

МОДЕЛЬ ВОДОЗАБОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ДЕРИВАЦИОННОЙ ГЭС НА Р. ИССЫК-АТА

Н.П. Лавров – докт. техн. наук, проф.

А.И. Рохман – канд. техн. наук, доц.

Г.И. Логинов – ст. преподаватель

М. К. Торопов – преподаватель

Известно, что интерес к малым ГЭС в Кыргызской Республике возник еще в 80-е годы прошлого века. В последнее время вопрос восстановления и сооружения новых малых ГЭС приобрел еще большую актуальность в связи с перебоями в электроснабжении сельских районов и удорожанием органического топлива. Сказываются также рыночные реформы, когда появились состоятельные люди, желающие вкладывать средства в эту перспективную отрасль и иметь собственные электростанции.

Несмотря на то, что в послевоенные годы был накоплен богатый опыт эксплуатации малых ГЭС, существует ряд нерешенных проблем и вопросов, связанных с проектированием и эксплуатацией таких электростанций [1, 2]. Как показывает практика, наиболее уязвимой частью гидротехнических сооружений деривационных ГЭС является водозаборное сооружение. Среди основных его недостатков можно перечислить следующие: отсутствие средств гидравлической автоматизации и измерения расходов воды, позволяющих повысить надежность сооружений в различных режимах эксплуатации, низкие наносозащитные характеристики, непригодность сооружений к зимнему режиму работы. Перечисленные недостатки приводят к тому, что не обеспечивается безопасный пропуск паводков через сооружение; расход воды, забираемой в отвод, зависит от уровня воды в верхнем бьефе водозаборного сооружения; в деривационный канал попадает большое количество наносов, что приводит к быстрому его заилению и к износу основного оборудования ГЭС; в зимний период возникают сложности с обледенением, пропуском шуги и т.п. [1, 2, 4].

В связи с этим возникла необходимость создания усовершенствованной конструкции водозаборного сооружения, которая максимально учитывала бы перечисленные недостатки. Ниже приводится компоновочная схема (рис. 1) с кратким описанием такой конструкции и некоторые результаты проведенных модельных исследований.

