

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
им. НИСАНОВА**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Б.Н. ЕЛЬЦИНА**

Диссертационный совет Д 05.12.006

На правах рукописи
УДК 626.823.54 (043.3)

Матвиец Валентина Васильевна

**Повышение надежности
автоматизированных водовыпускных сооружений
на распределительных каналах оросительных систем**

Специальность 05.23.07 – Гидротехническое строительство

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек – 2014

Работа выполнена в Кыргызско-Российском Славянском университете
им. Б.Н. Ельцина

Научный руководитель – доктор
технических наук, профессор
Атаманова О.В.

Официальные оппоненты – док-
тор технических наук, профессор

кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация –

Защита состоится «___» _____ 2014 г. в 14-00 часов на заседа-
нии диссертационного совета Д 05.12.006 в Кыргызском государствен-
ном университете строительства, транспорта и архитектуры им.
Н. Исанова по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34 б;
факс: (996 312) 543 561.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского госу-
дарственного университета строительства, транспорта и архитектуры
им. Н. Исанова.

Автореферат разослан «___» _____ 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 05.12.006,
кандидат технических наук,
доцент

Л.В. Ильченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Эффективное использование орошаемого земледелия требует применения надежных автоматизированных гидротехнических сооружений на ирригационных системах.

Наиболее массовыми сооружениями на оросительных системах являются сооружения водоподачи. В качестве средств автоматизации данного типа сооружений в настоящее время используются локальные гидравлические системы стабилизации водоподачи – авторегуляторы и стабилизаторы расхода воды.

Для современных водовыпускных сооружений ирригационных систем характерны: удаленность от источников энергоснабжения и головных диспетчерских пунктов, отсутствие регулярного контроля работы, рассредоточенность на гидромелиоративной системе и др. Эти и другие особенности водовыпускных сооружений на распределительных каналах заставляют обратить особое внимание на проблему надежности данного типа сооружений.

Расчет, проектирование и строительство автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах гидромелиоративных систем, к сожалению, до настоящего времени ведется без достаточного учета требований теории надежности, что является одной из основных причин их простоев, повреждений и аварий. В связи с этим возникает необходимость не только оценить надежность существующих автоматизированных водовыпускных сооружений, исследовать их с целью поиска путей повышения надежности, но и разработать новые более совершенные сооружения водоподачи, минимально подверженные отказам в процессе функционирования на оросительной системе. Это обосновывает актуальность темы диссертационной работы, посвященной повышению надежности автоматизированных водовыпускных сооружений на распределительных каналах оросительных систем.

Связь темы диссертации с научными программами, основными научно-исследовательскими работами, проводимыми научными учреждениями. Диссертационное исследование проводилось в рамках международного научного проекта, реализованного в 2010-2012 г.г. общественным фондом «САРP Alatoo» совместно с Кыргызско-Российским Славянским университетом им. Б.Н. Ельцина: «Устойчивое управление пастбищами и водными ресурсами в бассейнах рек Жергетал и Онарча Нарынского района Кыргызской Республики».

Целью диссертационной работы является повышение надежности автоматизированных водовыпускных сооружений на распределительных

тельных каналах оросительных систем путем разработки усовершенствованного средства автоматизации водоподачи.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи исследований и разработок:

- провести анализ существующих отказов автоматизированных водовыпускных сооружений на распределительных каналах оросительных систем;
- исследовать показатели надежности существующих автоматизированных водовыпускных сооружений на распределительных каналах оросительных систем Кыргызской Республики и наметить пути совершенствования этих сооружений;
- разработать усовершенствованную конструкцию автоматизированного водовыпускного сооружения для распределительных каналов;
- провести теоретические и экспериментальные исследования усовершенствованного автоматизированного водовыпускного сооружения, изучить и оценить показатели его надежности;
- разработать методику расчета усовершенствованной конструкции автоматизированного водовыпускного сооружения;
- разработать практические рекомендации по расчету и проектированию усовершенствованного автоматизированного водовыпускного сооружения для распределительных каналов оросительных систем.

Научная новизна полученных результатов:

- впервые проведен анализ надежности и составлены деревья отказов ряда автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах оросительных систем Чуйской области Кыргызстана;
- разработана и запатентована усовершенствованная конструкция стабилизатора расхода воды, как средства автоматизации водовыпускного сооружения для распределительных каналов оросительных систем;
- получены теоретические зависимости и экспериментально выявлены количественные связи между конструктивными и гидравлическими параметрами усовершенствованного водовыпускного сооружения, обоснована надежность предложенной конструкции;
- разработана методика расчета усовершенствованного водовыпускного сооружения повышенной надежности, автоматизированного новым стабилизатором расхода воды.

Практическая значимость полученных результатов заключается в установлении показателей надежности существующих автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах оросительных систем Кыргызстана, что позволило определить наиболее перспективные

конструкции, выявить недостатки и наметить пути повышения надежности сооружений водоподдачи.

Предлагаемый усовершенствованный стабилизатор расхода воды позволяет снизить металлоемкость за счет замены массивного криволинейного козырька коническим козырьком, а также позволяет значительно повысить надежность за счет создания наклона передней грани короба и увеличения диапазона регулирования.

Результаты разработок и исследований внедрены в учебный процесс на кафедре гидротехнического строительства и водных ресурсов (ГТСиВР) Кыргызско-Российского Славянского университета (КРСУ) им. Б.Н.Ельцина при изучении студентами курсов дисциплин «Основы автоматики и автоматизации процессов в гидротехническом строительстве», «Автоматическое регулирование при строительстве гидротехнических объектов» и «Речные гидротехнические сооружения».

