

Логинов Г.И.

ДЕРИВАЦИЯЛЫК ГЭСТЕР ҮЧҮН СУУ АЛУУЧУ КУРУЛМАЛАРДЫН КЫШКЫ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТАРТИБИН ИЗИЛДӨӨЛӨРҮНҮН ЖЫЙЫНТЫКТАРЫ

Логинов Г.И.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗИМНЕГО РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЕРИВАЦИОННЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

G.I. Loginov

THERE ARE STUDIES OPERATING WATER INTAKE DIVERSION HYDROPOWER PLANTS IN WINTER

УДК: 626/25.627 (04)

Тоо дарыяларынан суу алуучу курулманын жаңыланган компоновка схемасы сунушталды. Негизги технологиялык операцияларын рационалдуу аткаруу менен, деривациялык ГЭСтер үчүн суу алуучу курулмалардын кышкы эксплуатациялоо тартибин изилдөөлөрүнүн жыйынтыгы берилди.

Негизги сөздөр: *моделдик изилдөөлөр, суу алуучу курулмалар, муз шыргалаң пайда болуусу, кышкы суу алуунун көзөнөктөрү, жууп кетүү тракт, шлендилердин призмасы, жууп кетүү зонасы, шыргалаңга толуу коэффициенти.*

Рекомендована усовершенствованная компоновочная схема водозаборного сооружения из горных рек. Приводятся результаты исследований зимнего режима эксплуатации водозаборных сооружений деривационных гидроэлектростанций с рациональным выполнением основных технологических операций.

Ключевые слова: *модельные исследования, водозаборные сооружения, ледошуговые образования, отверстия зимнего водозабора, промывной тракт, призма наносов, зона промывки, коэффициент насыщения шуги.*

Recommended advanced layout diagram of the diversion structure of Mountain Rivers. There are research results of the winter regime of operation of water intake structures of diversion hydroelectric power plants, with rational implementation of the basic technological operations.

Key word: *model studies, intake structures, small pieces of ice, the opening of the winter water intake, path for discharge of sediment, Area release from sediments, the coefficient of saturation ice cubes.*

На основании результатом многофакторных модельных исследований проведенных на русловом лотке ЦОНИК Кыргызско-Российского Славянского университета была рекомендована усовершенствованная компоновочная схема водозаборного сооружения (рис. 1) [1, 2].

Наряду с определением наносозащитных характеристик водозаборного сооружения были исследо-

ваны условия его эксплуатации в зимний период. Физическое моделирование проводилось в масштабе 1:20 при условии $Fr=idem$.

В ходе исследований зимнего режима эксплуатации водозаборных сооружений с оценкой работоспособности устройств для защиты от ледошуговых образований водоприемников и шугосбросов, производилось добавление в поток искусственной ледошуговой массы. Искусственная шуга закладывалась в начале подводящего русла модели водозаборного сооружения, в процентах от объема воды. Количественные характеристики моделируемой шуговой массы определялись с учетом ранее выполненных нами исследований зимнего гидрологического режима рек Аламедин и Ала-Арча Кыргызстана [1].

При моделировании двухфазного потока (вода - шуга) использовалась методика, рекомендованная А.Б. Векслером и З.А. Генкиным [3] по определению масштабного коэффициента при гидравлических исследованиях движения льда в жидкости, которая была переработана А.В. Шипиловым [4] для моделей частиц шуги.