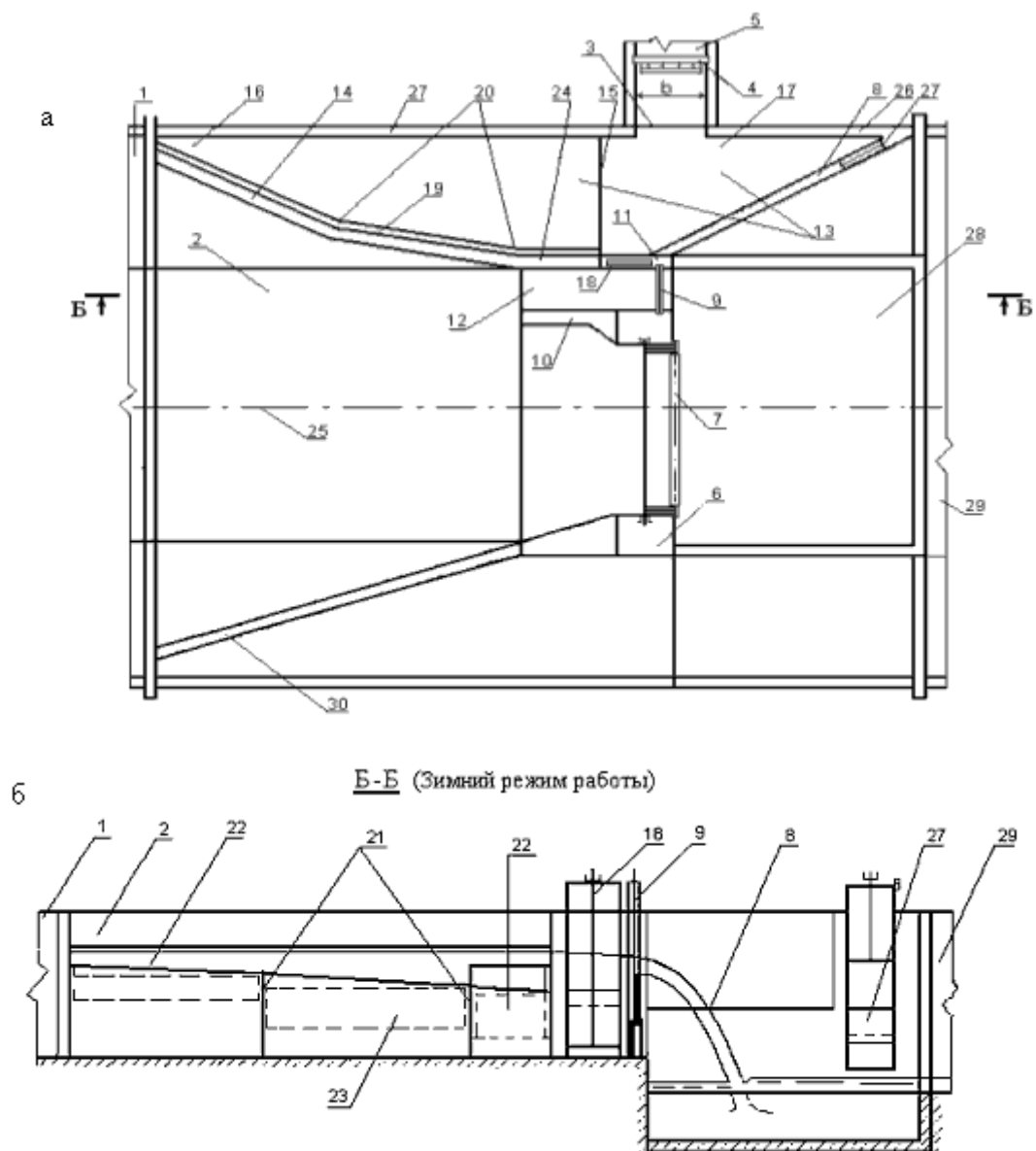


Рис. 1. Компоновочная схема водозаборного сооружения для малой ГЭС:
 1 - зарегулированное русло; 2 - подводящее русло; 3 - водоприемный оголовок; 4 - стабилизатор расхода;
 5 - отводящий канал; 6 - подпорное сооружение; 7 - авторегулятор предельного уровня верхнего бьефа;
 8 - катастрофический водослив; 9 - сдвоенный затвор; 10 - промежуточный бычок; 11 - разделительный бычок; 12 - промывной тракт; 13 - водоприемная камера; 14 - наносоотбойный порог; 15 - поперечный уступ водоприемной камеры; 16, 17 - повышенная и пониженная части водоприемной камеры; 18 - придонный затвор зимнего водозабора; 19 - внутренняя грань порога; 20 - закладные части; 21 - вертикальные пазы; 22 - телескопические шандоры; 23 - пазухи затвора; 24 - концевая секция порога; 25 - продольная ось сооружения; 26 - боковые устои сооружения; 27 - сдвоенный затвор водоприемника; 28 - водобойный колодец; 29 - отводящее русло.

Близкими к предлагаемому сооружению по технической сущности и схеме работы являются две конструкции водозаборных сооружений. Первая - это водозаборное сооружение конструкции Г.В. Соболина с косонаправленным циркуляционным порогом [2], включающее размещенный на берегу отводящего русла водоприемный оголовок с регулятором отводящего канала, водоприемную галерею с мусорозащитной решеткой, повышенную часть наносозащитного порога и его пониженную часть с щитовым отверстием зимнего водозабора, промывник, подпорное сооружение, состоящее из фронтального автоматического водослива и щитового сброса, оборудованного датчиком управления. Вторая - водозаборное сооружение конструкции Я.В. Бочкарева и др. [3], включающее размещенный на берегу подводящего русла водоприемный оголовок, оборудованный стабилизатором расхода в голове отводящего канала, размещенное в русле подпорное сооружение в виде катастрофического водослива и запорного устройства, имеющего промывное отверстие с затвором, примыкающими к нему криволинейным порогом и разделительной стенкой, расположенными в подводящем русле, водоприемную камеру, расположенную перед водоприемным оголовком и ограниченную от русла криволинейным порогом.

Эти сооружения обладают рядом недостатков, основным из них является то, что они предназначены для ирригации и не работоспособны в зимнем режиме, так как в них отсутствуют устройства для сброса ледово-шуговых образований, способных вызвать переполнение верхнего бьефа и разрушение сооружений.

