

2000 - 113

**КЫРГЫЗСКАЯ АГРАРНАЯ АКАДЕМИЯ**

**Специализированный совет Д 06.99.92**

На правах рукописи

**АДЖЫГУЛОВА Гульмира Сагыналиевна**

УДК 626.824

**ПОВОРОТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ  
НА КАНАЛАХ-БЫСТРОТОКАХ  
СО СВЕРХБУРНЫМ РЕЖИМОМ  
ТЕЧЕНИЯ ПОТОКА**

**Специальность 06. 01.02 — Сельскохозяйственная  
мелиорация**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**БИШКЕК 2000**

# КЫРГЫЗСКАЯ АГРАРНАЯ АКАДЕМИЯ

Специализированный совет Д 06.99.92

На правах рукописи

**АДЖЫГУЛОВА Гульмира Сагыналиевна**

УДК 626.824

## ПОВОРОТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА КАНАЛАХ-БЫСТРОТОКАХ СО СВЕРХБУРНЫМ РЕЖИМОМ ТЕЧЕНИЯ ПОТОКА

Специальность 06.01.02-Сельскохозяйственная мелiorация

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Бишкек 2000**

Работа выполнена в Кыргызской аграрной академии

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Лавров Николай Петрович;

Официальные оппоненты: доктор технических наук  
Соболин Георгий Васильевич;

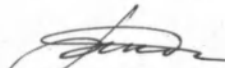
кандидат технических наук  
Бейшекеев Кыдыкбек Каниметович

Ведущая организация: Кыргызский научно-исследовательский  
институт ирригации .

Защита состоится 7 июля 2000г. в 10-00 часов на заседании  
Специализированного совета Д.06.99.92 при Кыргызской аграрной академии по  
адресу: 720005, ул.Медерова, 68.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной библиотеке  
Кыргызской аграрной академии.

Автореферат разослан « 26 » мая 2000 года

Ученый секретарь  
Специализированного совета  
кандидат технических наук, доцент  Р.С.Бекбоева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В условиях возрастающего дефицита воды и введения платного водопользования важнейшей задачей является повышение коэффициента полезного действия оросительных систем за счет сокращения непроизводительных расходов. Этого можно достигнуть осуществлением комплекса мероприятий, важнейшим из которых является строительство каналов с искусственной одеждой, а также модернизацией системы водоучета и техническим совершенствованием гидротехнических сооружений.

В районах коренного орошения СНГ (республики Средней Азии, Кавказа, Казахстана) системы предгорного типа являются преобладающими, так как на их долю приходится более 60% орошаемых земель.

Отличительной особенностью этих систем является прежде всего сложность рельефа, большие уклоны местности. Трассы магистральных и межхозяйственных каналов имеют большую протяженность (до 10 км и более), прокладываются по сильно пересеченной местности, нередко в труднодоступных местах, а их ложе из-за высокой фильтрации выполняется в бетонной и железобетонной облицовке, чаще всего с использованием сборного железобетона.

Сооружение каналов с большими уклонами позволяет повысить пропускную способность, обеспечить командование уровнями воды, снизить объемы земляных и железобетонных работ, а значит и стоимость строительства.

Движение воды в длинных быстротечных каналах (каналах-быстротоках) характеризуется высокой кинетичностью, а сочетание значительных уклонов дна (более 0,02) с наиболее распространенной прямоугольной и трапецеидальной формой поперечного сечения вызывает потерю устойчивости течения на водоскате и образование катящихся волн, т.е. появление сверхбурного течения.

Одним из распространенных типов сооружений для управления высокоскоростными потоками являются поворотные участки быстротоков, в т.ч. повороты с резким (до 90°) углом излома трассы.

Осуществление поворота сверхбурного потока простыми конструкциями ломаной и круговой формы, как показывают натурные и лабораторные наблюдения, усугубляет волнообразование на этих переходах. Мощные косые прыжки и стоячие волны, возникающие на таких участках в условиях стационарного бурного течения, при наложении на них катящихся волн дают еще более резкое повышение глубины, в особенности в местах их отражения от твердых границ, приводящее к переполнению канала.

Поэтому решение проблемы резкого поворота каналов-быстротоков с уклоном дна больше второго критического представляется достаточно актуальной задачей.

**Цель работы** заключается в совершенствовании и создании новых конструкций поворотных сооружений для крутых поворотов каналов со

сверхбурным режимом течения, изучении режима их функционирования с разработкой методов их гидравлического расчета, рекомендаций по проектированию, строительству и эксплуатации.

#### Задачи исследований:

- изучение современного состояния вопроса, экспериментальное обследование и проведение критического анализа существующих поворотных сооружений в условиях сверхбурных и бурных потоков;
- разработка технических условий и требований к поворотным сооружениям, а также определение путей их дальнейшего совершенствования;
- установление глубин воды в пределах влияния сооружений и характера трансформации катящихся волн;
- исследование кинематической структуры потока и описание переформирования потока в отводящем канале;
- изучение коэффициента расхода для разработанных конструкций;
- исследование эффективности поворотного сооружения в условиях двойного (сверхбурный-бурный) режима течения;
- выбор объекта внедрения, проектирование поворотного сооружения для канала с высокоскоростным волновым течением;
- расчет экономического эффекта.

#### Основные положения, выдвигаемые защиту:

- новая конструкция ломаного в плане поворотного сооружения для резкого поворота потока в каналах со сверхбурным и бурным режимом течения;
- результаты экспериментальных исследований, на основе которых разработана методика гидравлического расчета;
- рекомендации по расчету, проектированию и эксплуатации предложенного к использованию поворотного сооружения.

Научная новизна. На основании обзора и анализа существующих поворотных сооружений, их конструктивных особенностей доказана необходимость совершенствования ломаных в плане поворотных сооружений для быстротечных каналов со сверхбурным и бурным течением, сформулированы основные технологические требования к поворотным сооружениям.

Выполнено технологическое обоснование необходимости применения поворотных сооружений с резким поворотом потока в плане.

Разработана новая конструкция поворотного сооружения для каналов с высокоскоростным волновым течением, установлены и описаны гидравлические явления, возникающие на поворотном сооружении, исследованы волновые и кинематические характеристики потока на поворотном участке.

Экспериментально и теоретически обоснованы форма и параметры элементов конструкций поворотного сооружения, обеспечивающих требуемую пропускную способность.

Разработана методика гидравлического расчета поворотных сооружений и рекомендации по их проектированию и эксплуатации.

Значение для науки и практики. Предлагаемая конструкция поворотного сооружения доведена до конкретного инженерного решения и позволяет осуществить поворот сверхбурного потока без образования нежелательных гидравлических явлений (выплесков воды за борт сооружения, сбойного течения в отводящем канале), обеспечивает пропуск расчетных расходов и гарантирует надежную работу каналов в местах поворота.

