

УДК 627.41

Р. С. Абилов

Азербайджанский научно-исследовательский институт по гидротехнике и мелиорации,
Баку, Азербайджан

ВОДОЗАБОР ДЛЯ ГОРНЫХ РЕК

Целью исследований являлось обоснование принципиально новой облегченной конструкции горного водозаборного сооружения для рек Ленкоранской субтропической зоны Азербайджана с учетом гидрологического режима, характеристик жидкого и твердого стоков рек. Разработанный водозабор выполнен с использованием вальцового затвора, расположенного поперек русла реки и образующего низконапорную водозаборно-водосливную плотину с переменным порогом. На поверхности вальцового затвора со стороны верхнего бьефа по его длине предусмотрены щели разной ширины для осуществления водозабора из реки. Внутреннее пространство затвора служит для сбора и отвода воды в отводящий канал. В разработанной конструкции происходит полное осаждение крупных фракций донных наносов, а осветленный речной поток переливается через гребень вальцового затвора, при этом частично через щелевое отверстие поступает в водозаборную галерею. На модельной установке водозабора проведены исследования его работы при разных значениях ширины и положении щелей на вальцовом затворе. В экспериментальных исследованиях расход воды водозабора был равен 0,60; 0,83; 1,80; 2,00; 2,20; 4,65; 11,60 и 14,65 л/с, масштаб моделирования составлял 1:15. На основании теоретических исследований из выражения удельной энергии потока были получены расчетные зависимости для определения глубины потока вдоль галереи для двух расчетных случаев при уклоне галереи, равном нулю и отличном от нуля, с постоянными удельными расходами. Полученные зависимости подтверждены результатами лабораторных исследований с точностью 1,2–11,7 %. Получена зависимость для определения средней скорости воды в галерее, которая подтверждена результатами обработки данных экспериментальных опытов с погрешностью 3–8 %.

Ключевые слова: донные наносы, русло, галерея, водозаборная щель, расход, уклон, верхний и нижний бьефы.

R. S. Abilov

Azerbaijan Scientific-Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation,
Baku, Azerbaijan

WATER INTAKE FOR MOUNTAIN RIVERS

The objective of the research is to substantiate fundamental new lightweight design of mountain water intake structure for rivers of Len Koran subtropical zone in Azerbaijan considering hydrologic regime, characteristics of liquid and solid runoff of the rivers. The developed water intake structure was made by using roller gate situated across the river channel and forming low-pressure water intake-spill-weir with variable threshold. At the surface of roller gate by the side of upstream along its length the slots of different width for river water intake are provided. The internal space of the gate is used for collecting and withdrawing of water to off-take channel. The developed construction provides total deposition of large fractions of bottom sediments, and then clarified river flow overflow through the ridge of roller gate wherein partially supplied through the slot to the water intake gallery. At the model of water intake the investigation of its operation at different values of width and places of slots

on the roller gate was conducted. At the experiment the water discharges of water intake were 0.60, 0.83, 1.80, 2.00, 2.20, 4.65, 11.60, and 14.65 l/sec; modeling scale was 1:15. Based on theoretical investigation and form of specific energy of flow, the equations for calculating the depth of flow along a gallery for two gallery slopes, which were equal to zero and nonzero with constant specific discharges, were found. The equations found were validated by laboratory result with accuracy 1.2–11.7 %. An equation for mean water velocity in a gallery, which was confirmed by the results of experimental data with an error of 3–8 %, was deduced.

Keywords: bottom deposits, channel, gallery, water intake slot, discharge, slope, upstream, downstream.

Введение. При реконструкции и строительстве новых оросительных систем в горной и предгорной зонах возникает вопрос выбора конструкции водозаборного сооружения.

