

УДК 626.824: 626.822 (575.2) (04)

АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СТАБИЛИЗАТОРОВ РАСХОДА ВОДЫ В СИСТЕМАХ КАСКАДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

О.В. Атаманова – докт. техн. наук, доцент

A possibility to use water discharge stabilizers as spillways in canals of cascade regulation is analyzed.

Оптимальное управление процессами водораспределения и водоподачи на оросительных системах может быть успешно осуществлено системами каскадного регулирования на базе отдельных связанных между собой автоматизированных автономных систем трансформации стока, способных перерегулировать сток и обеспечить гарантированную подачу воды потребителям [1]. В качестве средств автоматизации сооружений водоподачи, являющихся самыми массовыми на системах водораспределения, наиболее целесообразно использовать гидравлические стабилизаторы расхода воды, получившие в последнее время широкое распространение на оросительных

системах в качестве средств автоматизации отдельных водовыпусков.

Стабилизаторы расхода воды, не имеющие подвижных в работе частей, являются достаточно простыми в конструктивном отношении, несложными в изготовлении и эксплуатации.

Оснащение систем этого типа стабилизаторами расхода воды предусматривает установку стабилизаторов расхода на водовыпускных сооружениях автономных систем [2]. Перегораживающие сооружения в соответствии с предлагаемой технологической схемой рационально оборудовать авторегуляторами УНБ с защитой от переполнения канала либо стабилизаторами расхода воды (см. рисунок).

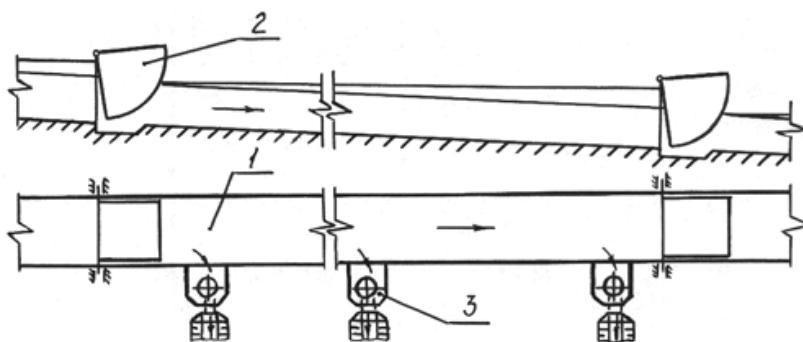


Схема участка транзитного канала при каскадном регулировании с гидравлическими стабилизаторами расхода воды: 1 – транзитный канал; 2 – регулятор УНБ с защитой от переполнения канала; 3 – водовыпуск, автоматизированный стабилизатором расхода воды.

С целью недопущения переполнения канала в системах каскадного регулирования в концевых створах звеньев каскада обычно устанавливаются водосбросные сооружения, обеспечивающие при необходимости аварийный сброс излишков воды. Это предохраняет систему от разрушения в аварийных ситуациях.

Стабилизаторы расхода воды, установленные на водовыпускных сооружениях, могут кратковременно использоваться в качестве защиты от переполнения бьефа. Это позволит исключить необходимость устройства большого количества дорогостоящих водосбросных сооружений на канале и принесет несомненный экономический эффект.

Проанализируем возможность использования стабилизаторов расхода в качестве водосбросов на примере канала с конкретными параметрами: шириной по дну – $b = 4$ м; шероховатостью – $n = 0,016$; заложением откосов – $m = 1,5$; уклоном дна – $i = 0,0001$; наполнением при равномерном режиме движения воды в канале – $h_0 = 1$ м; расходом воды – $Q = 2,78$ м³ / с.

Расчет кривой подпора показал, что наполнения в крайних створах звена каскада при неравномерном движении воды в канале составят: в начальном створе – $h_n = 1,05$ м и в конечном створе – $h_k = 1,82$ м.

Максимальное наполнение в концевом створе бьефа канала при аварийном режиме работы, определяемое по формулам неравномерного движения воды [3] – $h_{k(max)} = 2,18$ м.

Определим строительную высоту канала в соответствии со строительными нормативами [4]:

$$h_{cmp} = h_k + \Delta + 0,05 \text{ м} = 1,82 + 0,45 = 2,27 \text{ м}, \quad (1)$$

где Δ – запас дамб, принимаемый для магистральных каналов с расходами воды $Q = 1 \dots 10$ м³ / с, равным $\Delta = 0,4$ м.

В рассмотренном случае $h_{k(max)} = 2,18$ м < $h_{cmp} = 2,27$ м, что позволяет сделать вывод о возможности сброса аварийных расходов воды через стабилизаторы в отводящие каналы,

предотвратив тем самым разрушение дамб магистрального канала.

