

УДК 626.824

В. Я. Бочкарев, Я. В. Бочкарев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РАВНИННОЙ ЗОНЫ МЕТОДОМ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ОТБОРА РАСХОДОВ

В статье изложены результаты исследований способа автоматизации процесса водораспределения на каналах оросительных систем равнинной зоны методом непосредственного отбора расходов из каналов с использованием гидравлических стабилизаторов расхода. Предложены схема автоматизации водораспределения на каналах для указанного способа в условиях равнинной зоны, технологическая схема регулирования процесса водораспределения на каналах и компоновочные схемы автоматизированных подпорных и водовыпускных сооружений, участвующих в процессе автоматизированного водораспределения. Дано теоретическое обоснование выбора расчетных схем и параметров автоматизированных подпорных сооружений и приведена методика расчета гидравлических стабилизаторов расхода.

Ключевые слова: автоматизация водораспределения, метод непосредственного отбора расходов из каналов, подпорное сооружение, гидравлический стабилизатор расхода.

V. Ya. Bochkarev, Ya. V. Bochkarev

WATER-DISTRIBUTION AUTOMATION AT THE CANALS OF PLAIN IRRIGATION SYSTEMS BY THE METHOD OF DIRECT DISCHARGE WITHDRAWAL

The paper results the research on the way for automation of water distribution process at the canals of plain zone irrigation systems by the method of direct discharge withdrawal from canals using hydraulic stabilizers of discharge. There were proposed: the schemes for automation of a canal water distribution at plain zone for the method mentioned; the technological regulating scheme of a water distribution process at canals, and the layout drawing of automated retaining and water outlet constructions involving in automated water distribution process. The theoretical substantiation for design diagram choice and the parameters of automated retaining constructions is given, and the technique for calculating the hydraulic stabilizers of discharge is cited.

Keywords: automation of water-distribution, method of direct discharge withdrawal from canals, retaining construction, hydraulic stabilizer of discharge.

Постоянно возрастающий дефицит водных, энергетических и материальных ресурсов выдвигает в число первостепенных проблему поиска и внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий в ирригации. Одним из направлений решения этой проблемы является автоматизация водозабора, водораспределения и полива на оросительных системах на базе гидравлической энергии потока.

На сегодняшний день как у нас в стране, так и за рубежом предложено много способов, систем и схем автоматизации водораспределения на каналах оросительных систем, анализ которых показывает, что наиболее простым, экономичным и надежным в работе является способ автоматизации водораспределения непосредственным отбором расходов. В настоящей работе излагаются основные результаты разработок и исследований по автоматизации водораспределения на оросительных системах равнинной зоны методом непосредственного отбора расходов средствами гидроавтоматики [1, 2].

При решении задач автоматизации водораспределения учитывались особенности магистральных и межхозяйственных каналов оросительных систем равнинной зоны, которые имеют следующие особенности:

- русла большинства открытых каналов равнинной зоны проложены с уклонами 0,0001-0,0008;

- скорость движения потока воды невелика (до 1,5 м/с) при наполнениях от 1 до 4 м с площадью поперечного сечения до 70 м² и более;

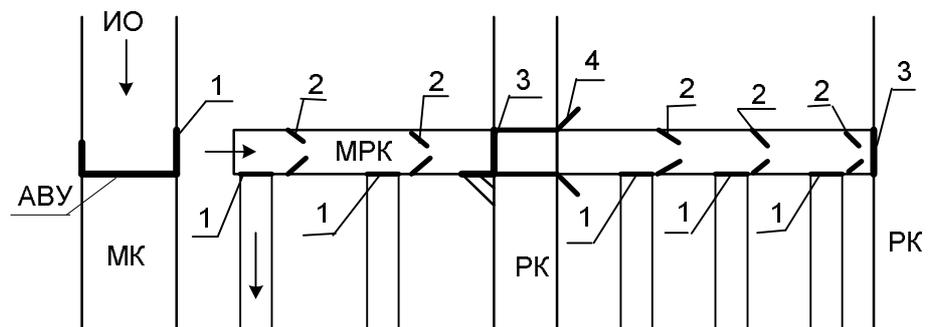
- трассы каналов проходят в основном в полувыемке-полунасыпи, хотя встречаются участки и в насыпи, при пересечении рек и малых водотоков. Каналы в основном трапецеидального сечения с заложением откосов $m = 1,5-2,0$;

