

2015-3

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

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
им. Н.ИСАНОВА

Диссертационный совет Д. 05.14.495

На правах рукописи
УДК. 626-4/-9(043.3)



Логинов Геннадий Иванович

РУСЛОВЫЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВОДОЗАБОРЕ ИЗ
ГОРНЫХ РЕК В ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ИРРИГАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ

Специальность: 05.23.07 – Гидротехническое строительство

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
доктора технических наук

Бишкек – 2014

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

Научный консультант - доктор технических наук, профессор
Лавров Н.П.

Официальные оппоненты – доктор технических наук,
профессор **Касымбеков Ж.К.**
доктор технических наук,
профессор **Карлыханов Т.К.**
доктор технических наук,
профессор **Бакиев М.Р.**

Ведущая организация – **ОАО «Кыргызсуудолбоор»**

Защита состоится «19» декабря 2014 г. в 14-00 часов на заседании
диссертационного совета Д. 05.14.495 при Кыргызско-Российском Славянском
университете им. Б.Н. Ельцина и Кыргызском Государственном университете
строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызско-Российского
Славянского университета им. Б.Н. Ельцина и Кыргызского Государственного
университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.

Автореферат разослан «18» ноября 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук,
доцент



Л.В. Ильченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Актуальность исследований. Проектирование и эксплуатация водозаборных сооружений на малых горных реках до настоящего времени проводится без достаточного учета требований по созданию необходимых русловых и гидравлических процессов на участках ведения водозабора, что является одной из основных причин их простоев, повреждений и аварий. Поэтому возникает необходимость оценки рациональности существующих компоновочных схем водозаборных и регуляционных сооружений с определением их недостатков, и проведения теоретических и экспериментальных исследований для повышения характеристик процесса водозабора, путем организации управления двухфазными потоками и режимами формирования рельефов дна. Это обосновывает актуальность темы диссертационной работы, посвященной изучению и разработке возможностей использования энергии водных потоков на участках зарегулированных русел и бьефах низконапорных плотинных водозаборных сооружений, для минимизации производственных издержек.

Связь темы диссертации с крупными научными программами, основными научно-исследовательскими работами, проводимыми научными учреждениями. Тема диссертации: «Русловые и гидравлические процессы при водозаборе из горных рек в гидроэнергетические и ирригационные системы» рассмотрена и утверждена на Ученом совете Кыргызско-Российского Славянского университета в 2011 году, приказ № 32 от 24.02.11.

Разделы темы с участием автора выполнялись:

- в научно-исследовательских работах Кыргызской аграрной академии и Департамента науки, инноваций и научно-технической информации при Кыргызпатенте с 1999 г. по 2003 г.;

- в ходе выполнения госбюджетной темы: КР-13 «Модернизация водозаборного сооружения для малых деривационных ГЭС», финансируемой Департаментом науки, инноваций и научно-технической информации при Кыргызпатенте с 2005 г. по 2007 г. в рамках НИЦ «Перспективные технологии и материалы» КРСУ;

- при выполнении проекта МНТЦ № КР-1130 «Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны» в КРСУ, финансируемого Евросоюзом с 2007 г. по 2010 г.;

- при выполнении хозяйственного обоснования (ТЭО) по объекту: «Малые ГЭС на реке Усек» в 2012 г.

Цель и задачи исследования. В связи с поставленной темой диссертации целью исследований является совершенствование теории, методов исследований и расчетного обоснования необходимых характеристик русловых и гидравлических процессов при водозаборе из горных рек, позволяющих сократить привлекаемые материальные ресурсы при

проектировании, строительстве и повысить надежность низконапорных плотинных водозаборных сооружений в процессе эксплуатации.

Для реализации цели потребовалось решить следующие основные задачи:

- провести анализ русловых и гидравлических процессов при водозаборе из горных рек известными конструкциями водозаборных сооружений с разработкой их классификации по признакам конструктивной преемственности;
- на основании анализа эксплуатационных характеристик и результатов лабораторных исследований компоновок существующих водозаборных сооружений определить недостатки в организации процесса водозабора, их причины и последствия с формулированием возможностей по совершенствованию технических характеристик водозаборных сооружений;
- обосновать совершенствование структурной модели процесса водозабора из горных рек с использованием низконапорных плотинных водозаборных сооружений;
- выполнить обзор и анализ методов описания гидравлических и русловых процессов при водозаборе из горных рек, с теоретическим обоснованием параметров элементов водозаборных сооружений;
- разработать компоновки усовершенствованных конструкций водозаборных сооружений;
- выполнить теоретическое обоснование усовершенствованной конструкции стабилизатора расхода воды для водоприемных оголовков водозаборных сооружений из горных рек
- разработать методику лабораторных исследований конструкций низконапорных плотинных водозаборных сооружений из малых горных рек;
- провести экспериментальные исследования элементов конструкции низконапорных плотинных водозаборных сооружений из горных рек с определением рациональных параметров регуляционных сооружений, наносозащитных элементов, пропускной способности ломаных в плане порогов, гидравлических характеристик усовершенствованного стабилизатора расхода воды и необходимых условий эксплуатации в зимнем режиме;
- на основании анализа качественных и количественных характеристик русловых и гидравлических процессов в бьефах разработанных конструкций водозаборных сооружений оценить эффективность их использования при водозаборе из горных рек в гидроэнергетические и ирригационные системы;
- с использованием результатов теоретических и экспериментальных исследований разработать рекомендации по выбору способов организации процесса водозабора в зависимости от гидрологических особенностей источника, методам расчетного обоснования, проектирования и эксплуатации водозаборных сооружений.

Научная новизна полученных результатов заключается в:

- усовершенствовании классификации низконапорных водозаборных сооружений из горных рек на основании обобщения и анализа научной литературы по теме диссертации, рассмотрения истории вопроса обоснована;

- усовершенствовании схемы описания движения двухфазного потока жидкости (вода - наносы) на криволинейных участках зарегулированных русел;
- разработке алгоритма определения плановой конфигурации и размеров наносозащитных порогов при рассмотрении кинематических структур водного потока в верхнем бьефе водозаборного сооружения;
- усовершенствовании теоретического обоснования конструкций и гидравлических параметров промывных трактов водозаборных сооружений;
- разработке усовершенствованных конструкций водозаборных сооружений для гидроэнергетических и ирригационных систем и стабилизатора расхода воды на основе теоретических и экспериментальных исследований;
- усовершенствовании методики проведения лабораторных исследований конструкций водозаборных сооружений из горных рек
- разработке и применении методов оценки деформаций дна русел горных рек при водозаборе;
- дальнейшем развитии новых схем проведения процесса водозабора в горно-предгорной зоне с уменьшением капиталовложений при строительстве и эксплуатации.

Практическая значимость полученных результатов исследований заключаются в разработке комплексных методов расчетного обоснования параметров низконапорных плотинных водозаборных сооружений для создания необходимых структур русловых и гидравлических процессов на участке проведения водозабора.

Использование предложенной методики анализа транспортирующей способности водного потока в промывном тракте водозаборного сооружения повышает качество выполняемых прогнозов русловых деформаций.

Разработанные рекомендации по областям применения усовершенствованных компоновочных схем сооружений для определенных морфометрических и гидрологических условий малых горных рек повышают эффективность проектирования и эксплуатации головных гидроузлов гидроэнергетических и ирригационных систем. Применение разработанной конструкции стабилизатора расхода воды увеличивает надежность водоподдачи.

Полученные результаты разработок и исследований использованы при проектировании и строительстве водозаборного сооружения для деривационных ГЭС на р. Иссык-Ата (Кыргызская Республика), при строительстве водозаборного сооружения на реке Мерке, в проекте «Каскад малых ГЭС на реке Усек» (Республики Казахстан), а также в учебном процессе Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина.

Экономическая значимость полученных результатов. Годовой экономический эффект от внедрения новой техники на водозаборном сооружении Иссык-Ата равен 173,5 тыс. сомов, а сокращение ежегодных издержек при внедрении водозаборного сооружения на реке Мерке составило

17,83 тыс. \$США (2,62 млн.тенге), что подтверждено расчетами экономической эффективности и актами внедрения в производство.

Результаты нашей работы могут быть использованы в странах СНГ со сходными природно-климатическими условиями на контрактной основе в рамках международных договоров.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- классификация низконапорных водозаборных сооружений на горных реках, отличием которой является использование признаков преемственности для определения связей рассматриваемых конструкций;
- современная структурная модель процесса водозабора с обоснованием рассмотрения новых технологических операций: сброса необходимых объемов воды и рыбопропуска;
- обоснование методики описания движения двухфазного потока жидкости (вода - наносы) на криволинейных участках русел;
- метод теоретического обоснования плановой конфигурации наносозащитных порогов по кинематическим характеристикам отдельных струй воды в верхнем бьефе водозаборного сооружения;
- метод оценки транспортирующей способности потока воды в промывных трактах водозаборных сооружений, который основан на анализе теоремы об изменении количества движения жидкости, в отличии от существующих методик, базирующихся на использовании уравнения Бернулли;
- новые улучшенные конструкции водозаборных сооружений из горных рек, обеспечивающие круглогодичный водозабор с необходимыми наносозащитными и шугозащитными характеристиками;
- усовершенствованная конструкция стабилизатора расхода воды для размещения в водоприемных оголовках сооружений, которая отличается взаимным перемещением отдельных элементов устройства, что дает возможность проведения самоочистки внутренних полостей устройства;
- методика исследований русловых и гидравлических процессов при организации водозабора на участках малых горных рек с различными гидроморфометрическими характеристиками;
- результаты лабораторных исследований гидравлических характеристик элементов и устройств низконапорных плотинных водозаборных сооружений;
- результаты исследований некоторых характеристик зимнего режима малых горных рек Кыргызстана;
- результаты исследований русловых процессов на сопрягающих участках зарегулированных русел с бытовыми руслами рек;
- результаты исследований режимов сезонных изменений, в развитии рельефа дна зарегулированных русел в верхнем бьефе низконапорных плотинных водозаборных сооружений;
- основы расчетного обоснования, рекомендации по проектированию и эксплуатации низконапорных водозаборных сооружений на горных реках.

Личный вклад соискателя. Диссертация выполнена автором по результатам 15-и летних исследований, проведенных на научной базе кафедры

«Горные гидротехнические сооружения» Кыргызского аграрного университета (КАУ) им. К.И. Скрябина (1998-2004 г) и кафедры «Гидротехническое строительство и водные ресурсы» Кыргызско-Российского Славянского университета (КРСУ) им. Б.Н. Ельцина.

На основе анализа научно-технических отчетов, специальной литературы, проектных и патентных данных автором были сформулирована проблема, цель и задачи исследований, намечены теоретические и экспериментальные пути их решения.

Теоретические и экспериментальные исследования, анализ основных материалов исследований, разработка методик инженерного расчета средств для осуществления процессов водозабора, рекомендаций по проектированию и эксплуатации водозаборных сооружений на горных реках, формулирование основных выводов осуществлено лично автором диссертации.

При постановке ряда задач и обработке материалов по теоретическому и экспериментальному исследованию русловых и гидравлических процессов при водозаборе автор получил ценные советы научного консультанта д.т.н., проф. Н.П. Лаврова. При разработке классификации и усовершенствовании конструкции водозаборных сооружений и средств гидравлической автоматизации помощь оказали: д.т.н., проф. Б.И.Мельников, к.т.н., доц. А.И. Рохман, к.т.н., доц. И.К. Рудаков.

Апробация результатов диссертации. Материалы, отражающие основное содержание диссертации, докладывались в 1999-2007 годах на научно-практических конференциях Кыргызского аграрного университета, на ежегодных научно-практических конференциях Кыргызско-Российского Славянского университета 2006-2013 года, на научных чтениях в Рязанском государственном агротехническом университете им. П.А. Костычева, посвященных памяти член-корреспондента РАСХН и НАН КР Я.В. Бочкарева в 2009 году, на международной научно-практической конференции «ХLI неделя науки СПбГПУ» в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете в 2010 году, на VIII международной научно-практической конференции «Дни науки-2012» проведенной издательским домом «Образование и Наука» в городе Прага, Чехия 2012 год.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. По теме диссертации опубликовано 42 научные статьи, в т.ч.:

- в сборниках научных трудов Кыргызской аграрной академии;
- в Вестнике Кыргызского аграрного университета им. К.И. Скрябина;
- в Вестнике Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина;
- в номерах ежемесячных научных журналов Кыргызстана: «Наука и новые технологии», «Известия Вузов», России: «Гидротехническое строительство», «Гидротехника XXI век», «Инженерно-строительный журнал», Казахстана: «Водное хозяйство Казахстана»;
- в сборнике научных трудов и Вестнике Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова;

- в сборнике научных трудов, посвященном памяти академика Ц.Е. Мирцхулава в институт водного хозяйства Грузинского технического университета;

- в сборниках научных трудов Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева.

