

УДК 626.824: 626.822 (575.2) (04)

## ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА КАНАЛА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ СТАБИЛИЗАТОРАМИ РАСХОДА ВОДЫ

*О.В. Атаманова* – докт. техн. наук, доц.

The analysis is given for a segment of a canal, restricted by dike constructions with hydraulic water discharge stabilizers.

В системах каскадного регулирования на водовыпускных сооружениях для стабильной подачи воды в отвод целесообразно устанавливать гидравлические стабилизаторы расхода воды. Они также могут размещаться на перегораживающих сооружениях, обеспечивая регулирование уровня нижнего бьефа в транзитном канале. Это не исключает вероятность возникновения возмущений в нижних бьефах перегораживающих сооружений.

При разработке систем водораспределения с гидравлическими стабилизаторами расхода воды наиболее сложным моментом является описание динамики процессов, происходящих в бьефах каналов [1, 2]. Уравнения динамики включают множество переменных величин, в том числе и частные производные от расхода истечения  $Q$  по напору перед сооружением  $H$ , открытию стабилизатора  $a$  и наполнению за стабилизатором  $h_6$ .

Анализ указанных частных производных позволяет также оценить поведение системы водораспределения в различных режимах работы: нормальном, когда стабилизаторы обеспечивают постоянство отводимых расходов воды, аварийном, когда отводимые расходы воды становятся больше максимально допустимых или меньше минимально допустимых.

Проведем анализ установившихся режимов движения воды через гидротехнические сооружения применительно к истечению через гидравлический стабилизатор расхода воды. Причем за основу примем кольцевой стабилизатор расхода воды (см. рисунок), обеспечивающий требуемое качество стабилизации водоподачи ( $\pm 5\%$ ) при диапазоне колебаний напоров в верхнем бьефе сооружения большем, чем у других стабилизаторов [3].

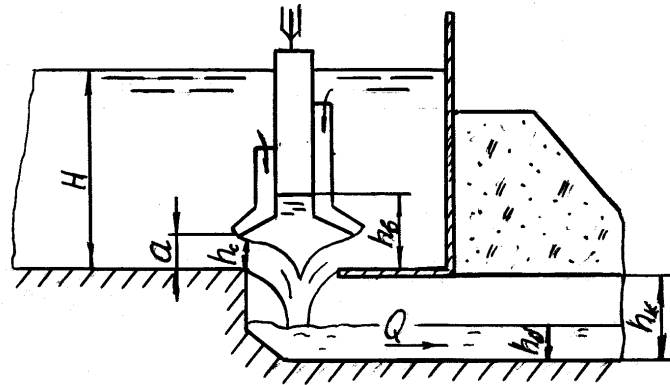
Для составления выражений в частных производных от расхода  $Q$  по переменным  $H$ ,  $a$ ,  $h_6$  используем полученную экспериментально зависимость расхода истечения через кольцевой стабилизатор, работающий в режиме свободного истечения в нижний бьеф сооружения:

$$Q = \left[ 0,31867 + 0,36971 \exp \left\{ -0,5 \left[ \frac{\left( \frac{a}{H} - 0,27 \right)^2}{0,09837} \right] \right\} \right] \cdot a \pi D \sqrt{2gH \left[ 0,65 - 0,469 \left( \frac{a}{H} \right) \right]}, \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр кольцевого затвора.

Используя зависимость (1), составим выражения в частных производных от расхода истечения.

Производная  $\partial Q / \partial h_6$  в этом случае равна нулю, поскольку бытовая глубина в нижнем бьефе сооружения не влияет на изменение величины расхода воды через стабилизатор, работающий в режиме свободного истечения.



Кольцевой стабилизатор расхода воды.

Производная  $\partial Q/\partial H$  с учетом зависимости (1) примет вид:

$$\begin{aligned} \partial Q/\partial H = \pi D \left\{ 0,32 + 0,37 \exp \left[ -50 \left( \frac{a}{H} - 0,27 \right)^2 \right] \right\} \frac{0,65g}{\sqrt{2g(0,65H - 0,47a)}} + \\ + \sqrt{2gH \left( 0,65 - 0,47 \frac{a}{H} \right)} \frac{37a^2 \pi D}{H^2} \left( \frac{a}{H} - 0,27 \right) \exp \left[ -50 \left( \frac{a}{H} - 0,27 \right)^2 \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Производная  $\partial Q/\partial a$  будет:

$$\begin{aligned} \partial Q/\partial a = \pi D \left\{ 0,32 + 0,37 \exp \left[ -50 \left( \frac{a}{H} - 0,27 \right)^2 \right] \right\} \cdot \left[ 1 - \frac{100a}{H} \left( \frac{a}{H} - 0,27 \right) \right] \times \\ \times \sqrt{2gH \left( 0,65 - 0,47 \frac{a}{H} \right)} - \pi D a \left\{ 0,32 + 0,37 \exp \left[ -50 \left( \frac{a}{H} - 0,27 \right)^2 \right] \right\} \frac{0,47g}{\sqrt{2gH \left( 0,65 - 0,47 \frac{a}{H} \right)}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Полученные выражения в частных производных определяют коэффициенты граничных условий для уравнений неустановившегося движения воды на объекте регулирования с кольцевыми стабилизаторами расхода. Помимо этого, они позволяют оценить поведение системы водораспределения с кольцевыми стабилизаторами расхода воды.

