

На правах рукописи

УДК [627.83 : 627.142.1](043.3)

Торопов Михаил Константинович

**ПЛОТИННОЕ ВОДОЗАБОРНОЕ СООРУЖЕНИЕ ИЗ ГОРНЫХ РЕК
ДЛЯ МАЛЫХ ДЕРИВАЦИОННЫХ ГЭС**

Специальность: 05.23.07 - Гидротехническое строительство

Автореферат диссертации

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Бишкек 2008

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

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор Лавров Н.П.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Филончиков А.В.
кандидат технических наук Хасанов Р.Ф.

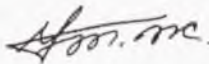
Ведущая организация – Институт водных проблем и
гидроэнергетики НАН КР

Защита состоится « 4 » июля 2008 г. в 14⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций К 06.07.358 при Кыргызском аграрном университете им. К.И. Скрябина по адресу: 720005, г. Бишкек, ул. Медерова, 68, тел. (996 312) 54-52-10, факс: (996 312) 54-05-45, e-mail: kaa@imfiko.bishkek.su.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского аграрного университета им. К.И. Скрябина.

Автореферат разослан « 03 » июля 2008 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук



Жусупов У.Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. В настоящее время в Кыргызской республике используется не более 7..8% валового гидроэнергетического потенциала (180 млрд. кВт часов в год), а гидроэнергетика считается одним из приоритетных направлений развития экономики страны.

Весомый вклад в выработку электроэнергии могут внести малые гидроэлектростанции, использующие потенциал малых рек. Согласно “Программе развития малой гидроэнергетики Кыргызской Республики” до 2010 года намечается восстановить 39 существовавших ранее малых ГЭС на горных реках общей мощностью 22 МВт и построить 12 малых ГЭС на реках и водохранилищах мощностью не менее 10 МВт.

Накопленный опыт эксплуатации малых деривационных ГЭС показывает, что существует ряд нерешенных проблем, связанных с проектированием и эксплуатацией таких электростанций. Гидротехнические сооружения, и в первую очередь, водозаборные сооружения являются наиболее уязвимой частью гидроэнергетических узлов. К их основным недостаткам можно также отнести:

- недостаточную пропускную способность в период прохождения паводков по горным рекам;
- перебои в водозаборе в деривацию, связанные с низкой надежностью сооружений;
- отсутствие средств гидравлической автоматизации и водоучета, т.е. измерения расхода и стока воды, подаваемой в деривацию;
- низкие наносозащитные характеристики;
- непригодность сооружений к зимнему режиму работы.

Перечисленные недостатки приводят к тому, что не обеспечивается безопасный пропуск паводков через сооружение, в деривационный канал попадает большое количество наносов, что приводит к быстрому его заилению, особенно во время прохождения по реке паводковых расходов, а иногда и к износу основного оборудования ГЭС, не обеспечивается стабильная водоподача в деривацию, в зимний период возникают сложности с обледенением, пропуском шуги и т.п.

В последние годы вопрос восстановления и сооружения новых малых ГЭС в Кыргызстане и других странах Центральной Азии приобрел еще большую актуальность, в связи с появившимся дефицитом электроэнергии, удорожанием органического топлива, а также появлением состоятельных лиц, желающих иметь собственные электростанции.

Из этого следует, что вопрос разработки новых, эффективных для применения в целях малой гидроэнергетики водозаборных сооружений является актуальной задачей, как в Кыргызской Республике, так и в других странах мира с горным рельефом.

Разработки и исследования по диссертации проведены в 2002-2008 гг. в соответствии с планом НИР кафедр НВИЭ и ГТС и ВР КРСУ, госбюджетной темой КР-10 «Моделирование водозабора из горных рек для малых ГЭС»

сооружения и проектом МНТЦ КР-1130 «Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны».

Цель и задачи исследования. Цель исследований заключается в разработке, исследовании и внедрении в производство водозаборного сооружения для деривационной ГЭС (ВСДГ) новой конструкции, учитывающего специфику круглогодичной эксплуатации; реализации новых подходов к расчету и проектированию водозаборных сооружений из горных рек для малой энергетики.

Задачами исследования являются:

1) обзор и анализ, натурное обследование существующих водозаборных сооружений для малых ГЭС Кыргызстана;

2) рассмотрение возможности применения существующих математических моделей для описания топографии подводящего криволинейного русла водозаборных сооружений и происходящих в нем процессов;

3) усовершенствование конструкции водозаборного сооружения для деривационных ГЭС;

4) исследование гидравлических явлений и математическое описание пропускной способности конструктивных элементов ВСДГ;

5) составление баланса расходов воды, напоров и мощности малой деривационной ГЭС при различных режимах работы ВСДГ;

6) разработка и исследование нового способа измерения расхода воды в головной части каналов-быстротоков;

7) совершенствование методики гидравлического расчета и рекомендаций по проектированию и эксплуатации ВСДГ.

Научная новизна диссертации состоит в:

– применении и экспериментальной проверке математических моделей для описания процессов трансформации подводящего криволинейного участка русла водозаборного сооружения на горных реках;

– разработке новой конструкции водозаборного сооружения ВСДГ, способной функционировать круглогодично при различных гидрологических и эксплуатационных режимах;

– исследовании пропускной способности элементов ВСДГ, уточнении расходных характеристик затворов, отверстий и порогов сооружения;

– составлении баланса расходов воды через элементы ВСДГ, позволяющего наладить водоучет на водозаборном сооружении, а также балансов напора и мощности на примере малой ГЭС на реке Иссык-Ата, необходимых для расчета выработки электроэнергии;

– уточнении математических зависимостей для определения расходов воды через элементы водозаборного сооружения, связывающих гидравлические и конструктивные параметры;

– предложении и обосновании нового способа определения расходов воды на головных участках быстротечных каналов, основанного на измерении критической глубины потока.

Практическая значимость работы заключается:

– в разработке, теоретическом и экспериментальном обосновании усовершенствованной конструкции водозаборного сооружения для деривационных ГЭС, которое может применяться на горных реках в круглогодичном режиме;

– в обосновании простого и нетрудоемкого способа измерения расходов воды на головных участках быстротечных каналов;

– в составлении диаграммы распределения расходов воды через элементы ВСДГ, которая может быть использована эксплуатационным персоналом сооружения, а также для составления компьютерных программ.

Реализация и экономическая эффективность полученных результатов.

Разработанная и запатентованная конструкция водозаборного сооружения для деривационных ГЭС запроектирована ПКТИ «Водавтоматика и метрология» и построена в 2007 году на реке Иссык-Ата в Чуйской области Кыргызской Республики, что подтверждается актом внедрения.

Годовая экономическая эффективность от внедрения автоматизированного водозаборного сооружения составляет 67,2 тыс. сом. Рекомендации по гидравлическому расчету, проектированию и эксплуатации ВСДГ переданы в проектную организацию ПКТИ «Водавтоматика и метрология».

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- технологическое обоснование и конструктивная схема ВСДГ при круглогодичной эксплуатации в автоматизированном режиме;
- теоретическое и экспериментальное обоснование пропускной способности основных элементов ВСДГ, диаграмма распределения расходов воды через элементы ВСДГ;
- уравнения баланса расходов через элементы ВСДГ при четырех эксплуатационных режимах;
- уравнения баланса напоров и мощности на примере деривационной ГЭС Иссык-Ата;
- способ измерения расходов воды на головной части быстротечных каналов;
- основы гидравлического расчета, рекомендации по проектированию и эксплуатации ВСДГ.

