаях использования отстойников с механической очисткой – по формуле (6).

Анализ конструкций водоприемных оголовков существующих низконапорных автоматизированных водозаборных сооружений из горных рек Кыргызстана показывает, что в зависимости от конструктивных особенностей абсолютные значения ширины устраиваемых водоприемных оголовков $b_{в.пр}$ изменяются в пределах от 1,0 м до 2,5 м при относительных значениях $b_{в.пр}/H_{в.кр}$, изменяющихся от 0,75 до 1,0.

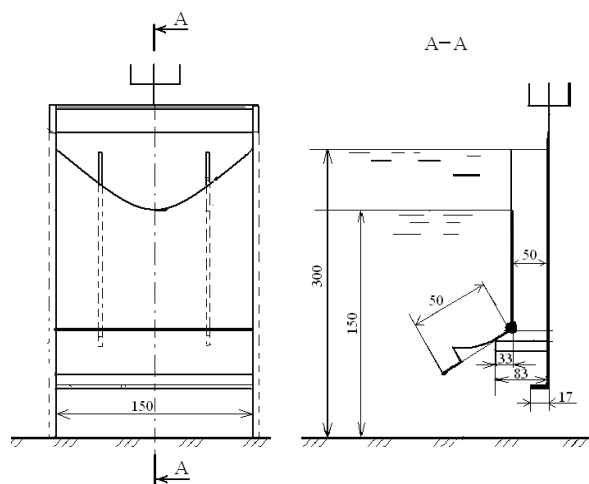


Рисунок 4 – Модель стабилизатора расхода СПКЗ

Расчетный анализ определения зависимости относительной ширины $b_{в.пр}/H_{в.кр}$ от абсолютных величин расходов, подаваемых в отводящий канал без регулирования с помощью стабилизаторов расхода воды $Q_{в.ог}$ был проведен по формуле (2). Результаты расчета приведены на рисунке 3 [3].

Все это с учетом условий ремонтпригодности элементов водозаборного сооружения говорит о целесообразности применения более одного водоприемного оголовка на низконапорном водозаборном сооружении.

Это обеспечит создание в зимний период необходимых скоростей воды за счет проведения водоподачи через один водоприемный оголовок. Также увеличение количества водоприемных оголовков обеспечит снижение строительной высоты сооружений.

С целью обеспечения третьего условия в ходе модельных исследований конструкции СПКЗ относительная ширина водоприемного оголовка принималась равной $b_{в.пр}/H_{в.кр} = 1,0$. При расчетном напоре $H_{в.кр} = 15$ см и ширине водоприемного оголовка $b_{в.пр} = 15$ см. Расчетный напор был назначен из условия проверки рабочих характеристик стабилизатора при изменении относительной величины напора в водоприемной камере в диапазоне $H_{в.кр}/H_{в.кр.i}$ от 1 до 2, при максимальной глубине $H_{в.кр.max} = 30$ см.

Длина поворотной пластины была принята равной $R = 5,0$ см, и определена по формуле для определения радиуса кривизны криволинейного козырька стабилизатора расхода типа ССКЩ [2], который послужил прототипом разработанной конструкции СПКЗ:

$$R = 1.33 a_{max}, \quad (6)$$

где a_{max} – максимальное открытие стабилизатора расхода ССКЩ.

