

Information about the authors

Volosukhin Yakov Victorovich, general director LLC «Engineering-consulting center «Safety of hydraulic structures»; 346400, Rostovskaya region, Novocherkassk, Budennovskaya, 156; e-mail: boss@ibgts.ru

Ivankova Tatjana Victorovna, post graduate student kafedry «Vodnoye khozyaystvo, inzhenernyye seti i zashchita okruzhayushchey

sredy» YURGPU(NPI), 346428, Rostovskaya region, Novocherkassk, Prosveshcheniya, 132; e-mail: academy-design@mail.ru

Potapenko Yuriy Yakovlevich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, Honored scientist of the Karachai-Cherkess Republic, North-Caucasian regional interdepartmental stratigraphic commission, e-mail: nupotap@yandex.ru

УДК 502/504:621.311.21:628.113

DOI 10.26897/1997-6011-2020-3-99-107

А.П. КРЫЛОВ, А.М. БАКШТАНИН, Э.С. БЕГЛЯРОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛЬНОЙ И РАБОЧЕЙ УСТАНОВКИ ПОРТАТИВНОЙ МИКРО-ГЭС С СИФОННЫМ ВОДОПОДВОДОМ

Цель исследований – поиск оптимальных конструктивных решений подвода потока для микро-ГЭС. Для определения расхода воды на микро-ГЭС с ортогональной турбиной в качестве рабочего агрегата и сифонным водоводом на Хоробровском гидроузле был выбран метод центробежной силы в колене. В ходе работ был проведен ряд предварительных испытаний портативной микро-ГЭС с сифонным водоподводом и ортогональной турбиной с пяти лопастным рабочим колесом установленной мощностью 30 кВт. В результате испытаний были получены характеристики гидросилового оборудования в располагаемых диапазонах напоров и расходов. Выполнен цикл теоретических и натурных исследований по использованию свободно-поточных ортогональных турбин в малой гидроэнергетике. Были проанализированы результаты испытаний ортогональной турбины опытной микро-ГЭС, определен её К.П.Д., а также режимы работы гидросилового оборудования при которых возникают кавитационные явления.

Микро-ГЭС, сифонный водоприемник, ортогональная турбина, микро-гидроэнергетика, расход, напор, пьезометр, контрольно-измерительная аппаратура.

Введение. При разработке проекта строительства портативной микро-ГЭС на плотине Хоробровского гидроузла на реке Нерль одной из основных задач было минимизировать вмешательство в конструкцию существующих гидротехнических сооружений. Дополнительной особенностью данной опытной микро-ГЭС с ортогональной турбиной является использование сифонного водовода. Сифонные водосбросы широко используются в практике гидротехнического строительства для обеспечения автоматического поддержания уровня верхнего бьефа в заданных пределах. Традиционно применяемые сифонные водосбросы имеют прямоугольное поперечное сечение достаточно больших размеров [1, 2].

В качестве обоснования методики измерения расхода в колене были

использованы следствия из развития центробежной силы в колене водовода.

Цели и задачи. Одной из актуальных задач обеспечения надежности и безопасности работы гидроэнергетического объекта является поиск оптимальных конструктивных решений подвода потока для микро-ГЭС.

Материалы и методы. В рамках решения поставленной задачи и на основании анализа ранее выполненных работ [3] было установлено, что конструктивное решение подвода потока к микро-ГЭС с ортогональной турбиной нуждается в лабораторных и натурных исследованиях.

Все задачи экспериментального исследования рабочего процесса ортогональной турбины связаны с усовершенствованием методов и должны решаться в комплексе.

Такой подход к решению проблемы целесообразности и работоспособности данной конструкции сифонного водовода представляется наиболее рациональным. При всем многообразии геометрических форм сифонного водовода общая задача лабораторных исследований представляется невыполненной без установления единой кинематической структуры потока в сопрягающих коленах водовода и определения давлений и расходов [4].

Экспериментальный гидравлический стенд состоял из:

- открытого резервуара с мерным водосливом, представляющий верхний бьеф;
- модели подводящего участка с сифонным подводом для МГЭС.

Геометрические размеры мерного водослива обеспечивали прохождение максимального модельного расхода, составляющего $Q_{\text{мод}} = 101,2$ л/с.

Для определения глубины над порогом треугольного водослива H мерный бак был оборудован шпиценмасштабом, установленным в стакане и привязанным к порогу мерного водослива. Точка забора воды из резервуара в стакан расположена на расстоянии $L > 3H_{\text{max}}$ от треугольного водослива. [5, 6]

В точках отбора давления установлены штуцеры, выполненные по рабочим чертежам в соответствии с международным стандартом. От штуцеров к приборам, фиксирующим разницу давления в точках отбора, проложены импульсные трубки, на которых установлены шаровые краны (рис. 1). В качестве приборов, показывающих разницу давления в точках отбора, используются: для створа 1 двухтрубный жидкостный манометр для снятия абсолютного давления в каждой точке отбора; для створа 2 мановакуумметр с U-образной трубкой для снятия вакуумметрического давления.