На технические устройства, описанные в работе, получены: 4 патента КР, 2 патента РФ. Материалы диссертации отражены в 4-х монографиях, в 2-методических указаниях для курсового и дипломного проектирования КРСУ (в соавторстве).

В приведенных научных и методических трудах в необходимом объеме отражены результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных по теме диссертационной работы.

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит: введение, 6 глав, 32 приложения, полный объем выполнен на 448 страницах компьютерного текста, включает 150 иллюстрации на 55 страницах, 33 таблицы на 17 страницах, список использованной литературы включает 195 наименований на 13 страницах и 32 приложения на 109 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В первой главе диссертации проведена оценка технических характеристик гидроэнергетических и ирригационных систем горно-предгорной зоны Кыргызстана и существующих линейных схем приведенных систем. Определены гидрологические, гидроэнергетические, морфометрические характеристики, малых горных рек республики и их отдельных участков.

Проведен анализ русловых процессов на участках рек с выделением русловых форм, характерных для малых горных водотоков.

Определен состав, особенности, технологические характеристики элементов и устройств существующих конструкций водозаборных сооружений из горных рек. Проведен анализ характеристик используемых русловых и гидравлических процессов используемых с целью выполнения основных технических требований и технологических операций. При этом изучены рекомендации по надежному обеспечению водой гидроэнергетических и ирригационных систем зарубежных и отечественных ученых: S. Elsdon, N. Kanthack, R. Krohmer, С.Т. Алтунина, К.Ф. Артамонова, Н.Ф. Данелия, И.С. Румянцева, И.И. Леви, Я.В. Бочкарева, Б.И. Мельникова, А.С. Офицерова, А.И. Рохмана, И.К. Рудакова, Г.В. Соболина, А.В. Филончикова, и многих других.

Обосновывается классификация существующих конструкций низконапорных водозаборных сооружений рис. 1.

Эта классификация определяет связь известных компоновочных схем путем заимствования рациональных предшествующих решений для разработки последующих усовершенствованных компоновок сооружений.

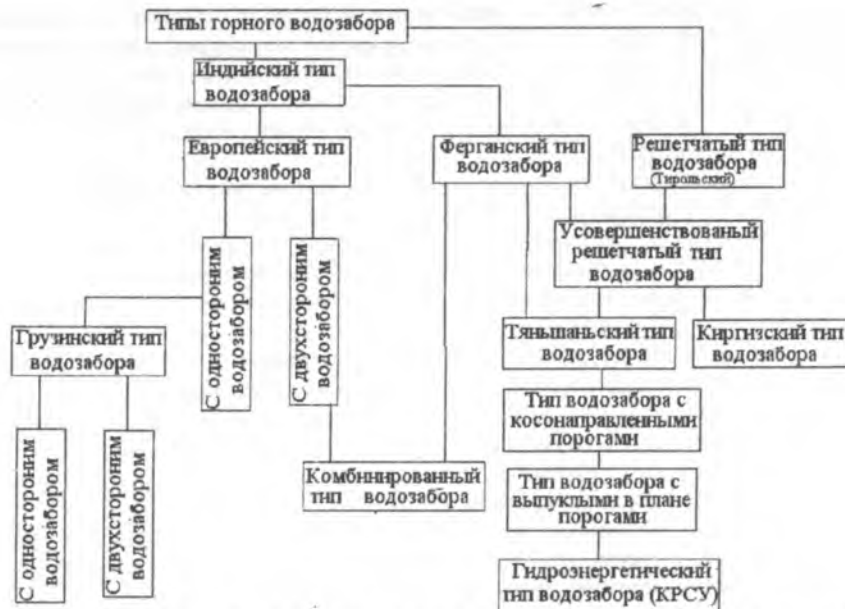


Рис. 1 – Классификация типов низконапорных плотинных водозаборных сооружений на горных реках

Приведенная классификация была использована при систематизации материалов для создания рациональных русловых и гидравлических процессов при водозаборе.

Проанализированы схемы регуляционных сооружений и работ на участках малых горных реках для направления необходимых объемов воды к водоприемным и водосбросным элементам, а также для регулирования режимов движения твердых включений речных потоков.

Рассмотрены известные конструкции стабилизаторов расхода воды, устанавливаемых на водоприемных оголовках отводящих каналов водозаборных сооружений. Определены их основные недостатки.

На основании результатов выполненного аналитического обзора определены цели и задачи исследований по теме диссертации.

Во второй главе освещены технологические и теоретические основы процесса водозабора из горных рек в гидроэнергетические и ирригационные системы.

В ходе анализа структурной модели технологического процесса водозабора обоснованы дополнительные операции - сброса необходимых объемов воды и рыбопропуска, рассматриваемые ранее в качестве действий водоотбора и рыбозащиты. Для этих операций подобраны действия осуществления и приемы их выполнения.

По результатам анализа недостатков известных приемов организации технологического процесса водозабора из малых горных рек существующими конструкциями низконапорных плотинных водозаборных сооружений, нами определены их основные причины и последствия. С целью устранения этих причин для совершенствования водозабора были выделены следующие технологические приемы:

- создание поперечной циркуляции воды на участке подводящего русла с помощью криволинейного зарегулированного участка;
- увеличение интенсивности поперечной циркуляции воды перед водоприемником при создании локального циркуляционного вихря;
- в теплый период года осуществление водоотбора из поверхностных горизонтов потока и донный отвод наносов;
- отбор воды в зимний период из придонных горизонтов потока с поверхностным отводом и сбросом ледовошуговых образований;
- создание глубин водного потока необходимых для образования устойчивых гидравлических структур перед элементами сооружения;
- обеспечение плавного подхода объемов воды к устройствам водозаборного сооружения и отвода потока;
- параметры и местоположение устройств подпорного створа определяются с учетом условий создания активных зон движения твердых включений в подводящем зарегулированном русле;
- поддержание расчетных напоров в верхнем бьефе сооружения и стабилизация расходов воды, подаваемой в отводящие каналы, осуществляется с использованием средств гидроавтоматики
- при паводке обеспечивается одновременный сброс излишков воды и плавника по всему фронту водозаборного сооружения, а влекомых наносов - через отверстия речного пролета и промывника;

Выполнение этих условий позволило в ходе исследований провести согласование принципов компоновки усовершенствованных конструкций водозаборных сооружений с существующими методиками проектирования устройств водозабора из горных рек.

При обзоре теоретических основ и методов описания, русловых и гидравлических процессов, при низконапорных плотинных водозаборных сооружениях, определены основные характеристики речных наносов с учетом транспортирующей способности потоков воды.

Анализируя методы расчета гидроморфометрических характеристик горных рек, были рассмотрены зависимости Г.И. Шамова, А.М. Латышенкова, Гончарова, Л.Л. Лишгвана И.В. Егизарова, Б.А. Фидмана, В.Н. Гончарова, В.С. Кнороза, И.И. Леви, Ц.Е. Мирцхулавы В.Ф. и других авторов. При этом обосновано применение в работе методики В.Ф. Талмазы и А.Н. Крошкина, учитывающей особенности гидрологических режимов горных рек Средней Азии.

Рассматривая устройство криволинейного подводящего русла перед подпорным створом водозаборного сооружения в качестве первой ступени

защиты от наносов, были проанализированы известные представления о причинах возникновения поперечной циркуляции. В частности, были совместно рассмотрены две причины возникновения поперечных течений на криволинейном участке:

1) М.А. Дементьев, А.К. Ананян, И.Л. Розовский, М.В. Потапов, Н.Ф. Данелия, М.П. Кожевников причинами образования радиальных вторичных течений считали инерционную силу – центробежную.

2) А.Я. Милович определял в качестве причины поперечных течений в радиальном направлении разность давления в поперечных сечениях криволинейных участков.

При этом в качестве движущей нами была определена центробежная сила, уравновешивающая центробежную силу. Это равенство было выражено в виде:

$$gJ_{non} = \frac{v^2}{R_{кр}} \rightarrow J_{non} = \frac{v^2}{gR_{кр}}, \quad (1)$$

Но факт возникновения донных токов на криволинейном участке нарушает представленное равенство сил, вызывает необходимость рассмотрения более сложной расчетной схемы. С учетом этого нами была сформулирована расчетная схема перераспределения объемов воды, на участке криволинейного русла, приведенная на рис. 2.

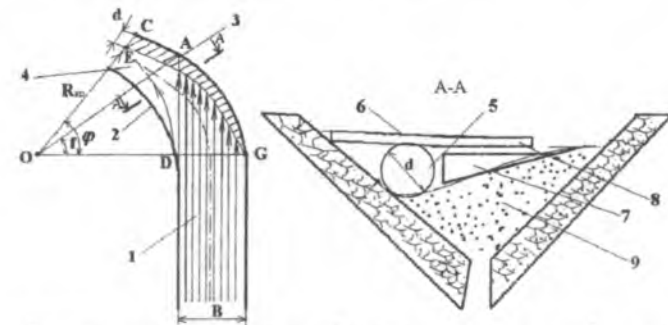


Рис. 2 - Расчетная схема криволинейного участка русла: 1 - подводящий прямолинейный участок; 2 - выпуклый берег; 3 - вогнутый берег; 4 - отложения наносов; 5 - сечение конусообразного потока; 6 - поверхность потока с поперечным уклоном; 7 - поперечное сечение потока движущегося вдоль выпуклого берега; 8 - сечение потока, движущегося к вогнутому берегу со стороны прямолинейного участка русла; 9 - отставка русла.

Учитывая известные эмпирические зависимости для определения угла размещения воронки размыва от начала кривизны русла, нами была получена формула для определения разности углов размещения точек (А) и (С) (см. рис. 2), учитывающая смещение струй водного потока при продольных уклонах дна подводящих участков русел i_p , изменяющихся от 0,005 до 0,05:

$$\varphi - f = 58,3 \frac{B}{R_{sp}} + 29,36i + 9,9, \quad (2)$$

Описываемый механизм предполагает, что при постепенном сложении струй воды вдоль вогнутого берега они образуют поток, который представляет расширяющийся поступательно движущийся объем от точки (G) до (C), циркулирующий в поперечном направлении. Циркуляция конусообразного потока приводит к его заглоблению в размываемое дно русла. Увеличение сечения происходит за счет упорядоченного пополнения со стороны прямолинейного подводящего русла, от начала кривизны до сечения с наибольшей воронкой размыва.

На наш взгляд, возникновению придонных токов на криволинейном участке способствует динамика происходящего процесса. Поток, движущийся вдоль вогнутого берега, подвержен центробежной силе, которая уравнивается движущей объемной силой воды, являющейся в этом случае центростремительной. Но поступающие со стороны прямолинейного участка струи воды, набегая на вогнутый берег, до вступления во взаимодействие с конусообразным вальцем не участвуют в уравнивании сил. Это создает дополнительное превышение уровней воды у вогнутого берега над уровнями у выпуклого берега, что и определяет возникновение донных токов, как элемента уравнивающего силу инерции поступательного движения воды со стороны прямолинейного участка. Взаимодействие движущихся, соединяющихся на поверхности и отделяющихся в придонной области объемов воды, вызывает поперечную циркуляцию потока вдоль вогнутого берега.