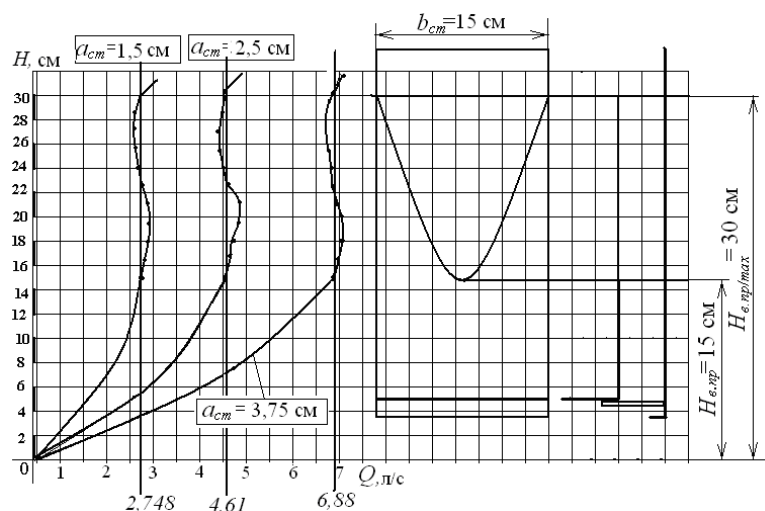
Конструктивные способности стабилизатора СПКЗ позволили определить максимальное открытие поворотной пластины, равное $a_{nn.max} = 5$ см. Эта величина была рассчитана по основной формуле стабилизатора расхода типа ССКЩ [3]:

$$Q_{в.ог.max} = \mu \times b_{в.ог} \times a_{см.max} \sqrt{2g(H_{в.пр} - a_{см.max})}, \quad (7)$$

где μ – коэффициент расхода конструкции стабилизатора СПКЗ (при расчетной глубине в верхнем бьефе $H_{в.кр}$ и истечении только из-под поворотной пластины) был определен по формуле [3]:

$$\mu = \varphi \times \varepsilon_{nn}, \quad (8)$$

где φ – коэффициент скорости определялся в зависимости от величины местных сопротивлений равных 0,83; ε_{nn} – коэффициент сжатия струи при максимальном открытии в горизонтальном поло-

Рисунок 5 – Совмещенные расчетная схема стабилизатора расхода и график зависимости $Q = f(H_{вк})$

жении поворотной пластины стабилизатора принят равным 0,75.

С учетом этого максимальное открытие затвора стабилизатора составило $a_{см. max} = 3,75$ см.

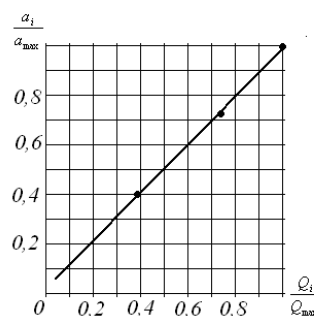
Схема предлагаемой физической модели стабилизатора расхода воды СПКЗ представлена на рисунке 4.

Конструкция исследовалась при трех открытиях плоского затвора стабилизатора: 1,5; 2,5 и 3,75 см.

Это было определено необходимостью совмещения опытных характеристик в виде точек на прямолинейном графике зависимости $Q_i/Q_{max} = f(a_i/a_{max})$.

Результаты модельных исследований стабилизатора расхода СПКЗ приведены на рисунке 5. График зависимости $Q_i/Q_{max} = f(a_i/a_{max})$, определяющий гидравлические характеристики разработанной конструкции стабилизатора, приведен на рисунке 6.

Результаты проведенных исследований подтвердили аналитические выводы, сделанные ранее при разработке конструкции СПКЗ [1]. Это свидетельствует, что разработанное устройство является стабилизатором расхода воды, способным проводить водоподачу в отводящий канал водозаборного сооружения в паводковый период, в диапазоне изменения глубин в водоприемной камере сооружения $H_{в.пр. max} / H_{в.пр}$ от 1 до 2 [4].

Рисунок 6 – График зависимости $Q_i/Q_{max} = f(a_i/a_{max})$

Литература

1. Логинов Г.И. Стабилизатор расхода воды / Г.И. Логинов. Патент КР № 1648. Бюл. № 7 от 31.07.2014. 8 с.
2. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / под ред. Н.П. Лаврова. Бишкек: Салам, 2009. 504 с.
3. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из малых горных рек / Г.И. Логинов. Бишкек: Из-во КРСУ, 2014. 196 с.
4. Логинов Г.И. Определение параметров усовершенствованной конструкции стабилизатора расхода / Г.И. Логинов // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства // Сб. науч. тр. РГАТУ им. П.А. Костычева. Рязань, 2009. С. 254–258.