

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СООРУЖЕНИЙ ВОДОЗАБОРНЫХ ГИДРОУЗЛОВ ДЕРИВАЦИОННЫХ ГЭС

Лавров Н.П.¹, Логинов Г.И.², Курумшиев Б.Б.³

¹*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия;*

²*Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина, Бишкек,
Кыргызская Республика;*

³*Строительная компания ОсОО “ОКС”, Бишкек, Кыргызская Республика*

Ключевые слова: горные реки, водозабор, водоподача, сооружения водозаборных гидроузлов, отстойники с гидравлической промывкой, напорные бассейны, напорная деривация, гидравлический расчет, параметры сооружений.

Аннотация. С целью рационального использования воды, забираемой из горно-предгорных участков рек Кыргызстана в гидроэнергетические системы малых ГЭС, разработаны усовершенствованные конструкции сооружений водозаборных гидроузлов. Приводится описание компоновочной схемы водозаборных сооружений, отстойников с гидравлической промывкой наносов и напорных бассейнов, рекомендованных для подачи воды из горных рек Ит-Агар и Козу-Баглан в напорную деривацию малых гидроэлектростанций. Рекомендована методика гидравлического расчета потерь напора по длине водопроводящих сооружений до напорных трубопроводов.

IMPROVEMENT OF THE STRUCTURE OF THE WATER INTAKE HYDRAULIC PLANTS OF DERIVATIVE HYDROPOWER PLANTS

Lavrov N.P.¹, Loginov G.I.², Kurumshiev B.B.³

¹*Saint-Petersburg Polytechnic University of Peter the Great, Saint-Petersburg,
Russia;*

²*Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Yeltsin, Bishkek,
Kyrgyz Republic;*

³*Construction company OSOO “OKS”, Bishkek, Kyrgyz Republic*

Keywords: mountain rivers, water intake, water supply, structures of water intake facilities, settling tanks with hydraulic flushing, pressure basins, pressure diversion, hydraulic calculation, parameters of structures.

Abstract. In order to rationally use water taken from the mountainous and foothill sections of the rivers of Kyrgyzstan into the hydropower systems of small HPPs, improved designs of water intake hydroelectric facilities have been developed. A description is given of the layout scheme of water intake structures, settling tanks with hydraulic washing of sediments and pressure basins recommended for supplying water from the mountain rivers It-Agar and Kozu-Baglan to the pressure derivation of small hydroelectric power plants. A method of hydraulic calculation of pressure losses along the length of water-conducting structures to pressure pipelines is recommended.

В современном мире обозначены пять главных проблем общества: бедность населения, изменение климата, загрязнение окружающей среды, рост потребления энергии и истощение запасов ископаемого топлива.

Проблема обеспечения энергией всегда была актуальной задачей в развитии общества. Сегодня мы имеем дело с небывало высоким спросом на

энергоресурсы. В последнюю четверть XX века человечество расходовало энергии в 2 раза больше, чем за всю предшествующую историю. Рост населения и стремительное развитие мировой экономики приводит к тому, что миллионы людей в развивающихся странах постепенно познают преимущества современного образа жизни и быта, предполагающего постоянный рост потребления энергии. Поэтому одним из ключевых вопросов этого столетия станет энергетическая проблема.

Бурный рост строительства возобновляемых источников энергии Кыргызской Республике в XXI веке вызван дефицитом энергоносителей на рынке, ростом цен на них, а также этому способствовало принятие в республике следующих законопроектов и постановлений:

- Закон Кыргызской Республики от 31 декабря 2008 года № 283 «О возобновляемых источниках энергии».

- Постановление Правительства Кыргызской Республики от 30 октября 2020 года № 525 «Об утверждении Положения об условиях и порядке осуществления деятельности по выработке и поставке электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии».

При проектировании и строительстве сооружений малых деривационных ГЭС на реках Кыргызстана возникают некоторые сложности, в частности:

- необходимость учета различных гидрологических, геологических и гидроморфометрических характеристик горно-предгорных участков горных водотоков;

- различные топографические условия объектов со сложным рельефом местности;

- отдалённость строительных площадок от существующих материально-технических баз, отсутствие дорог от населенных пунктов.