Применение разработанной конструкции позволяет уменьшить объемы железобетона на наращивание боковой стенки отводящего канала за счет ликвидации сбойного течения за поворотом, которое распространяется на значительное расстояние вниз по течению канала.

Реализация результатов работы. Результаты разработок и исследований внедрены в проект реконструкции поворотного сооружения на ПК 2+70 канала-быстротока "Даирбек" Кантского района Чуйской области Кыргызской Республики. Расчетный экономический эффект от строительства поворотного сооружения составил 6.6 тыс. сом / год.

Департаментом водного хозяйства МСЯВХ Кыргызской Республики издан руководящий документ по расчету, проектированию и эксплуатации гидротехнических сооружений для управления сверхбурными потоками на ирригационных каналах-быстротоках (часть 2 - Расчет и проектирование поворотных и переходных участков каналов-быстротоков со сверхбурным течением), куда вошли рекомендации по расчету и проектированию разработанной конструкции поворотного сооружения.

Апробация работы и публикации. Материалы, отражающие основное содержание работы, докладывались на научно-технических конференциях Кыргызской Аграрной Академии в 1997-99 гг., на национальном семинаре по борьбе с опустыниванием земель в Кыргызстане (КНИИИР-1997), на международной научно-теоретической конференции, посвященной 5-летию образования КРСУ (Бишкек - 1998, 1999), на республиканской научно-технической конференции в КазНИИВХ (Тараз - 1998), на заседаниях кафедры гидравлики и гидротехнического строительства Кыргызской Аграрной Академии.

По теме опубликовано 9 научных работ, из них 1 предпатент на изобретение.

Структура и объем диссертации Диссертационная работа изложена на 115 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав и основных выводов, иллюстрируется 29 рисунками, содержит 6 таблиц и 5 приложений. Библиография включает 82 литературных источников.



## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности вопросов изучаемой темы, сформулирована цель работы. Показаны научная новизна и практическое приложение выполненной работы.

Первая глава диссертации посвящена характеристике и особенностям ирригационных каналов-быстротоков горно - предгорной зоны Кыргызстана, а также анализу существующих конструкций поворотных сооружений, применяемых на этих каналах. Отличительной особенностью оросительных систем предгорного типа является сложность рельефа местности, большие уклоны.

В таких условиях проводится строительство и использование длинных, до нескольких километров, каналов-быстротоков, характеризующихся бурным, а чаще сверхбурным течением. Их эксплуатация требует знания и применения способов и средств управления высокоскоростными потоками.

Необходимыми условиями образования сверхбурного режима течения является наличие значительного уклона дна, превышающего величину второго критического ( $i''_{кр} \approx 4 i_{кр}$ ), сравнительно невысокая шероховатость облицовки, малое наполнение при значительной длине водотока, прямоугольная, трапециевидная и другая простая геометрическая форма поперечного сечения.

Скорость течения потока в этих водотоках достигает 10-12 м/с при параметре кинетичности  $Fr_0 \leq 25$ . В этих условиях, даже минимальной длины быстротока (а она составляет 80м) при малых расходах достаточно для потери устойчивости бурного потока и зарождения волн. Из-за неучета волнового характера потока многие быстротоки не пропускают расчетного расхода.

На каналах-быстротоках оросительных систем устраиваются повороты трассы при изменении направления движения воды, в местах водозабора до 50% и более расчетного расхода, за водозаборными сооружениями на каналах низшего порядка. Плавные повороты из монолитного бетона и железобетона проектируются иногда перед входом в дюкеры и акведуки, перед водомерными постами.

К особенностям ирригационных каналов относится то, что трассирование каналов производится:

а) по границам полей севооборотов, в результате чего, во избежание нарушения формы орошаемых площадей осуществляют поворот каналов с бурным и сверхбурным режимом течения на углы до  $90^\circ$ ;

б) по косогорам, вписываясь в рельеф местности, что также указывает на необходимость строительства поворотных сооружений с углами поворотов до  $90^\circ$ .

На основании анализа разработок и исследований Артамонова К.Ф., Ананяна А.К., Дементьева О.А., Жуковского Н.Е., Кожевникова М.П., Леви И.И., Макковеева В.М., Оганесяна Л.А., Розовского И.Л., Слисского С.М., Высоцкого Л.И., Талмазы В.Ф., Вагапова Р.И., Бочкарева Я.В., Сатаркулова С.С., Бейшекеева К.К., Лаврова Н.П. и других авторов выявлены основные

достоинства и недостатки существующих на сегодня поворотных сооружений. Анализ научно-технической литературы и проектных решений показывает, что существующие поворотные сооружения, предназначенные для резкого поворота бурных потоков, не апробированы в условиях сверхбурного течения. В этих конструкциях не учтена возможность образования нестационарного гидравлического прыжка.

Известные конструкции поворотных сооружений, предложенные Н.П.Лавровым для сверхбурных потоков, позволяют изменить направление потока только до  $60^\circ$  и требуют выполнения плавного поворота.

Между тем, как отмечалось выше, зачастую существует необходимость в выполнении более крутых ломаных поворотов. А такие конструкции, предназначенные для поворота высокоскоростных потоков, на угол близкий или равный  $90^\circ$ , нуждаются в доработке и в детальных исследованиях.

В заключении главы сформулированы основные цели задачи разработок и исследований.

Во второй главе диссертации приведено описание методики и аппаратуры для проведения экспериментальных исследований сверхбурных потоков. На основе особенности сверхбурного потока, исходя из цели и задач работы, были определены требования к измерительной аппаратуре.

Основные лабораторные эксперименты по испытанию поворотного сооружения для условий сверхбурного режима течения проведены на волновой установке Кыргызской Аграрной Академии, представляющей из себя длинный транзитный (волновой) лоток быстротока. В конечной части волнового лотка устанавливаются модель поворотного сооружения и канал малого уклона на жесткой сварной ферме, имеющей шарнирную ось для изменения уклона дна лотка. Кроме того, для изучения работы поворотного сооружения в условиях бурного (безволнового) потока использовался прямоугольный лоток с переменным уклоном  $i \leq 0,04$  в гидравлической лаборатории ФГМиЗУ КАА.

Для измерения расхода в начале и в конце лотка-быстротока с контролем используется мерный водослив Томсона с углом выреза  $90^\circ$ , который был протарирован объемным способом. Для определения волновых глубин  $h_{max}$  и  $h_{min}$  использовался известный метод Р. Брока.

Для установления величин и характера изменения волновых параметров нами использованы усовершенствованные схемы лабораторных исследований, описанные А.О.Гамбаряном, как наиболее простые и достаточно проверенные. При этом для регистрации во времени характеристик перманентных волн применялся емкостной волнограф, способный фиксировать уровни высокоскоростного потока в нескольких створах с последующей аналоговой записью на самописец.