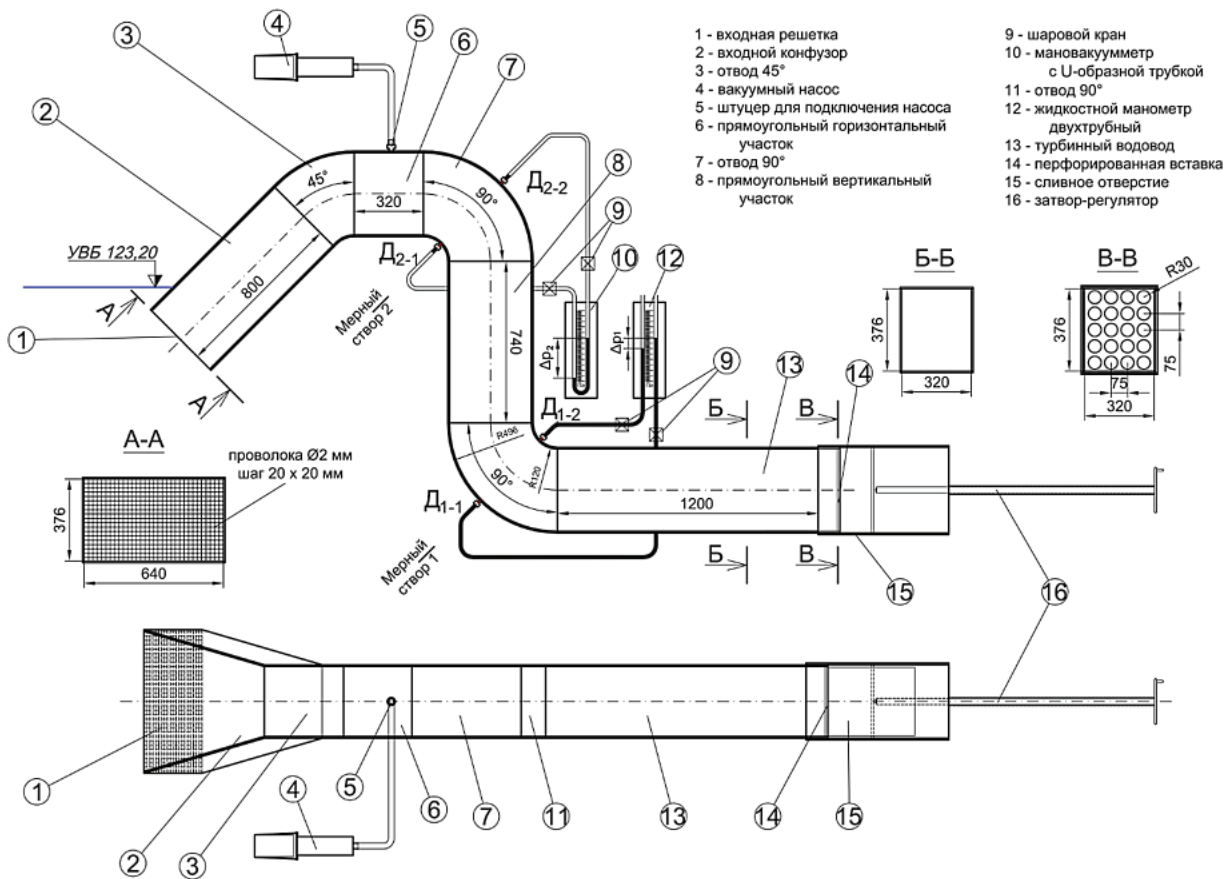


Рис. 1. Схема модели подводящего участка МГЭС с сифонным подводом и установки КИА

Таким образом опытная установка отвечала современным требованиям, предъявляемым к экспериментальным установкам такого типа.

При проведении экспериментов окончательное значение пьезометрического

давления в колене определялось как осредненное значение нескольких показаний при установившемся режиме. Таким образом, измерялись потери напора перед турбиной с помощью пьезометра – 1-й столбец, с помощью вакуумметра измерялось

разрежение, которое создавалось после турбины, также брались показания манометра и мановакууметра в верхнем и в нижнем сопрягающих коленах сифона.

Для качественной объективной оценки близости полученных кривых к экспериментальным точкам можно рассчитать коэффициент детерминации [4]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Q_i - Q(\Delta p_i))^2}{\sum(Q_i - \bar{Q})^2}, \quad (1)$$

где Q_i – расход i -ой экспериментальной точки; $Q(\Delta p_i)$ – расход, полученный из функции: $Q = k\sqrt{\Delta p}$; \bar{Q} – математическое ожидание экспериментальных точек; $(Q_i - Q(\Delta p_i))^2$ – квадрат отклонения экспериментальной точки от полученной кривой.

