

РАЗРАБОТКА СОВМЕЩЕННОЙ ПРЯМОТОЧНОЙ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Борукеев Туйгунбек Сабатарович, к.т.н., доцент, директор «Института совместных образовательных программ», Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66. e-mail: tuigun_ktu@rambler.ru

Алманбет уулу Нуржигит, студент гр. ЭЭ-ТПУ(б)-1-14, Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66.e-mail: nur_96kg.tls@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается разработанная прямоточная микрогидроэлектростанция, приводится конструкция, принцип работы и перспективность использования в реках Кыргызстана.

Ключевые слова: прямоточная микрогидроэлектростанция, торцевой генератор, энергия давления, конфузор, диффузор.

DEVELOPMENT OF SINGLE-FLOW MICROHYDROELECTRIC PLANTS

Borukeyev Tuigunbek Sabatarovich, Ph.D., Associate Professor, Director of the "Institutes of Educational Programs", Kyrgyz State Technical University. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Almaty, ul. Bishkek, pr. Ch. Aitmatova 66. e-mail: tuigun_ktu@rambler.ru

Almanbet uulu Nurzhigit, student gr. EE-TPU (b) -1-14, Kyrgyz State Technical University. I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Aytmatov Ave., 66. e-mail: nur_96kg.tls@mail.ru

Annotation. The article considers a straight-through microhydroelectric power station, provides a design, the principle of operation and the prospects of use in the rivers of Kyrgyzstan.

Key words: straight flow microhydroelectric power station, end generator, energy of pressure, confusor, diffuser

Введение: Одним из способов бесперебойного обеспечения электроэнергией отделенных регионов, находящихся вдали от линии электропередачи, и их устойчивого развития является использование потенциала возобновляемых источников энергии. Имеющийся мировой опыт освоения гидроэнергетических ресурсов малых, средних и части крупных рек малыми ГЭС довольно быстро перейти к их практическому освоению и даже превзойти использования других возобновляемых источников [1]. Их эксплуатация позволяет, во-первых, уменьшить расходы на создание и поддержание коммуникаций энергоснабжения и, во-вторых, снизить зависимость малых хозяйственных объектов от крупных энергетических станций.

В Кыргызстане насчитывается более чем 40 000 рек и речушек, общая длина которых составляет приблизительно 150 000 км, с протеканием около 47 кубических километров воды в год [2]. Главным источником воды в реках является талая вода с многочисленных горных ледников. Количество дождей составляет меньше чем 1/5 всего водного потока. Реки Кыргызстана обладают громадными потенциальными энергетическими ресурсами, которые служат базой создания энергетической системы Средней Азии и Казахстана. В отличие от других экологически безопасных возобновляемых источников электроэнергии - таких, как солнце, ветер, - малая гидроэнергетика практически не зависит от погодных условий и способна обеспечить устойчивую подачу дешевой электроэнергии потребителю [3]. В настоящее время гидроэнергетический потенциал рек Кыргызстана составляет около 174 млрд. кВт·час, а мощность - 19,8 млн. кВт [4].

Каждая река имеет свою гидравлическую характеристику. Однако многие из них протекают по равнине с небольшим уклоном при значительных расходах, что, в свою очередь, создает необходимость сооружения низконапорных плотин. Более того, безнапорные микроГЭС требуют специальных фундаментов для размещения активной части микроГЭС. В результате удорожается стоимость самой станции и продлевается срок окупаемости. В таких случаях предпочтение дается ковшовым турбинам. Однако ковшовые турбины использует только кинетическую энергию водотока, что приводит к снижению КПД микроГЭС [5,6]. В связи с этим возникает необходимость в разработке и применении специальных конструкций гидроагрегатов для эффективного использования гидропотенциала малых рек Кыргызстана.

Постановка задачи: Для решения поставленных задач авторами разработана оригинальная конструкция совмещенной прямоточной микрогидроэлектростанции (рис 1).