- командование над орошаемой территорией в основном одностороннее;

- технология эксплуатации рассматриваемых оросительных каналов в течение года включает три периода работы: первый – заполнение канала, отличающееся необеспеченным командованием, второй – нормальная эксплуатация, третий – опорожнение канала также с необеспеченным командованием. Длительность периодов различная по годам, зависит от многих факторов и в среднем составляет: первый – до 40 суток; второй – не менее 150 суток; третий – до 20 суток;

- каналы относятся к инерционным объектам, процессы в них отличаются стохастическим характером протекания.

С учетом особенностей рассматриваемых каналов предлагается комбинированная схема автоматизации водораспределения по верхнему бьефу в период заполнения-опорожнения магистральных каналов с непосредственным отбором расходов в период их нормальной эксплуатации. Схема автоматизации водораспределения на каналах оросительных систем представлена на рисунке 1.



ИО – источник орошения; АВУ – автоматизированный водозаборный узел;
МК – магистральный канал; МПК – магистральный распределительный канал;
РК – распределительные каналы

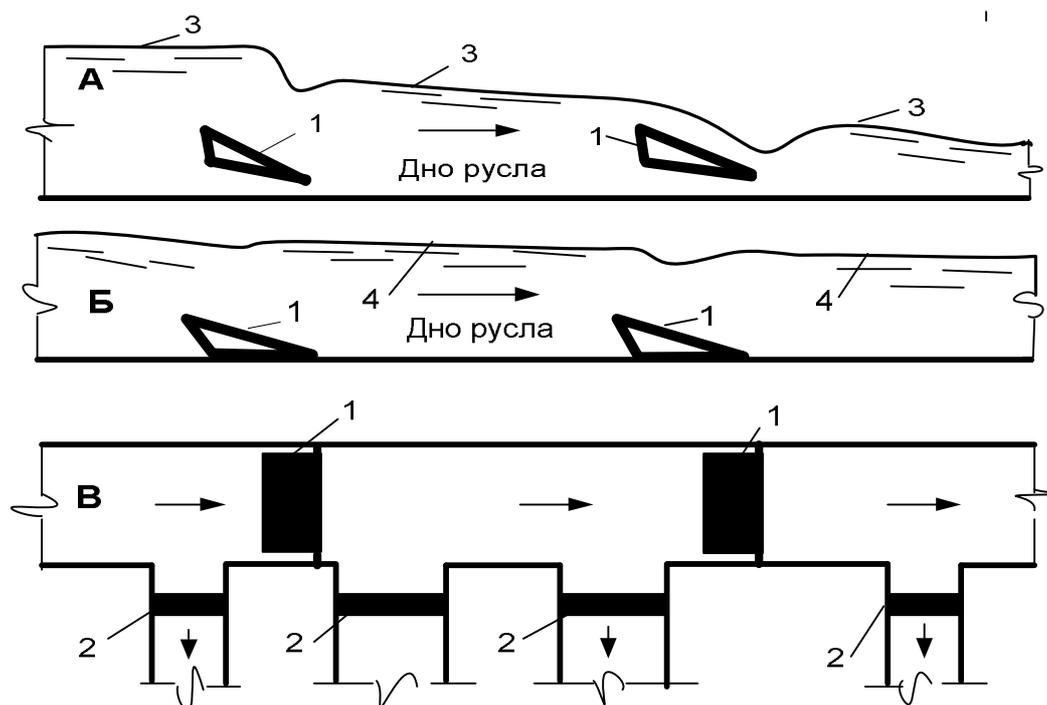
1 – стабилизаторы расхода; 2 – автоматизированные подпорные сооружения;
3 – перегораживающие автоматизированные сооружения; 4 – переход МПК через естественные понижения (река, лог и т. п.)