Коэффициенты детерминации R_1^2 и R_2^2 соответственно равны:

по первому створу $R_1^2 = 0,997$; по второму створу $R_2^2 = 0,989$.

Значения коэффициентов детерминации получились достаточно высокими, отклонения полученных кривых от экспериментальных точек составляет 0,3% по первому створу и 1,1% – по второму.

По итогам анализа и обработки данных экспериментальных исследований были построены натурные тарировочные кривые, показанные на рисунке 2. Полученные данные были использованы для измерения расходов на рабочей установке.

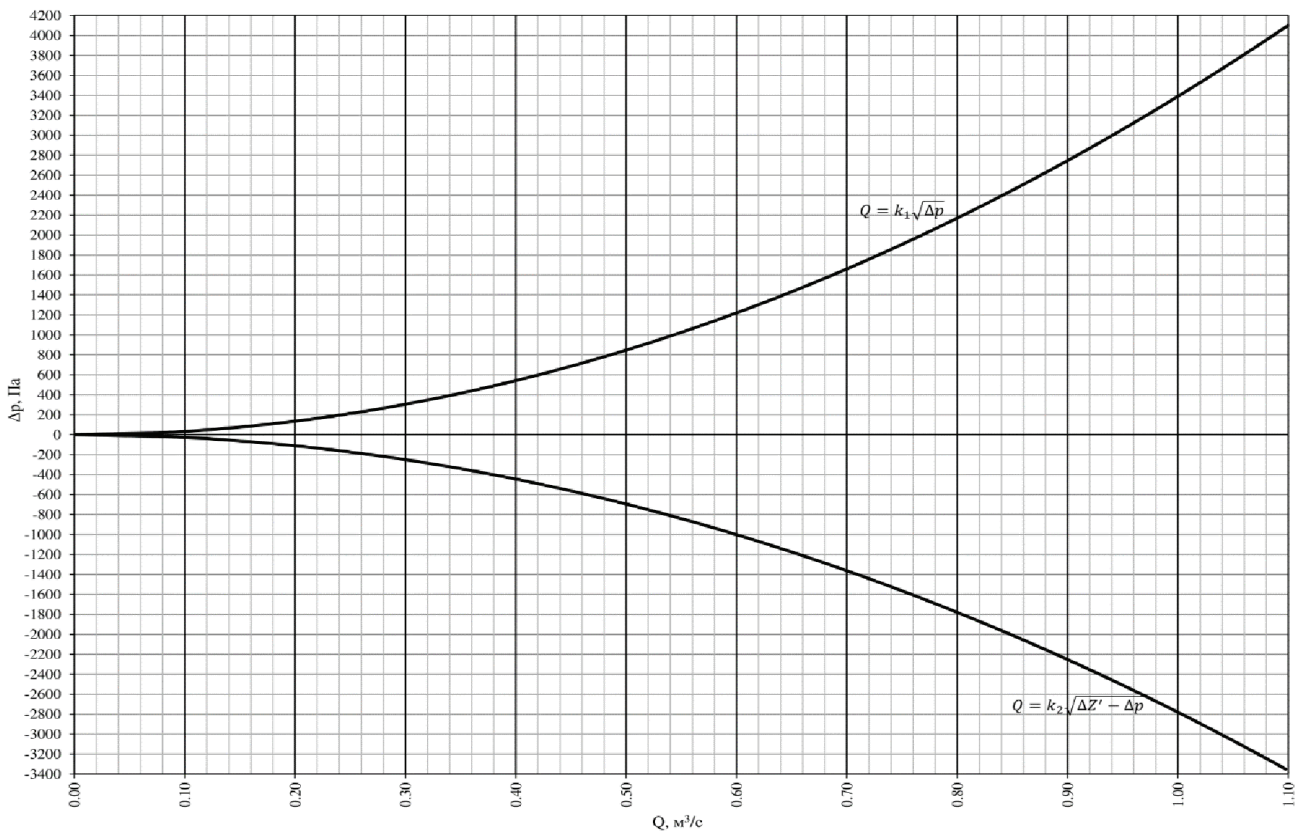


Рис. 2. Натурная тарировочная кривая зависимости $Q = f(\Delta p)$: k_1 – натуральный коэффициент для верхнего колена, k_2 – для нижнего

Изменение расхода производилось с помощью плоского затвора, примыкающего к выходному сечению сифона. По результатам измерений значение расхода варьировалось от 0,6 м³/с при наиболее минимальном открытом затворе до 1,4 м³/с при максимальном открытии.

На рисунках 3, 4 приведены фотографии опытной микро-ГЭС с ортогональной турбиной, а также схема измерений давления на рабочей установке.

Результаты и обсуждение. В таблицах 1, 2, 3 приведены результаты натурных испытаний. Параметры в каждом из режимов являются осредненными параметрами.