Как известно, в настоящее время основным типом водозабора для горных рек в Азербайджанской Республике является донный решетчатый, так называемый тирольский, тип водозабора. Основное преимущество решетчатого горного водозаборного сооружения заключается в том, что он обеспечивает беспрепятственный пропуск паводковых вод, крупных наносов и плавающих тел вниз по руслу реки. Забор воды в канал может быть осуществлен при всех горизонтах воды в реке, а головное сооружение мало стесняет русло, что важно для горных рек, несущих селевые потоки или имеющих паводки селевого характера. Кроме того, решетчатый тип водозабора является наиболее экономичным. Вместе с тем этот тип водозабора имеет и серьезные недостатки. Забор воды осуществляется из нижних слоев потока, насыщенных донными наносами, которые вместе с водой поступают в водоприемную галерею и магистральный канал. При недостаточной транспортирующей способности водоприемной галереи наносы откладываются в ней, уменьшают ее пропускную способность, в связи с чем возникает необходимость в периодической очистке галереи вручную. Для улавливания донных наносов и удаления их обратно в реку требуется устройство гравиелов, что в горных условиях усложняет конструкцию и компоновку водозаборного узла [1, 2].

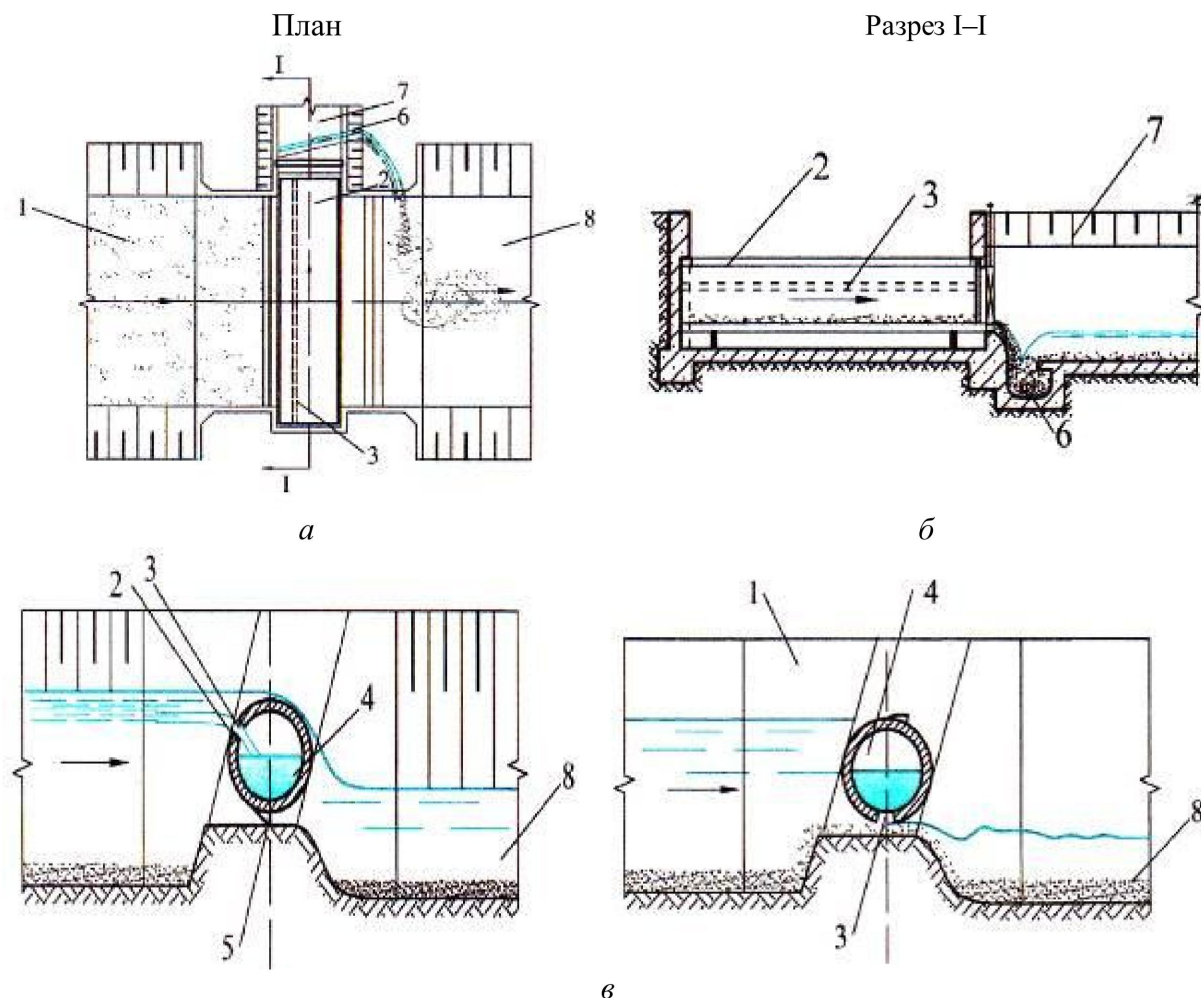
Разработкой конструкций горных и предгорных водозаборных сооружений занимались Н. Ф. Данелия, С. Г. Мелик-Нубаров, Ф. С. Салахов,