Рисунок 1 – Схема автоматизации водораспределения на каналах оросительных систем

В соответствии с данной схемой канал разбивается на бьефы подпорными либо перегораживающими сооружениями, створы которых выбираются из условия обеспечения командования при работе канала в режиме заполнения-опорожнения. При пересечении магистральным каналом (МК) естественных понижений (реки, балки, овраги и т. п.) на нем устраивается перегораживающее сооружение, оснащенное гидравлическим затвором-автоматом предельного уровня верхнего бьефа и сбоку канала устраивается сбросное сооружение, оборудованное затвором-автоматом уровня верхнего бьефа для защиты от переполнения канала. В конце МК устраивается автоматизированное сбросное сооружение. В голове МК, водо-

заборное сооружение и все отводы в распределительных каналах оборудуются водомерами-стабилизаторами расхода.

На рисунке 2 представлена технологическая схема регулирования гидравлических параметров потока при водораспределении на участке МК «по верхнему бьефу» в период заполнения-опорожнения и непосредственного отбора расходов воды в период нормальной эксплуатации.



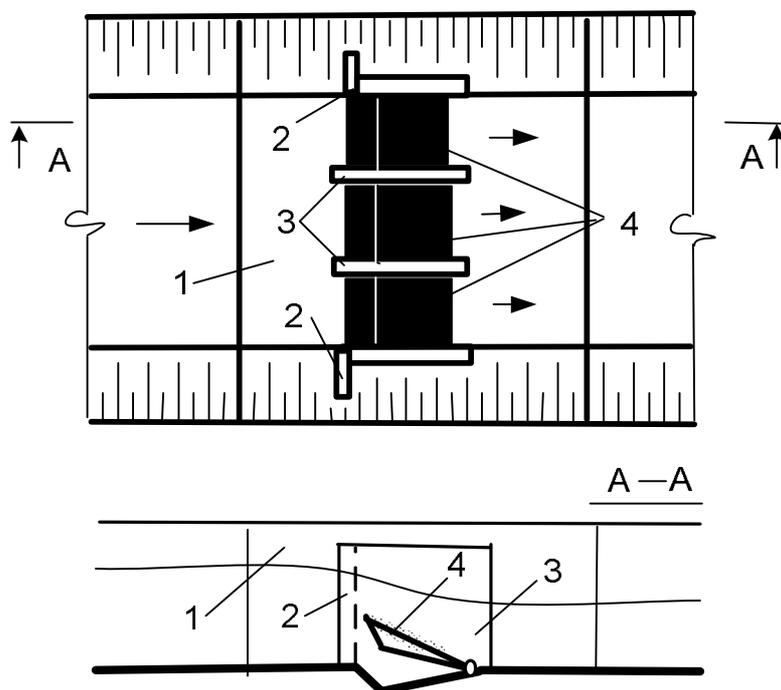
1 – автоматизированные подпорные сооружения; 2 – авторегулятор или стабилизатор расхода; 3 – свободная поверхность при расходе воды в канале Q_{\min} ; 4 – свободная поверхность при расходе воды Q_{\max}
А – режим заполнения-опорожнения канала; Б – режим нормальной эксплуатации канала; В – схема размещения устройств автоматизации

Рисунок 2 – Технологическая схема регулирования водораспределения

При такой схеме регулирования автоматический режим работы оросительной системы обеспечивается подпорными сооружениями, оборудованными гидравлическими затворами-автоматами для обеспечения командного уровня над отводами в период заполнения-опорожнения. При нормальной эксплуатации МК гидравлические затворы-автоматы полностью открываются. Отводы оборудуются, как отмечалось выше, стабилизаторами расхода, обладающими и функцией водоучета. Управление

процессом водораспределения осуществляется методом динамического регулирования объемов воды в бьефах МК.