Для перехода от качественного описания к количественным характеристикам нами была рассмотрена математическая модель, описывающая происходящие гидравлические процессы:

$$\left. \begin{aligned} Q_{bi} &= Q_{a(i-1)} + Q_p \theta_i - Q_{doni} \\ \theta_i &= \frac{\cos \varphi_{i-1} - \cos \varphi_i}{1 - \cos \varphi} \\ Q_{doni} &= Q_{don(i-1)} + \int_0^{L_{op}} \omega_i C_i \sqrt{R_i \Delta J} \times dl \\ \omega_i &= k, dl \\ d_i &= \sqrt{\frac{4 \times Q_{bi}}{\pi \times v}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где Q_p - расход воды в русле реки; φ_i - угол между входным сечением криволинейного участка и рассматриваемым i -м поперечным сечением; Q_{doni} - расход донных токов воды, отделяющихся от конусообразного потока от его начала до рассматриваемого сечения; θ_i - коэффициент, учитывающий долю проекции рассматриваемого участка в общей проекции вогнутого берега, на плоскость, размещенную в начале кривизны русла; ω_i - площадь поперечного

сечения придонного потока отделяющегося от конусообразного вальца; k - вертикальный размер донного потока в рассматриваемых сечениях; R_i - расчетная величина гидравлического радиуса; d_i - диаметр конусообразного вальца; v - средняя скорость воды в конусообразном вальце; C_i - коэффициент Шези для движения придонных токов; ΔJ - приращение поперечного уклона свободной поверхности водного потока в результате действия силы инерции при набегании потока на вогнутый берег.

При рассмотрении кинематических структур потока в верхнем бьефе низконапорного плотинного водозаборного сооружения при высоких коэффициентах водозабора $\alpha_w \rightarrow 0,9$, выполнено теоретическое обоснование плановых параметров наносозащитных порогов. Здесь учитывалось смещение струй воды в верхнем бьефе сооружения от динамической оси подводящего русла в сторону наносозащитного порога, которое происходит по криволинейной траектории с изменяющимся радиусом кривизны $R_{d,oi}$ (рис. 3).

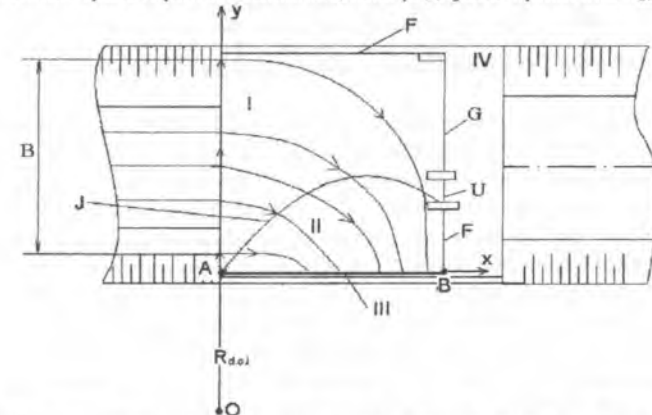


Рис. 3 - Расчетная схема смещения струй водного потока в верхнем бьефе сооружения: $R_{d,oi}$ - радиус кривизны струй водного потока; O - центр кривизны струй потока; I - зона перемещения объемов двухфазного потока; II - зона устройства порога; III - зона размещения водоприемника; IV - зона отводящего русла; J - кривая ограничивающая зону II; F, G, U - линии устройства водосбросов.

Используя теорию динамического взаимодействия тел и жидкости, предложенную А.Я. Миловичем, была определена связь продольных и поперечных составляющих циркуляционного вальца со скоростью движения воды в верхнем бьефе сооружения и контуром внешней поверхности наносозащитного порога:

$$\frac{V_{nn}}{\sin \gamma} = \frac{V_{np}}{\cos \gamma} \rightarrow \varphi = \arctg \frac{V_{nn}}{V_{np}} + \pi n, \quad (4)$$

С учетом этого была разработана система уравнений для расчета координат плановой конфигурации наносозащитного порога:

$$\left. \begin{aligned} y_i &= y_{i-1} - (L_i - L_{i-1}) \cos(\gamma_i + \gamma_{ul}); \\ x_i &= x_{i-1} + (L_i - L_{i-1}) \sin(\gamma_i + \gamma_{ul}); \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Проводя расчетное построение с использование приведенной системы уравнений, был получен плановый контур внешней поверхности наносозащитного порога, представленный на рис. 4.

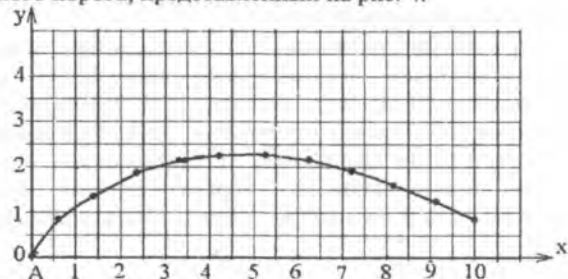


Рис. 4 – Контур внешней поверхности наносозащитного порога.

Выполненное расчетное построение внешнего контура наносозащитного порога определило необходимость устройства концевой участка конструкции с противоположной направленностью от направления поверхности на начальном и среднем участках. С учетом предпосылок проведенного теоретического обоснования это увеличит значения продольных скоростей на концевом участке циркуляционного вальца выпуклых в плане порогов.

При рассмотрении вариантов увеличения транспортирующей способности промывного тракта нами на основании поисковых модельных исследований было предложено устройство горизонтального козырька на нижней кромке затвора промывного тракта. Это позволило создать понижение давления в придонном слое двухфазного потока с увеличением скоростей объемов воды под горизонтальным козырьком (рис. 5), и гарантировало повышение сбрасываемых объемов наносов. В ходе преобразования уравнения Бернулли, составленного для сечений I-I и II-II (см. рис. 5) получены формулы для расчета скоростей водного потока под горизонтальным козырьком.

Для условий истечения без донной вставки:

$$V_2 = \frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} \sqrt{2g(H_p - \varepsilon a - h_w) + \alpha_1 V_1^2}, \quad (6)$$

При устройстве донной вставки:

$$V_2 = \frac{1}{\sqrt{\alpha_1}} \sqrt{2g(H_p - \varepsilon a - h_w) - \alpha_1 V_1^2 + \frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}}, \quad (7)$$

где p_1 и p_2 - давление на свободной поверхности потока в сечениях; ρ - плотности жидкости; g - ускорение свободного падения; α_1 и α_2 - коэффициенты, учитывающие неравномерное распределение скоростей потока в сечениях I-I и II-II соответственно; ε - коэффициент сжатия струи потока; h_w - потери энергии потока.

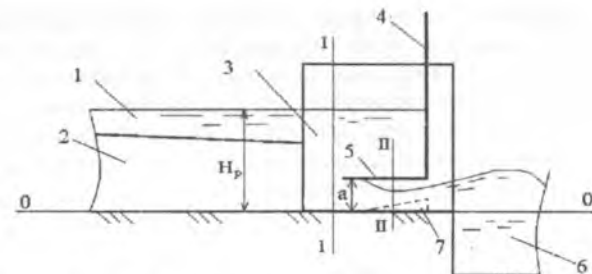


Рис. 5 – Расчетная схема горизонтального козырька: 1 – верхний бьеф; 2 – наносозащитный порог; 3 – промывной тракт; 4 – плоский затвор; 5 – горизонтальный козырек; 6 – отводящее русло; 7 – донная вставка.

Предварительные результаты лабораторных исследований устройства горизонтального козырька на затворе в промывном тракте подтвердили повышение транспортирующей способности объемов воды, сбрасываемых в нижний бьеф сооружения.

С целью анализа факторов, определяющих транспортирующую способность потока через промывной тракт, нами было рассмотрено уравнение приращения количества движения для массы двухфазного потока жидкости (вода – влекаемые наносы):

$$\int_{\omega} \rho(u d\omega) u + \int_{\omega_n} (\rho_n - \rho)(u_n d\omega_n) u_n = \rho \alpha' v^2 \omega_1 + (\rho_n - \rho) \alpha'' v_n^2 \omega_n, \quad (8)$$

где ρ и ρ_n - плотность воды и влекаемых наносов; α' и α'' - коэффициенты количества движения; v и v_n - скорости движения воды и влекаемых наносов.

При этом рассматривалась расчетная схема, показанная на рис. 6.

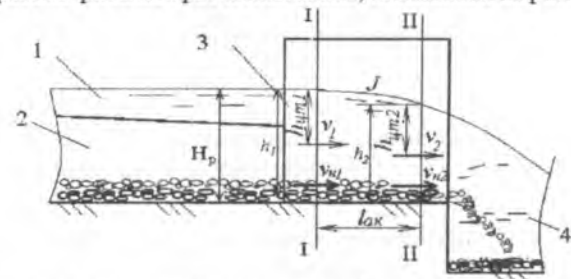


Рис. 6 - Расчетная схема промывного тракта водозаборного сооружения: 1 – верхний бьеф; 2 – наносозащитный порог; 3 – промывной тракт; 4 – отводящее русло.

В результате проведенного преобразования уравнения (8) нами была получена формула для определения расхода наносов вида:

$$G = \frac{2\Delta K_d - \rho g b_{np} (2h_2 J \times l_{ак} + J^2 l_{ак}^2)}{2\alpha'' (\rho_n - \rho) (v_{n2} - v_{n1})}, \quad (9)$$

где ΔK - приращение количества движения массы двухфазного потока жидкости, сбрасываемого через промывной тракт, заключенного между сечениями I-I и II-II в единицу времени dt ; b_{np} - ширина промывного тракта.

Вид уравнения (9), определил, что транспортирующая способность водного потока увеличивается при росте значений изменения количества движения, и уменьшается вследствие роста значений следующих величин: 1) ширины и глубины потока по длине промывного тракта; 2) длины промывного тракта; 3) плотности частиц наносов; 4) при ускорении частиц наносов по длине промывного тракта.

Учитывая эти факторы, нами было предложено устройство на дне промывного тракта донной вставки с обратным уклоном (рис. 7).

Выражая формулу (9) относительно только водного потока, создающего движение наносных масс, с учетом действия реакции R_x , запишем $\rho a' Q(v_2 - v_1) = P_1 - P_2 - R_x$. При этом формула для расчета расхода наносов примет вид:

$$G = \frac{\Delta K_d - 0,5b_{np} J \times l_{ак} \rho g (2h_2 + J \times l_{ак}) + R_x}{a'' (\rho_n - \rho) (v_{n2} - v_{n1})} \quad (10)$$

Знак (+) перед R_x свидетельствует о положительном влиянии донной вставки на увеличение транспортирующей способности потока.

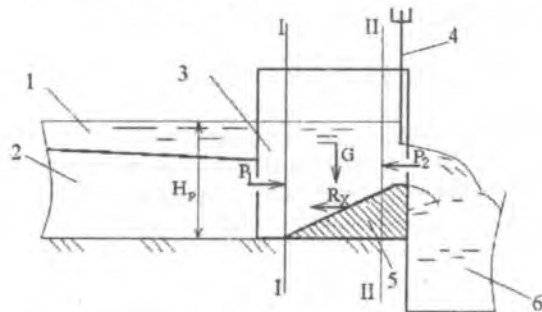


Рис. 7 - Схема размещения донной вставки в промывном тракте: 1 - верхний бьеф; 2 - наносозащитный порог; 3 - промывной тракт; 4 - затвор промывного тракта; 5 - донная вставка; 6 - отводящее русло.

На основании теоретических и поисковых модельных исследований, для совершенствования методов управления русловыми и гидравлическими процессами при водозаборе, с учетом гидроморфометрических особенностей малых горных рек нами были разработаны три конструкции низконапорных плотинных водозаборных сооружений (рис. 8): Водозаборное сооружение для деривационных ГЭС (патент КР №607, 2003 г.), Водозаборное сооружение для горных рек (патент КР №920, 2006, Водозаборное сооружение из горных рек (патент РФ на полезную модель №133537, 2013). Используемые в их конструкции элементы и устройства позволяют создать в объемах воды необходимые гидравлические структуры.