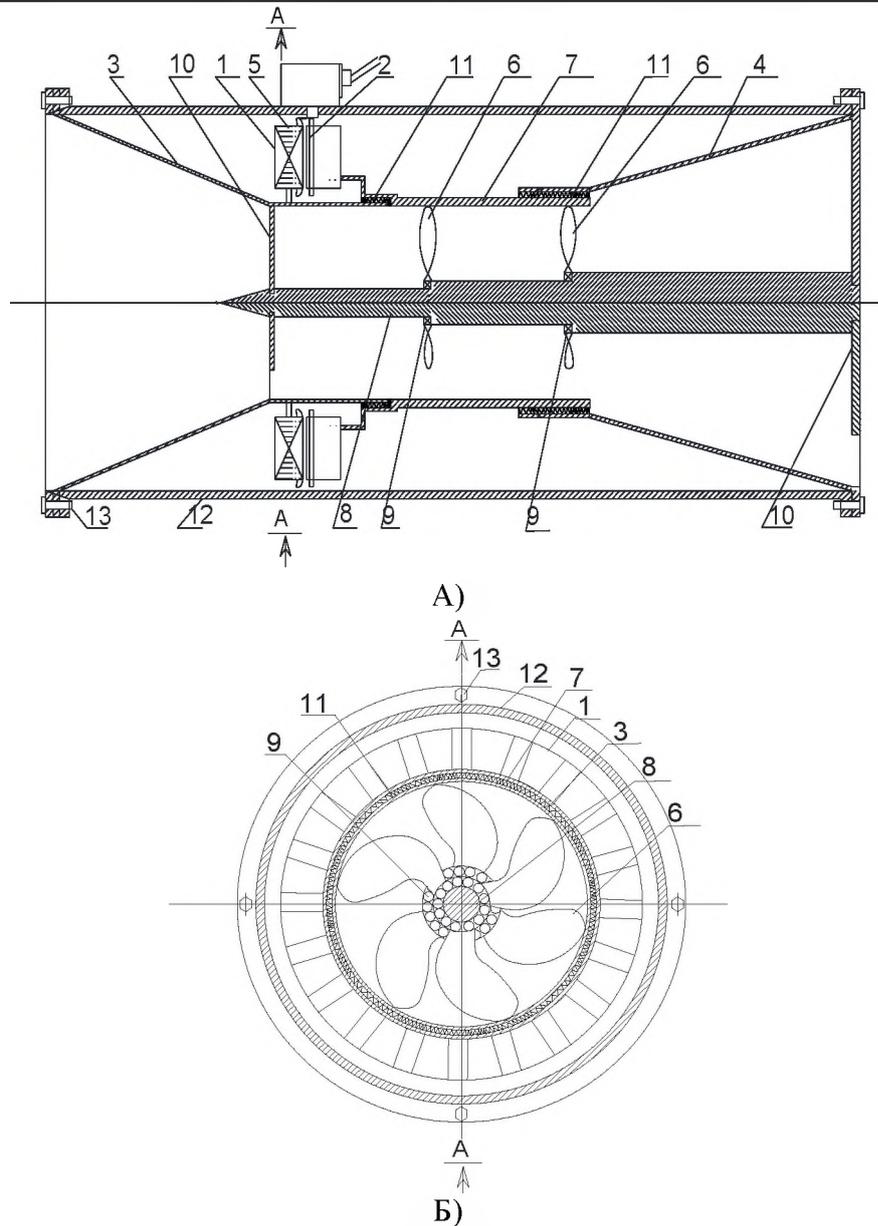


Рис 1. Совмещенная прямоточная микро ГЭС:

*A - продольный разрез совмещенной микро ГЭС; Б - поперечный разрез микро ГЭС;
 1- торцевой статор, 2-массивный ротор, 3-конфузор, 4-диффузор, 5-трехфазная обмотка, 6-осевая турбина, 7-вращающийся цилиндр, 8-вал, 9-подшипники, 10-спицы, 11-уплотнители, 12-корпус, 13-болты закрепления*

Конструкция содержит установленный в потоке воды корпус 12 с входным конфузором 3, на выходе из которого внутри корпуса расположены гидропривод, выполненный в виде лопастной турбины 6 с валом 8, и электрогенератор 1,2. Отличительная особенность данной микроГЭС состоит в том, что электрогенератор выполнен торцевым, корпус снабжен выходным диффузором 4, а вал лопастной турбины неподвижно закреплён с двух концов при помощи спиц 10 на корпусе. Лопастная турбина содержит, по крайней мере, два рабочих колеса, посаженных через подшипники 9 на вал лопастной турбины. Лопасти рабочих колес по внешнему диаметру жёстко соединены с внутренней частью цилиндра 7, размещенного внутри корпуса и соединенного с ротором 2 электрогенератора. Между цилиндром 7 и диффузором 4 и конфузором 3 установлены уплотнители 11. При этом диаметр вала на участке первого рабочего колеса меньше диаметра на участке установки следующего рабочего колеса на

величину внешнего диаметра подшипника, а высота лопастей рабочих колес уменьшается в соответствии с увеличением диаметра вала.