Проектно-технологическим институтом «Водавтоматика и метрология» принята к использованию при проектировании методика расчета стабилизатора расхода воды новой конструкции, а также рекомендации по расчету и проектированию усовершенствованного водовыпускного сооружения, автоматизированного гидравлическим стабилизатором расхода воды с коническим козырьком. Результаты исследований вошли в проект реконструкции водораспределительного сооружения на канале «Отводящий» Нарынской области в Ак-Талинском районе..

Экономическая значимость полученных результатов подтверждается расчетом экономической эффективности от внедрения разработанного водовыпускного сооружения повышенной надежности в проект реконструкции. Годовой экономический эффект составил 45,5 тыс. сом в ценах 2013 г.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- количественные оценки надежности и деревья отказов существующих автоматизированных водовыпускных сооружений;
- классификация отказов автоматизированных водовыпускных сооружений;
- усовершенствованная конструкция автоматизированного водовыпускного сооружения повышенной надежности, оснащенного гидравлическим стабилизатором расхода воды с коническим козырьком;
- система уравнений, описывающая кривую свободной поверхности воды, вытекающей из-под конического козырька с углом наклона к горизонту $\beta=135^\circ$;

- методика расчета усовершенствованного автоматизированного водовыпускного сооружения с гидравлическим стабилизатором расхода воды новой конструкции;
- рекомендации по расчету и проектированию усовершенствованной конструкции автоматизированного водовыпускного сооружения для распределительных каналов оросительных систем.

Личный вклад соискателя состоит в:

- установлении показателей надежности существующих автоматизированных сооружений на основе натурных исследований;
- разработке деревьев отказов автоматизированных водовыпускных сооружений и составлении классификации отказов автоматизированных водовыпускных сооружений;
- установлении зависимостей для определения конструктивных и гидравлических параметров автоматизированного водовыпускного сооружения с усовершенствованным стабилизатором расхода воды;
- разработке методики расчета усовершенствованного автоматизированного водовыпускного сооружения с гидравлическим стабилизатором расхода воды;
- разработке рекомендаций по расчету и проектированию усовершенствованного автоматизированного водовыпускного сооружения с гидравлическим стабилизатором расхода воды новой конструкции.

Автор благодарит научного руководителя зав. кафедрой ГТСиВР КРСУ, д.т.н., проф. Атаманову О.В. за помощь в систематизации полученных результатов исследований, также выражает глубокую признательность сотрудникам кафедры ГТСиВР КРСУ за помощь в организации проведения натурных и модельных исследований, а также за ценные советы, высказанные при обсуждении различных этапов исследований.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты разработок и исследований по теме диссертации были доложены и одобрены на ежегодных научных конференциях КРСУ (2010-2013 гг.); на республиканских научно-практических конференциях молодых ученых и студентов «Интеграция науки, инноваций и образования» в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры (2010, 2012 гг.); на международной IV научно-практической конференции, посвященной 100-летию Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова и 40-летию кафедры «Геодезия, гидрология и гидрогеология» в ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» (2013 г.); на международной научной конференции в Таразском государственном университете им. М.Х. Дулати (2012 г., Казахстан); на XII Неделе науки СПбГПУ (2012 г.); на III всероссийской молодежной

конференции «Устойчивость, безопасность и энергосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решениях и инженерных системах зданий и сооружений» в Московском государственном строительном университете (2012 г.); на научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях» НС РАН в Бишкеке (2012 г.).

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Материалы диссертационного исследования изложены в 14 научных работах, опубликованных в научных изданиях Кыргызской Республики, Республики Казахстан, Республики Таджикистан и Российской Федерации. Получен патент на изобретение № 1551, 2013 г. КР.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, 5 приложений. Текст диссертации изложен на 172 страницах, включая 38 иллюстраций, 21 таблицу и список библиографических источников из 109 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, определены основные научные положения, выносимые на защиту, дана краткая характеристика работы.

В первой главе диссертации проводится обзор и анализ особенностей автоматизированных водовыпускных сооружений (АВС) на распределительных каналах оросительных систем, из которых можно выделить следующие: удаленность от источников энергоснабжения и головных диспетчерских пунктов, отсутствие регулярного контроля работы и др. Существующие на сегодняшний день гидравлические средства стабилизации водоподачи на оросительных системах представляют собой авторегуляторы и стабилизаторы расхода воды отвода.

Исследованием и разработкой стабилизаторов и авторегуляторов расхода воды для оросительных систем занимались Авдеев А.И., Атаманова О.В., Бекбоев Э.Б., Бекбоева Р.С., Бобохидзе Ш.С., Бочкарев Я.В., Бредис А.И., Бутырин М.В., Виденев Ю.Д., Гартунг А.А., Журин В.Д., Жусупов М.К., Каграманов А.М., Кикнадзе Л.Л., Колодкевич А.М., Колпычев В., Курносов В.Н., Курсин С.А., Лавров Н.П., Литвак Л.М., Лубны-Герцик К.И., Луговой А.С., Маковский Э.Э., Меркурьев И.С., Мусаджанова Р.Ю., Мухутдинова Р.Н., Ом Л.А., Пикалов Ф.И., Рохман А.И., Рузский Д.П., Сатаркулов С.С., Соколов А.И., Старковская В.Е., Тишабаев Б.Т., Фролова Г.П., Хамадов И.Б. и др. А также ряд зарубежных ученых и инженеров, таких, как В. Андерсен, П. Бернхард, В. Брандт,

П. Данел, П. Жироде, М. Коглиатти, Б. Матэ, М. О'Керол, Э. Робинсон, С. Сишедри и др.

Ввиду множества конструкций АВС (свыше 100 конструкций) в диссертации приведены наиболее типичные и оригинальные конструкции стабилизаторов и авторегуляторов расхода воды с описанием основных технических характеристик (диапазон регулирования уровня воды, отводимый расход и др.).