Проанализируем полученные зависимости (2) и (3). При рассмотрении выражения (2) видно, что с увеличением напора  $H$  параметр  $\exp \left[ -50 \left( \frac{a}{H} - 0,27 \right)^2 \right]$  увеличивается так же, как и величина

$\sqrt{2gH \left( 0,65 - 0,47 \left( \frac{a}{H} \right) \right)}$ , в то время как выражения, где  $H$  находится в знаменателе, уменьшаются.

Расчетным путем было установлено, что при наполнениях перед стабилизатором меньше минимально допустимых  $H_{\min}$  величины частной производной  $\partial Q/\partial H$  являются положительными и уменьшаются от 4,7 до 1,0. Причем с увеличением напора величина производной монотонно убывает, что свидетельствует о повышении качества стабилизации отводимого расхода с увеличением  $H$ . В диапазоне изменений напоров перед стабилизатором от  $H_{\min}$  до  $H_{\max}$  величина производной  $\partial Q/\partial H$  достаточно мала (0,065...0,16), что подтверждает принцип неизменности отводимых расходов воды при напорах  $H_{\min} \leq H \leq H_{\max}$ , лежащий в основе функционирования стабилизаторов.

С дальнейшим увеличением напоров перед стабилизатором  $H > H_{\max}$  величина производной начинает монотонно возрастать. Однако значения частных производных в этом случае меньше, чем при наполнениях  $H < H_{\min}$ . Это позволяет сделать вывод о том, что качество стабилизации водоподачи при больших напорах перед сооружением выше, чем при малых.

Анализ выражения (3) показал, что с увеличением открытия стабилизатора величина производной  $\partial Q/\partial a$  увеличивается, и значения производных становятся положительными. Причем зависимость является почти линейной, что очередной раз доказывает возможность использования стабилизаторов расходов воды в качестве водомеров, поскольку  $Q = Ca$  ( $C$  – постоянная стабилизатора расхода воды).

Как показали расчеты, при небольших открытиях стабилизатора ( $a = 0,05; 0,1$  м) допустимый диапазон изменений напоров больше в 1,5 раза, чем при максимальном открытии ( $a = 0,25$  м) при равных прочих гидравлических характеристиках стабилизатора.

Таким образом, из анализа выражений (2) и (3) видно, что режимы работы перегораживающих сооружений и водовыпусков, а также конструктивные и гидравлические параметры стабилизаторов (открытия, напоры и др.) оказывают большое влияние на поведение системы водораспределения с гидравлическими стабилизаторами расхода воды.

Приведенные выше уравнения позволяют проанализировать поведение системы водораспределения предложенного типа не только в нормальном режиме работы, когда стабилизаторы расхода воды обеспечивают свою основную функцию, но и в режиме, называемом аварийным, когда в отводы забираются расходы воды больше или меньше допустимых.

При нормальном режиме работы канала рассматриваются характеристики системы водораспределения для случая наполнений в канале, не превышающих максимально допустимых и не ниже минимально допустимых. Величины отводимых расходов в этом случае поддерживаются при помощи стабилизаторов неизменными так же, как и уровни воды в нижних бьефах сооружений, производные  $\partial Q/\partial H \rightarrow 0$ .

В аварийных режимах объекта регулирования наблюдается резкое увеличение или уменьшение расходов воды, пропускаемых сооружениями. Производные  $\partial Q/\partial H > 0$  или  $\partial Q/\partial H < 0$ .

#### Выводы

1. Полученные зависимости (2) и (3) являются выражениями в частных производных от расхода истечения  $Q$  по переменным  $H$ ,  $a$ ,  $h_0$  и определяют коэффициенты граничных условий уравнений динамики процессов, описываемых в передаточных функциях.
2. Зависимости в частных производных (2) и (3) позволяют оценить поведение системы водораспределения с кольцевыми стабилизаторами расхода воды в различных режимах работы: в нормальном, когда стабилизаторы обеспечивают постоянство отводимых расходов воды, и в аварийном, когда отводимые расходы воды становятся больше максимально допустимых или меньше минимально допустимых.
3. По аналогии с рассмотренными конструкциями, можно провести анализ установившихся режимов движения воды через гидротехнические сооружения системы водораспределения, оборудованные другими конструкциями стабилизатора расхода воды.

#### Литература

1. Атаманова О.В. Динамика процессов в объектах регулирования систем водораспределения с гидравлическими стабилизаторами расходов воды. – Саратов: Изд. центр СГСЭУ, 2000. – 41 с.
2. Маковский Э.Э., Волчкова В.В. Автоматизированные автономные системы трансформации неравномерного стока. – Фрунзе: Илим, 1981. – 380 с.
3. Атаманова О.В. Расчет и проектирование гидравлических стабилизаторов расхода воды на каналах оросительных систем // Гидротехническое строительство. – 2005. – № 3. – С. 35–37.