Опуская подробное описание компоновки нового сооружения, приведенного на рис. 1, подробнее остановимся на принципах его работы. Речной поток вначале по зарегулированному, а затем по подводящему руслу поступает к подпорному сооружению, при этом авторегулятор предельного уровня и сдвоенный затвор создают необходимый напор для перелива воды через ломаный в плане наносоотбойный порог в водоприемную камеру.

Ввиду сложности движения двухфазной жидкости, плавника и шуги и их взаимодействия с устройствами и элементами водозаборного узла теоретически получить оптимальные параметры сооружения чрезвычайно сложно. Поэтому основные параметры водозаборного сооружения определялись экспериментально путем проведения ряда серий модельных исследований. Модельные исследования сооружения для малой ГЭС на р. Иссык-Ата проводились на гидротехнической площадке АООТ "Кыргызводпроект" в русловом лотке, размером 2,5×9,0 м.

С учетом характеристик р. Иссык-Ата на предгорном участке выше деревни Юрьевка, имеющем уклон 0,03, максимальный расход $Q_{10\%} = 63 \text{ м}^3/\text{с}$ и минимальный $Q_{75\%} = 3,5 \text{ м}^3/\text{с}$, а также с учетом возможностей гидротехнической площадки и ее оборудования, масштаб модели водозаборного сооружения с подводящим зарегулированным руслом был принят равным 1:25. Моделирование проводилось по известному критерию Фруда с соблюдением автомодельности по Рейнольдсу [7]. На рис. 2 показана модель водозаборного сооружения при пропуске паводкового расхода.

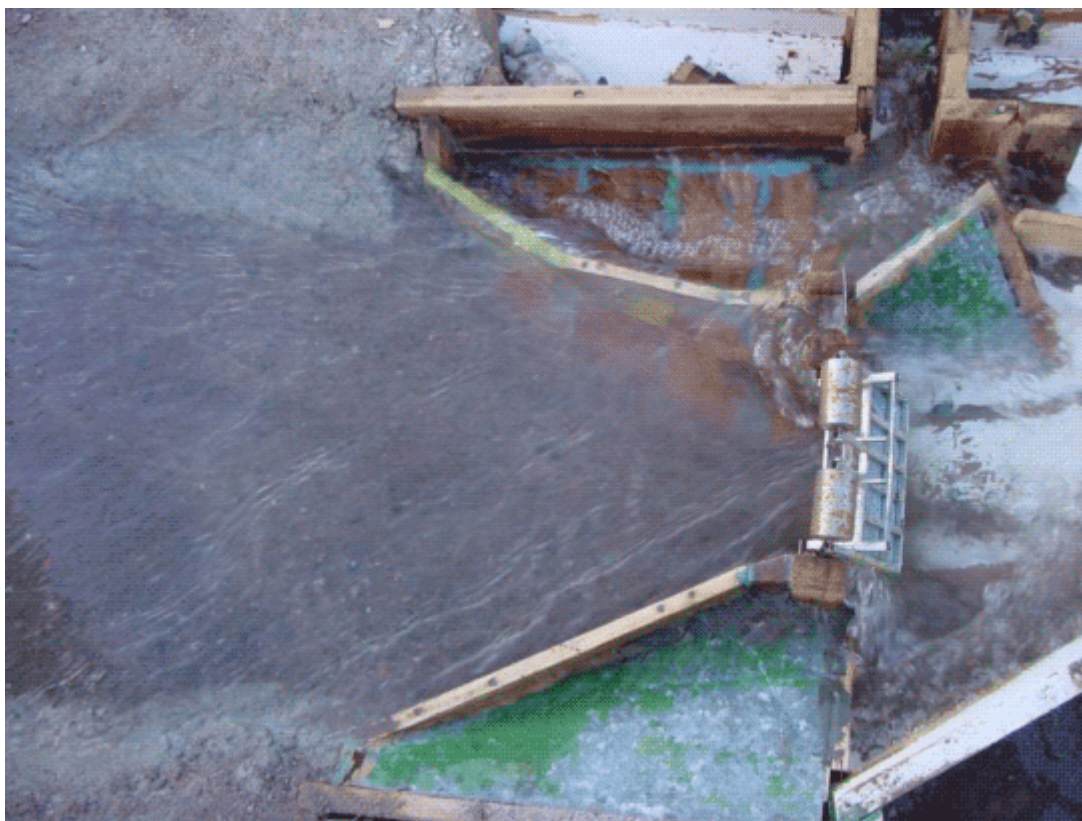


Рис. 2. Модель водозаборного сооружения для малой ГЭС на р. Иссык-Ата.