Личный вклад в решение проблемы. На основе анализа научных материалов автором сформулированы цели и задачи исследований, намечены основные пути их реализации. Диссертация выполнена на основе экспериментальных исследований, проведенных автором на базе гидротехнической модельной площадки (ГМП) ОАО «Кыргызсуудолбоор» и

полигона гидротехники и энергетики КРСУ. Самостоятельно проведена основная часть теоретических исследований, обработка и обобщение экспериментальных данных.

Результаты исследований апробированы автором в учебном процессе на кафедре НВИЭ КРСУ.

Апробация работы. Основные результаты научных исследований и разработок докладывались и были одобрены на научно-технических конференциях КРСУ (2001-2007 гг.), на семинаре швейцарской программы NCCR «Север-Юг» в 2003г. На семинаре инженерного факультета Университета Тренто (Италия) в 2005 г., на техническом совете государственного агентства по науке и новым технологиям в 2006 году. На международном симпозиуме RCEM (Речная, Прибрежная, Эстуариевая Морфодинамика), проведенном IANR (Международная Ассоциация Гидравлики и Исследований) в сентябре 2007 в Нидерландах. На международной научно-технической конференции МНТЦ «Альтернативная энергетика и проблемы энергосбережения» в 2008 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ из них четыре в специализированных изданиях Кыргызстана, одна в периодическом издании Казахстана, одна в материалах международной ассоциации гидравлики и исследований (IANR), получено два патента КР на изобретение в «Кыргызпатенте».

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит: введение, пять глав, заключение, приложение. Диссертация изложена на 156 страницах машинописного текста, включает 67 иллюстраций, 18 таблиц, одно приложение, список использованной литературы, состоящий из 105 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации приводится обзор и анализ конструкций водозаборных сооружений. Сформулированы цель и задачи разработок и исследований.

Проведенные ранее исследования показали, что гидроэнергетический потенциал малых рек Кыргызской Республики по всем ее областям позволяет соорудить 92 новых малых ГЭС суммарной мощностью около 178 МВт и среднегодовой выработкой до 1,0 млрд. кВтч электроэнергии. Кроме того, в соответствии с Правительственной программой развития малой энергетики планируется восстановить 39 малых ГЭС общей мощностью 22 МВт и среднегодовой выработкой до 100 млн. кВтч электроэнергии.

Таким образом, освоение гидроэнергетических ресурсов путем строительства малых ГЭС является одним из приоритетных направлений в развитии экономики Республики.

Изучение водноэнергетического кадастра источников позволило установить, что наиболее значительными ресурсами обладают горные и предгорные участки малых рек. Самым распространенным видом

гидроэнергетических установок на таких реках являются деривационные ГЭС мощностью от 100 до 10000 кВт с открытой несаморегулирующей деривацией.

Как показал опыт эксплуатации более 100 малых гидроэлектростанций Кыргызстана в 30-е – 70-е годы прошлого столетия и девяти деривационных ГЭС, функционирующих в настоящее время, водозаборные сооружения являются наиболее уязвимой частью энергетических гидроузлов. Они размываются паводком, пропускают речные наносы в деривацию, заваливаются льдом и шугой.

В ГОСТ 26966 предусмотрено деление водозаборных сооружений на поверхностные и глубинные. Однако, такое деление является недостаточным, поэтому многими авторами предложены дополнительные признаки классификации водозаборных сооружений, рассматриваемые в диссертации.

Водозабор является также актуальной проблемой в странах Европы и Америки, в многочисленных публикациях отмечаются значительные недостатки существующих водозаборных сооружений. Наиболее удачной и современной для этих регионов считается разновидность водозаборного сооружения тирольского типа – Флотационная решетка (Coanda Screen). Эксплуатация подобного типа сооружений в условиях горных рек Кыргызстана показала их несовершенство.

Бесплотинные водозаборные сооружения на малых реках в условиях Кыргызстана не обеспечивают потребностей малых ГЭС в воде и могут применяться только для микроГЭС мощностью не более 100 кВт.

Учитывая технологические требования, условия и критерии применения того или другого способа водозабора можно сделать вывод, что каждому типу водозаборного сооружения соответствует только строго определенный участок горной реки, на котором он может выполнять свои функции в полном объеме.

С целью оценки эффективности работы и эксплуатационных характеристик было проведено натурное обследование ряда водозаборных сооружений, расположенных на реках Чуйской области Кыргызской Республики, а также некоторых водозаборных сооружений, расположенных на севере Италии в провинции Трентино.

Необходимо отметить, что в Кыргызстане имеется большой положительный опыт строительства и эксплуатации современных ирригационных водозаборных узлов с гидравлическими средствами автоматизации. Разработкой и исследованием таких сооружений занимались Я.В. Бочкарев, Э.Э. Маковский, Г.В. Соболин, И.К. Рудаков, А.В. Филончиков, Б.И. Мельников, С.С. Сатаркулов, А.И. Рохман и др. Г.И. Логиновым совместно с Б.И. Мельниковым была предложена и исследована компоновка водозаборного гидроузла ирригационно-энергетического назначения, доведенная до стадии проектных решений.

Анализ конструкций существующих энергетических и ирригационных водозаборных сооружений, а также учет выявленных в процессе их эксплуатации недостатков и уточненных требований к водозаборным

сооружениям, сформулированных в диссертации, позволил разработать новую конструкцию водозаборного сооружения для деривационных ГЭС (ВСДГ).

Во второй главе приводится описание и анализ математических моделей движения двухфазного потока в криволинейном подводном русле водозаборного сооружения, рассматривается актуальность вопроса математического моделирования, а также приводится предварительная оценка возможности применения некоторых математических моделей.

Задачу построения математической модели условно можно разделить на две части: первая – движение воды и наносов в подводном русле, вторая – движение воды и наносов в пределах самого водозаборного сооружения.

В данной главе рассматриваются наиболее известные существующие математические модели русловых процессов: математическая модель для реки Большая Кокшага (тип а), 3-х мерная модель Семинара и Солари (тип б), 2-х мерная модель Золецци и Семинара (тип в).

Приводится предварительная проверка возможности применения математических моделей типов а) и в) для моделирования подводных русел водозаборных сооружений на горных реках.

Из проделанного анализа можно сделать следующие выводы:

- для математической модели типа а): модель, разработанная для равнинной реки дает хорошую сходимость результатов с натурой только при малой глубине потока, или другими словами при малом отношении h/V . Для горных же рек она должна быть адаптирована специально, тем более, когда речь идет о зоне влияния кривой подпора;
- для математической модели типа в): сравнивая результаты можно заметить, что конфигурация дна, и в частности, продольных профилей по результатам моделирования и экспериментов отличается. В частности, продольный профиль размываемого берега, полученный по результатам математического моделирования, не воспроизводит профиль с двумя зонами максимального размыва. Но данная модель гораздо сложнее и учитывает множество факторов, дает возможность определить векторы скоростей и поперечник в любом месте поворота русла.

Предложена также математическая зависимость для определения эквивалентной ширины зарегулированного русла, частично занесенного наносами.

В третьей главе приводится описание пропускной способности элементов водозаборного сооружения для деривационных ГЭС, составлены уравнения баланса расходов для ВСДГ, теоретически описаны и определены расходы воды, проходящей через элементы водозаборного сооружения.