Аналогичную проверку возможности использования стабилизаторов в качестве водосбросов проведем для других наполнений принятого канала.

При нормальном наполнении в канале $h_0 = 0,5$ м наполнения в крайних створах составят: $h_n = 0,55$ м, $h_k = 1,3$ м. Строительная высота канала:

$$h_{cmp} = 1,3 + 0,4 + 0,05 = 1,75 \text{ м}. \quad (2)$$

Максимальное наполнение в аварийном режиме – $h_{k(max)} = 1,46$ м, что меньше величины $h_{cmp} = 1,75$ м.

При нормальном наполнении в канале $h_0 = 1,0$ м:

$$h_n = 1,05 \text{ м}, \quad h_k = 1,8 \text{ м}, \quad h_{cmp} = 2,25 \text{ м},$$

$$h_{k(max)} = 2,21 \text{ м}.$$

В этом случае также имеем $h_{cmp} > h_{k(max)}$.

При нормальном наполнении в канале $h_0 = 1,5$ м:

$$h_n = 1,55 \text{ м}, \quad h_k = 2,3 \text{ м}, \quad h_{cmp} = 2,75 \text{ м},$$

$$h_{k(max)} = 2,7 \text{ м}.$$

И здесь обеспечивается условие $h_{cmp} > h_{k(max)}$.

При нормальном наполнении $h_0 = 2$ м:

$$h_n = 2,05 \text{ м}, \quad h_k = 2,8 \text{ м},$$

$$h_{cmp} = 2,8 + 0,5 + 0,05 = 3,35 \text{ м}, \quad h_{k(max)} = 3,6 \text{ м}.$$

($\Delta = 0,5$ м при $Q > 10$ м³ / с).

В этом случае $h_{cmp} < h_{k(max)}$.

Аналогичный расчет проводился для других параметров каналов.

Приведенные расчеты позволили сделать вывод о том, что в каналах с нормальными наполнениями в звене каскада $h_0 < 1,5$ м стабилизаторы расхода воды могут использоваться в качестве аварийных водосбросов.

При нормальных расчетных наполнениях $h_0 < 1,5$ м для установления высоты дамб необходимо учитывать аварийные режимы работы звена каскада канала. Сделанное заключе-

ние о возможности сброса аварийных расходов воды через стабилизаторы в отводы предполагает проведение анализа изменения отводимых расходов в аварийных ситуациях.

Распределение приращений отводимых расходов воды по длине звена каскада приведем на примере канала, параметры которого указаны выше.

Зная наполнения перед отводами и используя уравнения для определения расходов истечения через стабилизаторы, рассчитаем отводимые расходы воды в каждом из указанных створов. Расчет проведем на примере кольцевых стабилизаторов расхода воды, у которых показатели качества работы выше, чем у большинства конструкций стабилизаторов [2]. Максимальную величину отводимого расхода каждого водовыпуска примем равной [1] – $Q_0 = \Delta Q = 0,3Q_o = 0,83 \text{ м}^3 / \text{с}$. В случае отказа от воды водовыпуска в конечном створе на величину $\Delta Q = 0,83 \text{ м}^3 / \text{с}$ в системе с гарантированными расходами транзитный расход составит $Q_1 = 1,95 \text{ м}^3 / \text{с}$.

Приращения расходов воды определяем по известной [5] зависимости:

$$\Delta Q = \frac{Q_p - Q_o}{Q_p} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где Q_p – расчетный расход стабилизатора.

Изменение величин отводимых расходов в зависимости от наполнений перед водовыпусками представлены в табл. 1, где H – наполнение воды в рассматриваемом створе, l – расстояние от конечного до рассматриваемого створа.

Суммарное приращение отводимого расхода – $\sum \Delta Q_0 = 68,2\%$.

Рассчитанные приращения расходов на водовыпусках будут наблюдаться в начальный момент создавшейся аварийной ситуации.

После перераспределения избыточных расходов воды по длине звена каскада каждый

из водовыпусков примет дополнительный расход воды:

$$\Delta Q_i = \frac{\sum \Delta Q_0}{n} = 4,87\%, \quad (4)$$

где n – количество водовыпусков.

Приращение $\Delta Q_i = 4,87\%$ меньше 5% расчетного расхода водовыпуска и соответствует требуемой точности стабилизации водоподдачи [5].

Рассмотрим другой случай, когда уменьшается расход, поступающий в звено каскада. Распределение приращений отводимых расходов воды в этом случае будет осуществляться в соответствии с показателями табл. 2.

Суммарное приращение расхода – $\sum \Delta Q_0 = 44,0\%$.

Приращение расхода на один водовыпуск:

$$\Delta Q_i = \frac{\sum \Delta Q_0}{n} = 3,14\% < 5\%. \quad (5)$$

Из табл.2 видно, как стабилизаторы расхода воды сглаживают колебания отводимых расходов при изменении наполнений перед водовыпусками.