На рисунке 3 представлена компоновочная схема автоматизированного подпорного сооружения (АПС) [3], представляющего собой полигональные в плане водосливные стенки с вырезами, оснащенными затворами-автоматами типа «плавающее (качающееся) крыло». Затвор-автомат по форме сечения напоминает форму сечения крыла двухпозиционного действия («закрыто» или «открыто»).



1 – АПС; 2 – водосливная стенка; 3 – промежуточные бычки; 4 – затворы-автоматы типа «плавающее (качающееся) крыло»

Рисунок 3 – Компоновочная схема автоматизированных подпорных сооружений

Автоматизация перегораживающих и сбросных сооружений осуществляется известными методами, широко освещенными в литературе, которые здесь не рассматриваются.

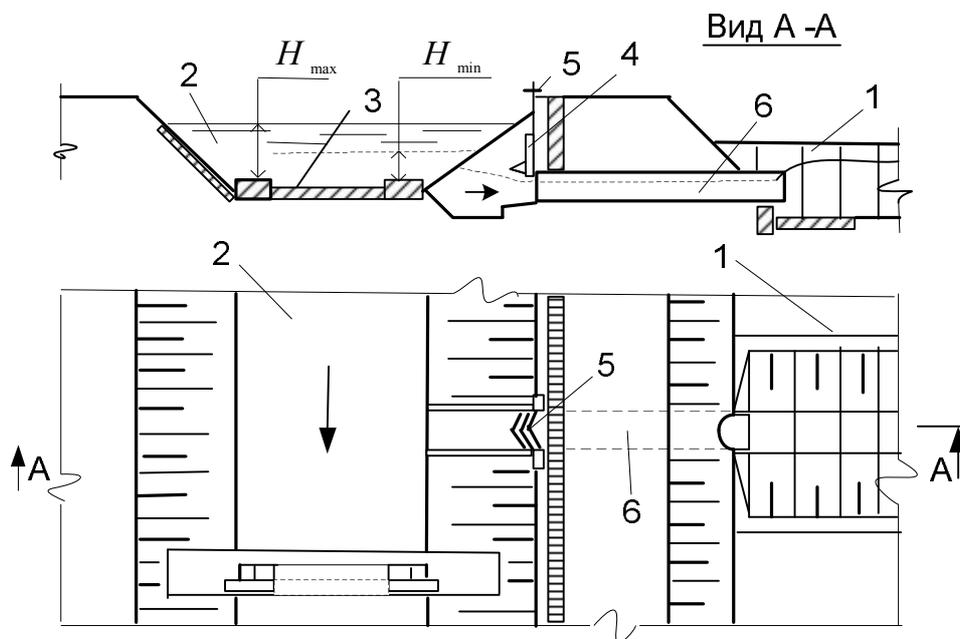
Автоматизация водовыпускных сооружений по предлагаемому способу и схеме его реализации сводится к их оснащению системами стабилизации водоподачи, которые, являясь инвариантными системами автоматизи-

ческого регулирования (САР), позволяют обеспечить стабилизацию выходного параметра (в данном случае расхода воды отвода) независимо от величины возмущающего воздействия (колебания напоров в верхнем бьефе перед водовыпуском). Наиболее предпочтительными являются средства стабилизации отводимых расходов воды, не имеющих подвижных в работе частей. Они просты в конструктивном отношении, надежны в работе, многофункциональны, в частности сочетают функции регулирования (стабилизации) и водоучета. В стабилизаторах расхода такого типа величина расхода истечения является функцией только открытия проходного сечения стабилизатора. Последнее свойство устройства позволяет значительно упростить систему водоучета, информационное обеспечение и управление процессами водораспределения. Вследствие сокращения числа информационных параметров и тем самым объема работ диспетчерской службы обеспечивается оперативное управление на оросительной системе с использованием простых математических моделей и т. д.