Ставится задача теоретического изучения пропускной способности элементов водозаборного сооружения с тем, чтобы составить общий баланс расходов, проходящих через водозаборное сооружение для деривационных ГЭС (ВСДГ). Затем на базе этого баланса и составленного баланса напоров по способу Н.К. Малинина дано описание баланса мощности на примере Иссык-Атинской деривационной ГЭС. Следует отметить, что попытка составления

водноэнергетического баланса на примере автоматизированного водозаборного сооружения в Кыргызстане предпринимается впервые. Исследования выполнены по элементам сооружения для четырех гидрологических режимов реки и в разных режимах водоотбора, с целью составления математической модели деления расходов на водозаборном сооружении. Такая модель необходима для рационального проектирования и эффективной эксплуатации водозаборного гидроузла и малой ГЭС в целом. Баланс расходов позволяет оценить степень использования водотока по расходу, а с учетом баланса напоров и мощности прогнозировать выработку ГЭС.

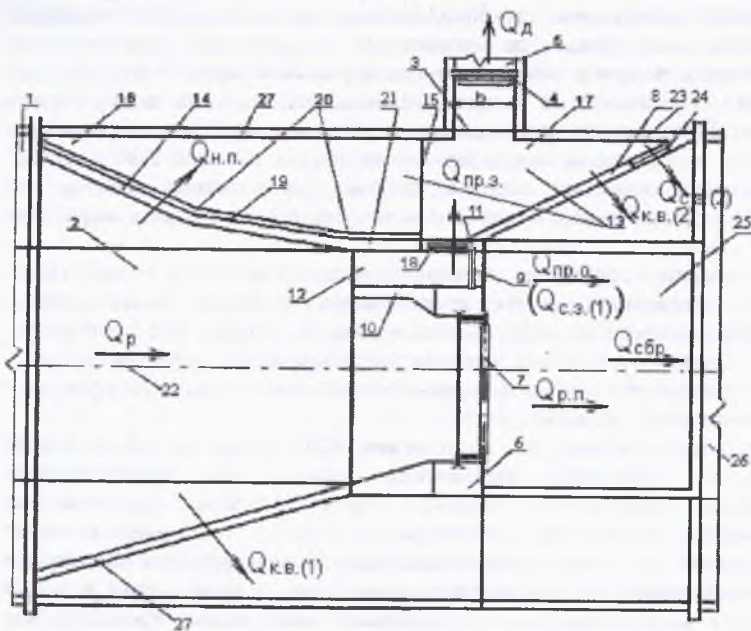
Водозаборное сооружение для деривационных ГЭС (ВСДГ) конструкции КРСУ-КАУ предназначено для круглогодичного забора постоянных в определенной дискрете времени расходов воды из горных рек в открытую деривацию. Данное сооружение является головным, вода из него поступает в деривационный канал и далее в напорный бассейн и напорные трубопроводы к гидротурбинам электростанции.

Необходимо отметить, что компоновка ВСДГ базируется на известных конструктивных решениях кыргызских ученых для ирригационных водозаборных сооружений. Однако, здесь внесены существенные конструктивные изменения, связанные с тем, что энергетические гидросооружения в отличие от ирригационных эксплуатируются не только в вегетационный период, но и в холодное время года. В связи с этим, в состав водозаборного сооружения (рис. 1) включены такие новые элементы, как сдвоенные затворы 9 и 27 для сброса шуги, придонный затвор 18 для зимнего водозабора, телескопические шандоры 22 на внутренней грани гребня наносозащитного порога 19. Сам ломанный в плане наносозащитный порог 19 для увеличения пропускной способности и наносозащитных свойств имеет конструктивные отличия от применявшихся ранее для защиты водоприемника 13 от наносов косонаправленных, радиальных и сдвоенных циркуляционных порогов.

С научной и практической точки зрения представляет интерес определение как общей пропускной способности нового гидротехнического сооружения, так и пропускной способности его отдельных элементов.

Вначале была проанализирована возможность применения полученных ранее формул, определяющих расходы отдельных элементов конструкции ВСДГ. Для наносозащитного порога и затвора-автомата предельного уровня верхнего бьефа нами были предложены новые математические зависимости для определения расхода воды.

Ломанный в плане наносозащитный порог ВСДГ представляет собой три прямолинейные в плане секции разной длины и ширины, каждая из которых имеет собственный уклон гребня, отличный от других секций (рис. 1, 2).



1 – зарегулированное русло; 2 – подводящее русло; 3 – водоприемный оголовок; 4 – стабилизатор расхода воды; 5 – отводящий канал; 6 – подпорное сооружение; 7 – авторегулятор предельного уровня верхнего бьефа; 8 – катастрофический водослив водоприемника; 9 – сдвоенный затвор; 10 – промежуточный бычок; 11 – разделительный бычок; 12 – промывной тракт; 13 – водоприемная камера; 14 – наносозащитный порог; 15 – поперечный уступ водоприемной камеры; 16 и 17 – повышенная и пониженная части водоприемной камеры; 18 – придонный затвор зимнего водозабора; 19 – внутренняя грань порога; 20 – закладные части; 21 – концевая секция порога; 22 – продольная ось сооружения; 23 – боковые устои сооружения; 24 – сдвоенный затвор сброса из водоприемника; 25 – водобойный колодец; 26 – отводящее русло; 27 – катастрофический водослив.

Рис. 1. Схема водопропускных элементов ВСДГ

Для трех секций рассматриваемого наносозащитного порога расход предлагается определять по формуле:

$$\begin{aligned}
 Q_{н.п.} &= Q_{н.п.}^I + Q_{н.п.}^{II} + Q_{н.п.}^{III} = \\
 &= m^I \cdot L^I \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\frac{2}{3} (H_{н.п.} - P_2^I)^{3/2} + \frac{1}{H_{н.п.} - P_2^I} (H_{н.п.} - P_2^I - i_n^I \cdot L^I)^{5/2} \right) + \\
 &+ m^{II} \cdot L^{II} \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\frac{2}{3} (H_{н.п.} - P_2^{II})^{3/2} + \frac{1}{H_{н.п.} - P_2^{II}} (H_{н.п.} - P_2^{II} - i_n^{II} \cdot L^{II})^{5/2} \right) + \\
 &+ m^{III} \cdot L^{III} \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\frac{2}{3} (H_{н.п.} - P_2^{III})^{3/2} + \frac{1}{H_{н.п.} - P_2^{III}} (H_{н.п.} - P_2^{III} - i_n^{III} \cdot L^{III})^{5/2} \right)
 \end{aligned} \quad (1)$$

В этой формуле переменные с одним, двумя и тремя штрихами соответствуют величинам для первой, второй и третьей секций наносозащитного порога соответственно (рис. 2).

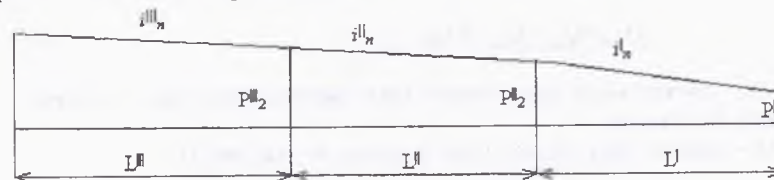


Рис. 2. Схема наносозащитного порога и основные обозначения

Из рисунка 2 видно, что величины P_2^{II} и P_2^I можно выразить через P_2^{III} , используя уклон гребня и длину секции:

$$P_2^{II} = P_2^I + i_n^I \cdot L^I \quad (2)$$

$$P_2^I = P_2^{III} + i_n^{III} \cdot L^{III} = P_2^{III} + i_n^I \cdot L^I + i_n^{II} \cdot L^{II} \quad (3)$$