Фракционный состав наносов и их содержание по весу для расходов реки соответствующей обеспеченности были подобраны по исходным данным о твердом стоке исследуемой реки согласно известной методике [5]. Размер фракций влекомых наносов колебался от 0,5 до 20 мм, что соответствовало натурным размерам фракций, которые по данным ПКТИ "Водавтоматика и метрология" имели размер от 12,5 до 500 мм и концентрацию в речном потоке от 0,65 до 1,3 г/л.

Физическая модель водозаборного сооружения на р. Иссык-Ата имела следующие основные плановые размеры: ширина зарегулированного подводящего русла составляла 0,7 м с коэффициентом заложения откосов $m = 1,5$, что в натуре соответствовало 17,34 м, радиус кривизны очертания русла составлял 2,16 м (в натуре 54,0 м).

Общая ширина модели водозаборного сооружения в створе подпорных затворов и (см. рис. 1) составляла 0,65 м (в натуре 16,07 м), общая длина бетонной части водозаборного сооружения от начала наносотбойного порога до конца катастрофического водослива (соответствующая длине водоприемной камеры) на модели была равна 0,61 м, для натурных условий - 15,3 м. Речной пролет, перекрываемый авторегулятором предельного уровня, имел ширину на модели 0,16 м, в натуре - 4,0 м, наибольшая ширина водоприемной камеры составляла на модели 0,15 м, в натуре - 3,8 м. Промывной тракт на модели имел размеры в длину 0,14 м и ширину 0,06 м, ширина водоприемного оголовка на модели была равна 0,08 м, в натуре - 2,0 м.

Измерение расхода воды на модели производилось с использованием трех мерных водосливов Томсона с отсчетными приспособлениями. Мерные водосливы были установлены на входном оголовке перед зарегулированным руслом, в нижнем бьефе транзитного участка сооружения за водобойным колодцем и за головным участком отводящего

деривационного канала. Контроль измерений расходов производился балансовым и объемным методами. Расход реки Q_p на модели изменялся от 0,5 л/с до 19,0 л/с, при расходе отбора в деривационный канал зимой 0,5 л/с, летом 1,18 л/с. В натурных условиях это соответствовало расходам отбора $Q_{ГЭС}=1,5$ м³/с зимой и $Q_{ГЭС}=3,5$ м³/с летом. Таким образом, коэффициент водоотбора в деривационный канал изменялся от $\alpha_v = Q_{ГЭС}/Q_p = 0,05$ в паводок до $\alpha_v = 0,83$ в зимнюю межень. Нормальный расчетный напор в верхнем бьефе сооружения на модели составлял 0,074 м, в натуре - 1,85 м, максимальный напор при пропуске форсированного расхода был равен 0,1 м на модели и 2,5 м в натуре.

Количественные характеристики ледово-шуговых образований принимались по результатам подсчета, проведенным по В.М.Потапову [6], а состав искусственного льда принят по методике, разработанной Тraidом [7].

Задачей экспериментов, проведенных на модельной установке, являлось определение рациональной компоновочной схемы водозаборного сооружения. Конструкция моделируемого энергетического водозаборного сооружения в соответствии с известными условиями [2, 4, 8] должна была удовлетворять следующим основным техническим требованиям, т.е. обеспечивать:

- гарантированный забор воды в водоприемник и подачу ее в деривацию по заданной программе согласно графику водопотребления малой ГЭС с поддержанием необходимого расхода ($\pm 5\%$) во всем диапазоне колебаний уровня в источнике;
- эффективную защиту водоприемника от поступления наносов, плавника, ледово-шуговых образований;
- беспрепятственный пропуск излишков воды, плавника, органического мусора, наносов и ледово-шуговых образований по транзиту путем формирования необходимой гидравлической структуры потока;
- близкое к естественному движение потока в подводящем и отводящем участках русла реки;
- автоматическое выполнение основных технологических операций с использованием средств гидроавтоматики;
- простоту конструкции, надежность в работе и удобство в эксплуатации при различных режимах, экстремальными из которых являются летний и зимний меженный и летний паводковый режим в источнике.