При этом учитывались следующие условия [1]:

- снижение речных расходов в период зимней межени;
- необходимость проведения водоотбора из придонных горизонтов потока;
- необходимость сброса шуговой массы в нижний бьеф водозаборного сооружения из верхних горизонтов водного потока верхнего бьефа;
- использование устройств и элементов сооружения служащих для водозабора в теплый период времени зимой;
- создание в верхнем бьефе сооружения условий для надежного транспорта и сброса шуги без образования зажоров;

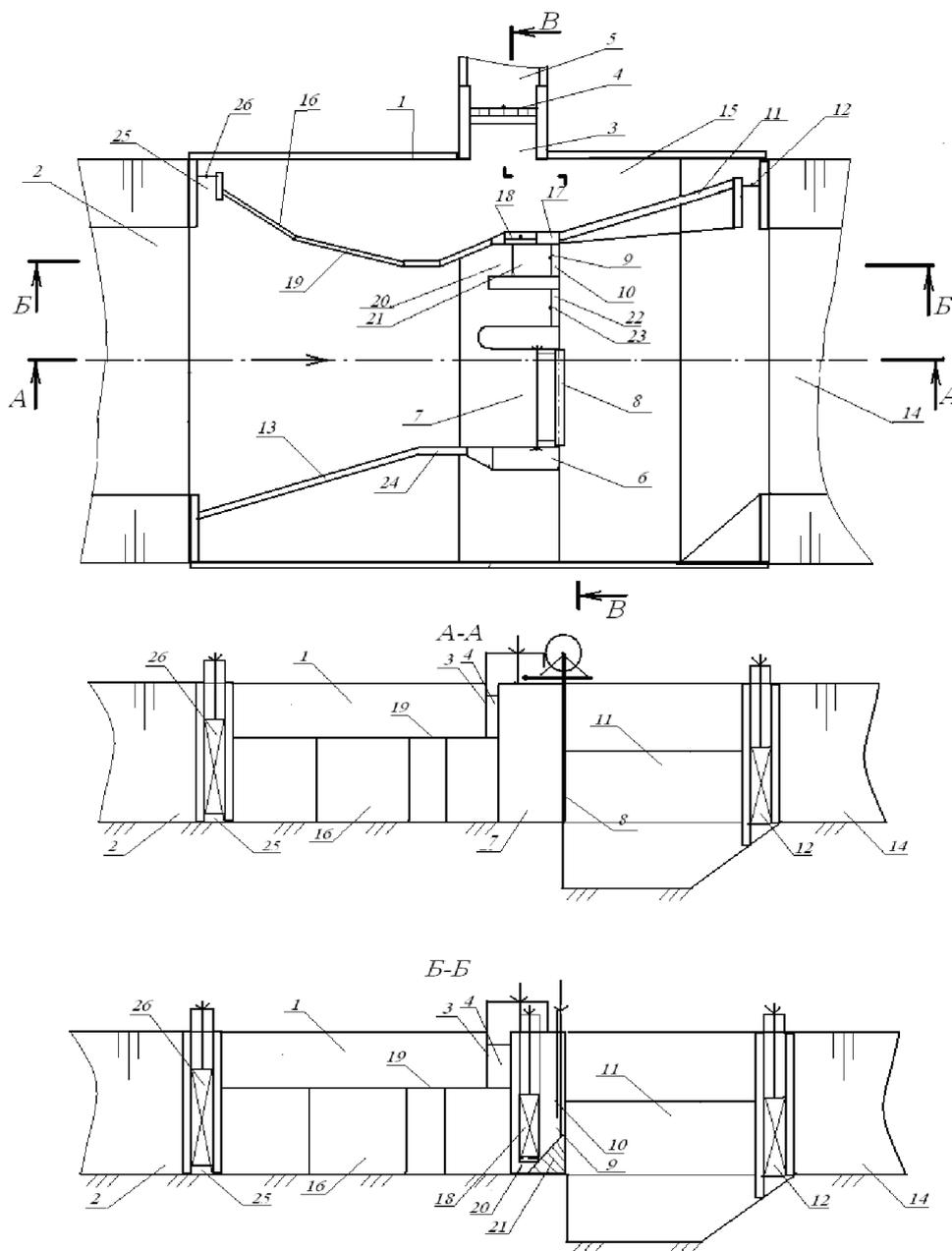


Рис. 1. Компонировочная схема ВСДГ-2: 1 – береговой устой; 2 – подводящее русло; 3 – водоприемный оголовок; 4 – стабилизатор расхода; 5 – отводящий канал; 6 – подпорное сооружение; 7 – речной пролет; 8 – авторегулятор уровня верхнего бьефа; 9 – затвор; 10 – промывное отверстие; 11 – автоводослив; 12 – затвор сбросного отверстия; 13 – автоводослив; 14 – отводящее русло; 15 – водоприемная камера; 16 – ломаный в плане четырехсекционный порог; 17 – разделительный бычек; 18 – зимнее отверстие, прикрываемое затвором; 19 – горизонтальный гребень порога; 20 – промывной тракт; 21 – донная вставка; 22 – отверстие дополнительного промывного тракта; 23 – сдвоенный затвор; 24 – концевая секция автоводослива; 25 – верхнее водоприемное отверстие; 26 – плоский затвор.

- элементы зимнего водозабора должны быть простыми, не усложняющими технологические операции при переводе водозаборного сооружения на зимний период эксплуатации и наоборот.