Н. Б. Кереселидзе, Е. А. Замарин, Ф. Б. Баширов, Ш. С. Бобахидзе [2, 3]. На основании анализа существующих водозаборных сооружений, а также учета гидрологических особенностей водного и наносного режимов рек Ленкоранской зоны Азербайджанской Республики была разработана и предложена принципиально новая конструкция горного водозабора [4–6]. Схема компоновки предлагаемого горного водозабора и конструкция его элементов приведены на рисунке 1. Как видно из этого рисунка, основным конструктивным элементом предлагаемого водозабора является вальцовый затвор, на поверхности которого выполняются специальные щелевые отверстия для обеспечения забора воды из поверхностного слоя речного потока. При этом вальцовый затвор располагается перпендикулярно руслу реки и устанавливается между береговыми и промежуточными разделительными стенками. Следует отметить, что подобные затворы применяются в водохозяйственной практике для перекрытия пролетов шириной 45–60 м и высотой 9–13 м. Затворы перемещаются по зубчатым направляющим рейкам, установленным под углом 65–75°. Необходимо подчеркнуть, что в разработанной конструкции облегченного водозабора в верхнем бьефе гидроузла происходит полное осаждение крупных фракций донных наносов, а осветленный речной поток переливается через гребень вальцового затвора, при этом частично через щелевое отверстие поступает в водозаборную галерею. Водозаборная галерея подает забираемую из поверхностного слоя воду в оросительный канал.

При заилении верхнего бьефа и пропуске паводочного расхода через гидроузел вальцовый затвор поднимается, в результате чего происходят удаление наносных отложений гидравлической промывкой и пропуск паводка без стеснения русла.

Материалы и методы. Для проведения экспериментальных исследований по изучению конструктивных особенностей разработанного водозаборного сооружения и его гидравлического режима была построена мо-

дель в масштабе 1:15.



а – план гидроузла; *б* – разрез I-I; *в* – поперечные разрезы;
 1 – верхний бьеф; 2 – вальцовый затвор; 3 – щелевое отверстие; 4 – водозаборная
 галерея; 5 – сегментный лист; 6 – гравиеловки; 7 – отводящий канал; 8 – нижний бьеф

Рисунок 1 – Схема компоновки элементов предлагаемого горного водозабора

В исследованиях размеры щелевого отверстия на поверхности вальцового затвора для модели составляли 2; 10; 15; 20; 30 мм, что для условий природы равно 0,030; 0,150; 0,225; 0,300; 0,450 см. Кроме того, исследуемые щелевые отверстия располагались на поверхности вальцового затвора под углом 45; 90; 120° к горизонту. При проведении экспериментальных исследований с изменением ширины щелевого отверстия от 20 до 30 мм (для природы от 0,30 до 0,45 м) модельный расход воды реки составлял 2,20; 4,65; 11,60 и 14,65 л/с, что при пересчете для натуральных условий равно 1,92; 4,05; 10,50 и 12,78 м³/с, а натурные расходы водозаборного сооружения

находились в пределах 1,92–6,27 м³/с.