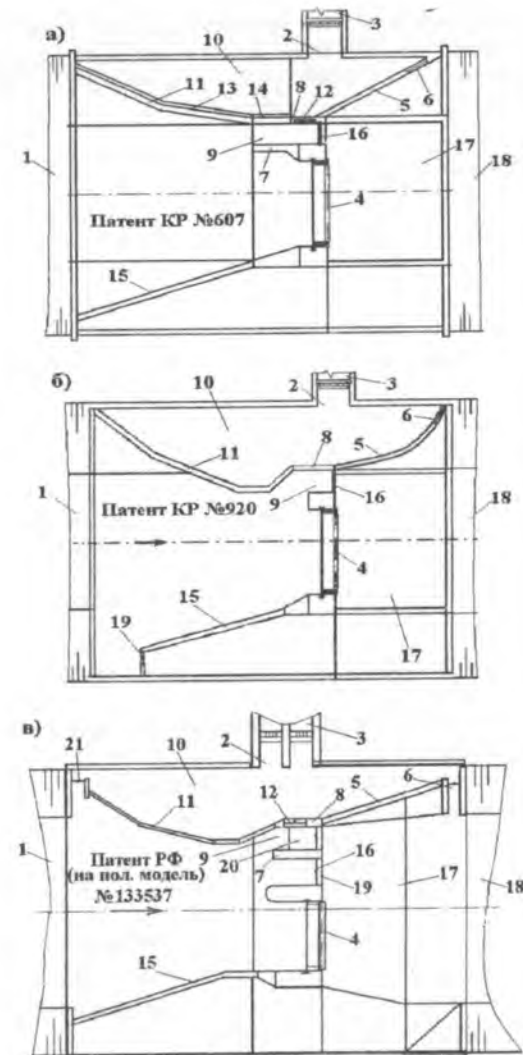


Рис. 8 - Компоновочные схемы водозаборных сооружений: 1 - подводящее русло; 2 - водоприемный оголовок; 3 - отводящий канал; 4 - затвор-автомат уровня верхнего бьефа; 5 - автоводослив водоприемной камеры; 6 - сбросное отверстие; 7 - промежуточный бычок; 8 - разделительная стенка; 9 - промывной тракт; 10 - водоприемная камера; 11 - ломаный в плане наносозащитный порог; 12 - отверстие зимнего водозабора; 13 - внутренняя грань порога; 14 - складные части под шандоры; 15 - автоводослив верхнего бьефа. 16 - двоящий затвор; 17 - водобойный колодец; 18 - отводящее русло; 19 - дополнительное промывное отверстие; 20 - донная вставка; 21 - верхнее водоприемное отверстие.

Проведя теоретический анализ средств гидравлической автоматизации процесса стабилизации расходов воды, подаваемой в отводящий канал, нами была разработана новая конструкция секционного параболического коробчатого затвора (СПКЗ), приведенная на рис. 9.

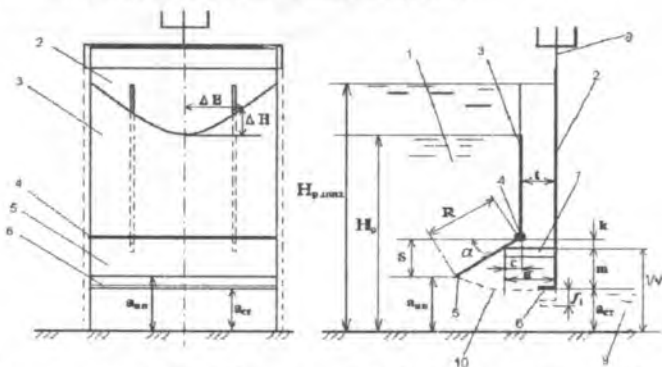


Рис. 9 – Расчетная схема СПКЗ: 1 – верхний бьеф; 2 – плоский затвор; 3 – передняя стенка; 4 – шарнир; 5 – поворотная пластина; 6 – горизонтальный козырек; 7 – штанга взаимодействия; 8 – подъемный винт затвора; 9 – нижний бьеф; 10 – траектория сжатия струи; 11 – траектория смещения нижней грани затвора при регулировании.

Отличительными особенностями стабилизатора являются:

- передняя стенка стабилизатора расхода устраивается отдельно от плоского затвора, что позволяет производить ее установку в водоприемном оголовке при прохождении паводка;
- гребень передней стенки имеет форму параболы, которая выполняется по координатам рассчитываемым формуле:

$$\Delta B = \frac{\mu_{нк} a_{нн} B \sqrt{2g(H_p - a_{cm})}}{\mu_{нк} a_{cm} (B / \Delta B - 2) \sqrt{2g(H_p + \Delta H - a_{cm})} + 2\mu_{нк} a_{cm} \sqrt{2g(H_p + \Delta H - a_{cm})}}, \quad (11)$$

где $\mu_{нк}$ и $\mu_{нк}$ - коэффициенты расхода воды при истечении из под поворотной пластины и горизонтального козырька соответственно; $a_{нн}$ и a_{cm} - открытия перемещающейся пластины и стабилизатора; B - ширина водоприемника; H_p - минимальная расчетная глубина в верхнем бьефе.

- управление открытием поворотной пластины производится с помощью штанги взаимодействия, закрепленной на плоском затворе.

В третьей главе приводится описание модельных установок, методы, аппаратура модельных и натуральных исследований русловых и гидравлических процессов при водозаборе из малых горных рек.

Исследования физических пространственных моделей были выполнены в гидрокорпусе Кыргызского аграрного университета им. К.И. Скрябина, на гидротехнической площадке АОТ «Кыргызводпроект», на русловом лотке центра образования науки и культуры (ЦОНИК) КРСУ и установках

лаборатории гидротехнических сооружений КРСУ. Гидравлическое моделирование выполнялось с соблюдением критерия гравитационного подобия Фруда, $Fr = idem$ с обеспечением подобия гидравлических явлений натурального и модельного объекта. Масштабы моделей водозаборных сооружений и отдельных устройств принимались в пределах от 1:7 до 1:25.

Приведено описание схем экспериментальных установок, моделей водозаборных сооружений, методов лабораторных исследований наносозащитных и шугозащитных характеристик, водопропускной способности отдельных элементов конструкции. Методы проведения физического моделирования с учетом математического планирования экспериментов размываемых русел и двухфазных потоков основывались на рекомендациях И.И.Леви, М.А.Михалева, А.Б.Векслера, с условием соблюдения кинематического подобия. Это позволило провести сравнение полученных результатов с данными других авторов.

Для создания гидроморфометрических характеристик моделируемых русловых и гидравлических процессов в качестве репрезентативных были выбраны река Сокулук, река Джууку и река Кугарт Кыргызстана, которые имеют различные гидрологические условия. Использование топографических и гидрологических характеристик этих водотоков, определялось с учетом методики Талмазы В.Ф. и Крошкина А.Н. Это позволило разработать рекомендации для расчета мутности водных потоков на предгорных участках рек республики. Разработанные зависимости для задаваемой мутности потока с учетом величин руслоформирующих расходов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Формулы для определения мутностей водного потока.

Уклон дна i	Расчетные зависимости	Величина достоверности аппроксимации R^2	Название реки
0,038	$\rho = 1,601 \left(\frac{Q_i}{Q_{p,ф}} \right)^{0,6453}$	0,9959	Сокулук
0,028	$\rho = 1,2052 \left(\frac{Q_i}{Q_{p,ф}} \right)^{0,5532}$	0,9925	Сокулук
0,024	$\rho = 1,296 \left(\frac{Q_i}{Q_{p,ф}} \right)^{0,6347}$	0,9976	Джууку
0,017	$\rho = 0,9547 \left(\frac{Q_i}{Q_{p,ф}} \right)^{0,5998}$	0,9976	Джууку
0,012	$\rho = 3,6131 \left(\frac{Q_i}{Q_{p,ф}} \right)^{0,6738}$	0,9992	Кугарт
0,007	$\rho = 2,1935 \left(\frac{Q_i}{Q_{p,ф}} \right)^{0,5988}$	0,9817	Кугарт

Разработанная методика оценки русловых деформаций с учетом объемов отложений и относительного их размещения, позволила произвести сравнение результатов расчетов и модельных исследований подводящих криволинейных зарегулированных русел.

При моделировании условий зимнего режима эксплуатации водозаборных сооружений с оценкой работоспособности устройств для защиты от ледошуговых образований водоприемников и транспортирующей способности потока на участке шугосбросов, производилось добавление в поток искусственной шуги в виде цилиндрических гранул полиэтилена низкого давления.

Пересчет характеристик ледошуговых образований с натуры на модель производился с учетом разработок А.В. Шипилова, основанных на принципе соблюдения кинематического подобия гидравлической крупности, предложенном А.Б. Векслером и З.А. Генкиным. Искусственная шуга закладывалась в начале подводящего русла модели сооружения, в процентах от объема воды. Рациональность принятых компоновочных и конструктивных решений в экспериментах оценивалась по величинам коэффициентов шугонасыщения потока, отбираемого в отводы. Транспортирующая способность потока на участке шугосбросов оценивалась по длине распространения зазора в верхнем бьефе сооружения.

Количественные характеристики моделируемой шуговой массы определялись с учетом выполненных нами натурных исследований зимнего гидрологического режима рек Аламедин и Ала-Арча Кыргызской республики. Приводится методика исследований зимнего гидрологического режима малых горных рек с описанием разработанного устройства - шугобатометра.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований гидравлических процессов при водозаборе из горных рек.

Данные исследования проводились для оценки влияния плановых и высотных параметров наносозащитных порогов на характеристики гидравлического вальца обеспечивающего активную наносозащиту водоприемников при коэффициенте водозабора $\alpha_w=0,9$. Исследования наносозащитных устройств сооружений проводились в четыре этапа.

На первом этапе были определена рациональная величина угла размещения начальной секции трехсекционного ломаного в плане наносозащитного порога α (рис. 10) относительно динамической оси потока в подводящем русле. Критерием для определения этого угла при различных уклонах дна i_p и расходах воды в подводящем русле являлась допустимая величина попадания наносов в отводящий канал.

В результате этих исследований была получена формула для определения угла α :

$$\alpha = -4529,3i_p^2 + 612,74i_p + 18,363, \quad (12)$$

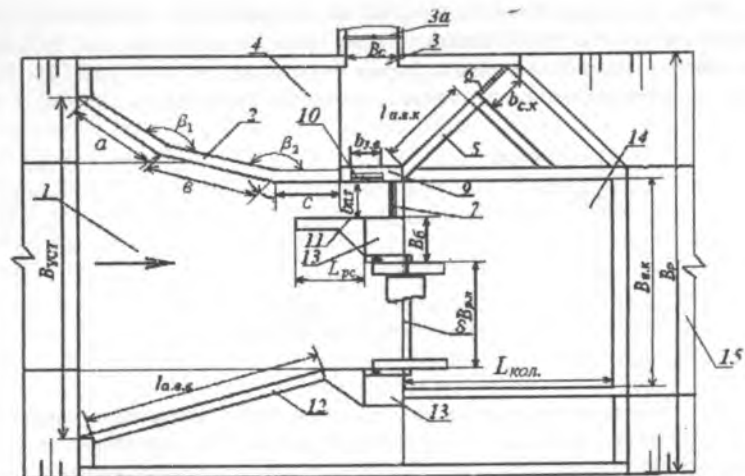


Рис. 10 - Расчетная схема модели водозаборного сооружения для деривационных ГЭС (ВДГ -1): 1 – верхний бьеф; 2 – наносозащитный порог; 3 – водоприемный оголовок; 3а – регулятор расхода отводящего канала; 4 – водоприемная камера; 5 – автоводослив водоприемной камеры; 6 – затвор сбросного отверстия; 7 – сдвоенный затвор; 8 – затвор речного пролета; 9 – разделительная стенка; 10 – зимний водозабор; 11 – промывной тракт; 12 - автоводослив; 13 – быки; 14 – водобойный колодец; 15 – отводящее русло.

В ходе второго этапа исследований были определены рациональные величины относительной длины средней секции наносозащитного порога w/a , (см. рис. 10) в зависимости от уклона дна русла i_p . Рекомендованные значения относительной длины средней секции трехсекционного наносозащитного порога представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Допустимые значения длины средней секции порога w/a

Уклоны дна подводящего русла i_p					
0,007	0,012	0,017	0,024	0,028	0,038
0,5 ÷ 1,0	1,0 ÷ 1,5	1,0 ÷ 1,5	1,0 ÷ 1,5	1,0	1,0

При исследовании водопропускной способности трехсекционного ломаного в плане наносозащитного порога была получена функциональная зависимость для определения коэффициента расхода истечения через гребень:

$$m_{нн} = 0,31 + 0,0601 \left(\frac{H_{нн}}{C_n} - 0,867 \right), \quad (13)$$

Приведенная зависимость была рекомендована для расчетов при отношениях $H_{нн}/C_n$ от 0,867 до 3,0 (здесь $H_{нн}$ - напор воды над средней частью порога, C_n - ширина гребня порога в поперечном сечении).