Согласно разработанной схеме эксплуатации этого водозаборного сооружения в зимний период для повышения скоростного напора потока уровни воды понижаются до отметки горизонтального гребня наносозащитного порога, посредством регулирования величины напора в речном пролете, создаваемого авторегулятором уровня верхнего бьефа (рис. 2). При этом водоотбор в водоприемную камеру производится из нижних горизонтов речного потока через отверстие придонного затвора зимнего водозабора, а также из-под затвора верхнего водоприемного отверстия.

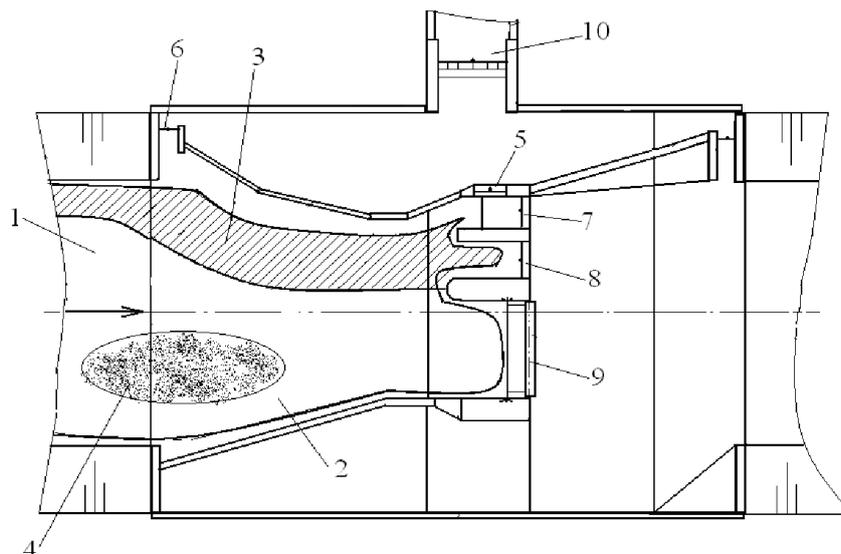


Рис. 2. Схема размещения призмы наносов в верхнем бьефе водозаборного сооружения при подаче по подводному руслу расхода двухфазного потока жидкости (вода - наносы) $Q_{75\%}$ малой горной реки с коэффициентом водозабора 0,9:

1 – подводное регулируемое русло; 2 – призма наносов; 3 – зона промывки; 4 – зона максимальной высоты призмы 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.

Забор воды из нижних придонных слоев речного потока в зимнее время становится возможным благодаря минимальному количеству или отсутствию наносов, транспортируемых горными реками в зимний период. Шуголедовые образования, которые поступают по подводному руслу, сбрасываются в нижний бьеф через верхнюю поверхность донной вставки промывного тракта при поднятии затвора и через верх опущенного полотнища сдвоенного затвора.