Обобщая и анализируя особенности и характеристики сооружений водораспределения как объектов автоматизации, были сформулированы технические условия и требования к средствам автоматизации водовыпускных сооружений, соблюдение которых будет способствовать повышению надежности АВС. В заключении первой главы были сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе проанализированы основные свойства и показатели надежности водовыпускных сооружений на распределительных каналах оросительных систем, методы расчета надежности. Приведены расчеты надежности ряда АВС.

Необходимость создания сооружений, не только прочных и долговечных, но и экономически выгодных, стала предпосылкой к появлению теории надежности, имеющая много различных направлений, в том числе и теорию надежности гидротехнических сооружений. До недавнего времени в гидротехнике рассматривались только надежность грунтовых плотин и гидромелиоративных систем, а также некоторые частные задачи анализа надежности сооружений. Следует отметить труды Иващенко И.Н., Мирцхулавы Ц.Е., Пепояна В.С., Стефанишина Д.В., Финанова О.М., Шульмана С.Г., Шпильмана В.Б. и других авторов. Однако вопросы научного обоснования и анализа надежности АВС на распределительных каналах оросительных систем в настоящее время изучены не достаточно.

В диссертации проведен анализ основных понятий и показателей теории надежности в отношении к АВС.

Так, надежность – свойство объекта (в частности, авторегулятора или стабилизатора расхода воды) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. При этом основной функцией АВС является подача заданного, практически постоянного во времени расхода воды в отвод, независимо от величины возмущающего воздействия, чаще всего, колебаний уровня воды в верхнем бьефе сооружения.

Надежность представляет собой комплексное свойство, включающее безотказность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость, в зависимости от условий применения и назначения устройства.

Оценка надежности АВС состоит в определении одной или нескольких следующих количественных характеристик: вероятности безотказной работы $P(t)$, вероятности появления отказа $Q(t)$, интенсивности отказов $\lambda(t)$, средней наработки на отказ T_0 , среднего времени восстановления τ_{cp} , коэффициента готовности k_r и др.

В теории надежности одним из основных является понятие отказа. В нашем случае отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности водовыпускного сооружения, т.е. в переходе его в неработоспособное состояние. В том случае, когда устройство предназначено для выполнения нескольких функций (водоподача, водоучет, стабилизация отводимого расхода и др.), нарушение хотя бы одной из запланированных функций считается отказом.

При проведении натуральных исследований АВС на оросительных системах Кыргызстана был произведен анализ их отказов. В процессе анализа отказов были выделены возможные (наблюдаемые), а также потенциальные отказы разного вида, выявлены основные причины появления отказов и возможные последствия. На основе анализа результатов натуральных исследований была разработана классификация отказов АВС оросительных систем на рис.1.

В качестве основного метода расчета надежности АВС принят метод деревьев отказов, относящийся к структурным методам расчета надежности объекта. Непосредственное использование статистических данных для расчета надежности АВС чрезвычайно затруднительно из-за уникальности конструкций, особенностей условий их эксплуатации и, как следствие, отсутствия репрезентативных выборок. Построение деревьев отказов для водовыпускных сооружений позволяет сделать не только количественный анализ надежности, но и качественный анализ при недостатке информации о сооружениях. Основными достоинствами этого метода являются разработка индивидуальных деревьев отказов и возможность постоянного дополнения моделей. В основе данного метода имеет место рассмотрение сооружения как системы, состоящей из отдельных зависимых и независимых элементов.



Рис.1. Классификация отказов автоматизированных водовыпускных сооружений.

Таким образом, надежность всего сооружения зависит от надежности каждого отдельного элемента системы.

Далее по результатам натурных исследований был проведен качественный анализ сифонного регулятора расхода воды конструкции Глазьева В.А. и Кривошекова В.С. в составе водовыпускного сооружения на канале «Мураке» в Сокулукском районе Чуйской области Кыргызстана. Проведены количественный и качественный анализы надежности гидравлического регулятора уровня воды нижнего бьефа (АРУ-Г) конструкции Маковского Э.Э. на головном сооружении Ат-Башинского магистрального канала и стабилизатора расхода воды типа «Секционный ступенчатый коробчатый щит» (ССКЩ) на канале «Джаламыш». На рис.2 представлено дерево отказов стабилизатора расхода воды на канале «Джаламыш».

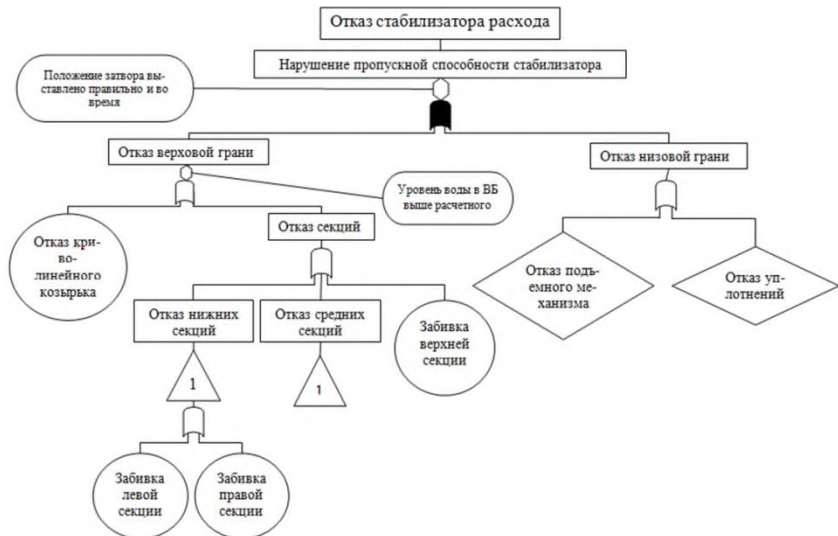


Рис.2. Дерево отказов стабилизатора расхода воды типа ССКЩ на канале «Джаламыш».