Емкостные датчики устанавливаются по оси потока и у боковых стенок в одном-двух створах перед исследуемыми моделями сооружений и в нескольких створах за моделями и сигнализируют посредством изменения напряжения о глубине погружения при прохождении по данному створу "поезда" волн.

Одновременно с записью цепи волн, на осциллограмму наносится шкала времени, используя которую определяют период и скорость распространения волн, а с их помощью - длину волн. Эти параметры определяются по осциллограмме следующим образом:

Скорость распространения волны определяется по времени  $t$  - пробега от одного электродного датчика к другому и расстоянию между этими створами  $l$ :

$$C=l/t \quad (1)$$

Длина волны определяется по формуле:

$$\lambda = \tau_k C = l \tau_k / t_k \quad (2)$$

Здесь  $\tau_k$  - период  $k$ -й волны,  $t_k$  - время распространения  $k$ -й волны.

Для измерения скоростей сверхбурного и трансформированного поворотным сооружением потока применялись гидрометрические вертушки. В модельных исследованиях это микровертушка ГМЦМ - "Микро-1" с цифровой индикацией уровня и с различными диапазонами осреднения местных скоростей.

В заключении второй главы определены погрешности измерений гидравлических величин в опытах.

Третья глава посвящена технологическому обоснованию и экспериментальным исследованиям поворотных сооружений для каналов с высокоскоростным волновым течением.

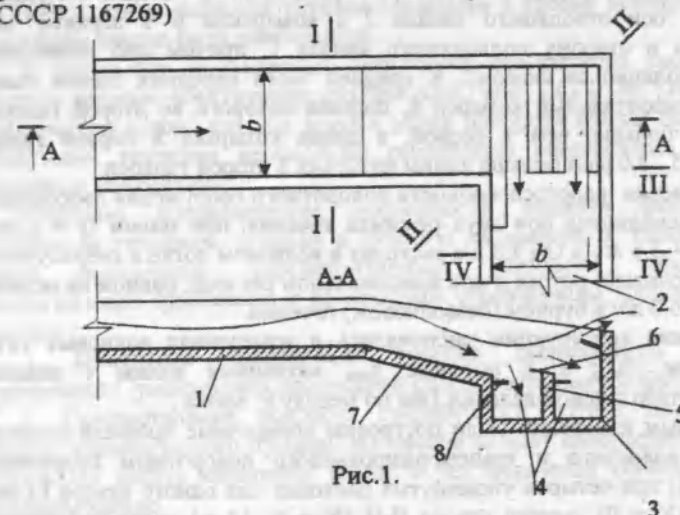
Технологическое обоснование применения поворотных сооружений с резким поворотом потока в плане дано на примере канала-быстротока "Даирбек", расположенного в Иссык-Атинском районе Чуйской области. Выполнен гидравлический расчет быстротока на равномерный режим течения и прогноз устойчивости бурного потока, определены параметры катящихся волн. Из расчета нестационарного косо прыжка на простом повороте следует, что максимальная глубина в вершине первой косо прыжка при прохождении через неё гребня катящейся волны значительно превышает строительную высоту канала-быстротока на поворотном участке. Поэтому возникает необходимость предусмотреть средство для предупреждения переливов воды.

Определено общее водопотребление подвешенных под каналом полевных культур и водообеспеченность оросительной системы. Доказано, что повышение пропускной способности канала за счет строительства поворотного сооружения позволит увеличить площадь орошаемых земель не менее, чем 1.28 тыс.га.

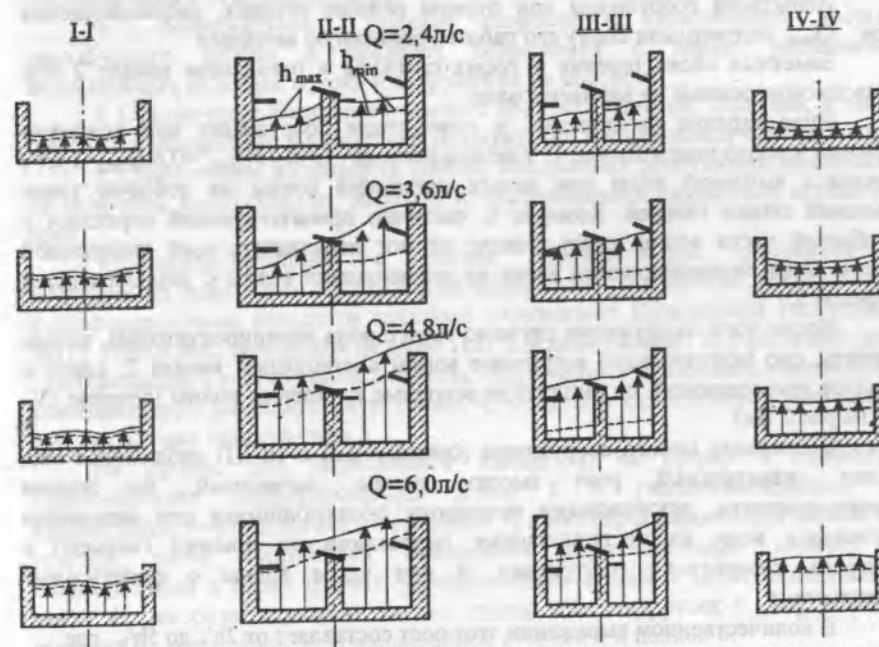
Для экспериментальной проверки существующих типов крутых поворотных сооружений в условиях нестационарного высокоскоростного потока, как наиболее близкое по технической сущности, было выбрано поворотное сооружение для каналов с бурным режимом течения конструкции С.С. Сатаркулова и К.К. Бейшекеева ( А.С. СССР 1167269) (рис. 1), рекомендуемое авторами для больших уклонов дна быстротока.

Поворотное сооружение содержит (рис.1) размещенную между подводящим 1 и отводящим 2 каналами камеру 3, дно которой расположено

Поворотное сооружение для открытых каналов конструкции ВНИИКАМС (А.с. СССР 1167269)



Профили свободной поверхности потока на поворотном сооружении ВНИИКАМС



ниже дна подводящего канала 1, камера 3 разделена на галереи 4 стенкой 5, параллельной оси отводящего канала 2 с козырьком 6 в верхней части, направленным в сторону подводящего канала 1, причем дно подводящего канала 1 выполнено со скосом 7. К средней части передних стенок галерей закреплен горизонтальный козырек 8, ширина которого во второй галерее в 1,5...2,0 раза больше, чем в первой, а длина козырька 8 первой галереи, наоборот, в 1,5...2,0 раза больше длины козырька 8 второй галереи.