С целью повышения транспортирующей способности потока, на участке подводного русла и верхнего бьефа сооружения, нами было рекомендовано при переводе сооружения на зимний период эксплуатации, производить частичную промывку верхнего бьефа сооружения, на участке вдоль наносозащитного порога.

Зона промывки верхнего бьефа используется в качестве подводного русла с ограниченной шириной. Это позволяет при прохождении зимних расходов воды повысить скорости потока и осуществлять водозабор из придонных горизонтов без примесей донных наносов при размыве призмы и без захвата основной массы шуги.

Ранее нами в ходе исследований затвора зимнего водозабора из условия допустимой величины захвата шуги из поверхностных горизонтов потока [1] было определено, что предельная высота открытия затвора зимнего водозабора $a_{нз}$ не должна превышать относительного значения:

$$\dot{a}_{нз} \leq 0,412 \dot{I}_{\delta}, \quad (1)$$

Учитывая этот факт и условие понижения глубин в верхнем бьефе при переводе сооружения на

зимний режим эксплуатации нами в конструкцию сооружения было включено верхнее водоприемное отверстие (см. рис. 2). Применение этого дополнительного отверстия обосновывается не только необходимостью применения в зимний период эксплуатации, но возможностью увеличения пропускной способностью водоприемных элементов сооружения в летний период без увеличения расчетного напора H_p в верхнем бьефе. Это необходимо для подачи в отводящий канал повышенных расходов воды на промывку отстойников и других сооружений по трассе водопроводящих сооружений гидроэнергетических и ирригационных систем. Как показали предварительные исследования, использование верхнего водоприемного отверстия в конце криволинейного подводного русла дает возможность вести дополнительный водозабор при коэффициентах водозабора $\alpha_{\dot{a}} \leq 0,7$.

Как показали поисковые исследования приемов частичных промывок верхнего бьефа, их проведение отличается от классической схемы удаления отложения наносов, которые проводятся при полном открытии всех водосбросных элементов подпорного створа. Проведение частичных промывок имеет определенную трудность в создании направленной зоны размыва призмы наносов. При этом зона размыва должна иметь параметры, которые обеспечивают шугопроводящую способность потока, аналогичную транспортирующей способности на бытовом участке русла реки.

Нами было определено, что при проведении частичной промывки в верхнем бьефе необходимо

поддержание глубины воды $H_{дон}$, которая обеспечивает устойчивость основного объема отложений и необходимую направленность развития зоны перемещения наносов.

Разработанная конструкция водозаборного сооружения (ВСДГ-2) оборудованная четырехсекционным наносозащитным порогом с горизонтальным гребнем, дает возможность проведения направленной промывки верхнего бьефа (без водозабора) при поддержании глубины в верхнем бьефе $H_{дон}$, равной высоте наносозащитного порога $P_{4.с.н.п}$ (рис. 3).