Количественный расчет показал, что вероятность безотказной работы регулятора АРУ-Г несколько ниже, чем у ССКЩ. Качественный анализ также показал, что стабилизатор расхода воды надежнее регулятора расхода, так как содержит значительно меньше элементов, не имеет подвижных в работе частей и не требует постоянного контроля его работы со стороны обслуживающего персонала.

Третья глава посвящена натурным исследованиям эксплуатационных показателей надежности автоматизированных водовыпускных сооружений в Чуйской области Кыргызстана.

Исследования эксплуатационных показателей надежности АВС для подтверждения их преимуществ и дальнейшего совершенствования конструкций были проведены автором в составе группы ученых кафедры ГТСиВР КРСУ в 2010-2012 гг. на распределительных каналах оросительных систем Чуйской области Кыргызстана.

Для выявления и оценки показателей надежности в условиях эксплуатации были выбраны несколько наиболее репрезентативных объектов, представляющих собой автоматизированные водораспределительные сооружения на распределительных каналах Чуйской области Кыргызской Республики. Проведенные измерения и расчеты эксплуатационных характеристик АВС позволили составить ведомость их эксплуатационных показателей надежности в форме табл. 1.

Таблица 1 – Основные эксплуатационные показатели надежности АВС Чуйской области Кыргызстана

Объект исследований	Время проведения исследований	Показатели надежности					
		Вероятность безотказной работы	Интенсивность отказов	Средняя наработка до отказа, ч	Средняя наработка на отказ, ч	Параметр потока отказов	Коэффициент готовности
Левосторонний водовыпуск на канале Джаламыш	06.10 – 08.10	0,75	0,02	288,0	240	0,008	0,98
Правосторонний водовыпуск на канале Джаламыш	06.10 – 08.10	0,8	0,015	336,0	240	0,007	0,985
Водовыпуск-автомат на канале Мураке	05.12 – 06.12	0,25	0,075	144,0*	96	0,05	0,67
Водовыпуск на распределительном канале в Учхозе КНАУ	08.11 – 09.11	0,85	0,01	360,0*	288	0,005	0,986
Левосторонний водовыпуск (2 стабилизатора, работающие в комплексе) на канале Беловодский	05.11 – 07.11	0,72	0,025	216,0*	168	0,009	0,966
Вододелитель-стабилизатор на Иссык-Атинском подпитывающем канале	07.12 – 09.12	0,87	0,01	408,0	360,0	0,004	0,938**

* Данные, полученные в РУВХ; **Отказ не полный

Натурным экспериментом установлена достаточная сходимость цифровых значений коэффициента расхода ССКЩ на канале «Джаламыш» с данными, полученными ранее Рохманом А.И. в результате модельных исследований (рис.3).

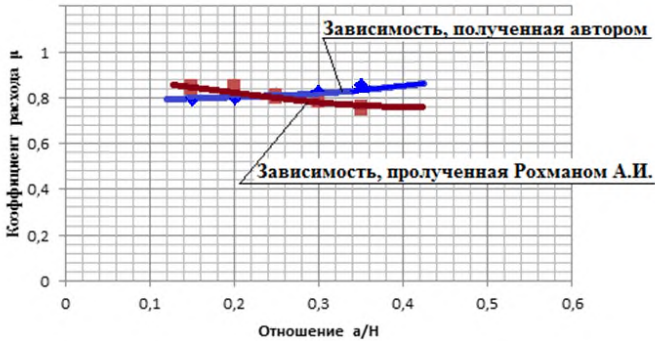


Рис. 3. Значения коэффициентов расхода ССКЩ.

В результате проведенного натурального эксперимента предложена уточненная зависимость для коэффициента расхода ССКЩ:

$$\mu = 0,4286 \cdot (a / H)^2 - 0,0748 \cdot (a / H) + 0,8081, \quad (1)$$

где a – открытие стабилизатора, H – напор перед стабилизатором.

Пользуясь полученными в ходе натуральных исследований данными, была проверена возможность использования ССКЩ в качестве стабилизатора расхода воды. Построенный график (рис.4) наглядно демонстрирует стабилизирующие свойства ССКЩ. Диапазон колебаний напоров, при котором обеспечивается постоянство отводимых расходов воды показан на графике и достигает $H_{min}/H_{max}=2,0$, что на 23,1 % меньше значения $H_{min}/H_{max}=2,6$, полученного Рохманом А.И.

Натурными исследованиями была обоснована пропускная способность АРУ-Г левого конструкции Маковского Э.Э. на головном водозаборном сооружении Ат-Башинского магистрального канала. Используя формулу $\mu = f(Q; H; a)$, полученную на основе уравнения Маковского Э.Э. для расхода истечения, построен график, представленный на рис. 5.

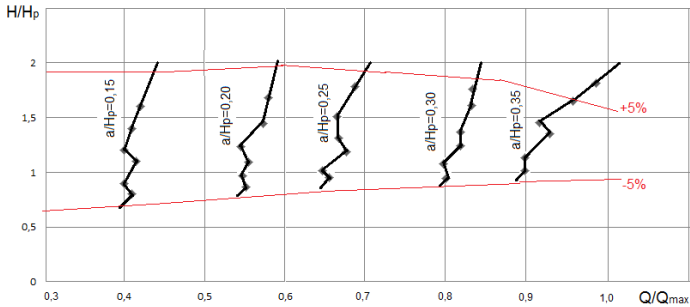


Рис. 4. Фактические зависимости $H / H_p = f(Q / Q_{\max}; a / H_p)$ ССКЩ на правом отводе АВС на канале «Джаламыш».