Для проверки работоспособности поворотного сооружения лабораторные испытания проводились при двух режимах течения: при малом  $Q = 2,4 \text{ л/с}$  и средних  $Q = 3,6 \text{ л/с}$  и  $Q = 4,8 \text{ л/с}$  расходах в волновом лотке в сверхбурном (с катящимися волнами) потоке и при максимальном расходе, равном на модели

$$Q_{\max} = 6,0 \text{ л/с в бурном (безволновом) течении.}$$

Испытания конструкции заключались в измерениях волновых глубин потока в гребне  $h_{\max}$  и в подошве  $h_{\min}$  катящейся волны с помощью шлицценмасштаба с ценой деления 1 мм по методу Р. Брока.

По данным измерений были построены поперечные профили свободной поверхности волнового и трансформированного поворотным сооружением потока (рис. 2) при четырех упомянутых расходах для одного створа I-I перед устройством ( $X = 0$ ), одного створа II-II ( $X = 0, 14 \text{ м}$ ) непосредственно на повороте и двух створах III-III ( $X = 0,23 \text{ м}$ ) и IV-IV ( $X = 0,85 \text{ м}$ ) на некотором удалении от поворота в отводящем канале.

Испытания сооружения при бурном режиме течения, наблюдающемся при  $Q_{\max}$ , подтвердили схему его работы, описанную авторами.

Заметных сбоев течения и косых прыжков в отводящем канале 2 при безволновом режиме не зафиксировано.

Иная картина наблюдалась в поворотном сооружении при волновом течении в подводящем канале 1. Уже при расходе  $Q = 0,75 Q_{\max} = 0,6 Q_{\max} = 3,6 \text{ л/с}$  начались выплески воды при накате катящейся волны на лобовую грань внешней стенки галереи. Козырек 6, частично препятствующий перехлесту у гребневой части волны через стенку, не мог перехватить всей импульсной массы воды, поднимающейся вверх от столкновения волны с разделительной стенкой 5.

Кроме того, сооружение служило своего рода волнопродуктором, точнее сказать, оно модулировало вторичные волны в отводящем канале 2, вдвое и больше превышающие по амплитуде исходные катящиеся волны (сечение IV-IV на рис. 2 а-в).

В пределах самого сооружения (сечения II-II и III-III) наблюдался еще более значительный рост высоты волны, вызванный, по нашим предположениям, резонансными явлениями, образующимися при наложении катящихся волн на нестационарные гидравлические прыжки (вальсы) в галереях поворотного сооружения, и при ударе волны о фронтальные препятствия.

В количественном выражении этот рост составляет от  $2h'_b$  до  $5h'_b$ , где  $h'_b$  - высота катящейся волны на подходе к повороту. Наибольшие

выплески уровня происходили при расходе максимального волнообразования  $Q_{\max} = 4,8 \text{ л/с}$ , когда волновая глубина (ордината в гребне катящейся волны) в подводящем канале была наибольшей.

В результате проведенных испытаний поворотного сооружения для открытых каналов конструкции ВНИИКАМС (а.с. СССР № 1167269) можно сделать вывод о том, что для крутых углов поворота трассы быстротоков со сверхбурным течением необходимо разработать специальные конструкции поворотных сооружений.

Учитывая специфические особенности каналов быстротоков со сверхбурным течением, условия и режимы их работы и, главным образом, целевое назначение рассматриваемых устройств, сформулированы технологические требования к поворотным сооружениям. Основными из них являются:

1. Изменение направления течения сверхбурного потока без существенного уменьшения пропускной способности быстротока.

2. Осуществление поворота сверхбурного потока без образования прямого гидравлического прыжка, выплесков за борт поворотного сооружения в результате наката катящейся волны и без появления сбойного течения в отводящем канале.

3. Гашение волновых колебаний, возникающих при наложении катящихся волн на водоворотную область потока на поворотном участке и проникающих в отводящий канал.

4. Минимальное гашение скорости и кинетической энергии сверхбурного потока в пределах сооружения с целью уменьшения вертикальных размеров потока и сооружения на повороте.

5. Обеспечение беспрепятственного пропуска наносов, плавника, а также простота в исполнении и удобство в эксплуатации предлагаемой конструкции.

6. Обеспечение надежности работы поворотных сооружений независимо от величины пропускаемых расходов и изменяющихся параметров катящихся волн.

Усовершенствованное с учетом перечисленных требований и проведенных поисковых исследований поворотное сооружение для каналов с высокоскоростным волновым течением (предпатент Кыргызской Республики №171 1997, Б.И.С. №4 на имя Лаврова Н.П. и Аджыгуловой Г.С.) включает (рис. 3) подводящий 1 и отводящий 2 каналы, сопряженные наклонным участком 3 и криволинейную разделительную стенку 4, в верхней части которой выполнены прямоугольные прорези-окна 5.

На уровне дна подводящего канала 1 на стенку 4 опирается горизонтальная перфорированная полка 6 с увеличивающимися по направлению течения потока отверстиями 7, а над перфорированной полкой 6 в угловой части сооружения прикреплен горизонтальный козырек 8 полигональной в плане формы. Криволинейная стенка 4 делит отводящий 2 канал на поворотном участке на два отсека - внешний отсек 9 внутреннюю галерею 10, образованную криволинейной стенкой 4 и полкой 6.



Поворотное сооружение для каналов с высокоскоростным волновым течением конструкции Кыргызской аграрной академии

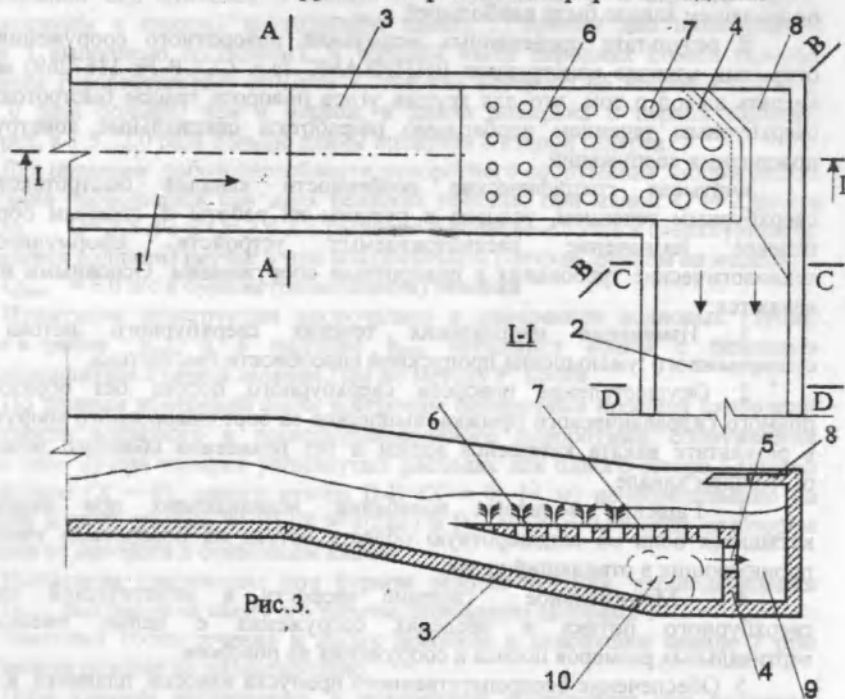


Рис. 3.