Далее приводятся исследования по определению возможной величины понижения высоты трехсекционного ломаного в плане порога. Исследования проводились на модели водозаборного сооружения (см. рис.10). Расчетная схема понижения гребня на начальном участке представлена на рис. 11.

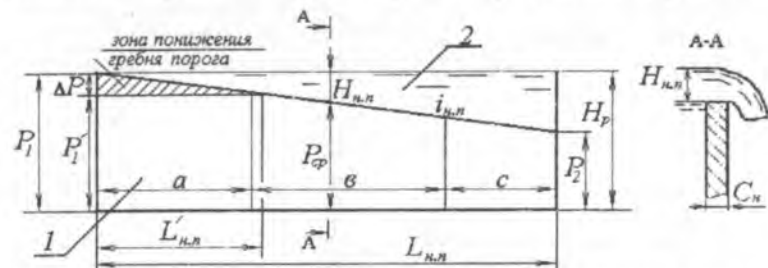


Рис. 11 – Расчетная схема ломаного в плане наносозащитного порога: 1 – наносозащитный порог; 2 – водосливной фронт при истечении через гребень наносозащитного порога; P'_1 – высота участка порога после понижения; L'_n – длина рассматриваемой области понижения порога.

На основании результатов этих исследований было установлено, что при понижении отметки гребня на начальном участке порога происходит повышение его пропускной способности и наносозащитных характеристик. Границы допустимых величин зоны понижения гребня порога приведены на рис. 12.

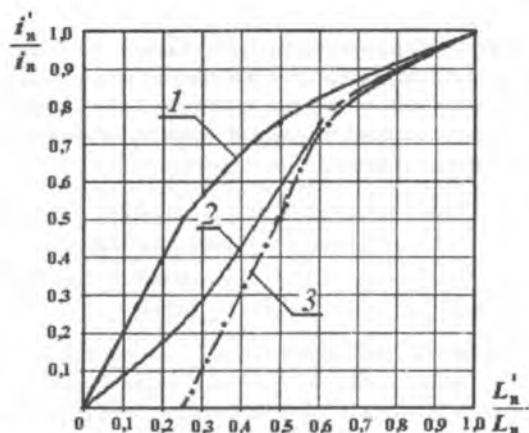


Рис. 12 – Границы зон допустимого понижения начального участка трехсекционного ломаного в плане наносозащитного порога в зависимости от относительного уклона гребня i'_n/i_n в зоне понижения и относительной длины этого участка L'_n/L_n : 1 – граница допустимых параметров зоны понижения для порогов с первоначальным уклоном гребня 0,06; 2 – граница допустимых параметров для порогов с первоначальным уклоном гребня 0,07; 3 – граница параметров для порогов с первоначальным уклоном гребня 0,08

По результатам экспериментальных исследований промывного тракта было определено, что относительная высота промежуточного бычка 13 (см. рис. 10) между речным пролетом и промывным трактом составляет $h_{н.п.}/H_p = 0,743 \pm 0,94$. Допустимое расстояние от концевой части наносозащитного порога до затвора промывного тракта l/H_p , находится в пределах от 0,2 до 0,55. При этих размерах конструктивных элементов наблюдается наименьший захват влекомых наносов в водоприемную камеру.

Однако, устройство затвора зимнего водозабора 10 (см. рис.10) в промывном тракте нарушает условие транспорта наносов при указанных допустимых пределах для рекомендованного расстояния l/H_p . Это вызвало необходимость устройства горизонтального козырька на нижней грани затвора промывного тракта (см. рис 5). По результатам лабораторных исследований было установлено, что при относительной длине горизонтального козырька $l_{коз}/H_p$ от 0,35 до 0,55 наблюдается повышенная транспортирующая способность сбрасываемого потока воды. Максимальный эффект сброса наносов в нижний бьеф сооружения наблюдался при открытиях затвора с горизонтальным козырьком на величину $a_{нр}/l_{коз} = 0,24 \pm 0,28$. В этих пределах коэффициенты водозабора изменяются от 0,6 до 0,83, причем большие значения соответствуют варианту с донной вставкой (см. рис. 7).

При наибольшем коэффициенте водозабора a_n , и увеличении открытия затвора основного промывного тракта транспортирующая способность сбрасываемых расходов воды снижается. Это определило необходимость устройства дополнительного промывного тракта (см. рис. 8в), который включается в работу при коэффициентах водозабора от 0,75 до 0,9.

На третьем этапе исследовался вопрос необходимости устройства концевой части ломаного в плане наносозащитного порога с противоположной направленностью относительно начального и среднего участка порога (см. рис. 8б). Использование такой конструкции наносозащитного порога было определено теоретически (см. рис. 4). Исследования проводились на физической модели, схема которой приведена на рис. 13.

В ходе исследований были определены относительные значения длин секций наносозащитных порогов для различных уклонов дна подводящего русла, приведенные в таблице 3. При этих значениях длин секций наблюдался допустимый процент ($\leq 5\%$) захвата влекомых наносов в водоприемную камеру от массы наносов, транспортируемых по подводящему руслу.

Исследуя водопропускную способность четырехсекционных ломаных в плане наносозащитных порогов с уклонным гребнем, была получена зависимость для определения коэффициента расхода:

$$m_{Ac.n} = -0,0281 \left(\frac{H_{н.п.}}{C_n} \right)^2 + 0,171 \frac{H_{н.п.}}{C_n} + 0,1277, \quad (13)$$

Эта зависимость рекомендована для относительного среднего напора $H_{н.п.}/C_n = 1,3 \dots 3,2$.

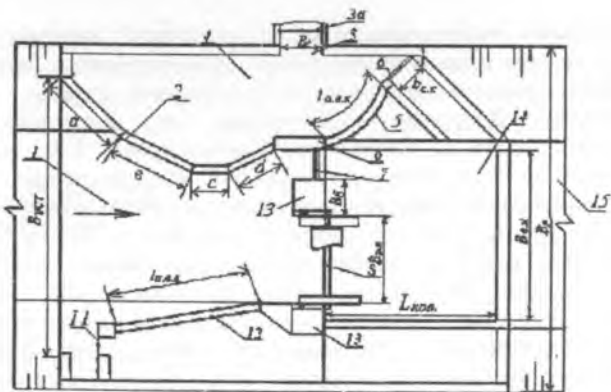


Рис. 13 - Модель водозаборного сооружения из горных рек: 1 – верхний бьеф; 2 – наносозащитный порог; 3 – водоприемный оголовок; 3а – регулятор расхода; 4 – водоприемная камера; 5 – автоводослив; 6 – сбросное отверстие; 7 – основной промывной тракт; 8 – речной пролет; 9 – разделительная стенка; 10 – конечная секция порога; 11 – дополнительный промывной тракт; 12 – автоводослив; 13 – быки; 14 – водобойный колодец; 15 – отводящее русло.

Таблица 3 - Относительные длины секций четырехсекционных порогов.

№ вар.	Уклоны дна подводящих русел i_p								
	0,017 – 0,028			0,028			0,038		
	$b/L_{н.н}$	$c/L_{н.н}$	$d/L_{н.н}$	$b/L_{н.н}$	$c/L_{н.н}$	$d/L_{н.н}$	$b/L_{н.н}$	$c/L_{н.н}$	$d/L_{н.н}$
1	0,236	0,086	0,0177	0,208	0,086	0,104	0,104	0,086	0,156
2	0,236	0,086	0,236	0,208	0,086	0,156	0,208	0,086	0,156

Проводя изучение перераспределения продольных составляющих местных скоростей в зоне циркуляционного вальца по длине четырехсекционного порога с уклонным гребнем, нами были обнаружены зоны сбойных течений. Эти зоны наблюдались вдоль концевых участков порогов № 2 (см. таблицу 3) при уклонах дна подводящего русла 0,017, 0,024 и 0,028. Распространение этих зон вызывало интенсивный захват донных наносов в водоприемную камеру в режимах переформирования призм наносов в верхнем бьефе.

Устройством донной вставки в промывном тракте высотой $0,4H_p$ позволило ликвидировать образование таких сбойных зон и повысить продольные составляющие скоростей в циркуляционном вальце, что улучшило наносозащитные характеристики исследуемых порогов.

С целью расширения области применения водозаборных сооружений, оборудованных ломаными в плане наносозащитными порогами, нами была рассмотрена возможность их применения на реках, относящиеся к III-й группе по классификации К.Ф. Артамонова, которые характеризуются относительно высокими расходами (до $350 \text{ м}^3/\text{с}$) мутностью потока $\rho = (0,35-4,33) \text{ г/л}$ и сравнительно малыми уклонами дна реки ($i_p = 0,007 - 0,012$)

Устройство в промывном тракте донной вставки повысило наносозащитные характеристики четырехсекционных порогов. При этом нами рассматривалась возможность устройства наносозащитных порогов с горизонтальным гребнем, с коэффициентом расхода $(0,398+0,41)$. Исследовались два варианта исполнения секций порога, относительные размеры которых приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Варианты исследуемых конструкций четырехсекционных порогов с горизонтальным гребнем

№ вар.	Относительные длины секций порога.			
	$a/L_{н.н}$	$b/L_{н.н}$	$c/L_{н.н}$	$d/L_{н.н}$
1	0,442	0,236	0,086	0,236
2	0,501	0,236	0,086	0,177

По результатам исследований порогов с горизонтальным гребнем при коэффициенте водозабора 0,9, были сделаны следующие наблюдения:

- при высоте порога $(0,65 \div 0,7)H_p$ в верхнем бьефе сооружения происходит недопустимое поднятие гребня призмы влекаемых наносов;
- при высоте порога $(0,75 \div 0,8)H_p$ его длина приближается к ширине потока по верху в подводящем русле. Это обеспечивает равномерное перераспределение удельных расходов потока перед порогом, и образует устойчивый циркуляционный валец;
- при уклоне дна в подводящем русле модели сооружения $i_p = 0,007$ лучшие наносозащитные характеристики были обеспечены при варианте порога №1, а при уклоне дна реки $i_p = 0,012$, необходимая наносозащита обеспечивается при варианте №2 порога (см. табл.4).

В этой главе описаны модельные исследования гидравлических характеристик СПКЗ (см. рис 9), результаты приведены на рис. 14.

При этом обосновывается методика определения параметров водоприемных оголовков и расчетных глубин в водоприемных камерах сооружений с учетом особенностей гидроэнергетических и ирригационных систем Кыргызстана. Результаты проведенных модельных исследований подтвердили аналитические выводы, сделанные ранее при конструировании СПКЗ и подтвердили, что разработанное устройство является стабилизатором расхода воды, способным проводить водоподачу в отводящий канал водозаборного сооружения в паводковый период с точностью до 3%, при диапазоне изменения глубин в водоприёмной камере $H_{в.пр}/H_{в.пр.макс}$ от 1 до 2.

Результаты проведенных натурных исследований зимнего гидрологического режима рек Ала-Арча и Аламедин Кыргызстана, которые были выбраны в качестве репрезентативных для зимних условий с учетом особенностей типов питания и топографии местности. По результатам опытов было определена предельная величина шугонасыщения потока для малых горных рек республики с малой родниковой подпиткой, которая составила 0,25.

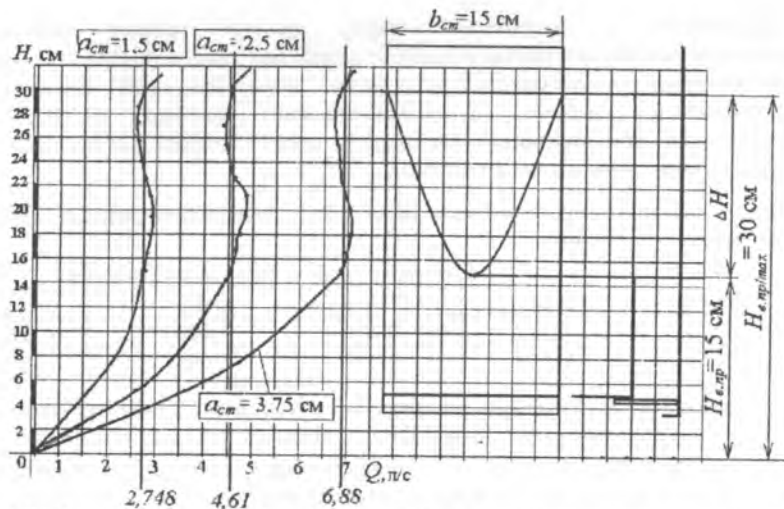


Рис. 14 - Совмещенная расчетная схема СПКЗ и графиков зависимости $Q = f(H_{кр})$ при различных величинах открытия a_{cm} (на схеме указаны размеры модели масштаба 1:10).