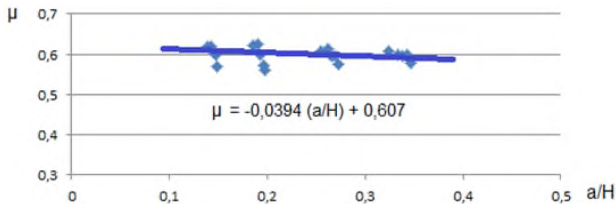


Рис. 5. Зависимость коэффициента расхода $\mu = f(a / H)$ для АРУ-Г.

Проведенные натурные исследования пропускной способности АРУ-Г левого на Головном сооружении Атбашинского магистрального канала позволили получить зависимость для коэффициента расхода затвора:

$$\mu = -0,0394 \cdot (a / H) + 0,607. \quad (2)$$

Проведенные натурные исследования АРУ-Г левого на Головном сооружении Атбашинского магистрального канала показали удовлетворительную работоспособность затвора при механическом изменении его уставки. Однако данный затвор, который по проекту должен был обеспечивать стабилизацию уровня нижнего бьефа, а, следовательно, и расхода воды в Атбашинский магистральный канал, уже достаточно давно не обеспечивает эту свою проектную функцию. До настоящего времени неизменно работающей осталась только металлоконструкция затвора. Все гибкие элементы, включая электронику, пришли в негодность по разным причинам.

Для повышения безотказности АВС могут быть применены следующие методы: эксплуатационный и конструктивный методы.

При эксплуатационном методе выполняют обоснование объема и сроков проведения профилактических мероприятий, основанных на применении теории надежности.

Конструктивный метод заключается в определении наиболее уязвимых элементов современных АВС и дальнейшей разработке конструктивных решений для повышения их надежности. Этот метод был принят к реализации в диссертационной работе, поскольку он способствует совершенствованию конструкции и повышению надежности не только отдельных элементов АВС, но и самих автоматизированных водовыпускных сооружений в целом.

В четвертой главе рассматривается усовершенствованная конструкция АВС для распределительных каналов оросительных систем.

С целью совершенствования существующих конструкций гидравтоматов был предложен гидравлический стабилизатор расхода воды с коническим козырьком (СРВКК) (Патент № 1551 КР МКИ E02B 13/02. Стабилизатор расхода воды/О.В.Атаманова, В.В.Круглова (Матвиец). Опубл. в БИ № 6, КР, 2013. – 5 с.: ил.)(рис.6).

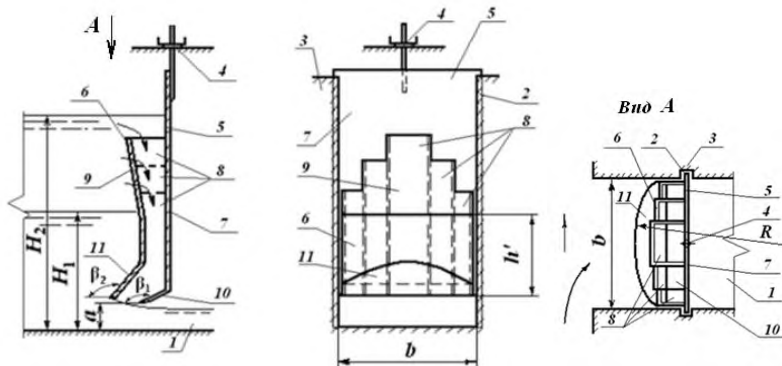


Рис.6. Стабилизатор расхода воды с коническим козырьком.

Стабилизатор расхода воды, расположенный на входе в отводящий канал 1, состоит из подвижно установленного в пазах 2 устоев 3 и имеющего привод 4 затвора 5, полость которого образована ступенчатой лицевой гранью 6 и внутренней вертикальной гранью 7 со ступенчатыми коробчатыми секциями 8, симметричными относительно вертикальной оси затвора 5, при чем верхняя часть 9 лицевой грани 6 затвора 5 выполнена наклонной в сторону потока так, что толщина коробчатых секций 8 в верхней части переменна по высоте, при этом на нижней части внутренней грани 7 затвора 5 закреплен наклонный козырек 10 под углом $\beta_1=150^\circ$ к потоку, а на лицевой грани 6 затвора 5 закреплен кони-

ческий козырек 11, являющуюся новым конструктивным и функциональным элементом.

Для определения положения нижней кромки наклонного козырька 10 (рис. 6) аналитически получены уравнения координат кривой свободной поверхности при истечении из-под конического козырька 11 с углом наклона к горизонту $\beta_2 = 135^0$:

$$\begin{cases} x = -\frac{2a}{2,71+\pi} \cdot \frac{1}{\frac{b}{B} + (1 - \frac{b}{B}) \sin(\frac{2\theta}{3})} \cdot \left[\ln \left| tg \frac{\theta}{6} \right| - 2 \cos \frac{\theta}{3} + \frac{8}{3} \cos^3 \frac{\theta}{3} \right] - \frac{2,71 \cdot a}{2,71+\pi}; \\ y = -\frac{a\pi}{2,71+\pi} \cdot \frac{1}{\frac{b}{B} + (1 - \frac{b}{B}) \sin(\frac{2\theta}{3})} \cdot \left[\frac{2}{\pi} \left(\ln \left| tg \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{6} \right) \right| + 2 \sin \frac{\theta}{3} - \frac{8}{3} \cdot \sin^3 \frac{\theta}{3} \right) + 1 \right]. \end{cases} \quad (3)$$

где θ – угол между касательной к кривой свободной поверхности потока и осью x в плоскости yOx .

С целью оптимизации конструктивных и гидравлических параметров усовершенствованной конструкции СРВКК были проведены исследования данной конструкции в лаборатории ГТС кафедры ГТСиВР КРСУ.