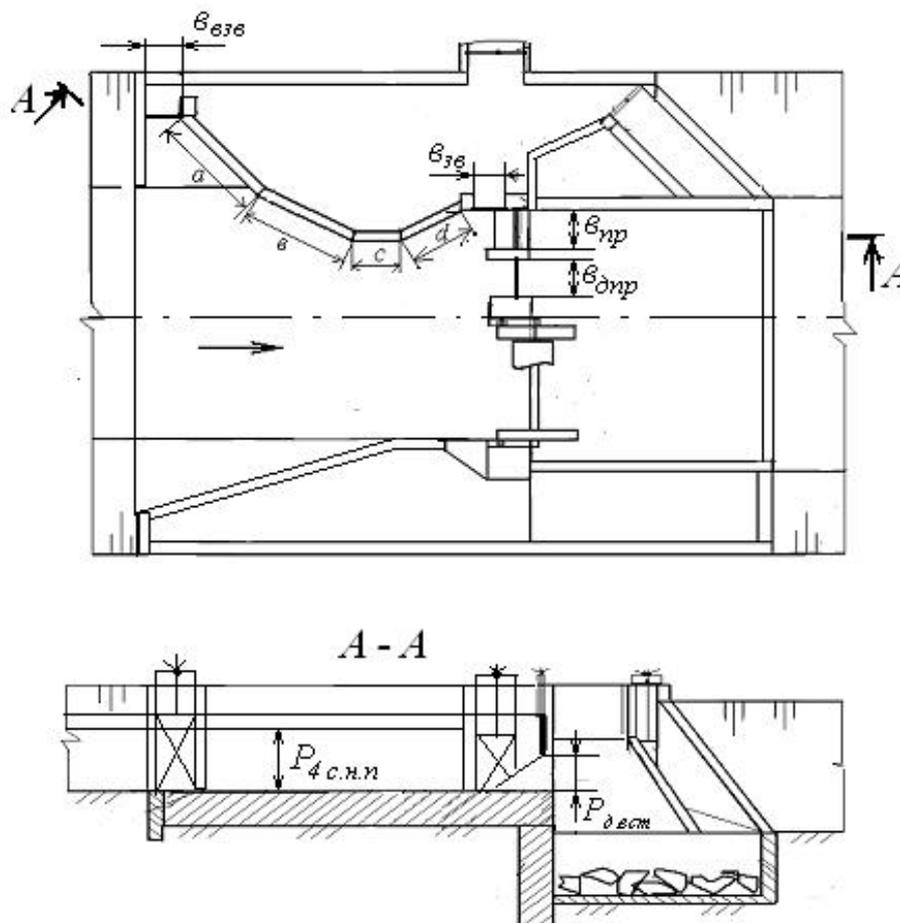


Рис. 3. Расчетная схема модели водозаборного сооружения ВСДГ – 2.

Параметры реки Кугарт были использованы поскольку конструкция водозаборного сооружения с четырехсекционным наносозащитным порогом была создана для водотоков относящихся к третьей группе малых горных рек [1].

Занесение верхнего бьефа низконапорных водозаборных сооружений происходит в виде роста переднего фронта призмы наносов, которая распространяется вниз по течению до водоприемных (наносозащитных порогов) и водосбросных элементов. При этом призма наносов увеличивается как по длине, так и по высоте [1].

После формирования призмы наносов в верхнем бьефе максимальное значение относительной высоты

С целью определения параметров призмы наносов, формирующейся в верхнем бьефе водозаборного сооружения нами был поставлен ряд опытов. Формирование производилось при коэффициенте водозабора $\alpha_a = 0,9$, при пропуске по подводящему руслу расхода $Q_{75\%}$ реки Кугарт (выбранной в качестве репрезентативной реки для Ошской и Жала-Абадской областей [1]) для модели 7,5 л/с, что для натуральных условий соответствует 13,4 м³/с. Мутность водного потока задавалась равной $\rho = 0,51$ г/л.

призмы наносов в верхнем бьефе составило $h_{\text{ад.г}}^{4\text{н.и}\delta} = 0,78H_p$.

Поскольку формирование призмы наносов на водозаборных сооружениях заканчивается перед наступлением зимнего режима реки, отложения наносов в верхнем бьефе сооружения проводились при меженином расходе реки Кугарт. При этом на модели обеспечивался водозабор через гребень порога при расчетной глубине воды в верхнем бьефе $H_p = 10,0$ см и высоте порога $P_{4.с.н.п} = 7,5$ см.

Проводя дальнейшее формирование призмы наносов, нами был отмечен вертикальный рост призмы наносов до относительных величин

$h_{сп.о}^{4с.пор} \geq 0,87H_p$. Приведенные значения высоты формирующейся призмы наносов в верхнем бьефе ВСДГ - 2 и параметры четырехсекционного ломаного в плане наносозащитного порога определили максимальное значение допустимой глубины водного потока для проведения частичной промывки $H_{доп} = P_{4.с.н.л} = 0,75H_p$.