При испытаниях были следующие характерные гидравлические значения: отметка уровня верхнего бьефа $z_1 = 123,37$ м, отметка уровня нижнего бьефа $z_2 = 120,00$ м, напор брутто $H_{бр.} = 3,37$ м.



Рис. 3. Опытная микро-ГЭС с ортогональной турбиной в качестве рабочего агрегата на Хоробровском гидроузле

Испытания проводились при следующих гидравлических параметрах: отметка уровня верхнего бьефа $z_1 = 123,44$ м, отметка уровня нижнего бьефа $z_2 = 120,05$ м, напор брутто $H_{бр} = 3,39$ м.

При проведении экспериментов окончательное значение пьезометрического давления в коленах определялись как осредненное значение нескольких показаний при установившемся режиме.

В ходе данного исследования были выявлены следующие особенности полученных данных:

Из сопоставления рисунков 5 и 6 видно, что с увеличением относительной лопастной скорости $V_{л}$ с 3 до 5,5 м/с величина η_t уменьшается с 0,57 до 0,20, а C_p увеличивается с 5,0 до 20,0.

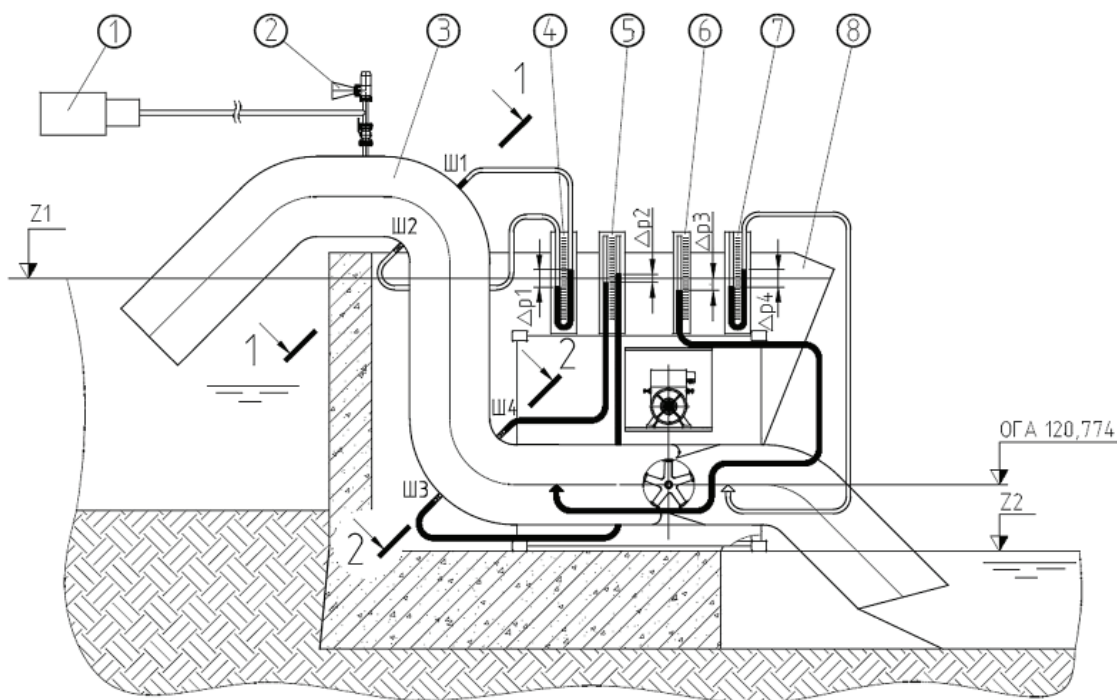


Рис. 4. Схема измерений давлений на различных участках водовода мини-ГЭС жидкостными манометрами и мановакуумметрами:

1 – вакуумный насос, 2 – клапан срыва вакуума, 3 – водовод мини-ГЭС, 4 – жидкостный мановакуумметр на верхнем колене водовода, 5 – жидкостный манометр на нижнем колене водовода, 6 – жидкостный манометр перед турбиной, 7 – жидкостный мановакуумметр за турбиной, 8 – энергоблок мини-ГЭС

Из графика, приведенного на рисунке 7, следует, что максимальное значение напора $H = 3,0$ м наблюдается при расходах в диапазоне 0,9-1,0 м³/с, и при $Q_t = 1,4$ м³/с, напор падает до $H_t = 2,5$ м, что связано с увеличением гидравлических потерь в турбинном тракте.

При $Q_{max} = 1,4$ м³/с значение η_t достигает 0,55, что является высоким показателем

для низконапорных гидротурбин. Однако данный режим работы не является оптимальным ввиду кавитации лопастей ортогональной турбины, а также повышенного износа основных механизмов гидроагрегата.

На рисунке 8 представлен график изменения электрической мощности гидроагрегата в зависимости от расхода Q_t при частоте вращения $n = 288$ об/мин.