В настоящее время созданы различные системы и устройства стабилизации расходов: стабилизаторы расхода типа коробчатый ступенчатый затвор; кольцевые стабилизаторы расхода; многоблочные стабилизаторы расхода и др. В данной работе рассматриваются стабилизаторы расхода типа «Коробчатые ступенчатые, полигональные в плане затворы» (КСППЗ) [4].

На рисунке 4 представлена компоновочная схема автоматизированного водовыпускного сооружения, а на рисунке 5 показаны принципиальные расчетные схемы стабилизаторов расхода типа «КСТПЗ-1» (коробчатый ступенчатый треугольный в плане затвор) и «КСТПЗ-2» (коробчатый ступенчатый трапецеидальный в плане затвор). Стабилизаторы расхода представляют собой полигональные (треугольный или полигональный) в плане коробчатые затворы, передняя стенка 1 которых выполнена ступенчатой с вертикальным изломом и соединена с задней 2, повторяющей в плане очертание передней стенки, при помощи вертикальных перегородо-

док 3, разделяющих короб на проточные каналы 4. Внизу стенки снабжены козырьками: передняя – криволинейным 5, а задняя – наклонным 6, повторяющим в плане очертание стенок. Криволинейный козырек с передней стенкой соединен при помощи наклонной пластины 7. Изменение уставки в стабилизаторе расхода осуществляется при помощи подъемника 8.