В пятой главе представлены результаты исследования схем регулирования русловых процессов при водозаборе из горных рек. В частности, приведены результаты исследований сопрягающих участков зарегулированных русел низконапорных плотинных водозаборных сооружений с бытовыми руслами рек. Обосновывается необходимость устройства перед криволинейным подводящим руслом прямолинейного участка (рис. 15), для создания устойчивой циркуляции водного потока перед водоприемными элементами.

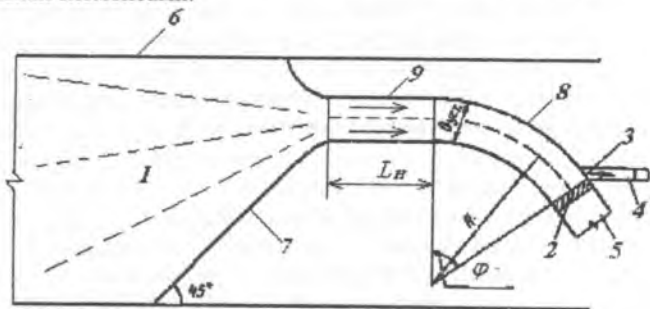


Рис. 15 - Вариант устройства регуляционных сооружений при криволинейных руслах: 1 – подводящее русло реки; 2 – водозаборное сооружение; 3 – водоприемник; 4 – отводящий канал; 5 – отводящее русло гидроузла; 6 – берега бытового русла реки; 7 – струе направляющие дамбы; 8 – криволинейное русло; 9 – прямолинейный водопроводящий участок.

Как известно, циркуляция развивается вдоль вогнутого берега и перемещает влекомые наносы и донные отложения при паводке в сторону водосбросных устройств размещаемых со стороны выпуклого берега.

Рекомендована формула, для определения длины прямолинейного участка подводящего русла водозаборного сооружения в зависимости от уклона дна бытового участка реки:

$$\frac{L_H}{B_{уст}} = 34,976i_p + 0,976, \quad (14)$$

Изучены условия, при которых происходит процесс заиления отводящего зарегулированного русла в нижнем бьефе водозаборного сооружения со стороны бытового отводящего русла реки большей ширины. Полученные опытные данные свидетельствуют, что процесс заиления, с поднятием отметок дна, интенсивно происходит при прохождении речных расходов с величиной менее $5/7 Q_{р.ф.}$. Описаны качественные характеристики процесса заиления отводящего зарегулированного русла, который проходит циклично с определенной периодичностью (рис. 16).

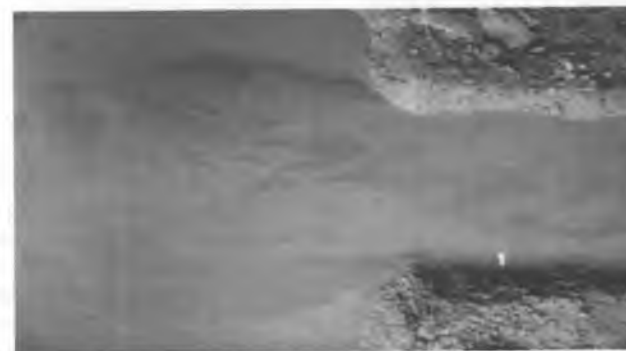


Рис. 16 – Заиление отводящего участка зарегулированного русла со стороны бытового отводящего русла реки, имеющего большую ширину

Проводя графические построения с использованием математической модели (3), для условий: уклон дна русла $i_p = 0,038$, средняя скорость потока $v = 0,644$ м/с, угол кривизны $\varphi = 56^\circ$, приращение поперечного уклона потока $\Delta I = 0,000001733$ нами были получены поперечные сечения подводящего зарегулированного русла, представленные на рис. 17.

Сравнение результатов расчетов и моделирования при определении объемов деформаций дна подводящего русла показало:

- максимальная сходимость объемов размыва и заиления дна наблюдается на участках, размещаемых между сечениями с углом кривизны $15^\circ - 30^\circ$ и $30^\circ - 45^\circ$;
- на участках кривизны $0^\circ - 15^\circ$ и $45^\circ - 56^\circ$ расхождения в объемах заиления превышают 10% отклонения. Это, на наш взгляд, вызвано влиянием подпорного створа сооружения.

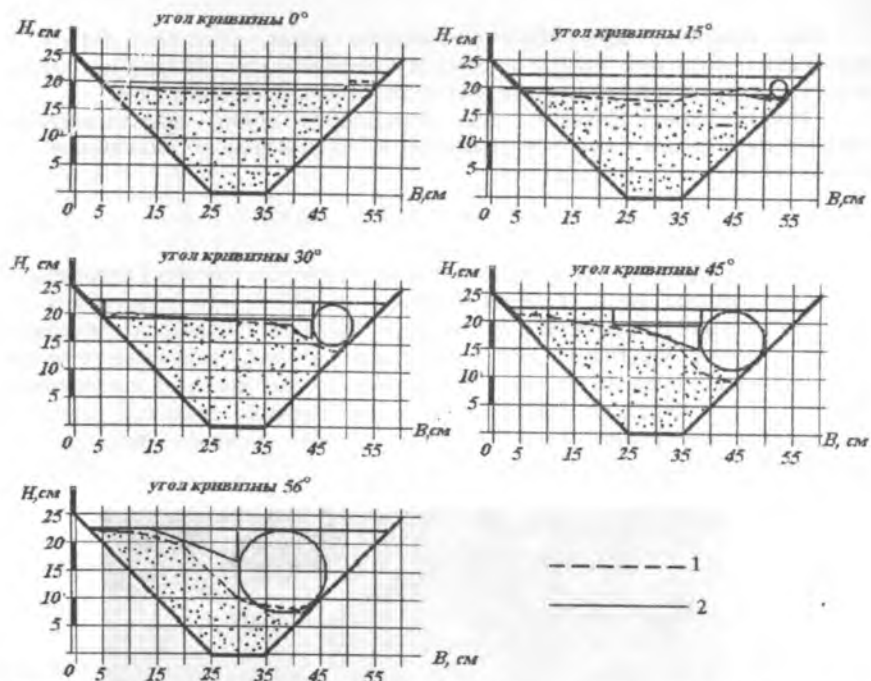


Рис. 17 – Поперечные сечения криволинейного подводящего русла при прохождении руслоформирующих расходов воды, построенные по результатам теоретических расчетов: 1 – положение деформированного дна по результатам физического моделирования; 2 – положение деформированного дна по результатам расчетов

Полученные результаты свидетельствует о необходимости продолжения исследований с учетом механизмов движения двухфазных потоков в подпорных бьефах криволинейных русел.

Также приведены исследования влияния режимов сезонных изменений на развитии рельефа дна в верхнем бьефе низконапорных плотинных водозаборных сооружений.

После определения рациональных параметров наносозащитных элементов водозаборных сооружений нами был проведен ряд поисковых исследований по совершенствованию технологических характеристик устройств служащих для проведения зимнего водозабора и шугосбросов.

В ходе поисковых исследований (рис. 18) с учетом определенных зимних гидрологических условий малых горных рек и недостатков в организации зимнего водозабора на существующих водозаборных сооружениях нами была разработана усовершенствованная компоновочная схема водозаборного сооружения для деривационных ГЭС (ВСДГ - 2) (см. рис. 8в).



Рис. 18 – Модель Водозаборного сооружения для горных рек типа ВСДГ - 2

Согласно схеме эксплуатации в зимний период для разработанной компоновки водозаборного сооружения уровни воды в верхнем бьефе искусственно понижаются до отметки горизонтального гребня наносозащитного порога. Это производится для увеличения поверхностных скоростей потока в шугосбросном тракте. Водоотбор в водоприемную камеру ведется из придонных горизонтов потока через отверстие зимнего водозабора 5 (рис.19), а также из-под затвора верхнего водоприемного отверстия 6. Шуголедовые образования, которые поступают по подводящему руслу, сбрасываются в нижний бьеф через верхнюю поверхность донной вставки при поднятии затвора 7 основного промывного тракта и через гребень опущенного сдвоенного затвора 8 дополнительного промывного тракта.

С целью повышения транспортирующей способности потока в подводящем русле сооружения, было рекомендовано при переводе сооружения на зимний период эксплуатации, производить частичную промывку верхнего бьефа, на участке 3 вдоль наносозащитного порога

Проведение промывки наносов предлагается проводить без применения затвора речного пролета 9, с целью сохранения призмы наносов 4, размещающейся со стороны противоположного берега от водоприемника, по схеме приведено на рис. 19.

Зона промывки 3 верхнего бьефа используется в качестве подводящего русла с ограниченной шириной. Это позволит при прохождении зимних расходов воды повысить скорости потока и осуществлять водозабор из придонных горизонтов без примесей донных наносов при размыве призмы отложений.

С целью определения необходимых параметров частичной промывки верхнего бьефа сооружения и долевого участия верхнего водоприемного отверстия в режиме зимнего водозабора нами были проведенных лабораторные исследования на физической модели в масштабе 1:20.

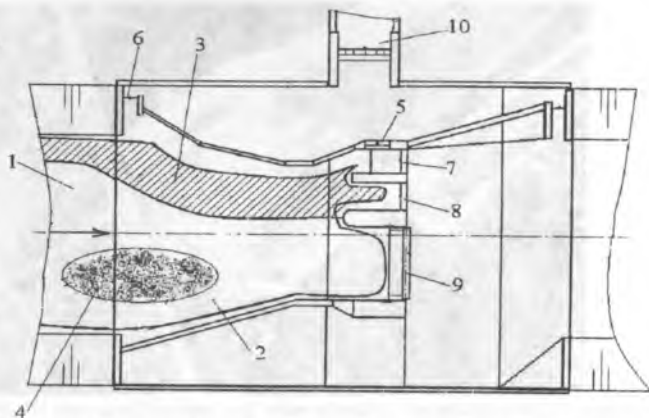


Рис. 19 – Схема размещения призмы наносов в верхнем бьефе водозаборного сооружения (ВСДГ -2) при коэффициенте водозабора, равном 0,9: 1 – подводное зарегулированное русло; 2 – призма наносов; 3 – зона промывки; 4 – сохраняемая призма наносов; 5 – отверстие зимнего водозабора; 6 – верхнее водоприемное отверстие; 7 – промывное отверстие, перекрываемое затвором; 8 – отверстие дополнительного промывного тракта, перекрываемое сдвоенным затвором; 9 – затвор речного пролета; 10 – отводящий канал.

Как показали поисковые исследования по определению рациональных приемов частичных промывок верхнего бьефа, их проведение отличаются от классической схемы удаления отложения наносов при полном открытии всех водосбросных элементов подпорного створа. При этом определенной трудностью является устройство направленной зоны размыва призмы наносов с формированием вторичного русла с параметрами, обеспечивающими достаточную шугопроводящую способность потока.

Было определено, что при проведении частичной промывки верхнего бьефа в нем нужно поддерживать допустимую глубину воды $H_{дон}$, которая обеспечивает устойчивость основного объема призмы наносов и направление перемещения зоны размыва в сторону верхнего бьефа. При этом учитывались определенный дефицит расходов воды в малых горных реках, в зимний период года. С целью определения параметров призмы наносов формирующейся в верхнем бьефе водозаборного сооружения нами был поставлен ряд опытов по регулированию наносного режима в верхнем бьефе сооружения при коэффициенте водозабора $\alpha_w=0,9$, с использованием рекомендаций Р.К. Кромера.

После формирования призмы наносов, в верхнем бьефе, сооружения, оборудованного четырехсекционным ломаным в плане наносозащитным порогом, в конце первой стадии стабилизации отложений, относительное значение высоты призмы наносов было равно $h_{сп.о}^{4с.нор} = 0,78H_p$. Проводя дальнейшее формирование призмы наносов во второй стадии стабилизации,

нами был отмечен вертикальный рост призмы наносов до относительных величин $h_{сп.о}^{4с.нор} \geq 0,87H_p$. Значение допустимой глубины в верхнем бьефе сооружения при частичной промывки было равно $H_{дон} = P_{4с.н.л} = 0,75H_p$.