В связи с заметными конструктивными изменениями известных компоновочных схем водозаборного гидроузла был проведен ряд поисковых исследований по определению гидравлических характеристик потока и параметров элементов и устройств модернизированного сооружения. К ним относятся следующие постановочные эксперименты:

1. поиск и определение рациональных параметров ломаного в плане наносозащитного порога;
2. определение коэффициента расхода водного потока при истечении через ломаный в плане наносозащитный порог (при работающем и неработающем затворе-автомате);

3. поиск и определение эффективной конструкции промывного тракта водозаборного сооружения;
4. исследование конструкций водоприемной камеры на предмет беспрепятственного транзита попавшего в нее плавника;
5. определение коэффициентов шугонасыщения, как показателя, характеризующего шугосбросную способность сдвоенного затвора.

Основным результатом поисковых исследований стало обеспечение гарантированного забора воды в деривацию при трех гидрологических режимах реки. Кроме того, исследования подтвердили необходимую величину угла α между динамической осью потока и гранью противонаносного порога, определенную ранее по теоретической зависимости как функции средневзвешенного уклона реки i_p и меженного расхода реки Q_m $\alpha = f(i_p, Q_m)$.

По результатам экспериментальных исследований, максимальное значение коэффициента расхода наносозащитного порога составило $m = 0,44$.

Найденная конструкция промывного тракта не только улучшила наносозащитные характеристики водозаборного сооружения, но и создала более благоприятные условия для транзита плавника и ледово-шуговых образований. Это происходило благодаря следующему гидравлическому эффекту. При пропуске паводковых расходов в теле водоприемной камеры на повышенной ступени возникал косой гидравлический прыжок, валец которого перемещался в сторону пониженной ступени. Перемещение вальца переходило в поступательное движение струи, которое гасилось в зоне пониженной ступени водоприемной камеры вне зоны водоприемного оголовка. В результате этого плавающий мусор с вальца гидравлического прыжка у берегового устоя транспортируется через гребень катастрофического водослива в нижний бьеф сооружения. Этот эффект наблюдался при соотношениях:

$$P_r = (1 \div 1,3) H_k \quad (1)$$

и

$$b_k = (3 \div 3,5) H_k \quad (2)$$

где P_r - высота противонаносного порога в его конце со стороны водоприемной камеры;
 H_k - напор воды над гребнем противонаносного порога в его конце;
 b_k - максимальная ширина водоприемной камеры.

Максимальный коэффициент шугонасыщения при сбросе шуги через верх сдвоенного затвора составил $0,2 \div 0,25$, что соответствует существующим нормам [5].

Таким образом, предварительные исследования новой конструкции водозаборного сооружения подтвердили его работоспособность при основных режимах эксплуатации. Продолжение теоретических и экспериментальных исследований эффективности предлагаемого водозаборного сооружения для малой ГЭС на р. Иссык-Ата запланировано провести на базе полигона гидротехники и энергетики КРСУ в с. Кой-Таш Аламединского района.

Литература

1. Ботбаев Б.А., Давыдов И., Мавлянбеков Ш.У., Зырянов У. Большие проблемы малой энергетики // Экономический вестник. - №4. - 1999. - С. 3-9.
2. Соболин Г.В. Водозаборные узлы для оросительных систем горно-предгорной зоны // Кирг.НИИ экономики агропрома. - Фрунзе, 1990. - 199 с.
3. А. св. СССР №1137148. Водозаборное сооружение / Бочкарев Я.В. и др. // Б.И. - 1985. - №4
4. Лавров Н.П. Гидротехнические сооружения для малых ГЭС / КРСУ. - Бишкек, 2001. - 150 с.
5. Талмаза В.П., Крошкин А.Н. Гидроморфометрические характеристики горных рек // Кирг. НИИ водного хозяйства. Кыргызстан. - Фрунзе, 1968. - 254 с.
6. Потапов В.М. Ледовый режим деривационных сельских гидростанций. - М., 1955.
7. Шарп Дж. Гидравлическое моделирование / Пер. с англ. Л.С. Яскина - М.: Мир, 1984. - 280 с.
8. Филончиков А.В. Проектирование автоматизированных водозаборных узлов на горных реках. - Фрунзе: Кыргызстан, 1990. - 371 с.