Результаты и обсуждение. Опыты показывают, что при изменении расхода водозабора от 0,52 до 6,27 м³/с вдоль галереи глубина воды изменяется от 0,75 до 1,20 м. По данным экспериментальных исследований, отношение глубины воды в начале и конце галереи изменялось в пределах $h_n/h_k = 1,70 \dots 2,44$, где h_n , h_k – глубины воды в начале и конце галереи (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры потока в водозаборной галерее

Число опытов	Расход водозабора, л/с	Глубина воды в конце галереи h_k по формуле (1), м	Глубина воды в начале h_n , м	h_n/h_k
1	0,60	0,020	0,034	1,70
2	0,83	0,024	0,052	2,17
3	1,80	0,035	0,067	2,00
4	2,00	0,037	0,085	2,29
5	1,66	0,034	0,065	1,91
6	2,50	0,041	0,100	2,44
7	3,33	0,052	0,110	2,11

Для определения глубины воды в начале и конце галереи были обработаны экспериментальные данные лабораторных исследований. По результатам обработки было установлено, что при разных гидравлических режимах работы предложенной конструкции водозаборного сооружения в конце галереи устанавливается критическая глубина, которая может быть определена по зависимости [7–9]:

$$\frac{h_{кр.}}{d} = 1,55 \frac{h_{кр.ф.п.}}{d} - 0,9 \left(\frac{h_{кр.ф.п.}}{d} \right)^2 + 0,025,$$

где $h_{кр.}$ – критическая глубина воды в конце галереи, м:

$$h_{кр.} = \sqrt[3]{\frac{aq^2}{g}},$$

где a – коэффициент Кориолиса, $a=1,1$;

q – удельный расход водозаборного сооружения, м/с²;

g – ускорение силы тяжести, $g=9,81$ м/с²;

d – диаметр вальцового затвора, м;

$h_{\text{кр.ф.п.}}$ – критическая глубина фиктивного прямоугольного поперечного сечения русла, ширина которого равняется d .

По длине галереи скорость воды определяется по формуле:

$$v = v_{\text{кр}} \left(\frac{x}{s} \right)^n, \quad (1)$$

где $v_{\text{кр}}$ – критическая скорость в конце галереи, м/с;

x – расчетная длина галереи, м;

s – общая длина галереи, м;

n – показатель степени.

По результатам обработки опытных данных установлено, что в формуле (1) показатель степени следует принимать $n \leq 1,0$.

Скорости потока, определяемые по экспериментальным данным и по формуле (1), согласуются удовлетворительно с погрешностью 3–8 %.

Для цилиндрического вальцового затвора сечение потока в галерее формируется в виде сегмента, где $h \leq r$ и $B \leq r$ (h – глубина воды в галерее, м). При этом площадь поперечного сечения потока в галерее определяется при $i=0$, $q=\text{const}$ по формуле:

$$\omega = (\varphi - \sin \varphi) \frac{r^2}{2},$$

где φ – центральный угол сегментного сечения;

r – радиус сегмента, м.

При этом длина смоченного периметра определяется из зависимости $\chi = \varphi \cdot r$, гидравлический радиус – по формуле:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(\varphi - \sin \varphi)}{2\varphi} \cdot r,$$

ширина потока по урезу воды находится из выражения:

$$B = 2 \sin \frac{\varphi}{2} \cdot r.$$

Необходимо отметить, что расчетная зависимость для определения глубины потока вдоль галереи нами получена из выражения удельной энергии потока. При этом изменение удельной энергии между соседними сечениями находим из уравнения:

$$\frac{-dh}{dx} = i\chi + \frac{d}{dx} \left(\frac{v^2}{2g} \right), \quad (2)$$

где i – уклон дна водозаборной галереи.

При $i=0$ и $q=\text{const}$ из уравнения (2) находим уравнение для определения глубины в галерее:

$$h = h_0 - \frac{q^2}{2g} \left(\frac{x}{\omega} \right)^2. \quad (3)$$

Сопоставление данных, полученных по уравнению (3), с данными экспериментальных исследований приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Сопоставление опытных и теоретических данных