В качестве параметра оптимизации (отклика) был выбран процент стабилизации. За факторы, воздействующие на выбранный отклик, приняты: напор перед стабилизатором H , открытие затвора a , относительное сжатие потока за затвором b/B и толщина секции короба t . Решение задачи оптимального планирования экспериментов осуществлялось методом Бокса-Уилсона (крутое восхождение) путем сочетания движения по градиенту с методом факторного планирования. Лабораторным экспериментом установлены наиболее рациональные параметры СРВКК: максимальное открытие затвора $a_{max} = (0,37 \div 0,46)H_{min}$, удельный диапазон колебаний напоров в водоприемнике $\Delta H_i \approx a_{max}$, относительное сжатие потока за затвором $b/B = 0,78 \div 0,8$ и толщина секции $t = (0,32 \dots 0,33)a_{max}$.

Пропускная способность модели СРВКК исследовалась в зависимости от различных конструктивных и гидравлических параметров стабилизатора. В качестве отклика, характеризующего пропускную способность стабилизатора, был выбран приведенный коэффициент расхода μ' исследуемой конструкции. Факторы, оказывающие влияние на выбранный отклик: относительное вертикальное сжатие потока a/H , относительное боковое сжатие потока b/B (B – длина водосливной кромки конического козырька), угол наклона образующей конического козырька к плоскости дна канала β .

В результате модельного эксперимента была получена зависимость коэффициента расхода СРВКК от ряда факторов:

$$\mu' = 2,715 + 3,941 \frac{a}{H} - 1,303 \frac{b}{B} - 1,319\beta - 0,724 \frac{a}{H} \frac{b}{B} - 0,766 \frac{a}{H} \beta - 3,047 \left(\frac{a}{H}\right)^2 + 0,766 \left(\frac{b}{B}\right)^2 + 0,294\beta^2. \quad (4)$$

При решении практических задач допустимо использовать среднее значение коэффициента расхода СРВКК $\mu' = 0,82 \dots 0,86$.

Исследования стабилизирующей способности действующей модели СРВКК позволили построить графические зависимости на рис.7.

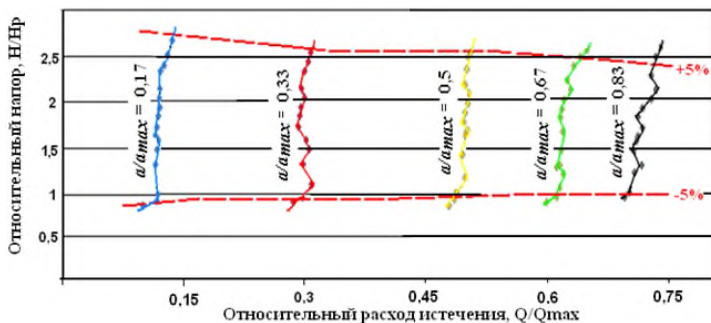


Рис. 7. Графические зависимости $Q/Q_{\max} = f(H/H_p; a/a_{\max})$.

Построенные зависимости подтверждают стабилизирующую способность СРВКК. Причем, изменение величины отводимого расхода воды в пределах $\pm 5\%$ имеет место при соотношении напоров воды перед стабилизатором $H_{\max}/H_{\min}=2,64$, что лучше, чем у наиболее оправданной конструкции стабилизатора расхода воды ССКЩ.

Сравнительные лабораторные исследования надежности стабилизаторов расхода воды СРВКК и ССКЩ, которые в дальнейшем будут уточняться эксплуатационными данными, позволили получить показатели надежности обеих конструкций, приведенных в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели надежности стабилизаторов расхода воды ССКЩ и СРВКК

Стабилизатор расхода воды	Интенсивность отказов, $\lambda, \text{ч}^{-1}$	Вероятность безотказной работы, P	Вероятность возникновения отказа, Q	Коэффициент готовности, k_2	Коэффициент оперативной готовности, $k_{0,2}$
ССКЩ	$4,13 \cdot 10^{-5}$	0,63	0,37	0,87	0,701
СРВКК	$3,57 \cdot 10^{-5}$	0,67	0,33	0,89	0,72

Проведенная оценка показателей надежности СРВКК доказала, что предложенная конструкция действительно имеет более высокую надежность по сравнению с аналогом ССКЩ.

Разработана методика расчета усовершенствованной конструкции АВС для распределительных каналов оросительных систем.

В пятой главе приводятся рекомендации по расчету и проектированию усовершенствованного АВС для распределительных каналов оросительных систем.

Технико-экономическое обоснование предлагаемой конструкции стабилизатора расхода воды подтвердило целесообразность ее использования на распределительных каналах оросительных систем. Предложенные рекомендации по расчету и проектированию реализованы в проекте реконструкции водораспределительного узла на канале «Отводящий» (ПК11+60) системы р. Ак-Сай Ак-Талинского района Нарынской области Кыргызстана.

ВЫВОДЫ

1. На оросительных системах самыми массовыми объектами автоматизации являются сооружения водоподачи, средства гидравлической автоматизации которых представлены авторегуляторами и стабилизаторами расхода воды. Проведенный анализ показателей надежности авторегуляторов и стабилизаторов расхода позволил обосновать необходимость дальнейшего совершенствования автоматизированных водовыпускных сооружений с целью повышения их надежности.
2. Разработанная классификация отказов автоматизированных водовыпускных сооружений позволила наметить пути совершенствования способов и средств автоматизации сооружений водоподачи на распределительных каналах оросительных систем. На основе метода построения деревьев отказов проведен качественный анализ и оценка надежности автоматизированных водовыпускных сооружений, показавшие явные преимущества в работе гидравлических стабилизаторов расхода воды по сравнению с авторегуляторами расхода.
3. Натурными исследованиями установлена недостаточная эксплуатационная надежность авторегуляторов расхода (уровня) воды отвода, что ограничивает возможность их применения на распределительных каналах оросительных систем. Авторегуляторы расхода ввиду наличия в их составе подвижных элементов, датчиков уровня и др. могут применяться только на крупных гидроузлах, где имеется постоянный надзор и контроль их работы со стороны обслуживающего персонала (например, на головных сооружениях магистральных каналов).