Направленная промывка проводилась при открытии затвора промывного тракта 7, оборудованного донной вставкой и сдвоенного затвора 8 дополнительного промывного тракта сооружения (см. рис. 2). При этом по подводящему руслу модели подавался средний многолетний зимний расход воды для реки Кугарт $Q_{ср.зим} = 1,82$ л/с, что для натуральных условий равно $Q_{ср.зим/нат} = 3,25$ м³/с.

Процесс промывки производился до появления в зоне создания направленного вторичного русла средних скоростей воды, равных скорости на бытовом участке русла реки Кугарт при уклонах дна $i_p = 0,012$, $v_p = 1,42$ м/с, что для модели составляет $v_p = 0,317$ м/с.

Моделирование проводилось до полной остановки частиц наносов в зоне частичной промывки верхнего бьефа и подводящего русла модели.

В качестве варьируемых факторов в ходе ранжирования были определены относительные величины расходов воды, сбрасываемой через промывные тракты, которые были представлены в качестве следующих независимых переменных:

1) X_1 – относительная величина расхода воды сбрасываемого через основной тракт, оборудованный донной вставкой $Q_{осн.тр} / Q_{ср.зрз}$;

2) X_2 – относительная величина расхода воды, сбрасываемого через дополнительный промывной тракт $Q_{доп.тр} / Q_{ср.зрз}$.

Приведенные относительные величины являются определяющими при проведении частичных промывок верхнего бьефа без нарушения топографии основных объемов призмы наносов.

Граничные значения указанных факторов были определены из условия конструктивных особенностей промывных трактов и обеспечения ими

водопрopusкной способности. Контролируемым свойством служила продолжительность частичной промывки $T_{фр.пр}$ для формирования вторичного русла. Уровни варьирования факторов приведены в таблице 1.

При составлении плана эксперимента учитывались результаты предварительных исследований пропускной способности основного и дополнительного промывных трактов, при допустимой глубине в верхнем бьефе $H_{доп} = 7,5$ см, в частности:

Таблица 1 - Уровни варьирования факторов.

Уровни факторов	Относит. расход X_1	Относит. расход X_2
-1	0	0,70
-0,5	0,075	0,775
0	0,15	0,85
0,5	0,225	0,925
+1	0,30	1,00

- максимальный расход воды, проходящей через основной промывной тракт с донной вставкой (высота вставки составляла $0,4H_p = 4,0$ см), при полном открытии затвора был равен $Q_{осн.тр} = 0,55$ л/с;

- максимальный расход воды, проходящей через дополнительный промывной тракт, при полном открытии сдвоенного затвора был равен $Q_{доп.тр} = 1,93$ л/с.

Анализ результатов предварительного планирования эксперимента свидетельствует, что лишь при пяти версиях разработанного плана имеется совпадения величин зимних расходов, подаваемых на промывку верхнего бьефа $Q_{ср.зим}$ и сбрасываемых через промывные тракты $Q_{сброс}$. Уровни фактов варьирования и натурные переменные, соответствующие совпадению расходов с результатами эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2 - План эксперимента и результаты исследований при определении рационального перераспределения сбрасываемых расходов воды в зависимости от продолжительности частичной промывки верхнего бьефа сооружения.

№ п.п.	План эксперим.		В натур. перемен.		Расходы воды, л/с			Сброс. расход, л/с	Продол. промыв. верхнего бьефа, $T_{фр.пр}$, мин
	X_1	X_2	X_1	X_2	$Q_{ср.зим}$	$Q_{осн.тр}$	$Q_{доп.тр}$	$Q_{сброс}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	-1	1	0	1,0	1,82	0	1,82	1,82	80
9	-0,5	0,5	0,075	0,925	1,82	0,136	1,684	1,82	60
13	0	0	0,15	0,85	1,82	0,273	1,547	1,82	58
17	0,5	-0,5	0,225	0,775	1,82	0,41	1,41	1,82	45
21	1	-1	0,3	0,7	1,82	0,55	1,27	1,82	64