Расход водозабора, м ³ /с	Удельный расход воды в галерее, м ² /с	Створ	Расстояние между створами, м	Глубина воды		Расхождение, %
				по опытным данным	по формуле (3)	
0,00330	0,0072	0	0	0,110	-	-
		1	0,110	0,100	0,1098	+9,0
		2	0,230	0,094	0,0990	+5,3
		3	0,335	0,090	0,0920	+2,2
		4	0,460	0,046	0,0520	+11,7
0,00250	0,0054	0	0	0,1001	-	-
		1	0,110	0,090	0,0999	+11,0
		2	0,230	0,085	0,0895	+5,3
		3	0,335	0,015	0,8350	+11,3
		4	0,460	0,040	0,0410	+2,5
0,00200	0,0043	0	0	0,095	-	-
		1	0,110	0,084	0,083	-1,2
		2	0,230	0,018	0,019	+2,05
		3	0,335	0,014	0,077	+6,4
		4	0,460	0,0305	0,030	-1,6
0,00166	0,0036	0	0	0,090	-	-
		1	0,110	0,080	0,089	+11,2
		2	0,230	0,075	0,079	+6,2
		3	0,335	0,070	0,074	+5,9
		4	0,460	0,030	0,034	+11,7

При $i \neq 0$ и $q = \text{const}$ уравнение для определения глубины в галерее примет вид:

$$h = h_0 - \frac{q^2}{2g} \left(\frac{x}{\omega} \right)^2 - ix. \quad (4)$$

Как по зависимости (3), так и по зависимости (4) глубина потока по длине галереи определяется подбором. Для разных расходов воды рекомендуемого водозабора выполнено сопоставление выражения (4) с данными экспериментальных исследований. Погрешность между экспериментальными данными и вычисленными по уравнению (4) находится в пределах 1,2–11,7 % [5].

Выводы

1 На основании теоретических исследований из выражения удельной энергии потока были получены расчетные зависимости для определения глубины потока вдоль галереи для двух расчетных случаев: при $i=0$; $q=\text{const}$ и $i \neq 0$; $q=\text{const}$. Эти зависимости подтверждаются результатами лабораторных исследований с точностью 1,2–11,7 %.

2 Получена зависимость для определения средней скорости воды в галерее, которая подтверждается результатами обработки данных экспериментальных опытов с погрешностью 3–8 %.

Список литературы

- 1 Полад-заде, А. Водозаборные сооружения на горных реках / А. Полад-заде. – Баку: Азернешр, 1964. – 103 с.
- 2 Баширов, Ф. Б. Водозаборные сооружения на горных реках / Ф. Б. Баширов. – М., 1986. – 46 с.
- 3 Чавтораев, А. И. Облегченные водозаборные сооружения на горных реках / А. И. Чавтораев. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 127 с.
- 4 Пат. 980064 Республика Азербайджан. Водозаборное сооружение / Ахмедов В. М., Муслимов А. М., Абилов Р. С.
- 5 Абилов, Р. С. Разработка рациональной конструкции водозаборного сооружения для горных рек и его исследование: автореф. дис. ... канд. наук / Абилов Р. С. – Баку, 2008.
- 6 Пат. 1783053 Российская Федерация. Водозаборные сооружения для горных рек / Мамедов А. Ш., Баширов Ф. Б.
- 7 Алтунин, С. Т. Регулирование русел рек при водозаборе / С. Т. Алтунин. – М.:

Сельхозгиз, 1950. – 335 с.

8 Задачник по гидравлическим расчетам / Андреевская [и др.]. – М.: Энергия, 1970.

9 Логинов, Г. И. Классификация горных водозаборных гидроузлов / Г. И. Логинов, И. П. Лавров. – Кыргызстан, 2011.

Абилов Рашад Саффан оглы

Должность: главный специалист

Место работы: Азербайджанский научно-исследовательский институт по гидротехнике и мелиорации

Адрес организации: ул. И. Дадашов, 70А, г. Баку, Азербайджан, 1130

E-mail: abilov.rashad@mail.ru; gulnure_aliyeva@mail.ru

Abilov Rashad Saffan oglu

Position: Senior Officer

Affiliation: Azerbaijan Scientific-Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation

Affiliation address: st. I. Dadashov, 70A, Baku, Azerbaijan, 1130

E-mail: abilov.rashad@mail.ru; gulnure_aliyeva@mail.ru