Направленная промывка проводилась при поднятии затвора 7 основного промывного тракта, оборудованного донной вставкой и сдвоенного затвора 8 дополнительного промывного тракта сооружения (см. рис. 19). При этом по подводному руслу модели подавался многолетний средний расход воды реки Кугарт, равный 1,85 л/с (для природы составляет 3,25 м³/с). Процесс промывки производился до появления в зоне создания направленного вторичного русла средней скорости воды, равной скорости на бытовом участке русла реки $v_p=0,317$ м/с (для природы $v_p=1,42$ м/с) при уклонах дна $i_p=0,012$. Контролируемым фактором в ходе эксперимента служила продолжительность частичной промывки для формирования вторичного русла. В ходе исследований нами было определено рациональное перераспределение сбрасываемых расходов воды между основным и дополнительными промывными трактами сооружения. Минимальная продолжительность частичной промывки верхнего бьефа водозаборного сооружения наблюдалась при сбросе через промывные тракты сооружения следующих относительных расходов воды:

- через основной промывной тракт $Q_{осн.пр} = 0,225Q_{ср.зим}$;
- через дополнительный промывной тракт $Q_{доп.пр} = 0,775Q_{ср.зим}$.

В ходе частичной промывки верхнего бьефа при указанном перераспределении сбрасываемых расходов было сформировано вторичное русло с необходимыми гидравлическими структурами водного потока. Вторичное русло повторяло контур четырехсекционного ломаного в плане наносозащитного порога. Время формирования на модели составило 45 мин., что для природы равно 3,35 ч. Геометрические размеры и гидравлические параметры зоны фрагментарной промывки составили:

- ширина на модели 13,5 см (для природы 2,7 м);
- глубина в начальном створе 4,6 см (для природы 0,92 м);
- глубина перед подпорным створом 5,1 см (для природы 1,02 м);
- уклон дна в зоне промывки 0,009.

В последующем нами были проведены исследования по определению транспортирующей способности двухфазного потока (вода – шуговые комья) движущегося по вторичному руслу. Было установлено, что при проведении водозабора с коэффициентом $\alpha_w=0,8$ через отверстие зимнего водозабора и верхнее водоприемное отверстие сооружения и сбросом шуги через поверхность донной вставки основного промывного тракта в подводном русле организуется транспорт, без образования зазора, при предельном коэффициенте содержания шуговых комьев в потоке, $m_{ср}=0,17$. Также было определено допустимое перераспределение забираемых расходов воды через водоприемники сооружения. Рекомендованная величина расхода воды поступавшего в водоприемную камеру через отверстие зимнего водозабора равно $0,75Q_{зим.вод}$, а через верхнее водоприемное отверстие $0,25Q_{зим.вод}$ ($Q_{зим.вод}$

– расход зимнего водозабора). Учитывая максимальное значение коэффициента шугонасыщения на горно-предгорных участках рек Кыргызстана $m_{ср.макс}=0,25$, нами были проведены исследования по определению предельной величины коэффициента водозабора при таких условиях. Исследования проводились в условиях сформированного вторичного русла и проведении зимнего водозабора только через отверстие зимнего водозабора, размещенного в промывном тракте. Было установлено, что допустимый транспорт шуги в верхнем бьефе сооружения наблюдается при коэффициенте водозабора $\alpha_n=0,53$. При этом величина погружения гребня двояго затвора под уровень воды в верхнем бьефе модели составила 0,32 см (для натуральных условий 0,64 м). Проведенные исследования определили количественные характеристики процесса водозабора в зимних условиях эксплуатации при транспорте по руслу реки двухфазного потока с повышенным содержанием ледошуговых образований.

В шестой главе приведено описание объектов внедрения, натуральных исследований, рекомендации по проектированию и эксплуатации головных сооружений гидроэнергетических и ирригационных систем, составленных с учетом проведенных М.К.Тороповым и А.В.Шпиловым гидравлических исследований. Представлены конструкции водозаборных сооружений для деривационных ГЭС (ВСДГ), которые внедрены при реконструкции гидротехнических сооружений Иссык - Атинской ГЭС в Кыргызстане и строительство гидроэнергетического узла ГЭС – 3 на реке Мерке Республики Казахстан.

На основании проведенных натуральных исследований на объектах производственного внедрения определены следующие положительные моменты в работе ВСДГ на малых горных реках:

- внедрение средств гидравлической автоматизации позволило повысить надежность водозабора из горных рек;
- устройство ломаного в плане наносозащитного порога и промывных трактов с пониженным промежуточным бычком обеспечило эффективную защиту деривационных водоводов ГЭС от влекомых наносов диаметров более 12 мм.

В ходе исследований нами также были выявлено развитие некоторых отрицательных русловых и гидравлических процессов на рассматриваемых сооружениях:

- отложение призмы речных наносов в верхнем бьефе обоих сооружений. На реке Иссык-Ата в верхнем бьефе образовалась гряда наносов вдоль берега подводящего русла; на реке Мерке верхний бьеф перед речным пролстом завален крупными, до 400 мм, фракциями камня;
- зимой 2010 – 2011 года в период шугохода в деривационный канал Иссык-Атинской ГЭС транспортировалось недопустимое количество шуги, что вызвало остановку гидроагрегатов станции на 16 дней;
- частичное разрушение фронтальных и донных частей железобетонных быков в верхнем бьефе водозаборного сооружения на реке Мерке.

Анализ результатов натуральных и модельных исследований показали, что основными причинами, повлекшими возникновение указанных недостатков являются:

- отступление от проектных решений при строительстве (подводящие русла вместо криволинейных выполнены прямолинейными);
- недостаточная изученность вопроса по транспорту шуги в верхнем бьефе сооружения на период строительства ВСДГ (конструкция и компоновка шугозащитных элементов ВСДГ требуют доработки с учетом проведенных исследований);
- причиной частичного разрушения железобетонных конструкций использование низких марок бетона при строительстве сооружения на реке Мерке.

Рассмотренные недостатки были учтены при разработке компоновочной схемы ВСДГ – 2 которая была использована в ходе технико-экономического обоснования проекта «Малые ГЭС на реке Усек» для каскада деривационной ГЭС в Алма-Атинской области Казахстана.

Выполненные расчеты технико-экономической эффективности по вышеперечисленным объектам подтверждают целесообразность использования при проектировании, строительстве и эксплуатации предложенных автоматизированных водозаборных сооружений для организации процесса водозабора их малых горных рек.

ВЫВОДЫ

1. На горно-предгорных участках малых рек наблюдаются гидроморфометрические явления, затрудняющие обеспечение надежной и качественной подачи воды водопотребителям и водопользователям, что делает наиболее оправданным применение на таких участках рек плотинных водозаборных сооружений.
2. Разработанная классификация низконапорных водозаборных сооружений на горных реках определяет связь известных компоновочных схем и способствует разработке более совершенных головных гидротехнических и ирригационных систем. Усовершенствованная структурная модель процесса водозабора позволила определить недостатки существующих схем водозабора из малых горных рек и сформулировать основные направления исследований для совершенствования водозаборных сооружений.
3. Разработанные и исследованные три новые конструкции многофункциональных низконапорных водозаборных сооружений позволяют обеспечить круглогодичный забор воды из различных типов горных рек с максимальным расчетным расходом от 50 до 350 м³/с и уклоном дна реки от 0,007 до 0,038. Аналитически обоснованы: механизм описания качественных и количественных характеристик движения двухфазного потока жидкости (вода-наносы) на криволинейных участках русел, плановая конфигурация наносозащитных порогов, параметры элементов промывных трактов

водозаборных сооружений и элементы новой конструкции стабилизатора расхода воды.

4. Экспериментальными исследованиями, выполненными по разработанной методике лабораторного эксперимента на моделях в масштабе от 1:7 до 1:25, установлены графические и эмпирические зависимости наносозащитных характеристик донных ломаных в плане порогов от их плановой конфигурации и скоростей циркуляционного вальца потока воды, обоснованы рациональные параметры порогов и донных вставок в промывном тракте, способствующих улучшению транспорта наносов в нижний бьеф водозаборного сооружения.

5. Лабораторными исследованиями получены значения коэффициентов расхода при истечении воды через гребни трехсекционных и четырехсекционных порогов, а также параметры затворов сбросного отверстия. Для водозаборного сооружения типа ВСДГ-2 рекомендовано размещение дополнительного промывного тракта со стороны речного пролета. Экспериментально подтверждены стабилизирующие свойства предложенного стабилизатора расхода воды типа секционной параболический коробчатый затвор (СПКЗ), обеспечивающего постоянно подаваемого в канал расхода воды с точностью 3-5% в допустимом диапазоне изменения глубин в водоприемной камере сооружения.

6. В результате экспериментальных исследований обоснована необходимость устройства входного прямолинейного участка перед криволинейным подводным руслом и предложена зависимость для определения его длины. Экспериментально подтверждена правильность математической модели для расчета параметров регуляционных сооружений на участке подводного криволинейного русла. Предложена качественная характеристика процесса заиливания отводящего русла водозаборного сооружения.

Для повышения транспортирующей способности водного потока в зимний период предложен вариант понижения расчетных уровней воды в верхнем бьефе водозаборных сооружений с формированием вторичного русла в призме наносов.

7. По результатам теоретических и экспериментальных исследований разработаны рекомендации по расчету, проектированию и эксплуатации водозаборных сооружений. Определена экономическая эффективность от производственного внедрения ВСДГ-1 в размере: 173,5 тыс. сом на реке Иссык-Ата и 2620 тыс. тенге – на реке Мерке. При рассмотрении разработанных мероприятий в ТЭО проекта «Каскад малых ГЭС на реке Усек» расчетный годовой экономический эффект составил 4112 тыс. тенге.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. **Логинов Г.И.** Водозаборное сооружение для деривационных ГЭС. / Н.П. Лавров, А.И. Рохман, Г.И. Логинов, В.И. Биленко, М.К. Торопов Патент КР №607, МКП Е 02 В 13/00. Оpubл. в БИ. №11, 2003 – 6 с: ил.

2. **Логинов Г.И.** Результаты исследования по определению оптимальных параметров ломаных в плане наносозащитных порогов / Г.И. Логинов, Б.И. Мельников // Вестник КАУ, посвященный 80 – летию со дня рождения профессора Арабаева Э.И., №3.- Бишкек, 2004. – С. 249-253.

3. **Логинов Г.И.** Исследование конструкции промывного тракта водозаборных гидроузлов ирригационно-энергетического назначения. / Б.И. Мельников, Г.И. Логинов // Вестник КАУ, посвященный 70- летию юбилею университета, №1. - Бишкек, 2004. – С. 120-123

4. **Логинов Г.И.** Некоторые гидроморфометрические характеристики горных рек. Г.И. Логинов // Вестник КАУ, посвященный 100 летию М.И. Луцхина, №1(4). -Бишкек, 2005. – С. 112-114

5. **Логинов Г.И.** Результаты исследований зимнего режима некоторых рек Кыргызстана/ Р.С. Бекбоева, Г.И. Логинов // Вестник КАУ, посвященный международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы аграрного образования и науки на современном этапе», №2 .- Бишкек, 2006. – С. 148-150.

6. **Логинов Г.И.** Способы рыбозащиты на речных гидроузлах Швейцарии и Германии и возможность их применения в условиях горных рек Кыргызстана / Н.П. Лавров Н.П., Г.И. Логинов, Н.В. Коржавин // Вестник КРСУ, 2005, том 5, №3.- С. 68 - 71

7. **Логинов Г.И.** Водозаборное сооружение для горных рек. / Н.П. Лавров Н.П., И.К. Рудаков, В.А. Биленко В.А., Г.И. Логинов Г.И., М.К. Торопов // Патент КР №920, МКП Е 02 В 13/00. Оп. в БИ №12, 2006. 6 с.

8. **Логинов Г.И.** Водозаборное сооружение для деривационной ГЭС на р. Иссык-Ата / Н.П. Лавров Н.П., Г.И. Логинов, М.К. Торопов // Гидротехническое строительство, № 12, 2008- М.: НТФ «Энергопрогресс» .- С. 5 – 9.

6. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны [Текст] / [Н.П. Лавров, О.В. Атаманова, Г.И. Логинов и др. / Под ред. Н.П. Лаврова]. – Бишкек: ИД«Салам», 2009. – 504 с.