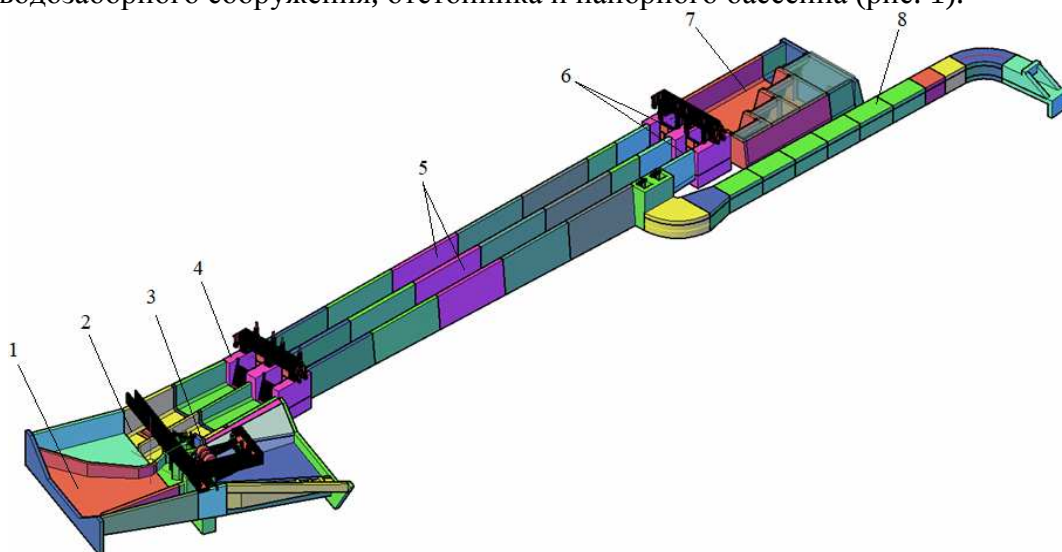
Указанные факторы вызывают удорожание осуществления строительных решений и увеличение продолжительности строительства. Это определяет необходимость создания новых усовершенствованных конструкций гидротехнических сооружений для малых гидроэнергетических систем. Как правило, такие сооружения являются элементами, входящими в состав низконапорных плотинных водозаборных гидроузлов. В состав этих гидроузлов входят следующие элементы: подводящие и отводящие зарегулированное русла, водозаборные сооружения с подпорными устройствами, в которых устраивается промывники и водосбросы, а также водоприемники, подающие воду к деривационным водоводам. На участках гидроузлов вода вначале подается по сооружениям в безнапорном режиме, с очисткой от речных наносов, плавающего сора и ледо-шуговых образований. Далее объемы воды по деривационным каналам и трубопроводам подаются на малые ГЭС.

В случае, если вода подается в напорные трубопроводы ГЭС из отстойников или открытых водоотводящих сооружений, в их концевой части устраиваются напорные бассейны.

Ранее при разработке проектов использовались локальные конструкции водозаборных сооружений, отстойников и напорных бассейнов. Это вызывало

рассредоточение отдельных элементов гидроузла на больших площадях и появление неоправданных потерь напора по трассе линейных сооружений [1].

С целью уменьшения занимаемой площади проектируемыми гидротехническими сооружениями в створах устройства водозаборных гидроузлов была разработана совмещенная компоновочная схема водозаборного сооружения, отстойника и напорного бассейна (рис. 1).



1 – водозаборное сооружение; 2 – открытый водоприемник; 3 – затвор-автомат уровня верхнего бьефа; 4 – створ регулятора отстойника; 5 – двухкамерный отстойник с гидравлической промывкой наносов; 6 – регулятор конечного сечения отстойника и напорного бассейна; 7 – напорный бассейн; 8 – пульповод

Рис. 1. Усовершенствованная компоновка водозаборного гидроузла для подачи воды из реки Козу-Баглан в напорную деривацию

Совмещение отстойника с напорным бассейном позволяет упростить их конструкцию за счет переноса технологических операций удаления наносов, сброса излишков воды и защиты водоприемника от шуго-ледовых образований на участок отстойника.

После разработки совмещенной компоновочной схемы водозаборного гидроузла была проведена ее плановая и высотная привязка на местности с учетом условий водозабора и водоподачи из реки Козу-Баглан Лейлекском районе Баткенской области на малую ГЭС. Подпорный створ гидроузла был размещен в точке пересечения трассы деривации с руслом реки. Приведенная совмещенная компоновочная схема сооружений водозаборного гидроузла была также внедрена в проект «Строительство деривационной малой ГЭС на реке Лейлек Лейлекского района Баткенской области II - очередь» (рис. 2).

В проекте были использованы следующие основные исходные данные:

1) расходы воды в реке Козу-Баглан: среднемноголетний $Q_{с.р.} = 4,03 \text{ м}^3/\text{с}$, минимальный $Q_{90\%} = 1,1 \text{ м}^3/\text{с}$;

2) расходы водоподачи из водозаборного сооружения к агрегатам малой ГЭС – $Q_{MAX} = 5,5 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_{MIN} = 1,25 \text{ м}^3/\text{с}$.