На удаленных внутрисистемных водораспределительных сооружениях для стабилизации водоподачи целесообразно использовать гидравлические стабилизаторы расхода воды.

4. В результате натурального эксперимента получены зависимости (1) и (2) для расчета и анализа пропускной способности гидравлических затворов-автоматов «Автоматический регулятор уровня гидравлический» и «Секционный ступенчатый коробчатый щит». Установлено, что стабилизаторы расхода воды типа «Коробчатый щит» являются инвариантными системами, обладают удовлетворительной стабилизирующей способностью и могут обеспечивать водоучет на оросительных системах. Однако для повышения эксплуатационной надежности и улучшения качественных показателей целесообразно усовершенствовать существующие конструкции стабилизаторов расхода воды данного типа.
5. Разработан и исследован усовершенствованный гидравлический стабилизатор расхода воды с коническим козырьком (Патент КР № 1551. Стабилизатор расхода воды / О.В. Атаманова, В.В. Круглова (Матвиец), 2013 г.), как средство автоматизации водовыпускных сооружений распределительных каналов оросительных систем, обладающее повышенной пропускной способностью и эксплуатационной надежностью.
6. Полученная аналитическая система уравнений (3), описывающая кривую свободной поверхности воды, вытекающей из-под конического козырька с углом наклона к горизонту $\beta = 135^\circ$, а также результаты модельных исследований позволили разработать методику расчета автоматизированного водовыпускного сооружения с предложенным стабилизатором расхода воды.
Экспериментально подтверждена стабилизирующая способность новой конструкции, причем соотношение максимального и минимального напоров перед стабилизатором, при котором обеспечивается постоянство отводимых расходов воды, составило $H_{max}/H_{min}=2,64$, что лучше, чем у других конструкций стабилизаторов.
7. По результатам теоретических и экспериментальных исследований разработаны рекомендации по расчету и проектированию водовыпускных сооружений, автоматизированных гидравлическим стабилизатором расхода воды с коническим козырьком, примененные в проекте реконструкции канала «Отводящий» в Ак-Талинском районе Нарынской области Кыргызстана. Годовой экономический эффект от внедрения автоматизированного водовыпускного сооружения составил 45,5 тыс. сом в год.

Содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Круглова В.В. Основные технические характеристики автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах оросительных систем[Текст]/ В.В. Круглова // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2010. – № 4(30). – С.267-272.
2. Круглова В.В. Требования к надежности средств автоматизации водоподачи на каналах оросительных систем[Текст]/ В.В. Круглова, О.В.Атаманова //Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб.науч.тр.– Рязань, 2010. – С.373-377.
3. Круглова В.В. Специфика вопросов надежности гидравлических средств автоматизации водоподачи гидромелиоративных систем[Текст] / В.В. Круглова, О.В. Атаманова, В.А. Юдаков // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2012. Т. 12. – № 6.– С.9-12.
4. Круглова В.В. Классификация и анализ отказов автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах оросительных систем[Текст] / В.В. Круглова //Вестник КРСУ. – Бишкек, 2012. Т. 12 – № 6.– С.33-35.
5. Круглова В.В. Основные показатели надежности автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах оросительных систем[Текст]/ В.В. Круглова//Современные техника и технологии в научных исследованиях: сб. материалов 4-й конференции молодых ученых и студентов.– Бишкек, 2012. – С.141-144.
6. Круглова В.В. Гидравлические исследования действующей модели стабилизатора расхода воды с коническим козырьком[Текст]/ В.В. Круглова, О.В.Атаманова//Практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр.– Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. Вып. 5. – С.57-63.
7. Круглова В.В. Гидравлический стабилизатор расхода воды с коническим козырьком[Текст]/ В.В. Круглова, О.В.Атаманова//Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр.– Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. Вып. 5. – С.53-56.
8. Круглова В.В. Исследование эксплуатационных показателей надежности автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах оросительных систем[Текст]/ В.В. Круглова //Устойчивость, безопасность и энергосбережение в современных архитектурных, конструктивных, технологических решениях и инженерных системах зданий и сооружений: матер. конф. – Москва: МГСУ, 2012. – С.168-175.
9. Круглова В.В. Оптимизация параметров гидравлического стабилизатора расхода воды с коническим козырьком[Текст]/ В.В. Круглова,

О.В.Атаманова// Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2012. –№3 (37). – С.279-285.

10. Матвиец В.В. Теоретические исследования гидравлического стабилизатора расхода воды с коническим козырьком [Текст]/ В.В. Матвиец, О.В.Атаманова //Вестник ТарГУ им. М.Х. Дулати«Природопользование и проблемы антропосферы».– Тараз, 2012. –№4. – С.151-161.

11. Матвиец В.В. Улучшение технологических параметров гидравлических стабилизаторов расхода воды [Текст]/ В.В. Матвиец, О.В.Атаманова // ВестникТарГУ им. М.Х. Дулати«Природопользование и проблемы антропосферы».– Тараз, 2012. – №4. –С.162-168.

12. Круглова В.В. Исследование коэффициента расхода стабилизатора расхода воды с коническим козырьком [Текст]/ В.В. Круглова //Кишоварз. – Душанбе, 2013.– № 1. – С.84-86.