Профили свободной поверхности потока на поворотном сооружении.

$$0,5Q_{\max}^6 = 2,4 \text{ л/с}$$

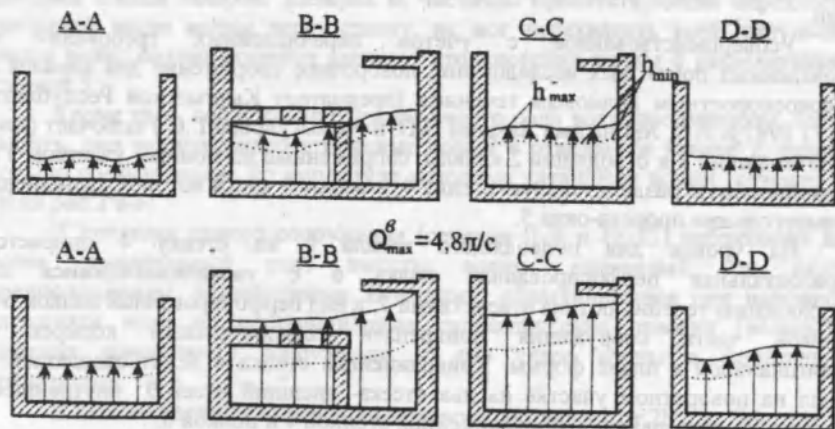


Рис. 4.

Поворотное сооружение работает следующим образом. Высокоскоростной волновой (сверхбурный) поток, поступающий из подводящего канала 1, делится горизонтальной полкой 6 на две части-верхнюю, гребневую часть и нижнюю, придонную часть. Гребневая часть потока, попадая на перфорированную полку 6 с увеличивающимися отверстиями 7, частично истекает через эти отверстия во внутреннюю галерею 10 отводящего канала 2, расположенную под полкой 6, и частично поступает во внешний отсек 9 отводящего канала 2. Благодаря увеличивающимся по течению размерам отверстий 7 происходит равномерное по длине поступление расхода в галерею 10, так как глубина в гребне катящихся волн по мере движения волны по перфорированной полке 6 убывает, а площадь отверстий 7 возрастает. Оставшаяся гребневая часть потока сливается с полки 6 во внешний отсек 9, по которому продвигается в отводящий канал 2, при этом в случае столкновения стекающей с полки 6 струи с внешней стенкой отводящего канала 2, горизонтальный козырек 8, расположенный над внешним отсеком 9, предохраняет от перелива воды через борт сооружения, и тем самым, увеличивает пропускную способность сооружения. Наличие прорезей-окон 5 в верхней части криволинейной разделительной стенки позволяет перераспределять расход между галереей 10 и внешним отсеком 9, выравнивая в них величину удельного расхода. Этим достигается симметричность истечения на выходе из поворотного сооружения (профили поперечного сечения на рис.4) в отводящий канал 2, что особенно важно при пропуске малых и средних расходов, когда катящаяся волна полностью попадает через отверстие 7 в галерею 10, не достигая отсека 9.

В процессе экспериментальных исследований, когда первоначально высота галереи 10 была равной глубине в гребне катящейся волны, при расходе максимального волнообразования образовались фонтаны из струй, вытекающих вертикально вверх из галереи 10 через отверстия 7. Это происходило в момент прохождения фронта катящейся волны под плитой 6. Соударение струй на модели, достигающих по высоте 13 см и более, с подходящей по верху плиты 6 следующей волной способствует гашению катящихся волн. А поскольку процесс фонтанирования продолжительнее, чем время прохождения верхней отсеченной части волны, то происходит уплаживание свободной поверхности потока. Явление это можно было бы считать положительным, если бы не два обстоятельства.

Первое. Давление проникающей под плиту жидкости при низком положении плиты слишком велико и приводит к переливу фонтанирующей воды через борта сооружения.

Второе. Взаимодействие двух соударяющихся частей потока на плите 6 сопровождается заметным гашением кинетической энергии и приводит к снижению скорости и повышению глубины в отводящем канале, что было бы желательно иметь на конечном участке канала, но не на транзитном. В связи с этим в последующих опытах отметка дна галереи 10 и внешнего отсека 9 были понижены, и таким образом, в 1,4 раза была увеличена глубина галереи. Для



этой компоновки сооружения и даны примеры профилей свободной поверхности в 4-х створках поворотного участка, в частности, при расходе  $0,5Q_{\max}^b = 2,4 \text{ л/с}$  и  $Q_{\max}^b = 4,8 \text{ л/с}$  (рис. 4).

Из профилей видно, что при расходе  $Q_{\max}^b$  сооружение работает на пределе пропускной способности, но переливов через борт, в отличие от испытанного ранее поворотного сооружения конструкции ВНИИКАМС, не наблюдается. Зато такие переливы через вогнутый борт наблюдались при пропуске максимального расчетного (безволнового) расхода  $Q_{\max} = 6,0 \text{ л/с}$ .

Поэтому возникла необходимость поднять уровень козырька над перфорированной плитой.

Трансформацию катящихся волн в зоне действия исследуемого типа поворотного устройства (конструкции КАА) можно проследить по составленным графикам изменения относительной глубины в гребне  $h_{\max} / h_{кр}$  и относительного размаха волновых колебаний или коэффициента трансформации волны  $2a / h_b$  в функции безразмерного расстояния от начала сооружений  $x/b$  (рис. 5а).

Здесь  $h_{\max}$  - наибольшая глубина в гребне трансформированной сооружением волны, измеренная у вогнутой стенки;  $h_{кр}$  - критическая глубина;  $x$  - расстояние от начала быстротока до створов измерений;  $b$  - ширина подводящего и отводящего быстротока,  $h_b$  - высота катящейся волны в подводящем канале. Кривые №1,2,3,4 обозначают соответственно расходы  $0,5Q_{\max}^b = 2,4 \text{ л/с}$ ,  $0,75Q_{\max}^b = 3,6 \text{ л/с}$ ,  $Q_{\max}^b = 4,8 \text{ л/с}$ ,  $1,25Q_{\max}^b = 6 \text{ л/с}$ .

Эти графики получены на основе табулирования осциллограмм свободной поверхности, полученных в результате регистрации изменения уровня в различных створках поворота емкостным волнографом.