10. **Логинов Г.И.** Использование технологических приемов и технических устройств, предложенных академиком Я.В. Бочкаревым, при совершенствовании современных конструкций водозаборных сооружений на горных реках. / Н.П. Лавров, И.К. Рудаков, Г.И. Логинов, М.К. Торопов, Д.А. Борисенко // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохоз. производства: сб. научн. тр. под ред. Г.М. Туникова.- Рязань: РГАТУ им. П.А. Костычева, 2009. – С. 249-254.

11. **Логинов Г.И.** Определение параметров усовершенствованной конструкции стабилизатора расхода. Г.И. Логинов // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохоз. производства: сб. научн. тр. под ред. Г.М. Туникова.- Рязань: РГАТУ им. П.А. Костычева, 2009. – С. 254-258.

12. Hydraulic structures for small hydropower engineering of mountain and submountain area [Text] / [N.P. Lavrov, O.V. Atamanova, G.I. Loginov etc. / edited by N.P. Lavrov]. – Bishkek: KRSU, 2009. – 492 p.
13. **Логинов Г.И.** Движение двухфазного потока жидкости (вода наносы) на криволинейном участке русла. / Г.И. Логинов // Вестник КРСУ, 2010, том 10, №2. - С.93 – 97
14. **Логинов Г.И.** Гидравлическое моделирование участка реки Чу при устройстве струенаправляющих шпор для создания карьера сыпучих материалов в районе поселка Берлик Аламудунского района Кыргызстана. / Н.П. Лавров, И.К. Рудаков, Г.И. Логинов, Н.И. Иванова, А.А. Маковский // сб. науч. тр. №65, посвященный памяти академика Ц.Е. Мирцхулава. – Тбилиси: Институт водного хозяйства Грузинского технического университета 2010. – С. 152 – 159.
15. **Логинов Г.И.** Усовершенствованная конструкция стабилизатора расхода воды / Н.П. Лавров, А.И. Рохман, Г.И. Логинов // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий. Сб. науч. тр. Вып. 4. – Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГиМ 2010. – С. 469 – 476.
16. **Логинов Г.И.** Возможности определения некоторых характеристик средств автоматизации речных пролетов водозаборных гидроузлов / Г.И. Логинов // Вестник КГУСТА, № 4 (30). – Бишкек, 2010, С. 259-263.
17. **Логинов Г.И.** Сопряжение бьефов водозаборных сооружений для гидроэнергетических и ирригационных систем / Г.И. Логинов // Materiliy VII Miedzynarodowej naukowí-praktycznej konferencji "Europejska nauka XXI powieka - 2011" Volume 3/ Ekonomiczne nauki/ Premysl. Nauka I studia. – Praha, 2011 – 27 - 41 str.
18. **Логинов Г.И.** Водозаборные сооружения. Монография. / Г.И. Логинов // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2011 175 с.
19. **Логинов Г.И.** Рекомендации по теоретическому определению плановой конфигурации наносозащитного порога / Г.И. Логинов // Сборник научных трудов №66, посвященный памяти профессора М.С. Гогошидзе – Тбилиси; Институт водного хозяйства Грузинского технического университета 2011. – С. 143 – 149
20. **Логинов Г.И.** Новый тип водозаборных сооружений для малых ГЭС / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов, А.В. Шипилов // Гидротехника XXI век, №1 (8) 2012 – С-Петербург: ОАО «ВНИИГ» им. Б.Е. Веденеева С. 51-54
21. **Логинов Г.И.** Классификация водозаборных сооружений. / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов // Materialy VIII mezinarodni vedecko-prakticka conference "Dny vedy" (27 brezen – 05 dubna 2012 roku) po sekcich "Technicke vedy" Publishing House "Education and Science" s.r.o. Praha С. 9-16.
22. **Логинов Г.И.** Шугосбросное устройство водозаборного сооружения для деривационных ГЭС. / Н.П. Лавров Н.П., А.В. Шипилов, Г.И. Логинов. // Патент РФ на полезную модель № 2012126180, МПК Е 02 В 13/00, опубл. 27.12.2012. 9 с: ил.
23. **Логинов Г.И.** Результаты модельных исследований сопрягающих участков водозаборных гидроузлов из горных рек / Н.П. Лавров Н.П., Г.И. Логинов, Ю.Ф. Пархоменко // Вестник КРСУ, 2012, том 12 № 6. – С 36 – 40.
24. **Логинов Г.И.** Водозаборный гидроузел для деривационной ГЭС на реке Мерке. / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов, Д.А. Борисенко, А.В. Шипилов // Гидротехническое строительство, № 10, 2012- М.: НТФ «Энергопрогресс» .- С. 37 – 40.
25. **Логинов Г.И.** Пропускная способность промывного тракта водозаборного сооружения для деривационных ГЭС в зимнем режиме эксплуатации. / Н.П. Лавров, А.В. Шипилов, Г.И. Логинов // Инженерно-строительный журнал №4 (39) СПб. - 2013. - С. 60–69.
26. **Логинов Г.И.** Обоснование конструкции промывного тракта водозаборного сооружения. / Логинов Г.И. // Наука и новые технологии, №3.- Бишкек – 2013 С. 43 – 46.
27. Водозаборное сооружение из горных рек. / Н.П. Лавров, А.В. Шипилов, О.В. Атаманова, Г.И. Логинов // Патент РФ на полезную модель №133537, МПК Е 02 В 13/00, опубл. 20.10.2013. 9с.
28. **Логинов Г.И.** Теория движения жидкости на криволинейных участках зарегулированных русел водозаборных сооружений. / Г.И. Логинов // Наука и новые технологии № 4.- Бишкек – 2013, С. 23-28.
29. **Логинов Г.И.** Опыт внедрения автоматизированных водозаборных сооружений для деривационных ГЭС. / Н.П. Лавров., Г.И. Логинов., А.В. Шипилов //Водное хозяйство Казахстана, №6 (56) – Астана – 2013 С. 6-11.

05.23.07 – «Гидротехникалык курулуш» кесиптери боюнча техникалык илимдеринин доктору деген илимий даражасына ээ болуу үчүн Логинов Геннадий Ивановичтин «Гидроэнергетикалык жана ирригациялык системаларга тоолуу дарыяларынан суу алууда нуктук жана гидравликалык процесстери» аттуу диссертациясы.

Ачык сөздөр: нуктук процесстер, гидравликалык процесстер, суу алуу, суу алуучу курулмалар, жөнгө салуучу курулмалар, суу чыгымын калыптагыч, эксплуатациялоо тартиби, шилендиден коргоочу босоголор, жууш кетүүчү тракттар, түпкү тиркеме, суу кабыл алгыч, тоолуу дарыялардын тартиби, шыргалаң батометри, эки фазалык агымдар, ташуу жөндөмдүүлүк.

• Диссертациялык иште кичи тоолуу дарыялардан жапыз плотиналык суу алуучу курулмалар аркылуу суу алууда нуктук жана гидравликалык жараяндарын изилдөөсү аткарылды. Долбоорлоодо жана курууда материалды сарптоону азайтуу жана эксплуатациялык ишенимдүүлүгүн жогорулатуу максатында негизги суу алуучу курулмалардын жана алардын гидравликалык автоматташтыруу каражаттарын өркүндөтүүсү ишке ашты. Тоолуу кичи дарыялардан суу алуучу курулмалардын классификациясы сунушталды. Курулмалардын жаңылатылган схемасындагы элементтеринин түзүлүштөрүнүн жана параметрлеринин технологиялык, теориялык жана тажрыйбалык негиздөөсү берилди. Кыргызстандагы тоолуу кичи дарыялардын тартибин эске алып, жапыз плотиналык суу алуучу курулмалардын бьефтериндеги нуктук жана гидравликалык жараяндарынын лабораториялык жана иш жүзүндө изилдөөлөрдүн ыкмасы иштелип чыкты. Тоолуу кичи дарыялардын агымында шыргалаңдын сандык мүнөздөмөсүн изилдөө үчүн жаңылатылган шыргалаң батометр түзүлүшү негизделди. Комплекстүү гидравликалык изилдөөлөр аткарылды, курулманын түзмөктөрүнүн конструктивдик мүнөздөгүчтөрү менен тоолуу дарыялардын нуктук, гидравликалык жараяндары жана гидроморфометриялык мүнөздөмөсүнүн байланыштарынын математикалык көз карандылыктары түзүлдү. Анын негизинде инженердик эсептин ыкмасы, долбоорлоо, куруу жана эксплуатациялоо боюнча сунуштар иштелип чыкты. Изилдөөлөрдүн натыйжасы өндүрүшкө киргизилди жана Б.Н.Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетиндеги Архитектура, дизайн жана курулуш факультетинде окуу процессинде колдонулат.

of dissertation of Loginov Gennagy Ivanovich on theme "Bed and hydraulic processes in mountain rivers during water intake in hydropower and irrigation systems " for the degree of doctor of technical sciences , specialty 05.23.07 - Hydraulic Engineering

Keywords: bed processes , hydraulic processes ,water intake , water intake constructures , regulatory structures, flow regulator , operating modes , bedload sediments protecting threshold, wash channels , bottom inset, inlet chamber, modes of mountain rivers , ice-bathometer , two-phase flow, conveying capacity.

• In this work the investigations of bed and hydraulic processes in water intake from small mountain rivers are made. Improving of basic structures of water intakes constructures and their means of hydraulic automation to reduce material costs in their design, construction, and to improve operational reliability are effected. A classification of existing designs of water intake constructures from small mountain rivers, based on signs of portability is proposed. Technological, theoretical and experimental validation of designs and parameters of elements of improved layout schemes of structures is given. The technique of laboratory and field studies of bed and hydraulic processes in bay of low-head dam water intake constructures based on modes of small mountain rivers of Kyrgyzstan is developed. To study the quantitative characteristics of formations of ice-brash in the flows of small mountain river the improved design of ice-bathometer is justified. System hydraulic study is done, prepared mathematical of relationships, interfacing design parameters of devices of structures with hydraulic processes and hydromorphic characteristics mountain rivers, on this basis of this methods of engineering calculation, recommendations for the design, construction and operation are developed. The results of study have been implemented in execution and used in educational process at the Faculty of Architecture Design and Construction of the Kyrgyz- Russian Slavic University. of B.N Yeltsin.

РЕЗЮМЕ

диссертации Логинов Геннадий Иванович на тему: «Русловые и гидравлические процессы при водозаборе из горных рек в гидроэнергетические и ирригационные системы» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.07 – Гидротехническое строительство

Ключевые слова: русловые процессы, гидравлические процессы, водозабор, водозаборные сооружения, регулиционные сооружения, стабилизатор расхода воды, режимы эксплуатации, наносозащитные пороги, промывные тракты, донная вставка, водоприемник, режимы горных рек, шугоботометр, двухфазные потоки, транспортирующая способность.

• В диссертационной работе выполнены исследования русловых и гидравлических процессов при водозаборе из малых горных рек низконапорными плотинными водозаборными сооружениями. Осуществлено совершенствование базовых конструкций водозаборных сооружений и средств их гидравлической автоматизации с целью сокращения материальных затрат при их проектировании, строительстве и для повышения эксплуатационной эффективности. Предложена классификация существующих конструкций водозаборных сооружений из малых горных рек, основанная на признаках преемственности. Дано технологическое, теоретическое и экспериментальное обоснование конструкций и параметров элементов усовершенствованных компоновочных схем сооружений. Разработана методика лабораторных и натурных исследований русловых и гидравлических процессов в бьефах низконапорных плотинных водозаборных сооружений с учетом режимов малых горных рек Кыргызстана. Для изучения количественных характеристик шуговых образований в потоках малых горных реках обоснована усовершенствованная конструкция шугоботометра. Выполнены комплексные гидравлические исследования, получены математические зависимости, сопрягающие конструктивные параметры устройств сооружений с русловыми, гидравлическими процессами и гидроморфометрическими характеристиками горных рек, на этой основе разработаны методики инженерного расчета, рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. Результаты исследований внедрены в производство и используются в учебном процессе на факультете Архитектуры дизайнера и строительства Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина.

Формат 60x84 ¹/₁₆ бумага офсетная. Объем 2 ³/₄ печ. листа.
Тираж 150 экз.

Отпечатано ОсОО «Кут-Бер» г. Бишкек, ул. Медерова, 68