Как видно, все точки, соответствующие замеренным величинам, легли на одну кривую. Среднеквадратичное отклонение опытных точек от кривой равно $\pm 5\%$. Таким образом, энергетические характеристики на рисунках 7, 8 представлены в оптимальной форме.

По результатам полевых испытаний, приведенных в таблицах: 1, 2,

3 с использованием расчетных зависимостей, были построены следующие характеристики гидросилового оборудования в располагаемых диапазонах напора и расходов:

- характеристики $\eta_T = f(\overline{V}_л)$ и $C_p = f(\overline{V}_л)$, рисунки 5, 6;

- графики $H_T = f(Q_T)$, $\eta_T = f(Q_T)$, рисунки 7, 8.

Таблица 1

Результаты гидравлических испытаний микро-ГЭС для определения напоров и расходов

Перед турбиной, см		За турбиной, Па				Колено 1 (манометры), Па				Колено 2 (мановаккуметры), Па				Расход, м ³ /с	Напор на турбине, м	
dP	dPcp	P1	P2			P1	P2	dP	dPcp	P1	P2	dP	dPcp			
1	15	-1200	-3800	0,60		-600	600	1200		4700	-4850	9550				
2	15	-1200	-3800	2600		-600	600	1200		4700	-4850	9550				
3	15	-1200	-3830	2630		-600	600	1200		4700	-4820	9520				
4	15	15,0	-1230	-3780	2550	2,31	-610	600	1210	1203	4710	-4850	9560	9536	0,60	2,31
5	15		-1200	-3800	2600		-600	600	1200		4700	-4830	9530			
6	15		-1240	-3760	2520		-610	600	1210		4700	-4820	9520			
7	15		-1210	-3800	2590		-600	600	1200		4700	-4820	9520			
1	19,8		-4480	-720	0,62		2840	4040	1200		4650	-4780	9430			
2	19,3		-4470	-720	-3750		2750	4050	1300		4730	-4850	9580			
3	19,2		-4450	-720	-3730		2740	4000	1260		4740	-4860	9600			
4	19,3	19,4	-4450	-740	-3710	2,91	2780	4080	1300	1290	4680	-4800	9480	9516	0,62	2,91
5	19,5		-4490	-710	-3780		2630	4000	1370		4680	-4810	9490			
6	19,5		-4460	-720	-3740		2870	4070	1200		4690	-4820	9510			
7	19		-4450	-740	-3710		2700	4100	1400		4700	-4820	9520			
1	24		-2740	1450	0,81		1500	3780	2280		4530	-4650	9180			
2	24,7		-2730	1450	-4180		1480	3750	2270		4560	-4660	9220			
3	24,5		-2750	1480	-4230		1400	3660	2260		4550	-4670	9220			
4	24,3	24,6	-2730	1470	-4200	2,91	1610	3780	2170	2236	4600	-4710	9310	9203	0,81	2,91
5	25,1		-2740	1470	-4210		1630	3780	2150		4560	-4680	9240			
6	24,8		-2710	1450	-4160		1490	3730	2240		4530	-4630	9160			
7	24,5		-2750	1490	-4240		1380	3660	2280		4490	-4600	9090			

**Результаты испытаний ортогональной турбины опытной микро-ГЭС
и определение её К.П.Д**

№ ре- жима	Мощность, кВт	Скорость вращения, об/мин	Расход, м ³ /с	Напор на турбине, м	к.п.д. турбины, %	Скорость лопасти, м/с	Скорость потока, м/с	Быстро- ходность	Кoeffици- ент сопро- тивления
1	0	0	0,595	2,313	0	0,0	1,2	0,0	29,5
2	0,63	288	0,616	2,914	4,934	9,0	1,3	7,0	34,7
3	2,81	288	0,812	2,909	16,81	9,0	1,7	5,3	19,9
4	5,06	288	0,969	3,109	23,754	9,0	2,0	4,5	15,0
5	6,73	288	1,031	3,247	28,44	9,0	2,1	4,2	13,8
6	8,69	288	1,129	2,505	43,511	9,0	2,4	3,8	8,9
7	10,18	288	1,208	2,585	46,121	9,0	2,5	3,6	8,0
8	11,69	288	1,258	2,608	50,441	9,0	2,6	3,5	7,4
9	11,8	301	1,315	2,734	46,497	9,4	2,7	3,4	7,1
9'	12,35	288	1,202	2,791	52,108	9,0	2,5	3,6	8,7
9''	10,88	288	1,306	2,687	43,887	9,0	2,7	3,3	7,1
9'''	12,03	264	1,359	2,638	47,501	8,3	2,8	2,9	6,5
10	12,51	288	1,388	2,661	47,957	9,0	2,9	3,1	6,2

Примечание. Режимы 9, 9', 9'', 9''' зарегистрированы при одинаковом открытии затвора. Отличия этих режимов следующие: режим 9 выполнен при работе только на балластную нагрузку, режим 9' выполнен при замещении 3 кВт полезной нагрузкой, режим 9'' выполнен при замещении 9 кВт полезной нагрузкой.