Принцип работы: Текущая вода (рис. 2), попадая из водоподводящей части конфузора 3 на лопасти рабочего колеса 6 цилиндрического водопровода 7, полностью погружает его. Полностью погруженная осевая турбина потребляет кинетическую энергию давления воды со скоростью V_1 .

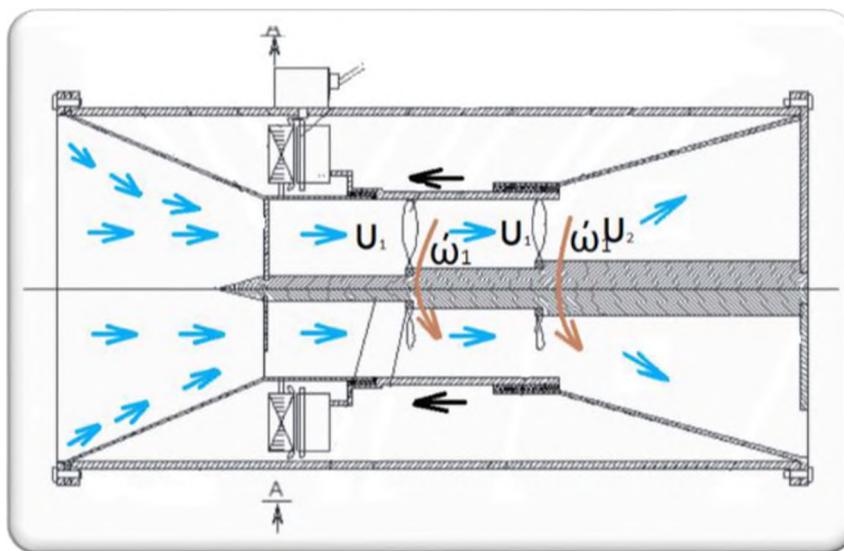


Рис 2. Принцип работы микроГЭС

После прохождения воды через первые лопасти рабочего колеса с большим диаметром b' , скорость воды увеличивается за счёт увеличения диаметра вала и уменьшения рабочего диаметра цилиндрического водопровода. При этом кинетическая энергия давления воды увеличится за счет увеличения скорости воды до скорости V_2 . Вторые лопасти b'' рабочего колеса с меньшим диаметром полученную кинетическую энергию давления воды превращают в кинетическую энергию вращения цилиндрического водопровода 7, который жестко связано с тороидальным массивным ротором 2 асинхронного генератора. После этого вода поступает в водоотводящий диффузор 4.

При вращении массивного ротора с к.з. обмоткой, магнитный поток пересекает витки катушек обмотки 1 статора, в которых наводится ЭДС. Возбуждение магнитного потока осуществляется за счет энергии конденсаторной батареи и остаточного магнитного потока магнитопровода ротора асинхронного генератора [7]. Если обмотка замкнута через нагрузку, в ней протекает ток и электрическая мощность передается потребителю для питания либо автономной нагрузки, либо в сеть.

Таким образом, механическая энергия вращения турбины 7 превращается в электрическую энергию на выходе генератора. Постепенное сужение конфузора 3 создаёт условия увеличения скорости воды, а последовательно расположенные лопасти 6 позволяют полностью потреблять кинетическую энергию воды, попадающей в цилиндрический водопровод, что в результате повышает КПД. Расширяющийся диффузор 4 уменьшает скорость воды постепенно, тем самым создавая отсасывающий эффект.

Предварительные расчеты можно сделать исходя из конструкции поворотно лопастных турбин с горизонтальным расположением [8,9].

Исходные данные для расчета:

- мощность на выходе генератора $P_г$;
- напор воды H ;
- частота вращения вала гидротурбины n .