В виду того, что все три секции наносозащитного порога представляют собой единый элемент и отличаются друг от друга лишь ориентацией и уклоном гребня, логично выразить расход истечения через коэффициент расхода $m^I = m^{II} = m^{III} = m$. Тогда уравнение (1) примет вид:

$$\begin{aligned}
 Q_{н.п.} &= m \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(L^I \cdot \left(\frac{2}{3} (H_{н.п.} - P_2^I)^{3/2} + \frac{1}{H_{н.п.} - P_2^I} (H_{н.п.} - P_2^I - i_n^I \cdot L^I)^{5/2} \right) + \right. \\
 &+ L^{II} \cdot \left(\frac{2}{3} (H_{н.п.} - P_2^{II})^{3/2} + \frac{1}{H_{н.п.} - P_2^{II}} (H_{н.п.} - P_2^{II} - i_n^{II} \cdot L^{II})^{5/2} \right) + \\
 &\left. + L^{III} \cdot \left(\frac{2}{3} (H_{н.п.} - P_2^{III})^{3/2} + \frac{1}{H_{н.п.} - P_2^{III}} (H_{н.п.} - P_2^{III} - i_n^{III} \cdot L^{III})^{5/2} \right) \right)
 \end{aligned} \quad (4)$$

Несмотря на то, что формула (4) является громоздкой, она имеет определенный физический смысл и должна давать адекватный результат во всем диапазоне изменения напоров, в том случае, если предположение о равенстве коэффициентов расхода подтвердится.

При пропуске через водозаборное сооружение расхода воды среднемноголетней обеспеченности $Q_{50\%}$ (режим в) вступает в работу гидравлический затвор-автомат (авторегулятор) предельного уровня 7 (см. рис. 1) на речном пролете сооружения. Через него осуществляется сброс основной части расхода в нижний бьеф сооружения. Обычно при назначении ширины речного пролета, используется формула истечения через водослив с широким порогом. Однако, нельзя исключать влияние авторегулятора уровня на расход истечения даже при его полном открытии.

Логично предположить, что расход воды, сбрасываемой в нижний бьеф через затвор-автомат может быть определен в виде суммы:

$$Q_{p.n.} = Q_{з.а.} = Q_u + 2 Q_6, \quad (5)$$

где Q_u – расход воды, проходящий через центральную часть затвора-автомата ниже полотнища;

Q_6 – расход, проходящий через боковые пазухи (рис.3).

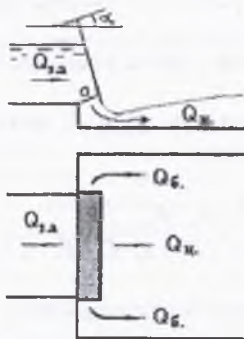


Рис. 3. Схема деления расходов при истечении из-под затвора-автомата

Аналогично рассуждает Б.И. Мельников в своей работе, и после ряда преобразований он приводит формулу для истечения через затвор-автомат к виду:

$$Q_{з.а.} = \mu_{об} \cdot a \cdot b_{p.n.} \cdot \sqrt{2g \cdot H_0}, \quad (6)$$

где $\mu_{об}$ – общий коэффициент расхода, вычисляемый по эмпирической зависимости.

Коэффициент расхода не является постоянным и зависит от открытия a и напора H_p . Это усложняет расчеты по формуле (6) – удобнее, когда коэффициент расхода остается постоянным для данного устройства.

Определим Q_u и Q_6 в (5) как расход через отверстия: Q_u – как через прямоугольное отверстие шириной $b_{p.n.}$ и высотой a , Q_6 как через отверстие трапециевидальной формы APRS (рис. 4).

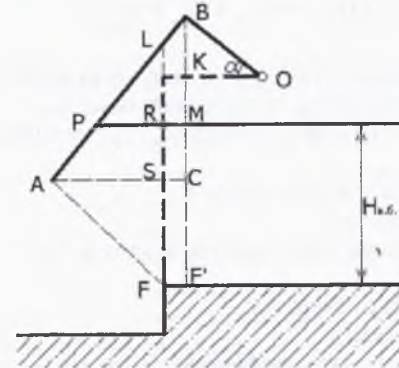


Рис. 4. Расчетная схема затвора-автомата

Для этого воспользуемся формулой:

$$Q_u = m_u \cdot a \cdot b_{p.n.} \cdot \sqrt{2g \cdot H_u}, \quad (7)$$

$$Q_6 = m_6 \cdot \omega_6 \cdot \sqrt{2g \cdot H_6}, \quad (8)$$

где m_u и m_6 – коэффициент расхода для центрального и боковых отверстий (определяются экспериментально);

H_u – напор над центром тяжести центрального отверстия $H_u = H_{в.б.} - FS/2$;

FS – вертикальная проекция открытия затвора AF ;

ω_6 – площадь трапеции APRS, $\omega_6 = (PR + AS)RS/2$;

PR и AS – верхнее и нижнее основания трапеции, RS – высота трапеции APRS (см. рис. 4),

H_6 – напор над центром тяжести трапеции APRS, определяется по формуле:

$$H_6 = \frac{RS \cdot (PR + 2AS)}{3(PR + AS)}, \quad (9)$$

Считая заданными габариты затвора-автомата, т.е. величины AB и BO , напор $H_{в.б.}$ и угол открытия затвора-автомата α можно выразить через них все необходимые геометрические параметры, входящие в формулы (7)-(9).

Зная расходы воды, проходящие через стдельные элементы ВСДГ (см. рис. 1), можно составить общее уравнение баланса. Так баланс расходов для паводкового режима работы сооружения будет иметь вид:

$$Q_p = Q_d + Q_{сбр} + Q_{\phi} = Q_{н.п} + Q_{пр.о} + Q_{з.а} + Q_{к.в.1} + Q_{\phi}, \quad (10)$$

или

$$Q_p = Q_d + Q_{к.в.2} + Q_{пр.о} + Q_{з.а} + Q_{к.в.1} \quad (11)$$

где Q_p – расход реки, поступающий в верхний бьеф сооружения, определяется по гидрологическим данным или на основании замеров;

$Q_d = Q_{ст}$ – расход, поступающий в деривацию, обусловленный уставкой стабилизатора расхода;

$Q_{сбр}$ – суммарный расход холостых сбросов;

Q_{ϕ} – фильтрационный расход;

$Q_{н.п.}$ – расход, поступающий в водоприемную камеру через наносозащитный порог;

$Q_{пр.о.}$ – расход промывного отверстия;

$Q_{з.а.}$ – расход речного пролета;

$Q_{к.в.1}$, $Q_{к.в.2}$ – расходы через катастрофические водосливы в верхнем бьефе и водоприемной камере соответственно.

В данной главе также описаны режимы работы сооружения в различных гидрологических условиях. Кроме баланса расходов, составлен баланс напоров и с их учетом баланс мощности в целом для Иссык-Атинской ГЭС.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований подводящего русла и пропускной способности элементов ВСДГ.

Экспериментальные исследования проводились для реализации трех основных задач:

- определение топографии криволинейного зарегулированного русла;
- исследование пропускной способности и определение коэффициентов расхода конструктивных элементов ВСДГ;
- проверка предложенного способа измерения расхода воды на головных участках быстротечных каналов.

Исследования топографии дна и пропускной способности проводились на физических моделях ВСДГ, проверка способа измерения расхода - в лаборатории и на натуральных объектах.

Моделирование гидравлических явлений проводилось по критерию гравитационного подобия с выполнением условия $Fr=idem$.

При моделировании процессов водозабора из горных рек нами применялась, в основном, стандартная методика экспериментальных исследований.

Изложим здесь некоторые особенности физического моделирования, характерные для наших исследований.