Таблица 3

Определение основных гидроэнергетических показателей микро-ГЭС

№ ре- жима	Мощ- ность, кВт	Скорость вращения, об/мин	Расход, м ³ /с	Напор на турбине, м	к.п.д. тур- бины, %	Скорость лопасти, м/с	Скорость потока, м/с	Быстро- ходность	Кoeffици- ент сопро- тивления
0	0	0	0,628	2,128	0	0,0	1,3	0,0	24,4
1	2,78	288	0,79	2,603	19,155	9,0	1,6	5,5	18,8
2	5,26	288	0,896	2,772	30,002	9,0	1,9	4,8	15,6
3	7,69	288	1,021	2,996	35,575	9,0	2,1	4,3	13,0
3'	6,28	343	0,957	3,091	30,052	10,8	2,0	5,4	15,2
3''	7,36	288	0,938	3,075	36,462	9,0	2,0	4,6	15,8
3'''	7,52	288	1,024	2,983	34,866	9,0	2,1	4,2	12,8
4	8,81	288	1,078	3,088	37,464	9,0	2,2	4,0	12,0
4''	8,9	288	1,054	3,065	39,01	9,0	2,2	4,1	12,5
5'	12,71	288	1,236	2,509	58,057	9,0	2,6	3,5	7,4
5''	13,26	283	1,255	2,544	58,782	8,9	2,6	3,4	7,3
6	13,86	288	1,28	2,656	57,751	9,0	2,7	3,4	7,3