- Мощность гидротурбины P_m с учетом коэффициентами гидравлических k_g , механических k_m и электромагнитных k_e потерь гидрогенератора равна

$$P_T = \frac{P_G}{k_g \cdot k_m \cdot k_e}, \text{ кВт} \quad (1)$$

- Расход воды через гидротурбину

$$Q = \frac{P_T}{9,81 \cdot H}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (2)$$

где H - напор воды м; P_m -мощность гидротурбины кВт;

- Коэффициент быстроходности,

$$n_s = \frac{1,17 \cdot n \cdot P_T^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}}, \quad (3)$$

где n - частота вращения вала гидротурбины об / мин;

- Диаметр наружный рабочей турбины,

$$D_1 = \frac{6,7 \cdot Q^{\frac{1}{2}}}{(n_s + 100)^{\frac{1}{2}} \cdot H^{\frac{1}{4}}}, \text{ м} \quad (4)$$

где Q - расход воды через гидротурбину

- Скорость потока воды через гидротурбину,

$$g = (2 \cdot g \cdot H)^{\frac{1}{2}}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (5)$$

где g - ускорения свободного падения $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

- Частота вращения рабочей турбины,

$$n = \frac{g}{0,7 \cdot \pi \cdot D_1}, \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (6)$$

- Число лопастей рабочей турбины принимаем $Z = 4$; [10]

- Длина лопасти рабочей турбины по диаметру наружному,

$$L_H = \frac{\pi \cdot D_1 - Z \cdot t}{Z \cos \alpha}, \text{ м} \quad (7)$$

где $\cos \alpha$ - угол поворота лопастей рабочего колеса.

Результаты расчета для генераторов различных мощностей приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты расчета

| $P_{\text{ген}}$ | $P_{\text{тур}}$ | H | n | Q | n_s | D_1 | V | $n_{\text{тур}}$ | $L_{\text{лопасть}}$ |
|------------------|------------------|-----|--------|-------------------------------|-------|-------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------|
| кВт | кВт | м | об/мин | $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ | | мм | $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ | $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$ | мм |
| 10 | 16 | 4 | 300 | 0,4 | 248 | 324 | 8,85 | 745 | 58 |
| 50 | 80 | 4 | 300 | 2 | 555 | 528 | 8,85 | 457 | 111 |
| 100 | 160 | 4 | 300 | 4,1 | 785 | 644 | 8,85 | 376 | 140 |

Вывод: Разработана перспективная совмещенная конструкция микроГЭС с торцевым асинхронным генератором с конденсаторным возбуждением. Исходя из предварительных расчетов можно сделать вывод, что использование совмещенной конструкции гидроагрегата приводит к повышению экономичности при сохранении высокого КПД, удобству эксплуатации и возможности установки без плотинных условиях.

Список литературы

1. Л.П. Михайлов, Б.Н. Фельдман, Т.К. Марканова и др. Малая гидроэнергетика . М: Энергоатомиздат, 1989-184 с.
2. Перспективы малых гидроэлектростанций в предгорных и горных реках. Григораш О. В,Квитко А.В,Попучиева М.А -Научный журнал КубГАУ, №112(08), 2015 года
3. Ресурсы поверхностных вод Кыргызстана. Основные гидрологические характеристики. Том 14. Средняя Азия. – Бассейны оз. Иссык-Куль, рек Чу, Талас
4. Ю. П. Беляков, К. Р. Рахимов. Развитие гидроэнергетики Киргизии - путь к экономии топливных ресурсов - Фрунзе: Кыргызстан, 1987 - 90 с.
5. Ильиных И.И. Гидроэлектростанции. -М.: Энергоиздат, 1982-90 с.
6. Жабудаев Т.Ж. Гидравлические машины. Справочное пособие-Бишкек 2015-245с.
7. Торцевой генератор. Автореферат на соискание степени кандидата технических наук. - Режим доступа <http://www.albest.ru>. (дата обращения 06.07.2017).
8. Липкин В.И., Богомбаев Э.С. Микро и малые гидроэлектростанции в Кыргызской Республике. Справочное пособие. – Бишкек: 2010 – 116 с.
9. Локалов, Г.А. Осевые и центробежные насосы тепловых электрических станций : учеб- ное пособие — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016.— 140 с.
10. Васильева Ю.С., Щавелева Д.С. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. Справочное пособие в двух томах. - М.: Энергеатомиздат, 1988.