В ходе исследований нами было определено рациональное перераспределение расходов воды между промывными трактами сооружения. Результаты эксперимента свидетельствуют, что минимальная продолжительность фрагментарной промывки верхнего бьефа водозаборного сооружения продолжительностью на модели 45 минут (для натуральных условий 3 часа 20 минут) наблюдается при организации сброса через промывные тракты сооружения следующих относительных расходов воды:

- через основной промывной тракт $Q_{\text{ин.дд}} = 0,225Q_{\text{нд.сд}}$;

- через дополнительный промывной тракт $Q_{\text{ин.дд}} = 0,775Q_{\text{нд.сд}}$.

В ходе частичной промывки верхнего бьефа при указанном перераспределении сбрасываемых расходов было сформировано вторичное криволинейное русло, повторяющее контур четырехсекционного ломаного в плане наносозащитного порога. Геометрические размеры и гидравлические параметры зоны частичной промывки составили:

- ширина на модели 13,5 см (для натуре 2,7 м);

- глубина в начальном створе 4,6 см (для натуре 0,92 м);

- глубина перед подпорным створом 5,1 см (для натуре 1,02 м);

- уклон дна 0,009.

В последующем нами были проведены исследования по определению транспортирующей способности двухфазного потока (вода - шуга), движущегося по вторичному руслу. Было установлено, что при проведении водозабора с коэффициентом $\alpha_{\dot{a}} = 0,8$ через два отверстия зимнего водозабора, происходит сброс шуги через поверхность донной вставки основного промывной тракта без образования зазора, при предельном коэффициенте содержания шуги в потоке, равном $m_{\text{ср}} = 0,17$. При этом было установлено рациональное распределение забираемых расходов воды через водоприемники сооружения.

Поскольку было установлено, что значение максимального коэффициента содержания шуги на горно-предгорных участках некоторых рек Кыргызстана равно $m_{\text{ср.макс}} = 0,25$, нами были проведены

исследования по определению предельной величины коэффициента водозабора при условии транспорта максимальных объемов шуги через створ сооружения.

Исследования проводились в условиях сформированного русла и проведении зимнего водозабора, через отверстие зимнего водозабора, размещенное в промывном тракте. Было установлено, что допустимый транспорт шуги в верхнем бьефе сооружения наблюдается при коэффициенте водозабора $\alpha_{\dot{a}} = 0,53$. Дополнительная транспортирующая способность в подпорном створе сооружения появляется при введении в работу сдвоенного затвора дополнительного промывного тракта. Величина заглубления гребня сдвоенного затвора составила 0,32 см (для натуральных условий 0,64 м).

Проведенные исследования позволили определить количественные характеристики процесса водозабора в зимних условиях эксплуатации при транспорте по руслу реки двухфазного потока с повышенным содержанием шуги. Это дало возможность рекомендовать применение конструкции ВСДГ-2 на горно-предгорных участках рек для проведения круглогодичного водозабора в гидроэнергетические системы.

Литература:

1. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из горных рек. Монография. Изд. 2-е перераб. и доп. – Б.: КРСУ, 2014. 196 с.
2. Лавров Н.П., Логинов Г.И., Атаманова О.В., Шипилов А.В. Водозаборное сооружение из горных рек. Патент РФ на полезную модель №133537, МПК Е 02 В 13/00, опубл. 20.10.2013. 9с.
3. Векслер А. Б., Генкин З. И. Определение масштабного коэффициента при гидравлическом моделировании движения частиц льда в потоке жидкости// Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, Т.188, 1986. – С. 26-31.
4. Шипилов А.В. Совершенствование конструкции водозаборного сооружения деривационной ГЭС для зимнего режима эксплуатации. Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – СПб, 2013. – 20 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Касымова М.Т.