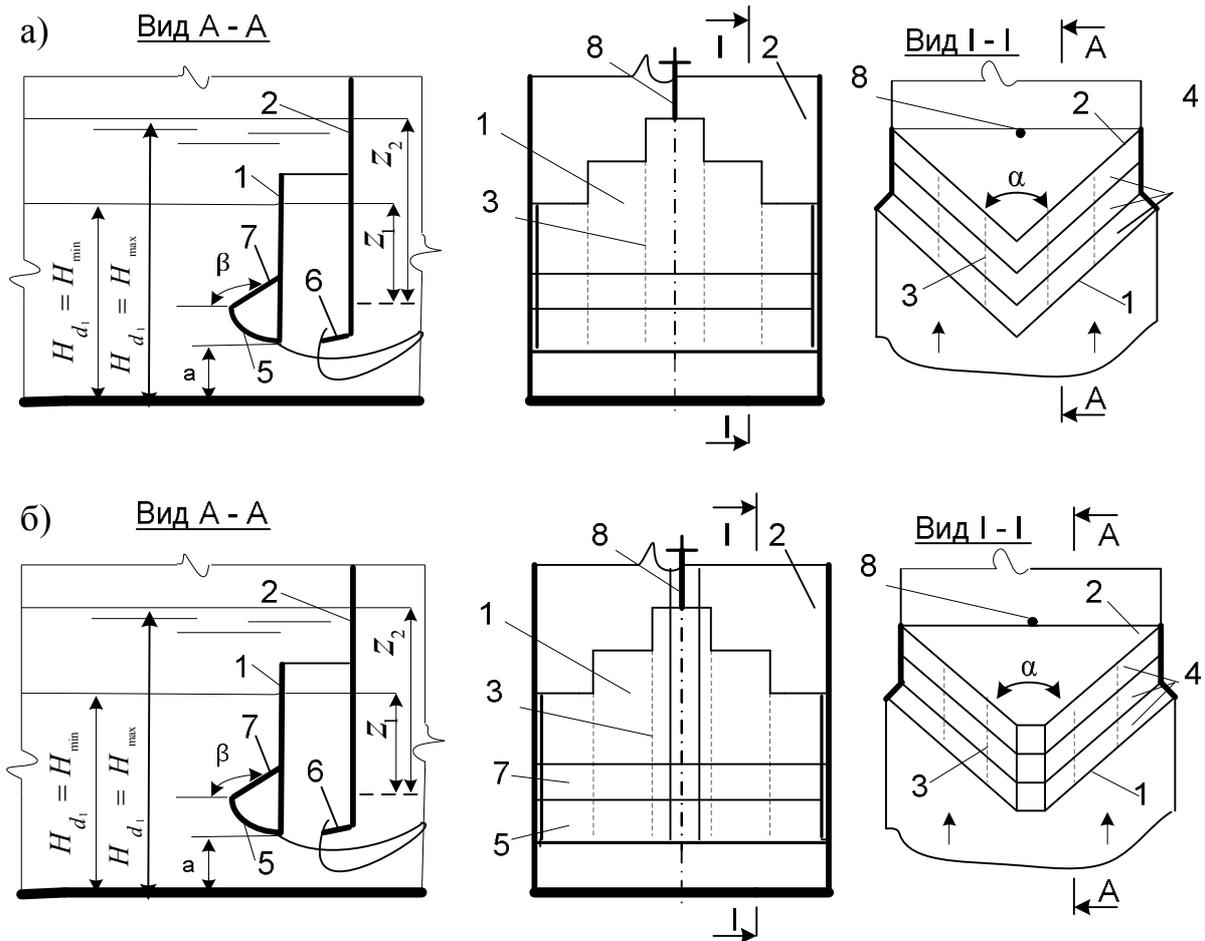


1 – младший канал; 2 – старший канал; 3 – подпорно-перегораживающее сооружение;
4 – стабилизатор расхода; 5 – подъемник; 6 – водовыпуск

Рисунок 4 – Компоновочная схема автоматизированного водовыпускного сооружения

Принцип действия стабилизатора расхода основан на поддержании (стабилизации) расхода воды в отвод за счет изменения коэффициента расхода отверстия истечения μ обратно пропорционально квадратному корню из действующего напора (при постоянной площади рабочего отверстия отвода).

Расчет рассматриваемых стабилизаторов расхода сводится к определению их конструктивных и гидравлических параметров при заданных величинах действующих напоров, отводимых расходов и режимов истечения. Расчетные зависимости по определению конструктивных параметров стабилизаторов расхода сведены в таблицу 1 [2].



а) принципиальная схема стабилизатора расхода КСПЗ-1;

б) принципиальная схема стабилизатора расхода КСПЗ-2;

- 1 – передняя стенка стабилизатора, ступенчатая с вертикальным изломом; 2 – задняя стенка, повторяющая профиль передней стенки; 3 – вертикальные разделительные перегородки; 4 – проточные каналы; 5 – передний криволинейный козырек, 6 – задний наклонный козырек; 7 – наклонная пластина; 8 – подъемник для изменения уставки стабилизатора расхода

Рисунок 5 – Принципиальные схемы стабилизаторов расхода

Таблица 1 – Расчетные зависимости по определению конструктивных параметров стабилизаторов расхода КСПЗ-1 и КСПЗ-2

Наименование параметров	Расчетные зависимости	
	КСПЗ-1	КСПЗ-2
1	2	3
Минимальный действующий напор, H_{\min}	0,7-1,0	0,7-1,0
Максимально допустимое открытие, Q_{\max}	$(0,2-0,38) H_{d\min}$	
Максимально допустимый напор в верхнем бьефе, до которого сохраняется требуемое качество стабилизации (ошибка не более $\pm 5\%$)	$H_{d\max} = \frac{H_{d\min} [\mu_1^2 (1-K) + \mu_2^2 \epsilon_2 K]}{\mu_2}$	