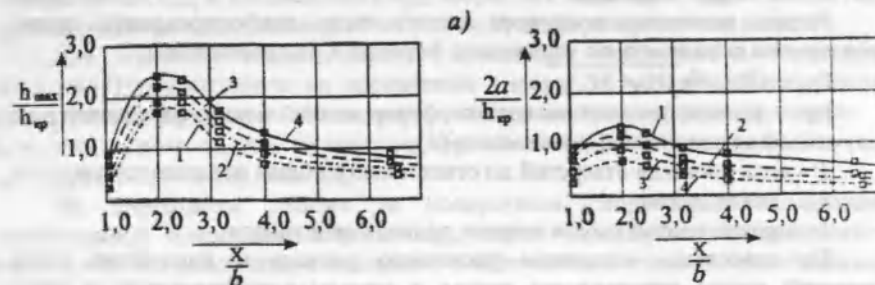
Графики показывают, что максимум глубины и размаха колебаний наблюдается у обоих типов сооружений в угловой части и сразу за ней (рис. 5а). Следует отметить, что при пропуске волновых расходов максимальные ординаты для конструкции ВНИИКАМС ( $h_{\max} / h_{\min} = 5,0 \dots 5,32$ ) в 1,5 раза превышают соответствующие ординаты ( $h_{\max} / h_{\min} = 3,2 \dots 4,0$ ) для конструкции КАА. При безволновом расходе в подводящем канале, наоборот, относительная глубина во 2-м поворотном сооружении, в 1,2 раза превышает глубину у внешнего борта 1-го сооружения.

Возвращаясь к изложенным выше технологическим требованиям к рассматриваемым типам сооружений, можно сделать вывод о том, что новое поворотное сооружение для каналов с высокоскоростным волновым течением им полностью удовлетворяет.

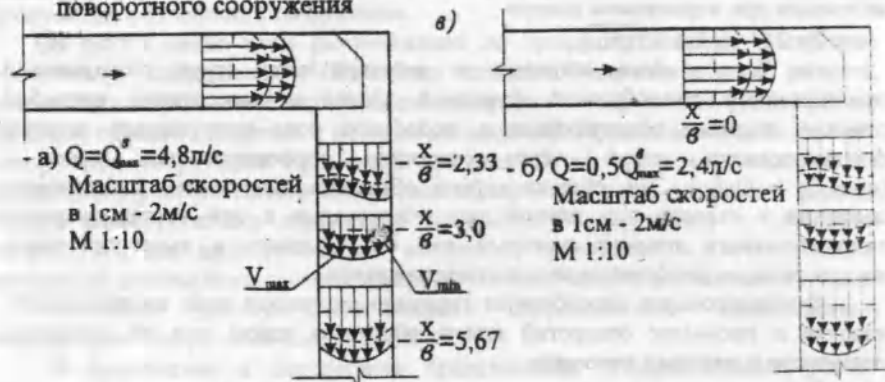
В четвертой главе дано гидравлическое обоснование рациональных размеров и компоновки элементов поворотного сооружения, описаны более детальные экспериментальные исследования данной конструкции. Вначале определено положение горизонтальной перфорированной полки б, отсекающей козырек которой рекомендуется размещать на расстоянии  $x_{н.}$ , равным длине отката верха подошвы катящейся волны:

$$x_{н.} = v_{\min} \sqrt{2h_{\min} / g} \quad (3)$$

Изменение максимальной глубины и размаха волновых колебаний в зоне действия усовершенствованного поворотного сооружения



Эпюры распределения придонных максимальных  $V$  и минимальных скоростей в верхнем и нижнем бьефе усовершенствованного поворотного сооружения



Изменение пульсационных характеристик за усовершенствованным поворотным сооружением

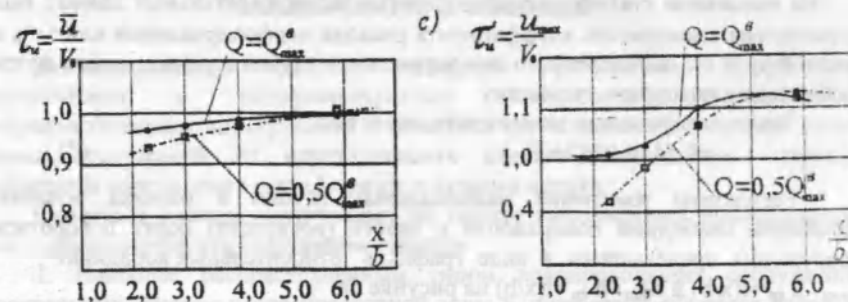


Рис. 5.

где  $v_{\min}$  - средняя скорость передвижения подошвы катящейся волны, при расчетном расходе  $Q_{\text{рас}} = (0,5 \dots 0,6) Q_{\text{max}}^b$ .

$$v'_{\min} = \sqrt{h_{\min}/h_{\max}} v_0. \quad (4)$$

Расход истечения волнового потока через перфорированную плиту предлагается определить по уточненной формуле К.И. Арсенишвили

$$Q_{\text{пл}} = \mu P b l_{\text{пл}} \sqrt{g} (H'_{\text{н}} + H'_{\text{д}}), \quad (5)$$

где  $\mu$  - коэффициент расхода перфорированной полки, определяется по полученной эмпирической зависимости (4),

$P$  - доля площади отверстий по отношению к общей площади плиты,

$l_{\text{пл}}$  - длина плиты,

$b$  - ширина плиты, равная ширине подводящего канала.

По известным величинам расчетного расхода и количества рядов отверстий плиты определяются расход в каждом ряду отверстий, а затем диаметры и количество отверстий в каждом ряду.

Время истечения отсеченной гребневой части струи через отверстия плиты при расчетном расходе можно приближенно определить по формуле истечения при переменном напоре:

$$T = 2W / (\mu \Sigma \omega \sqrt{2gH_1}), \quad (6)$$

где  $W$  - объем жидкости в гребневой части струи, описываемый приближенной пилообразной функцией. Далее в диссертации подробно описано впервые обнаруженное в подобного рода сооружениях явление фонтанирования струй через отверстия перфорированной полки (при  $Q_1 > Q_{\text{рас}}$ ). Это явление можно объяснить появлением избыточного давления в галерее под плитой при образовании в ней нестационарного гидравлического прыжка, который как бы «дышит» и вытесняет часть жидкости через перфорированные отверстия вверх.

Фонтанирование способствует гашению катящихся волн на поворотном участке и промывке отверстий плиты обратным током при их засорении плавником и мелкими наносами.

Экспериментальными исследованиями была проверена достоверность принятых зависимостей и допущений, а также правомерность методики определения действующего напора в начале плиты через глубины в гребне  $h'_{\text{max}}$  и подошве  $h'_{\text{min}}$  отсеченной струи.

На основании статистической обработки экспериментальных данных была установлена зависимость коэффициента расхода перфорированной плиты  $\mu$  от числа Фруда  $Fr_0$ , вычисленного для нормальной глубины равномерного потока на подходе к поворотному участку.