Так как исследования проводились для конкретного водозаборного сооружения Иссык-Атинской ГЭС, то его конструкция и первоначальные

размеры были определены расчетом до начала эксперимента. Основные натурные размеры моделируемого водозаборного сооружения (см. рис. 1) таковы: ширина по дну зарегулированного подводящего русла равна 8,5 м, коэффициент заложения откосов $m=1,5$, радиус кривизны очертания русла равен 61,0 м. Общая ширина водозаборного сооружения в створе подпорных затворов 7 и 9 составляет 16,07 м, общая длина бетонной части водозаборного сооружения от начала наносозащитного порога 14 до конца катастрофического водослива 8 (соответствующая длине водоприемной камеры 13) 15,3 м. Речной пролет, перекрываемый авторегулятором предельного уровня, имеет ширину 4,0 м, наибольшая ширина водоприемной камеры составляет 3,8 м. Промывной тракт 12 имеет ширину 1 м, ширина водоприемного оголовка 3, а следовательно и стабилизатора расхода 4 равна 2,0 м.

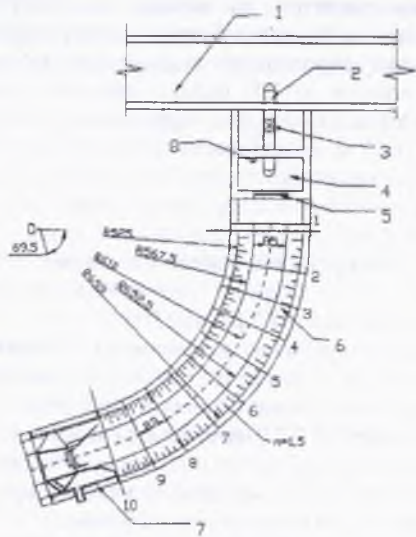
Модели водозаборного сооружения изготовлены из дерева и окрашены синтетической эмалью, некоторые элементы, такие как затворы, изготовлены из жести с применением полиметилметакрилата (оргстекла). Противовесы затворов-автоматов для модели М 1:25 изготовлены из стали, для модели М 1:10 – из свинца. Подводящее русло описано по радиусу и ограничено углом 69° , отсыпано из камней и отсева. На начальном участке зарегулированного русла устроен входной участок для плавного входа потока.

На модели водозаборного сооружения для малой ГЭС Иссык-Ата в масштабе 1:10 были проведены эксперименты по изучению влияния зарегулированного русла на характер движения наносов в водном потоке и формирование дна (призмы наносов) в верхнем бьефе водозаборного сооружения. Сооружение плотинное с одним речным пролетом, нормальный напор верхнего бьефа 1,85 м, расход 75% обеспеченности $3,5 \text{ м}^3$, водозабор осуществляется через ломанный в плане наносозащитный порог, расположенный на вогнутом берегу зарегулированного русла. Подводящее русло описано по радиусу, радиус кривизны по оси русла 61 м. Схема модельной установки на ГМП приведена на рис. 5.

Как отмечалось, конфигурация модели соответствует проекту построенного на реке Иссык-Ата водозаборного сооружения, основные параметры русла приведены на рисунке 5 в сантиметрах, уклон дна русла 0,035.

Целью этой части экспериментов было изучение переформирования дна криволинейного подводящего русла ВСДГ при нескольких режимах и сравнение результатов физического моделирования с результатами, представляемыми математическими моделями, описанными в разделе 2.

Сопоставление результатов физического и математического моделирования деформации подводящего русла по модели Золещи и Семинара, выбранной в разделе 2, приведено в таблице 1.



1 – напорный бассейн, 2 – трубопровод, 3 – задвижка, 4 – резервуар-успокоитель, 5 – мерный водослив Томсона, 6 – криволинейное в плане зарегулированное русло, 7 – водозаборное сооружение для деривационной ГЭС, 8 – шпигельмасштаб.

Рис. 5. Схема модельной установки на ГМП ОАО «Кыргызсуудолбор»

Таблица 1

Сопоставление величины и положения точки максимального размыва

Расход	Эксперимент	Математическая модель Золецци и Семинара	Погрешность, %
1,29 л/с	$s_{max}=10,02$	$s_{max}=15,44$	54
	$\eta=-1,31$	$\eta=-0,53$	59
5,76 л/с	$s_{max}=12,02$	$s_{max}=16,5$	37
	$\eta=-1,60$	$\eta=-1,32$	18
14,53 л/с	$s_{max}=16,02$	$s_{max}=16,86$	5
	$\eta=-1,78$	$\eta=-1,41$	21

Здесь s_{max} продольная координата точки максимального размыва в относительных единицах; η – относительная глубина максимального размыва.

Одним из преимуществ модели Золецци и Семинара, как отмечалось выше, является возможность получения топографии дна на всей длине криволинейного участка, а также деформаций дна вверх и вниз по течению, вызванных наличием криволинейного участка. На рисунках (рис. 6.) графически представлены результаты вычислений топографии дна для трех расходов воды (1,27 л/с, 5,74 л/с, 14, 52 л/с) – тех же, что использовались на

физической модели. На рисунках показана конфигурация русла в плане, оттенками серого цвета и изолиниями показана отметка поверхности дна в относительных единицах $\eta = \eta$. Отметка отсчитывается относительно недеформированного дна, отметка которого принята за ноль.

На рисунках приведена легенда для использованных цветов, обозначающих отметку дна (величину η) – знак минус соответствует размыву дна, знак плюс – отложению наносов. Изменения в текст программы, написанной на языке Фортран, для вывода перечисленных величин на экран, были внесены автором данной работы. Для расхода 1,27 л/с при помощи математической модели были получены два варианта топографии (рис.6. а и б). На рисунке а) показана топография, если бы поток занимал всю ширину зарегулированного русла, но так как на физической модели при столь малом расходе поток в основном занимал не более половины русла, то на математической модели была получена топография для половинной ширины русла (см рис. 6. б).