Продолжение таблицы 1

1	2	
Коэффициенты раздела: а) истечения из-под криволинейного козырька, μ_1 б) истечения из-под наклонного козырька, μ_2	0,88 0,5-0,53	0,92 0,52-0,54
Коэффициент вертикального сжатия при истечении из-под полигонального затвора с наклонным козырьком в основании, ϵ	$\epsilon = 0,53-0,56$	
Ширина короба (по нормали к данной грани затвора), $t_{\text{кор}}$	$t_{\text{кор}} = 1,1 Q_{\text{max}}$	
Угол наклона к горизонту наклонного козырька, β_1	6°	6°
Ширина наклонного полигонального в плане козырька по нормали к данной грани затвора, l_k	$0,4 Q_{\text{max}}$	$0,4 Q_{\text{max}}$
Ширина просвета между нижней кромкой наклонного козырька и передней стенкой затвора (по нормали к данной грани затвора), $l_{\text{пр}}$	$0,7 Q_{\text{max}}$	
Угол наклона пластины к потоку, β_0	120°	120°
Радиус очертания криволинейного в плане затвора, R	$R = a_{\text{max}}$	$R = a_{\text{max}}$
Число коробчатых секций, n	$n = \frac{1}{P} \left(\frac{1-C^1}{1+C^1} \right) 100,$ <p>где P – заданная точность водоподачи ($P \leq 5\%$), C^1 – коэффициент, определяемый по формуле:</p> $C^1 = \sqrt{\frac{1,25 H_{d_{\text{min}}} - a_{\text{max}} \epsilon_2}{H_{d_{\text{min}}} - a_{\text{max}}}}$	
Высота ступени, $h_{\text{ст}}$	$h_{\text{ст}} = \frac{H_{d_{\text{max}}} - H_{d_{\text{min}}}}{n}$	
Угол полигональности затвора	$A = 90^\circ$	$\Gamma = 135^\circ$
Ширина центральной вставки для КСТПЗ-2	-	$t_{\text{вст}} = 0,5 a_{\text{max}}$
Длина стабилизатора в плане, l	$l = \frac{Q}{a_{\text{max}} \mu_1 \sqrt{2g(H_{d_{\text{min}}} - a_{\text{max}})}}$	
Ширина стабилизатора в свету, B	$B = l \cos 45^\circ$	$B = (l - t_{\text{вст}}) \cos 45^\circ$

Приведенные расчетные зависимости относятся к расчету параметров стабилизаторов расходов, работающих в режиме свободного истече-

ния. При несвободном истечении расчет аналогичен, но в качестве действующего напора принимается глубина потоков в бьефах.

Список использованных источников

1 Бочкарев, Я. В. Локальные системы стабилизации водоподдачи на оросительных системах / В. Я. Бочкарев, О. В. Атаманова. – Бишкек: Кыргызская аграрная академия, 1977. – 75 с.

2 Биленко, В. А. Регулирование командных уровней в оросительных каналах долинной зоны средствами гидроавтоматики: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Биленко Виктор Алексеевич. – Бишкек, 1995. – 23 с.

3 А. с. 636321 СССР, МКИ E02 B 7/25. Гидротехнический затвор / Я. В. Бочкарев, В. А. Биленко. – № 2426659/29-15; заявл. 07.12.76; опубл. 05.12.78, Бюл. № 45. – 33 с.

4 Шанина, Е. С. Совершенствование средств механизации водоподдачи из каналов и малых водоемов равнинной зоны с обоснованием параметров и режимов работы стабилизирующих устройств: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Шанина Елена Сергеевна. – Рязань, 1997. – 25 с.

Бочкарев Вячеслав Яковлевич – кандидат технических наук, доцент.

Контактный телефон: (8635) 26-02-72.

E-mail: slbochkarev@yandex.ru

Bochkarev Vyacheslav Yakovlevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Contact telephone number: (8635) 26-02-72.

E-mail: slbochkarev@yandex.ru

Бочкарев Яков Васильевич – доктор технических наук, профессор, член-корр. РАСХН, член-корр. Кирг. АН.

Bochkarev Yakov Vasilyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Agricultural Sciences, Corresponding Member of Kirghiz Academy of Sciences.