Такая эмпирическая зависимость имеет вид:

$$\mu = 0,54 + 0,65 / (1 + Fr_0). \quad (7)$$

Результаты измерения максимальных глубин и размаха волновых колебаний свободной поверхности у левого (вогнутого) борта поворотного сооружения представлены в виде графиков относительных координат

$$h_{\text{max}} / h_{\text{кр}} = f(x/b) \text{ и } h_{\text{min}} / h_{\text{кр}} = f(x/b) \text{ на рисунке 5а.} \quad (8)$$

Путем измерения придонных скоростей в одном створе перед сооружением и в трех створах нижнего бьефа были получены эпюры максимальных  $v_{\text{max}}$  и минимальных  $v_{\text{min}}$  скоростей, соответствующих моментам прохождения гребней и подошв катящихся и трансформированных волн.

Для изучения макропульсаций придонных скоростей и характера затухания турбулентности на переходном участке за усовершенствованным поворотным сооружением были вычислены пульсационные характеристики  $\tau_u = \bar{u}/v_0$  и  $\tau'_u = \bar{u}_{\text{max}}/v_0$ , по которым строились графики зависимостей  $\tau_u = f(x/b)$  и  $\tau'_u = f(x/b)$  (рис. 5с).

На переходном участке за поворотным сооружением изменение максимальной придонной скорости  $u_{\text{max}}$  носит характер слабовыраженных аperiodических колебаний, связанных с остаточными волновыми колебаниями свободной поверхности потока.

В целом анализ кинематики потока в зоне влияния поворотного сооружения дает основание сделать вывод о достаточно равномерном распределении скоростей и удельных расходов, что обеспечивает необходимую пропускную способность сооружения.

В пятой главе даны рекомендации по производственному внедрению поворотного сооружения. Изложены методика гидравлического расчета, основы проектирования и эксплуатации поворотного сооружения. Дано краткое описание объекта внедрения и натурных измерений. Предлагаемая конструкция поворотного сооружения применена при разработке проекта реконструкции поворотного участка канала-быстротока «Даирбек» Иссык-Атинского района. Расчет конструктивных параметров поворотного сооружения с детальной проработкой для данного объекта внедрения проводился в соответствии с методикой инженерного расчета поворотного сооружения предложенного типа.

Выполнен расчет экономической эффективности предложенной конструкции поворотного сооружения.

В приложении к диссертации представлены гидравлический расчет канала-быстротока «Даирбек» на волнообразование, определение общего водопотребления поливных культур, гидравлический расчет поворотного сооружения на ПК 2 + 70 канала «Даирбек».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Диссертационная работа содержит результаты разработок, теоретических и экспериментальных исследований, посвященных совершенствованию конструкций и методики расчетного обоснования поворотных сооружений на ирригационных каналах-быстротоках с резким изменением направления сверхбурного и бурного потока.

Основные выводы, полученные на основе выполненных исследований, можно сформулировать следующим образом:

1. Наиболее распространенным типом водопроводящих сооружений оросительных систем горно-предгорной зоны Кыргызстана являются каналы-

быстротоки с бурным и сверхбурным течением. Особенности этих быстроточных каналов являются высокие скорости течения (от 2 до 12 м/с) при относительно малых глубинах наполнения (от 0,2 м до 1,0 м). Движение воды характеризуется высокой кинетичностью ( $Fr < 25$ ), а сочетание значительных уклонов дна ( $i < 0,08$ ) с наиболее распространенной прямоугольной и трапецидальной формой поперечного сечения вызывает потерю устойчивости и образование катящихся волн. Двойной режим течения (сверхбурный-бурный) существенно осложняет задачу управления потоком, в том числе его поворот при изменении направления трассы при котором возникают нестационарные косые прыжки, переполнение каналов и их разрушение.

2. Проведенный обзор и анализ литературных источников позволил выявить, что ранее были предложены и исследованы конструкции поворотных сооружений криволинейного очертания на каналах-быстротоках со сверхбурным течением для углов поворота трассы, не превышающих  $60^\circ$ . Однако практика показывает, что трассирование межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов производится по границам полей севооборотов и во избежание нарушения их формы требуется осуществлять крутой поворот каналов на углы до  $90^\circ$ . Технология строительства каналов из Г-образных блоков также упрощается при выполнении поворота канала в плане не по радиусу закругления, а по ломаной линии.

3. Гидравлические испытания поворотного сооружения конструкции ВНИИКАМС, рекомендуемого авторами С.С. Сатаркуловым и К.К. Бейшекевым для уклонов дна быстротока до 0,03 и углов поворота трассы, равных  $90^\circ$ , показали что данное сооружение способно нормально функционировать только в условиях стационарного бурного потока. При сверхбурном потоке в подводящем канале его пропускная способность резко снижается в связи с образованием выплесков воды в момент поступления в поворотную галерею катящихся волн.

4. Учитывая особенности каналов-быстротоков с волновым течением, условия и режимы их работы и целевое назначение рассматриваемых устройств, сформулированы основные технологические требования к поворотным сооружениям.

На основе этих требований и с учетом результатов сопоставительных исследований разработана модернизированная конструкция поворотного сооружения для каналов с высокоскоростным волновым течением (предпатент Кыргызской Республики № 171, 1997 г., Бюл. № 4 на имя Лаврова Н.П. и Аджыгуловой Г.С.)

5. Выполнено технологическое обоснование применения поворотных сооружений в плане на каналах-быстротоках со сверхбурным и бурным течением. Произведен гидравлический расчет натурального канала-быстротока Даирбек на волнообразование, определено общее водопотребление подвешенных под ним поливных культур и водообеспеченность оросительной системы. Доказано, что повышение пропускной способности канала за счет строительства поворотного сооружения позволит увеличить площадь не менее,

чем на 1,28 тыс. га.

6. Экспериментальные исследования новой конструкции поворотного сооружения позволили обнаружить и описать возникающий в нем эффект фонтанирования нестационарного потока через отверстия перфорированной полки, способствующий волногашению. Дано математическое описание других гидравлических процессов трансформации сверхбурного и бурного потока на поворотном участке.

7. Дано гидравлическое обоснование рациональных размеров и компоновки элементов поворотного сооружения на основании теоретического анализа процессов происходящих по ходу продвижения нестационарного потока через поворотный участок сооружения. Получены основные теоретические и экспериментальные зависимости для гидравлического расчета поворотного сооружения.

8. Проведены экспериментальные исследования волновых и кинематических характеристик сверхбурного и трансформированного потока в зоне влияния поворотного сооружения, исследована также кинематика потока при работе поворотного сооружения в стационарном потоке, доказана его эффективность при работе в двойном (сверхбурный-бурный) режиме.

9. Разработаны практические рекомендации по внедрению поворотного сооружения для каналов с высокоскоростным волновым течением, ставшие составной частью Руководящего Документа Департамента водного хозяйства МСВХ КР по расчету, проектированию и эксплуатации ГТС для управления сверхбурными потоками на ирригационных каналах-быстротоках (часть 2 – Расчет и проектирование поворотных и переходных участков каналов - быстротоков со сверхбурным течением).