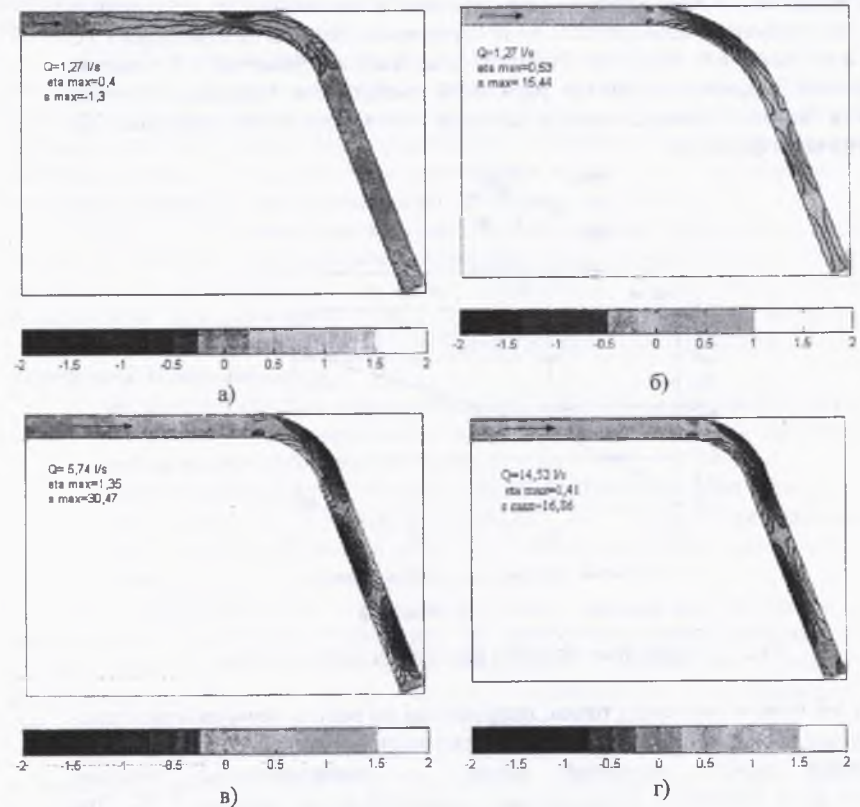


Рис.6. Топография дна по 2-х мерной модели Золецци и Семинара

По результатам экспериментальных исследований получены значения коэффициентов расхода для следующих конструктивных элементов водозаборного сооружения типа ВСДГ: наносотбойного порога, промывного тракта, армированного сдвоенным затвором, речного пролета, армированного затвором-автоматом предельного уровня, катастрофического водослива, отверстия зимнего водозабора. Получено экспериментальное подтверждение предложенной зависимости для расчета расхода через отверстие, перекрываемое г-образным затвором-автоматом предельного уровня. Предложенная формула дала возможность более точно рассчитать расход через затвор-автомат по сравнению с ранее известными формулами. Среднее квадратическое отклонение экспериментальных и расчетных данных на модели масштаба 1:10 составило 3,8 %.

Описание способа измерения расхода воды на головных участках быстротечных каналов приведено в п. 3.4. диссертации. В данной главе приводятся результаты экспериментальной апробации данного метода определения положения критической глубины и связанного с ней расхода воды. Эксперименты проводились на лабораторном лотке в лаборатории ГТС КРСУ и на натуральных объектах: быстротечных каналах Джантай и Казенный. На рисунке 7 приведена кривая расчетной зависимости удельного расхода $q=Q/B$ в канале прямоугольного сечения от критической глубины $h_{кр}$, полученная по формуле:

$$q = \sqrt{\frac{gh_{кр}^3}{\alpha}} \quad (12)$$

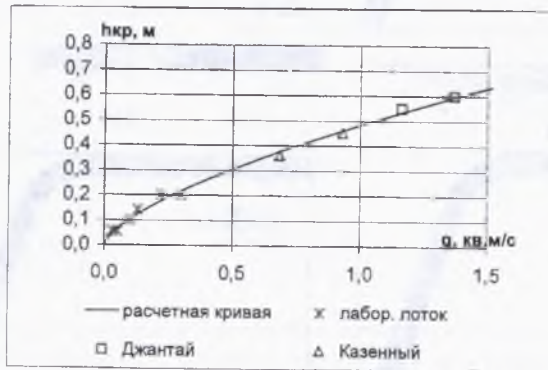


Рис. 7. Апробация способа измерения расхода воды

На этот же график нанесены точки, полученные по результатам лабораторных и натуральных измерений. Из графика наглядно видно, что наблюдается близкая корреляция между расчетной кривой и эмпирическими точками, относительная ошибка в большинстве измерений не превышала 7 %. При

малых значениях критической глубины погрешность измерения достигала 13 %, что объясняется неточностью определения створа критической глубины и ошибкой измерения расхода объемным способом. В результате можно сделать вывод о том, что, используя предложенный способ измерения расхода, можно определять величину расхода воды на головных участках быстротечных каналов без сложных гидрометрических измерений.

В пятой главе приведены рекомендации по проектированию и эксплуатации ВСДГ, а также дана оценка экономической эффективности.

Разработанная и запатентованная конструкция водозаборного сооружения для деривационных ГЭС (ВСДГ) вошла в проект реконструкции гидротехнических сооружений Иссък-Атинской ГЭС, что подтверждается актом внедрения. Реконструируемая Иссък-Атинская ГЭС имеет следующие характеристики: установленная мощность 1500 кВт, рабочий напор 60 м, суммарный расход двух радиально-осевых турбин 3,5 м³/с.

Проект выполнен проектно-конструкторским и технологическим институтом «Водавтоматика и метрология». Строительство данного сооружения было закончено в октябре 2007 года, тогда же был осуществлен пробный пуск воды в деривацию.

ВСДГ было построено на месте старого сооружения горного типа с горизонтальным полком и донной решеткой, которое было разрушено прошедшим паводком и не подлежало восстановлению. Причиной разрушения предыдущего сооружения стало заклинивание сегментного затвора отверстия речного пролета и недостаточная пропускная способность сооружения в целом, вызвавшая размыв боковой дамбы и подмыв сооружения.

Необходимо отметить, что водозаборное сооружение горного типа такой же конструкции, что было разрушено паводком на реке Иссък-Ата, до сих пор находится в эксплуатации на реке Кара-Балта, обеспечивая работу Калининской деривационной ГЭС. Однако эксплуатационный персонал станции отмечает ряд недостатков при работе и эксплуатации водозаборного сооружения. К ним относятся:

- необходимость постоянного контроля за расходами и уровнями воды в верхнем бьефе сооружения со стороны обслуживающего персонала путем манипулирования затворами;
- необходимость частой очистки донной решетки в осенний период;
- необходимость остановки станции во время прохождения паводковых расходов по реке, из-за большого количества наносов, попадающих в деривационный канал.

Все перечисленные недостатки учтены при конструировании и исследованиях ВСДГ, что повышает его эксплуатационную надежность, снижает затраты на его эксплуатацию и приводит к увеличению выработки электроэнергии. Это в свою очередь подтверждает экономическую эффективность ВСДГ по сравнению со старой конструкцией.

Зная коэффициенты расхода отдельных элементов водозаборного сооружения, в данном случае ВСДГ, появляется возможность составить общее уравнение баланса расходов воды, проходящих через отдельные элементы,

выявить зависимость между расходом и уровнем верхнего бьефа сооружения, а также установить расход каждого элемента при заданном уровне. В результате чего появляется возможность построить диаграммы работы элементов (расход через элемент Q_i) сооружения в зависимости от расхода реки Q_r следующего вида (рис.8):

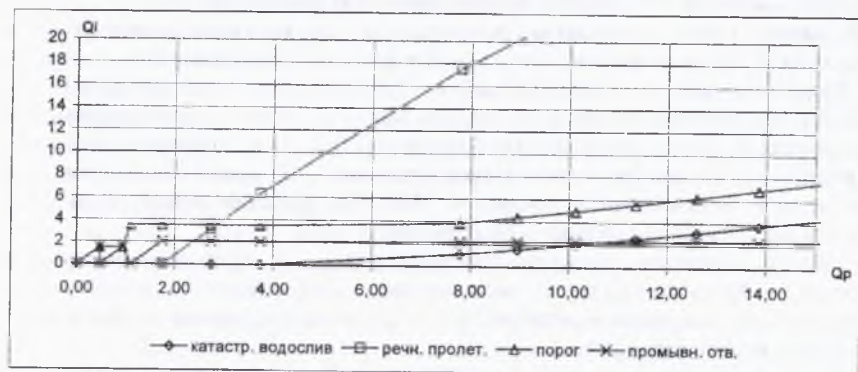


Рис.8. Расход элементов ВСДГ в зависимости от расхода реки

Аналогичные зависимости можно получить для уровней и открытий элементов. Также можно разработать программное обеспечение для компьютера, что позволит эффективно управлять сооружением и использовать водомерные свойства его элементов.

Годовая экономическая эффективность от внедрения современного усовершенствованного водозаборного сооружения составит 67,2 тыс.сом. При этом для расчетов взят действующий тариф на электроэнергию при расчетах между ОАО «Электрические станции» и ОАО «Северэлектро». С 1 июня 2008 года вступают в силу новые тарифы на электроэнергию (повышение на 20%), значит, экономическая эффективность внедрения новой конструкции водозаборного сооружения станет еще выше.