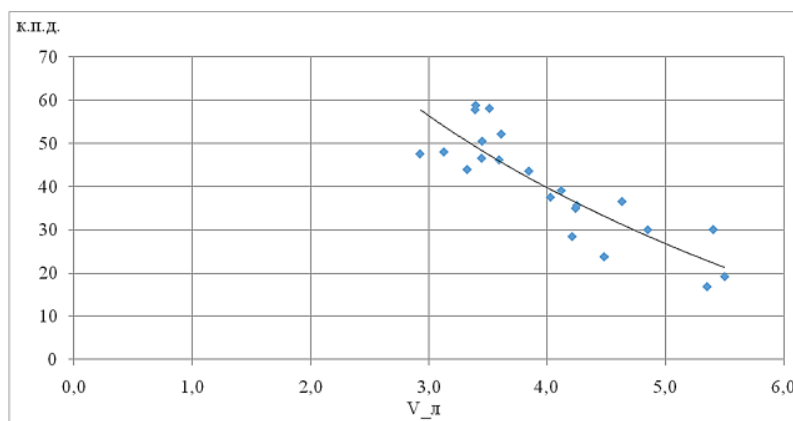


Рис. 5. Характеристика турбины $\eta_T = f(\overline{V}_п)$

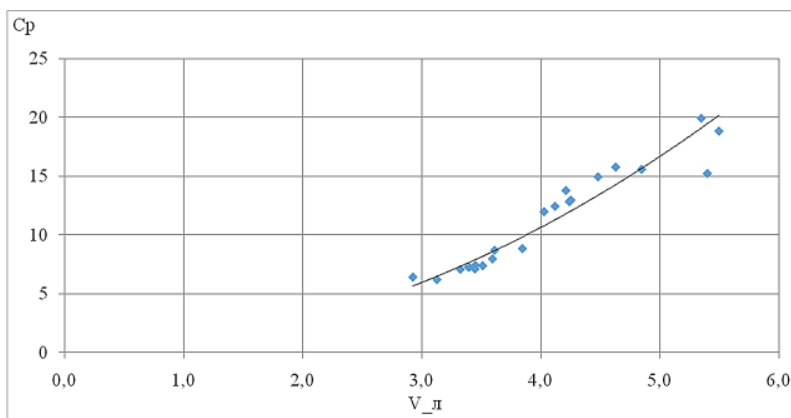


Рис. 6. Характеристика турбины $C_p = f(\overline{V}_л)$

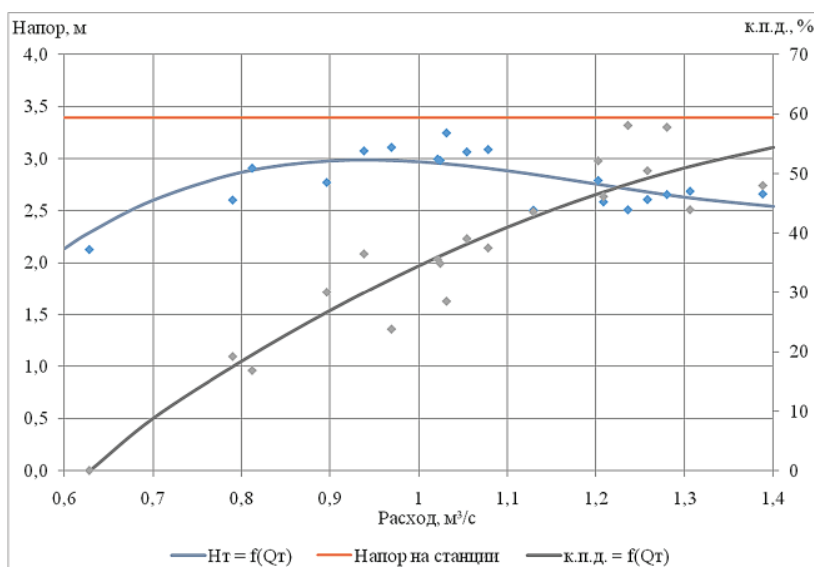


Рис. 7. Графики изменения напора на турбине и к.п.д. турбины в зависимости от расхода ($n_t = 288$ об/мин, $H_{ст} = 3,39$ м)

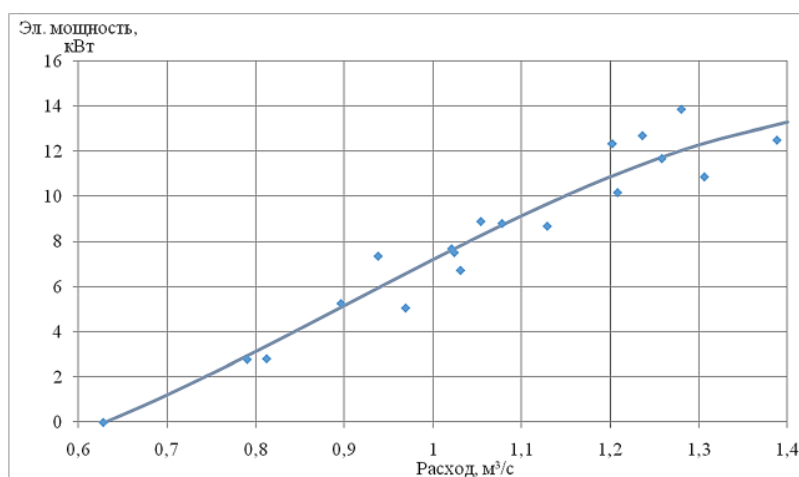


Рис. 8. График изменения электрической мощности, развиваемой гидроагрегатом, в зависимости от расхода ($n_t = 288$ об/мин, $H_{ст} = 3,39$ м)

Выводы

1. Обобщение результатов исследований с использованием контрольно-измерительной аппаратуры дало возможность провести предварительную оценку изменений

расходов и соответственно мощностей на данной микро-ГЭС.

2. По результатам испытаний по определению влияния формы переходного участка сифонного водосброса было установлено,

что чем меньше кривизна данного участка, тем больше пропускная способность турбины, при этом значение К.П.Д. турбины практически не изменялось.

3. Экономический эффект от строительства микро-ГЭС на существующем гидроузле достигается за счет отсутствия необходимости в сооружении и проектировании подпорных сооружений, минимальном вмешательстве в существующие сооружения, простоте изготовления и монтажа основных деталей микро-ГЭС.

Библиографический список

1. **Крылов А.П., Бакштанин А.М.** Новые концепции в развитии микро- гидроэнергетики. Гидравлика в напорных водах микро-ГЭС // Природообустройство. – 2017. – № 5. – С. 8-12.
2. Натурные испытания мини-ГЭС блочного исполнения в створе Хоробровского гидроузла (этап 1). / Историк Б.Л., Соболев В.Ю., Городничев Р.М. и др. / Сб. Безопасность энергетических сооружений. (БЭС). Вып. 2. (22), – М.: АО «НИИЭС», 2016. – С. 106-121.
3. **Историк Б.Л., Шполянский Ю.Б.** Перспективы использования ортогональной турбины на низконапорных гидроузлах // Гидротехническое строительство. – 1993. – № 11. – С. 28-34.

4. Справочник по гидравлическим расчетам. Под ред. П.Г. Киселева. – М.: Энергия, 1972. – С. 96-99.

5. **Шарп Дж.** Гидравлическое моделирование. – М.: Мир, 1984. – С. 43-47.

6. **Штеренлихт Д.В.** Гидравлика: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 640 с.

Материал поступил в редакцию 08.05.2020 г.