При одновременном уменьшении расходов в начальном и конечном створах звена каскада ($h_n \neq const, h_k \neq const$), распределение приращений расходов воды в отводы соответствует данным табл. 3.

Суммарное приращение расхода – $\sum \Delta Q_0 = 58,0\%$. Приращение расхода на один водовыпуск – $\Delta Q_i = 4,14\%$ расчетного расхода.

При уменьшении расхода в конечном створе и увеличении в начальном створе, когда $h_n \neq const, h_k \neq const$, приращения отводимых расходов примут значения, отраженные в табл.4.

Суммарное приращение отводимых расходов в этом случае – $\sum \Delta Q_0 = 58,7\%$, а приращение расхода на один водовыпуск составит $\Delta Q_i = 4,19\%$ расчетного отводимого расхода.

Таблица 1

Величины приращений расходов воды

$l, м$	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13198
$H, м$	2,18	2,06	1,97	1,87	1,78	1,70	1,60	1,50	1,44	1,32	1,25	1,18	1,13	1,05
$Q_0, м^3/с$	0,91	0,90	0,89	0,86	0,85	0,87	0,86	0,86	0,85	0,88	0,88	0,88	0,88	0,86
$\Delta Q, \%$	9,0	8,0	7,2	3,6	2,4	4,8	3,6	3,6	2,4	5,0	5,0	5,0	5,0	3,6

Таблица 2

Величины приращений расходов воды

$l, м$	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13198
$H, м$	1,82	1,74	1,65	1,53	1,45	1,35	1,28	1,20	1,13	1,07	1,02	0,98	0,95	0,92
$Q_0, м^3/с$	0,84	0,84	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85	0,83	0,86	0,86	0,88	0,88	0,88	0,88
$\Delta Q, \%$	1,2	1,2	3,6	3,6	2,4	2,4	2,4	0	3,6	3,6	5,0	5,0	5,0	5,0

Таблица 3

Величины приращений расходов воды

$l, м$	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13198
$H, м$	2,02	1,94	1,82	1,72	1,61	1,50	1,43	1,34	1,25	1,15	1,05	0,98	0,90	0,80
$Q_0, м^3/с$	0,91	0,89	0,84	0,84	0,86	0,86	0,85	0,86	0,88	0,86	0,86	0,88	0,88	0,88
$\Delta Q_0, \%$	8,0	7,2	1,2	1,2	3,6	3,6	2,4	3,6	5,0	3,6	3,6	5,0	5,0	5,0

Таблица 4

Величины приращений расходов воды

$l, м$	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13198
$H, м$	2,15	2,05	1,97	1,88	1,79	1,70	1,62	1,54	1,46	1,38	1,32	1,25	1,20	1,16
$Q_0, м^3/с$	0,91	0,89	0,89	0,86	0,85	0,84	0,86	0,86	0,85	0,86	0,88	0,88	0,83	0,87
$\Delta Q_0, \%$	9,1	7,2	7,2	3,6	2,4	1,2	3,6	3,6	2,4	3,6	5	5	0	4,8

Выполненные расчеты показывают удовлетворительное состояние работы водовыпускных сооружений при аварийных ситуациях в бьефе каскада канала.

Выводы

Стабилизаторы расхода воды на водовыпускных сооружениях систем каскадного регулирования могут использоваться для кратковременных пропусков излишков воды в аварийных ситуациях. Это позволит снизить до минимума число дорогостоящих катастрофических водосбросов на каналах оросительных систем предложенного типа.

Приращения отводимых расходов воды в системах каскадного регулирования с гидравлическими стабилизаторами зависят, прежде всего, от величин расчетных нормальных наполнений в канале. При нормальных наполнениях $h_0 > 1,5$ м в канале системы каскадного регулирования для использования стабилизаторов в качестве водосбросов рекомендуется

проводить проверочный расчет по аналогии с выполненным в настоящей работе.

Литература

1. *Маковский Э.Э., Волчкова В.В.* Автоматизированные автономные системы трансформации неравномерного стока. – Фрунзе: Илим, 1981. – 380 с.
2. *Атаманова О.В.* Расчет и проектирование гидравлических стабилизаторов расхода воды на каналах оросительных систем // Гидротехническое строительство. – 2005. – № 3. – С. 35–37.
3. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. – М.: Энергия, 1974. – 312 с.
4. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации: Учеб. пособие / Л.В. Скрипчинская, А.М. Янголь, С.М. Гончаров, С.М. Коробченко. – Киев: Вища школа, 1977. – 351 с.
5. *Веденягин Г.В.* Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных. – М.: Колос, 1973. – 200 с.