ВЫВОДЫ

1. На основе натурного обследования и анализа эксплуатации малых ГЭС Кыргызстана сделан вывод о том, что существующие конструкции водозаборных сооружений не в полной мере отвечают современным требованиям, предъявляемым к водозаборным сооружениям энергетического назначения. Требуется совершенствование конструкций и компоновки водозаборных сооружений деривационных ГЭС с разработкой теоретического и технологического обоснования.
2. Дополнены и систематизированы технологические требования к водозаборным сооружениям энергетического назначения (для

деривационных ГЭС) с учетом гидрологических режимов горных рек и зимних условий эксплуатации.

3. Разработана и исследована на физических моделях конструкция водозаборного сооружения для деривационных ГЭС, в наибольшей степени удовлетворяющая требованиям к водозаборным сооружениям энергетического назначения. Для увеличения пропускной способности применены новые конструкции порогов, для улучшения льдо и наносозащитных свойств сооружения предусматривается сброс шуги через специальные двоянные затворы, для зимнего водозабора устроен придонный затвор и порог с телескопическими шандорами. Экспериментальные исследования подтвердили эффективность как каждого нового элемента в отдельности, так и при совместном взаимодействии.
4. Применение математических моделей для моделирования процессов водозабора является актуальной и выполнимой задачей, но рассмотренные математические модели для моделирования деформации подводящего зарегулированного русла нуждаются в доработке с учетом выполненной экспериментальной проверки.
5. Получена новая более удобная в применении зависимость, связывающая расход истечения через затвор-автомат предельного уровня ВСДГ с углом открытия авторегулятора, которая по результатам физического моделирования показала лучшую сходимость с данными экспериментов, чем ранее известные формулы.
6. Экспериментальными исследованиями установлено, что конструктивные элементы сооружения типа ВСДГ оказывают взаимное влияние на пропускную способность, которое необходимо учитывать при проектировании водозаборных сооружений. Необходимо назначать геометрию наносозащитных порогов из условия обеспечения забора необходимых расходов в наиболее неблагоприятных условиях (при минимальных коэффициентах расхода порога), с тем чтобы обеспечить наносозащитные свойства сооружения и гарантированную водоподачу в отводящий канал во всех режимах работы водозаборного сооружения.
7. На основании анализа процессов водоотбора и вододеления, происходящих в рассматриваемой конструкции сооружения при типичных гидрологических режимах, составлены уравнения баланса расходов ВСДГ, а на основе технологической схемы этапов преобразования гидравлической энергии в электрическую составлен баланс напоров и мощности для малой деривационной ГЭС на реке Иссык-Ата.
8. Предложен, запатентован и опробирован в лаборатории и натуральных условиях новый, достаточно простой, способ измерения расхода воды на головных участках быстротечных каналов, основанный на определении критической глубины.
9. Экономический эффект от строительства и эксплуатации автоматизированной конструкции водозаборного сооружения для деривационной ГЭС на реке Иссык-Ата за счет повышения надежности,

ликвидации простоев в работе малой ГЭС и более эффективного использования энергоресурса, составляет 67,2 тыс. сом в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Способ измерения расхода воды на головных участках быстротечных каналов / Бочкарев Я.В., Лавров Н.П., Торопов М.К. – Патент КР №543 МКП G 01 F 1/20, опубл. 30.12.2002, Бюл. № 12.
2. Лавров Н.П., Торопов М.К. Измерение расхода воды на головных участках быстротечных каналов. Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып.2. – Бишкек: КРСУ, 2002. – С.31-36.
3. Водозаборное сооружение для деривационных ГЭС// Лавров Н.П., Рохман А.И., Логинов Г.И., Биленко В.А., Торопов М.К. Патент КР № 607, МКП E 02 B 13/00, опубл. 31.11.2003 бюлл. №11. – 7 с.
4. Лавров Н.П., Рохман А.И., Логинов Г.И., Торопов М.К. Модель водозаборного сооружения деривационной ГЭС на р. Иссык-Ата // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2003 - Том 3, №2. – С. 87–92.
5. Лавров Н.П., Биленко В.А., Логинов Г.И., Торопов М.К. Теоретическое описание пропускной способности элементов водозаборного сооружения для деривационной гидроэлектростанции // Материалы международной конференции «Единое образовательное пространство XXI века.- Бишкек: КРСУ, 2003. – С. 201–211.
6. Рохман А.И., Логинов Г.И., Торопов М.К., Борисенко Д.А. Основные эксплуатационные режимы и характеристики проектируемого водозаборного сооружения для малой ГЭС на реке Иссык-Ата// Архитектура и строительство. Сборник научных трудов. – Бишкек 2003. – С. 300 – 307.
7. Торопов М.К., Лозова Е.В., Клепачева О.Н. Обогрев затворов водозаборного сооружения Кочкорской ГЭС, Нарынская область. Вестник КРСУ, 2005, том 5, №7. – С.135-138.
8. Торопов М.К. Теоретическое уточнение пропускной способности отверстия речного пролета водозаборного сооружения для деривационных ГЭС, армированного прислонным авторегулятором уровня. Вестник КРСУ, 2006, том 6, №9. – С.98-100.
9. Торопов М.К. Описание приближенной математической модели движения двухфазного потока в криволинейном зарегулированном подводящем русле горной реки. Водное хозяйство Казахстана, 2007, №1
10. Торопов М.К., Серебрянский А.Т., Суматохин К.И. Состояние энергетических гидротехнических сооружений Иссык-Атинской ГЭС и меры по их реконструкции. Вестник КРСУ, 2007, том 7, №12. – С.98-102.
11. Zolezzi G., Repetto R., Tubino M., Toropov M., Serafini M. Mathematical modeling of silting in the Kugart river, Kyrgyzstan. River Costal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2007 – Dohmen-Janssen &Hulscher (eds), Taylor & Francis Group, London, 2008. pp. 1179–1186.

РЕЗЮМЕ

Торопов Михаил Константинович

«Плотинное водозаборное сооружение из горных рек для малых деривационных ГЭС»

05.23.07 – Гидротехническое строительство

Ключевые слова: плотинное водозаборное сооружение, физическое моделирование, математическое моделирование, зарегулированное русло, топография дна, коэффициент расхода, измерение расхода воды, баланс расходов.

Диссертация Торопова М.К. посвящена разработке, исследованию и внедрению водозаборного сооружения новой конструкции для малых деривационных ГЭС (ВСДГ), учитывающего специфику круглогодичной эксплуатации, реализации новых подходов к расчету и проектированию водозаборных сооружений из горных рек для малой гидроэнергетики. С этой целью обоснована актуальность разработки и внедрения водозаборного сооружения нового типа, учитывающего особенности эксплуатации в зимнее время, а также во время паводков. Применены математические модели для описания процессов трансформации подводящего криволинейного участка русла водозаборного сооружения. Уточнены расчетные зависимости для определения расходов и коэффициенты расходов для элементов (ВСДГ). Разработан и апробирован новый способ измерения расходов воды в головной части быстротечных каналов. Составлены диаграммы распределения расходов воды через элементы водозаборного сооружения для использования эксплуатационным персоналом сооружения и составления компьютерных программ.

КОРУТУНДУ

Торопов Михаил Константинович.