Сведения об авторах

Крылов Алексей Петрович, аспирант кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: krylovaalexiy@gmail.com

Бакштанин Александр Михайлович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой комплексного использования водных ресурсов и гидравлики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, e-mail: bakshtanin@mail.ru

Беглярова Эвелина Суменовна, кандидат технических наук, профессор кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

A.P. KRYLOV, A.M. BAKSHTANIN, E.S. BEGLYAROVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE MODEL AND OPERATING PLANT OF THE PORTABLE MICRO-HES WITH A SIPHON WATER CONDUIT

The purpose of the investigation is searching of optimal design decisions of flow supply to a micro-HES. In order to determine the flow rate of water at a micro-hydroelectric power station with an orthogonal turbine as a working unit and with a siphon conduit at the "Khorobrovsky" hydroelectric complex, the method of centrifugal force was chosen. In the course of the work there were carried out a number of preliminary tests of a portable micro-hydroelectric power station with a siphon water conduit and an orthogonal turbine with five bladed impellers of the installed capacity of 30 kW. The characteristics of the power equipment were obtained in the available pressure and flow ranges in a series of tests. A series of theoretical and field studies on the use of free-flow orthogonal turbines in small hydropower was fulfilled. The test results of the orthogonal turbine of the experimental micro-hydroelectric station were analyzed, its efficiency rate was determined, as well as the operating modes of the hydro-power equipment in which cavitation occur.

Micro-hydroelectric power station, siphon water intake, orthogonal turbine, micro-hydropower, flow, pressure, piezometer, instrumentation.

References

1. **Krylov A.P., Bakshtanin A.M.** Novye kontseptsii v razvitii mikro- gidroenergetiki.

Gidravlika v napornyh vodovodah mikro-GES // Prirodobustrojstvo. – 2017. – № 5. – С. 8-12.

2. Naturnye ispytaniya mini-GES blochnogo ispolneniya v tvore Horobrovskogo gidrouzla (etap 1). / Istorik B.L., Sobolev V.Yu., Gorodnichev R.M. i dr. / Sb. Bezopasnost energeticheskikh sooruzhenij. (BES). Vyp. 2. (22), – M.: AO «NIIES», 2016. – S. 106-121.

3. Istorik B.L., Shpolyansky Yu.B. Perspektivy ispolzovaniya ortogonalnoj turbiny na nizkonapornyh gidrouzlah x // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 1993. – № 11. – S. 28-34.

4. Spravochnik po gidravlicheskim raschetam. Pod red. P.G. Kisileva. – M.: Energiya, 1972. – S. 96-99.

5. Shari J. Gidravlichesкое modelirovaniye. – M: Mir, 1984. – S. 43-47.

6. Shterenliht D.V. Gidravlika: Uchebnik dlya vuzov. – M.: Energoatomizdat, 2008. – 640 s.

The material was received at the editorial office
08.05.2020

Information about the authors

Krylov Alexey Petrovitch, post graduate student of the department KIVR and hydraulics FSBEI HE RSAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; e-mail: krylovaalexiy@gmail.com

Bakshatin Alexander Mikhailovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department KIVR and hydraulics FSBEI HE RSAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; e-mail: bakshatin@mail.ru

Beglyarova Evelina Surenovna, candidate of technical sciences, associate professor of the department KIVR and hydraulics FSBEI HE RSAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49.

УДК 502/504:626.88:532.5

DOI 10.26897/1997-6011-2020-3-107-113

П.А. МИХЕЕВ, В.А. НАЗАРЕНКО, В.П. БОРОВСКОЙ

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Управлением «Ростовмелиоводхоз», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет», г. Новочеркасск, Российская Федерация

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПОДВОДЯЩЕГО КАНАЛА К РЫБОЗАЩИТНОМУ СООРУЖЕНИЮ ВОДОЗАБОРА АЗОВСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Представлены результаты натурных исследований, выполненных на подводящем канале, с целью оценки возможностей поступления воды с расчётным расходом 22,0 м³/с, а также условий попадания молоди рыб из Весёловского водохранилища к рыбозащитному сооружению водозабора насосной станции НС-42 Азовской оросительной системы в Ростовской области. В связи со значительными объёмами забора воды на орошение, одним из основных условий эффективного сохранения рыбных запасов при водохозяйственном строительстве является защита и отведение рыбы из опасной для неё зоны водозабора с сохранением жизнеспособности. Исследования выполнялись по общепринятой методике и включали: визуальную оценку состояния откосов канала по всей его длине; измерение глубин; построение плана в изобатах и горизонталях – для возможности сопоставления с проектными отметками; выявление расхождений с проектным решением; выработку рекомендаций по устранению недостатков и причин. Полученные данные о состоянии русла канала позволили оценить условия формирования потока на подходе к рыбозащитному экрану. По результатам анализа сделана оценка соответствия проектных и реальных параметров подводящего канала и даны рекомендации по улучшению условий для поступления потока к рыбозащитному сооружению.

Водозабор, насосная станция, рыбозащитное сооружение, подводящий канал, глубина, изобата, уровень воды.

Введение. В настоящее время площадь орошаемых земель на юге России, включающая

Южный и Северо-Кавказский федеральные округа, по данным Мелиоративного Кадастра