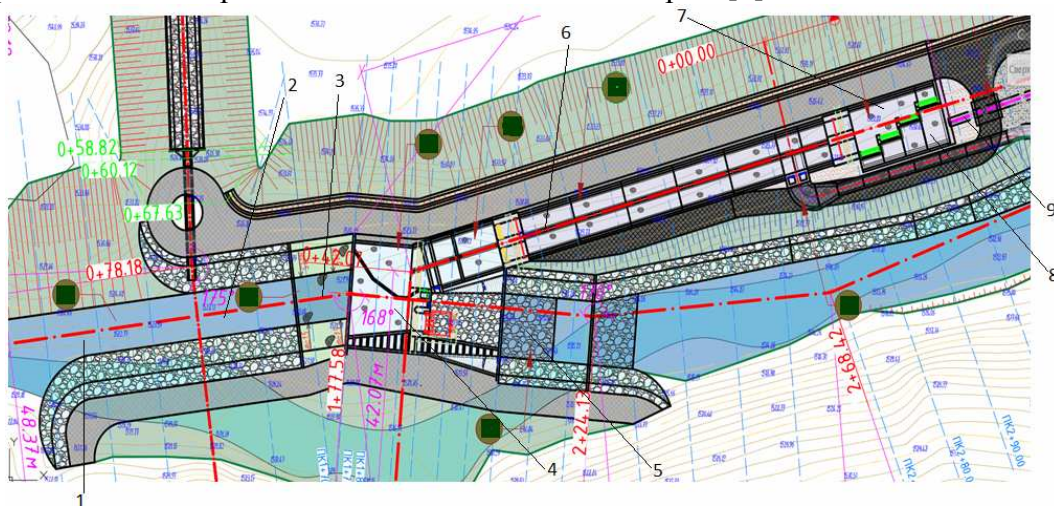
3) установленный класс ответственности гидротехнических сооружений в зависимости от мощности малой ГЭС (СП 58.13330.2019) – IV;

4) расчетное значение руслоформирующего расхода воды $Q_{5\%}=33,5 \text{ м}^3/\text{с}$, поверочный расход $Q_{1\%}=37,9 \text{ м}^3/\text{с}$;

5) уклон дна реки на участке перед створом водозабора $i_p=0,025$.

Выполненное сравнение варианта совмещенной компоновки водозаборного гидроузла на реке Козу-Баглан с компоновками, использующими раздельное размещение сооружений показало, что совмещенный вариант компоновки требует существенно меньших объемов строительно-монтажных работ. В частности, объем бетонных работ и армирования конструкций снижается на 10%, применяемые объемы металлоконструкций снижается на 15%, а объемы земляных работ уменьшаются на 30%. При применении совмещенной компоновки также снижаются потери напора воды на перепад уровней при транспортировке от верхнего бьефа водозаборного сооружения до водоприемника напорного бассейна.

Расчет перепада уровней воды от верхнего бьефа водозаборного сооружения до водоприемного оголовка напорного бассейна предлагается по формулам [2, 3], приведенным в таблице 1. При этом местные гидравлические сопротивления на локальных участках устройств и сопротивления по длине линейных сооружений определяются в зависимости от расхода воды, подаваемого на МГЭС. К компоновке гидроузла использовано прямолинейное подводящее русло, компоновка которого была разработана с учетом рекомендации Артамонова К.Ф. для селеносных рек. [4]



1 – сопрягающий участок зарегулированного русла с бытовым руслом реки, 2 – подводящее зарегулированное русло; 3 – входное сечение водозаборного сооружения; 4 – водозаборное сооружение; 5 – зарегулированное отводящее русло; 6 – двух камерный отстойник с гидравлической промывкой наносов, 7 – напорный бассейн, 8 – водоприемный оголовок напорного бассейна; 9 – напорный деривационный трубопровод

Рис. 2. План совмещенной компоновки сооружений водозаборного гидроузла на реке Козу-Баглан, Лейлекского района

Табл. 1. Расчетные зависимости для определения потерь напора по длине сооружений водозабора и водоподачи на ГЭС