**Чакан деривациялык ГЭСтер үчүн тоо дарыялардын суу алуучу
плотиналуу курулма**

05. 23. 07 – Гидротехникалык курулуш

Чечилүүчү сөздөр: плотиналуу суу алуучу курулма, физикалык моделдөө, жөндөтүлгөн нук, түбүнүн топографиясы, чыгым коэффициенти, суунун чыгымын өлчөө, чыгымдардын балансы.

М. К. Тороповдун диссертациясы чакан деривациялык ГЭСтер үчүн суу алуучу курулманын жаны конструкциясын иштеп чыгып, аны изилдөөгө жана ишке ашырууга, ошондой эле курулманы жыл бою эксплуатациялоо мүнөзүн

ликвидации простоев в работе малой ГЭС и более эффективного использования энергоресурса, составляет 67,2 тыс. сом в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Способ измерения расхода воды на головных участках быстротечных каналов / Бочкарев Я.В., Лавров Н.П., Торопов М.К. – Патент КР №543 МКП G 01 F 1/20, опубл. 30.12.2002, Бюл. № 12.
2. Лавров Н.П., Торопов М.К. Измерение расхода воды на головных участках быстротечных каналов. Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып.2. – Бишкек: КРСУ, 2002. – С.31-36.
3. Водозаборное сооружение для деривационных ГЭС// Лавров Н.П., Рохман А.И., Логинов Г.И., Биленко В.А., Торопов М.К. Патент КР № 607, МКП E 02 B 13/00, опубл. 31.11.2003 бюлл. №11. – 7 с.
4. Лавров Н.П., Рохман А.И., Логинов Г.И., Торопов М.К. Модель водозаборного сооружения деривационной ГЭС на р. Иссык-Ата // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2003 - Том 3, №2. – С. 87–92.
5. Лавров Н.П., Биленко В.А., Логинов Г.И., Торопов М.К. Теоретическое описание пропускной способности элементов водозаборного сооружения для деривационной гидроэлектростанции // Материалы международной конференции «Единое образовательное пространство XXI века.- Бишкек: КРСУ, 2003. – С. 201–211.
6. Рохман А.И., Логинов Г.И., Торопов М.К., Борисенко Д.А. Основные эксплуатационные режимы и характеристики проектируемого водозаборного сооружения для малой ГЭС на реке Иссык-Ата// Архитектура и строительство. Сборник научных трудов. – Бишкек 2003. – С. 300 – 307.
7. Торопов М.К., Лозовая Е.В., Клепачева О.Н. Обогрев затворов водозаборного сооружения Кочкорской ГЭС, Нарынская область. Вестник КРСУ, 2005, том 5, №7. – С.135-138.
8. Торопов М.К. Теоретическое уточнение пропускной способности отверстия речного пролета водозаборного сооружения для деривационных ГЭС, армированного прислонным авторегулятором уровня. Вестник КРСУ, 2006, том 6, №9. – С.98-100.
9. Торопов М.К. Описание приближенной математической модели движения двухфазного потока в криволинейном зарегулированном подводящем русле горной реки. Водное хозяйство Казахстана, 2007, №1
10. Торопов М.К., Серебрянский А.Т., Суматохин К.И. Состояние энергетических гидротехнических сооружений Иссык-Атинской ГЭС и меры по их реконструкции. Вестник КРСУ, 2007, том 7, №12. – С.98-102.
11. Zolezzi G., Repetto R., Tubino M., Toropov M., Serafini M. Mathematical modeling of silting in the Kugart river, Kyrgyzstan. River Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2007 – Dohmen-Janssen &Hulscher (eds), Taylor & Francis Group, London, 2008. pp. 1179–1186.

РЕЗЮМЕ

Торопов Михаил Константинович

«Плотинное водозаборное сооружение из горных рек для малых деривационных ГЭС»

05.23.07 – Гидротехническое строительство

Ключевые слова: плотинное водозаборное сооружение, физическое моделирование, математическое моделирование, зарегулированное русло, топография дна, коэффициент расхода, измерение расхода воды, баланс расходов.

Диссертация Торопова М.К. посвящена разработке, исследованию и внедрению водозаборного сооружения новой конструкции для малых деривационных ГЭС (ВСДГ), учитывающего специфику круглогодичной эксплуатации, реализации новых подходов к расчету и проектированию водозаборных сооружений из горных рек для малой гидроэнергетики. С этой целью обоснована актуальность разработки и внедрения водозаборного сооружения нового типа, учитывающего особенности эксплуатации в зимнее время, а также во время паводков. Применены математические модели для описания процессов трансформации подводящего криволинейного участка русла водозаборного сооружения. Уточнены расчетные зависимости для определения расходов и коэффициенты расходов для элементов (ВСДГ). Разработан и апробирован новый способ измерения расходов воды в головной части быстротечных каналов. Составлены диаграммы распределения расходов воды через элементы водозаборного сооружения для использования эксплуатационным персоналом сооружения и составления компьютерных программ.

КОРУТУНДУ

Торопов Михаил Константинович.

**Чакан деривациялык ГЭСтер үчүн тоо дарыялардын суу алуучу
плотиналуу курулма**

05. 23. 07 – Гидротехникалык курулуш

Чечилүүчү сөздөр: плотиналуу суу алуучу курулма, физикалык моделдөө, жөндөгүлгөн нук, түбүнүн топографиясы, чыгым коэффициенти, суунун чыгымын өлчөө, чыгымдардын балансы.

М. К. Тороповдун диссертациясы чакан деривациялык ГЭСтер үчүн суу алуучу курулманын жаңы конструкциясын иштеп чыгып, аны изилдөөгө жана ишке ашырууга, ошондой эле курулманы жыл бою эксплуатациялоо мүнөзүн

эске алып, тоолуу дарыялардагы майда энергетика үчүн суу алуучу курулмаларды эсептөөнүн жана долбоорлоонун жаңы ыкмаларын иштеп чыгууга арналган. Суу алуучу курулманын суу жеткирүүчү ийри сызыктуу нугунун трансформациялоо процессин математикалык модели түрүндө жазуу колдонулган. Деривациялык ГЭСтердин суу алуучу курулмасынын элементтеринин чыгым коэффициенттери жана суунун чыгымын аныктоочу көз карандылыктары такталган. Тез агучу каналдардын баш жагындагы суунун чыгымын ченөөнүн жаңы ыкмасын иштеп чыгып, аны ишке ашырган.

Курулманы тейлөөчү персоналдар пайдалануу үчүн жана компьютердик программаны түзүү үчүн суу алуучу курулманын элементтериндеги суунун чыгымынын диаграммалары түзүлгөн.

SUMMARY

Toropov Mihail Konstantinovich

**«Water intake structure with damming from mountain rivers
for small diversion hydroelectric power plants»**

05.23.07 - Hydraulic engineering construction

Keywords: water intake structure with damming, physical modelling, mathematical modelling, approach channel, bed topography, coefficient of discharge, water discharge measurement, balance of water discharges.

The dissertation of Toropov M.K. is devoted to development, research and introduction of water intake structure of new design for small diversion hydroelectric power plant (BCДГ), considering specificity of all-the-year-round operation, realization of new approaches to calculation and designing of water intake structure from mountain rivers for small water-power engineering. With this purpose the urgency of development and introduction of water intake structure of the new type considering features of operation during winter time, and also during high waters is proved. Mathematical models describing processes of transformation of curvilinear site of the approach channel of the water intake structure are applied. Design dependences for definition of discharges and coefficients of discharge for the elements of BCДГ are specified. The new way of water discharge measurement on the head part of rapid channels is developed and approved. Diagrams of distribution of water discharges passing through the elements of the water intake structure are built. The diagrams can be used by the operational personnel of the structure and for drawing up of computer programs.