10. Выполнено внедрение новой конструкции поворотного сооружения в проект реконструкции канала-быстротока Даирбек Иссык-Атинского района Чуйской области, позволяющее увеличить пропускную способность канала с  $4,8 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $8,0 \text{ м}^3/\text{с}$ . Годовой экономический эффект от внедрения составит 6,6 тыс. сом.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Предварительный патент Кыргызской Республики №171. "Поворотное сооружение для каналов с высокоскоростным волновым течением"/ Лавров Н.П., Аджыгулова Г.С. Б.И.С №4, 1997.

2. Аджыгулова Г.С. Исследование кинематической структуры потока на поворотном сооружении для быстротечных каналов// Научно-консультационное и кадровое обеспечение аграрной реформы в Кыргызской Республике: Сб. науч. тр. КАА, 1997. - Вып.1 - С.13-15.

3. Лавров Н.П., Аджыгулова Г.С. Ирригационные сооружения и каналы на больших уклонах // Национальный семинар по борьбе с опустыниванием земель в Кыргызстане: Сб. Докладов КНИИИР. - Бишкек, 1997. - С. 135-141.

4. Аджыгулова Г.С. Поворотное сооружение для каналов со сверхбурным течением// Проблемы экологии АПК и охраны окружающей среды: Сб.



материалов 2 международной научно-технической конф. - Алматы, 1998. - С. 71.

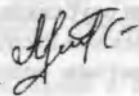
5. "Руководящий документ. Рекомендации по расчету проектированию и эксплуатации гидротехнических сооружений для управления сверхбурными потоками на ирригационных каналах-быстроотоках. РДМУ КР. (часть 2 - Расчет и проектирование поворотных и переходных участков каналов - быстроотоков со сверхбурным течением). Лавров Н.П., Аджыгулова Г.С. - Бишкек, ДВХ МСнВХ КР. 1998. - 35 с.

6. Аджыгулова Г.С. Технологическое обоснование применения поворотных сооружений с резким поворотом потока в плане на каналах-быстроотоках // Сельское хозяйство Кыргызстана : проблемы и достижения в образовании и НИР. Сб. трудов КАА, Вып 2.- Бишкек, 1999. -С. 81-85

7. Лавров Н.П., Аджыгулова Г.С. Гидравлическое обоснование конструкции поворотного сооружения для каналов с высокоскоростным волновым течением // Рациональное использование водных ресурсов при орошении, водоснабжении и обводнении. Сб. научных тр. КазНИИВХ.- Тараз. 1999.-С.218-225

8. Лавров Н.П., Аджыгулова Г.С., Олейникова С.В. Экспериментальные исследования пропускной способности вододелителя для каналов - быстроотоков со сверхбурным режимом течения // Международная научно-техническая конференция, посвященная 5-летию образования КРСУ. Сб. научных трудов.-Бишкек, 2000.- С. 33-38

9. Лавров Н.П., Аджыгулова Г.С., Основы методики расчета новых конструкций для изменения течения сверхбурных потоков // Международная научно-техническая конференция, посвященная 5-летию образования КРСУ. Сб. научных трудов.-Бишкек, 2000.- С. 27-33



## АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа Аджыгуловой Г.С. на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме: "Поворотное сооружение на каналах-быстроотоках со сверхбурным режимом течения потока".  
Специальность 06.01.02-"Сельскохозяйственная мелиорация".

Диссертация Аджыгуловой Г.С. посвящена разработке и исследованию поворотных сооружений для резких поворотов каналов со сверхбурным режимом течения.

С этой целью обоснована актуальность разработки поворотных сооружений для крутых поворотных участков высокоскоростного нестационарного потока.

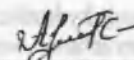
Сформулированы основные технологические требования к поворотным сооружениям, дано мелиоративное обоснование на примере реального объекта.

Описаны новые типы поворотных сооружений для участков с углом излома трассы до  $90^\circ$ .

Установлены и исследованы гидравлические явления, возникающие на этих сооружениях.

Экспериментально и теоретически обоснована форма и параметры элементов конструкции поворотного сооружения, обеспечивающих необходимую пропускную способность.

Разработана методика гидравлического расчета и проектирования поворотных сооружений.



## АННОТАЦИЯ

Г.С. Аджыгулованын "Жогорку ылдамдыктагы толкундуу режимдеги каналдардагы буруучу курулмалар" деген кандидаттык диссертациясы.

Адыстиги 06.01.02 - "Айыл-чарба мелиорациясы"

Г.С. Аджыгулованын диссертациялык иши жогорку ылдамдыктагы толкундуу режимдеги каналдардын кескин бурулуштары учун буруучу курулмаларды иштеп чыгууга жана изилдоого арналган.

Ушул максатта жогорку ылдамдыктагы турукташпаган агымдардын чукул бурулуштары учун буруучу курулмаларды иштеп чыгуунун актуалдуулугу негизделген.

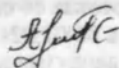
Буруучу курулмаларга коюлуучу негизги технологиялык талаптар аныкталган. Реалдуу объектинин мисалында мелиоративдик негиздоо берилген.

Бурулуу бурчу  $90^\circ$  ка чейин болгон бурулуштар учун буруучу курулмалардын жаны турлору суроттолуп жазылган жана ушул курулмаларда пайда болуучу гидравликалык кубулуштар аныкталган.



Буруучу курулманын конструкциясынын керектуу откоруу жондомдуулугун камсыз кылуучу формасы жана анын элементтеринин параметрлери эксперименталдык жана теориялык жактан негизделген.

Буруучу курулмаларды гидравликалык эсептоонун жана долбоорлоонун методикасы иштелген.



---

### RESUME

G.S. Ajygulova's thesis for a candidate's degree entitled «Turning Hydraulic Structures for Irrigation Chute Canals with Super-torrential Flow Regime». Speciality 06.01.02- «Agricultural Irrigation»

G.S. Ajygulova's dissertation is devoted to the development and research of turning hydraulic structures for sharp turns of canals with super-torrential flow regime.

For this purpose the actuality of the development of turning hydraulic structures for sharp turns of high-velocity non stationary flow was settled down.


The basic technological requirements for turning hydraulic structures were formulated and the reclamation basis was given on the example of real structure.

New types of turning hydraulic structures for plot of chute canal with the 90° of turn angle of canal route were described.

The hydraulic processes on the such structures were determined and investigated.

The form and parameters of turning hydraulic structure's elements that secure necessary conveying capacity of the structures were justified experimentally and theoretically.

The method of hydraulic calculation and engineering project was developed too.



Исследование и разработка  
технических требований к  
поворотным гидравлическим  
сооружениям для каналов  
сверхтурбулентного режима  
течения