13. Матвиец В.В. Анализ надежности сифонных регуляторов расхода воды на оросительных каналах Кыргызской Республики [Текст]/ В.В. Матвиец, О.В.Атаманова // Основы рационального природопользования: сб. науч. тр. – Саратов, 2013. – С.391-396.

14. Круглова В.В. Теоретическое обоснование конструктивных параметров усовершенствованного гидравлического стабилизатора расхода воды [Текст]/ О.В.Атаманова, В.В. Круглова//Гидротехническое строительство. – Москва, 2013. – №6. – С.45-53.

15. Патент № 1551 КР МКИ Е02В 13/02. Стабилизатор расхода воды/О.В.Атаманова, В.В.Круглова. Оpubл. в БИ № 6, КР, 2013. – 5 с.: ил.

КЫСКАЧА МАЗМУНУ

05.23.07 –«Гидротехникалык курулуш» кесип боюнча техникалык илимдеринин кандидаты деген илимий даражасына ээ болуу үчүн Матвиец Валентина Васильевнанын «Сугат системасындагы бөлүштүрүү каналдардагы автоматташтырылган суу чыгаруучу курулмалардын ишенимдүүлүгүн жогорулатуу» аттуу диссертациясы сунушталган.

Ачкыч сөздөр: автоматташтырылган суу чыгаруучу курулма, ишенимдүүлүк, иштебей калыш, иштебей калыштын дарагы, суу чыгымынын стабилизатору, суу чыгымын автожөндөөчү, конус түрүндөгү калканчы.

Изилдөөлөрдүн объектиси сугат системасындагы бөлүштүрүү каналдардагы автоматташтырылган суу чыгаруучу курулмалары.

Иштин максаты: сугат системасындагы каналдардагы автоматташтырылган суу чыгаруучу курулмалардын ишенимдүүлүгүн жогорулатуу.

Изилдоо ыкмалары стандарттык жана атайын иштелип чыккан эрежелерди колдонуп теориялык, эксперименталдык, моделдик жана натуралык изилдөөлөрдү камтыйт.

Ишенимдүүлүктү жогорулатуу жолдорун аныктаганга автоматташтырылган суу чыгаруучу курулмалары натуралык изилдөөлөр жүргүзүлгөн. Ишенимдүүлүктүн негизги эсептөө ыкмасы болуп иштебей калыштын дарагы колдонгон.

Ишенимдүүлүктү жогорулатуу жолдорун аныктоо үчүн автоматташтырылган суу чыгаруучу курулмалардын ишенимдүүлүгү анализделип жана натуралык изилдөөлөрү жүргүзүлдү.

Ишенимдүүлүктү жогорулатуу каражаты катары жаңы конструкция иштелип чыкты - конус түрүндөгү калканчысы бар суу чыгымынын стабилизатору. Иштелип чыккан эрежени колдонуп, заманбап тастыкталган өлчөөчү аппараттар менен жаңы конструкциянын теориялык жана гидравликалык изилдөөлөрү жүргүзүлдү. Изилдөөлөрдүн негизинде сунушталган стабилизатордун конструктивдик жана гидравликалык параметрлери аныкталды, ошондой эле жакшыртылган суу чыгаруучу курулманын эсептөө жана добоорлоо ыкмалары берилди.

РЕЗЮМЕ

диссертации Матвиец Валентины Васильевны на тему: «Повышение надежности автоматизированных водовыпускных сооружений на распределительных каналах оросительных систем» на соискание на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.23.07 – гидротехническое строительство.**

Ключевые слова: автоматизированное водовыпускное сооружение, надежность, отказ, дерево отказов, стабилизатор расхода воды, авторегулятор расхода воды, конический козырек.

Объектом исследования являются автоматизированные водовыпускные сооружения на распределительных каналах оросительных систем.

Цель работы заключается в повышении надежности автоматизированных водовыпускных сооружений на каналах оросительных систем.

Методы исследования включают теоретические, экспериментальные модельные и натурные исследования с применением стандартных и специально разработанных методик.

Для определения путей повышения надежности были проведены натурные исследования и анализ надежности существующих автоматизированных водовыпускных сооружений. В качестве основного метода расчета надежности был использован метод деревьев отказов.

В качестве средстваповышения надежности разработана новая конструкция – стабилизатор расхода воды с коническим козырьком. Проведены теоретические и экспериментальные исследования новой конструкции с применением современной аттестованной измерительной аппаратуры по разработанной методике. В результате исследований определены конструктивные и гидравлические параметры предложенного стабилизатора и разработаны рекомендации по расчету и проектированию усовершенствованного водовыпускного сооружения.

SUMMARY

Valentina Matviets dissertation on the theme: «Enhancing the reliability of the automated water outlet constructions on distribution channels of irrigation systems» on competition for the scientific degree of candidate of technical sciences, specialty **05.23.07–waterengineering**.

Keywords: automated water outlet constructions, reliability, failure, fault tree, water flow regulator, flow avtoregulator Tapered visor.

Object of research are automated water outlet constructions in distribution channels of irrigation systems.

Objective is to improve the reliability of the automated water outlet constructions on the canals of irrigation systems.

Research methods include theoretical, experimental modeling and field studies using standard and specially developed techniques.

To identify ways to improve the reliability of field studies have been conducted and reliability analysis of existing automated water outlet constructions. As the main method of calculating the reliability method was used fault trees.

As a means to improve the reliability of developed new improved design - flow regulator with a conical cap. Theoretical and experimental study of a new design with the use of modern instrumentation certified by the developed technique. The studies identified structural and hydraulic parameters of the new stabilizer and the recommendations on the calculation and design of improved water outlet structure.

Подписано в печать _____. Формат 60x84¹/₁₆

Офсетная печать. Объем 1,0 п.л.

Тираж 100 экз. Заказ _____.

Отпечатано в типографии КРСУ
720048, Бишкек, ул. Горького, 2