№	Название участка	Вид расчетной зависимости	Примечание
1	Ломанный в плане наносозащитный порог	$h_w = H_{\Pi} = 2zQ_{ГЭС}^k, (1)$	Неподтопленный режим истечения; H_{Π} – напор воды над концевым сечением порога; z и k – коэффициенты зависящие от параметров ломаного в плане порога [5].
2	Водоподводящий участок до отстойника	$h_w = L \times \frac{Q_{ГЭС}^2}{(hb)^2 \times c^2 \times R}, (2)$	L – длина участка; h и b – размеры поперечного сечения потока на среднем участке; C – коэффициент Шези; R – гидравлический радиус;
3	Входное сечение отстойника с устройством регулирующих затворов	$h_w = z_0 = \frac{Q_{ГЭС}^2}{\varphi^2 \times b_0^2 \times (h - z_0)^2 \times 2g}, (3)$	Расчитывается как водослив с широким порогом при подтопленном истечении; φ – коэффициент истечения, зависит от формы ограничивающих поверхностей; b_0 – ширина камеры отстойника; z_0 – перепад уровней воды в конце водоподводящего участка и в начале отстойника;
4	Камера отстойника	$h_w = L_0 \times \frac{Q_{ГЭС}^2}{(H_0 b_0^2) \times C^2 \times R}, (4)$	L_0 – длина отстойника;

			H_0 – глубина воды в среднем сечении отстойника с учетом максимальной расчетной величины заиления наносами;
5	Выходное сечение отстойника с регулирующими затворами	Расчет выполняется по формуле (2) при этом учитывается разность отметок уровней воды в конце отстойника и в напорном бассейне.	
6	Сечение устройства сороудерживающих решеток напорного бассейна.	$h_w = \xi_p \times \frac{\alpha V_{нб}^2}{2g}, (5)$	ξ_p – коэффициент определяется в зависимости от параметров решетки; $V_{нб}$ – скорость движения воды перед решёткой.
7	Потери напора на входе в напорный трубопровод	$h_w = (0.15 - 0.5) \times \frac{\alpha V_{мп}^2}{2g}, (6)$	$V_{мп}$ – скорость движения воды в трубопроводе

Выводы:

– представленная совмещенная компоновка сооружений водозаборного гидроузла рекомендуется в качестве перспективной и служит для оптимизации процессов водозабора и водоподачи из горных рек на деривационные МГЭС. Эта компактная схема может быть рекомендована для применения при различных условиях эксплуатации;

– использование приведённых расчетных зависимостей для определения гидравлических сопротивлений по трассе водозабора и водоподачи позволяет провести расчет потерь напора на головном участке водозаборного гидроузла.

Список литературы

1. Логинов Г.И., Отаназаров С.С. Методика расчета параметров водосбросных сооружений низконапорных водозаборных сооружений из малых горных рек // Вестник КРСУ. 2018. Т. 18, №8. С. 108-112.
2. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. Киселева П.Г. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.
3. Лавров Н.П., Логинов Г.И. Водозаборные и водопроводящие сооружения в горно-предгорной зоне. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2016. – 142 с.
4. Артамонов К.Ф., Крошкин А.Н., Талмаза В.Ф. Методические указания по расчету устойчивых аллювиальных русел горных рек при проектировании гидротехнических сооружений. – М.: Колос, 1972. – 64с.

5. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из малых горных рек. – 2-е изд., перераб. и доп. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2014. – 196 с.

References

1. Loginov G.I., Otanazarov S.S. Methodology for calculating the parameters of spillway structures of low-pressure water intake structures from small mountain rivers // News of the KRSU. 2018, vol. 18, no. 8, pp. 108-112.
2. Handbook of hydraulic calculations / Ed. Kiseleva P.G. – M.: Energy, 1972. – 312 p.
3. Lavrov N.P., Loginov G.I. Water intake and water supply facilities in the mountainous foothill zone. – Bishkek: Publ. house of KRSU, 2016. – 142 p.
4. Artamonov K.F., Kroshkin A.N., Talmaza V.F. Guidelines for the calculation of stable alluvial beds of mountain rivers in the design of hydraulic structures. – M.: Kolos, 1972. – 64p.
5. Loginov G.I. Hydraulic processes during water intake from small mountain rivers. – 2nd ed., rev. and add. – Bishkek: Publ. house of KRSU, 2014. – 196 p.

Лавров Никалай Петрович – доктор технических наук, профессор	Lavrov Nikalay Petrovich – doctor of technical sciences, professor
Логинов Геннадий Иванович – доктор технических наук, профессор	Loginov Gennady Ivanovich – doctor of technical sciences, professor
Курумшиев Болот Бактыбекович – аспирант	Kurumshiev Bolot Baktybekovich – graduate student
kurumshiev97@mail.ru	

Received 31.05.2022