

УДК 621.224

doi:10.18720/SPBPU/2/id20-369

*Зимницкий Владимир Анатольевич*, к.т.н.  
v\_sim@mail.ru

*Зимницкий Алексей Владимирович*, доктор-инж.

*Зимницкая Зоя Владимировна*, магистр

## МИКРО-ГЭС – АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

**Аннотация.** В статье приведены результаты разработок и испытаний варианта гидроэнергетической установки (Микро ГЭС) мощностью 1 кВт. Приведены рекомендации по созданию МГЭС мощностью 1–5 кВт.

**Ключевые слова:** электроэнергия, мощность, напор, расход, гидротурбина, генератор.

*Zimnitskii Vladimir*, Dr.-Ing.  
v\_sim@mail.ru

*Zimnitskii Alexey*, Dr.-Ing.  
*Zimnitskaia Zoya*, magistr

## MICRO HPP — AUTONOMOUS ENERGY SOURCE

**Abstract.** The paper presents the results of development and testing of the hydropower plant variant (Micro HPP) with the capacity of 1 kW. Recommendations on creation of MHPP with capacity of 1–5 kW are given.

**Keywords:** electricity, power, pressure, flow, hydraulic. turbine, generator, impeller.

В последние десятилетия увеличилась потребность использования автономных источников электроэнергии для различных потребителей. Одной из наиболее удобных для индивидуального пользования является гидроэнергетическая установка, работающая на энергии малых водотоков (реки, ручьи, шлюзы и т. п.). Такая установка может быть применена в личном подсобном хозяйстве, в пастбищном животноводстве, в садоводстве и для

любых других автономных потребителей, удалённых от централизованных источников электроэнергии. Схема установки проста: вода из ручья, реки или водоёма с известным уровнем подаётся на небольшую гидротурбину, соединённую с генератором. Мощность генератора может составлять от 1 кВт до 5 кВт, что обеспечивает потребности в электроэнергии небольшой группы людей или даже небольшого дома.

В настоящей статье приведены результаты разработок и испытаний варианта установки мощностью 1 кВт, когда располагаемый напор для гидротурбины составляет 2,5–4 м и может быть обеспечен либо за счёт организации небольших плотин, либо с помощью специального водовода (гибкого шланга) диаметром 250 мм и длиной 20–50 м.

Условное обозначение гидроэнергетической установки: МГЭС-1, где МГЭС – микро гидравлическая электростанция, 1 – мощность в кВт.

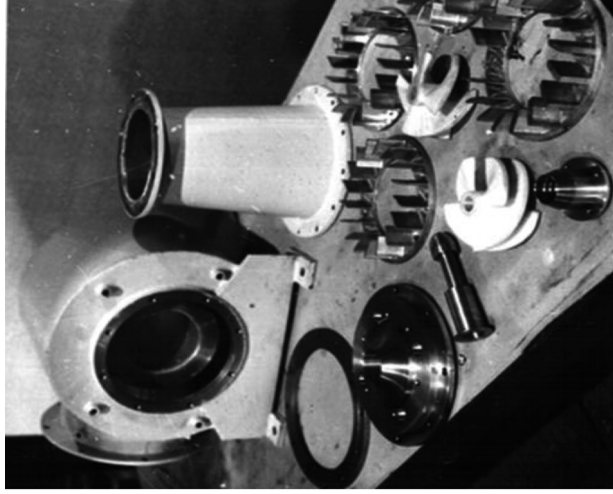
Основные элементы МГЭС: гидрогенератор (гидротурбина и генератор), водозаборное устройство, гибкий шланг (рукав) и пульт управления. Водозаборное устройство обеспечивает защиту от мусора, рыб и т. д. На рисунке 1 приведён разрез гидрогенератора. Была разработана унифицированная конструкция гидротурбины осевого типа со сменными осевыми рабочими колёсами (РК).

Подвод воды к РК осуществляется через кольцевую камеру с направляющим аппаратом (НА), отвод – в виде осевого диффузора. Выбор размеров элементов проточной части (ПЧ) гидротурбины был выполнен в соответствии с имеющимися рекомендациями [1, 2]. Были спроектированы и изготовлены различные варианты РК и НА (рисунок 2).

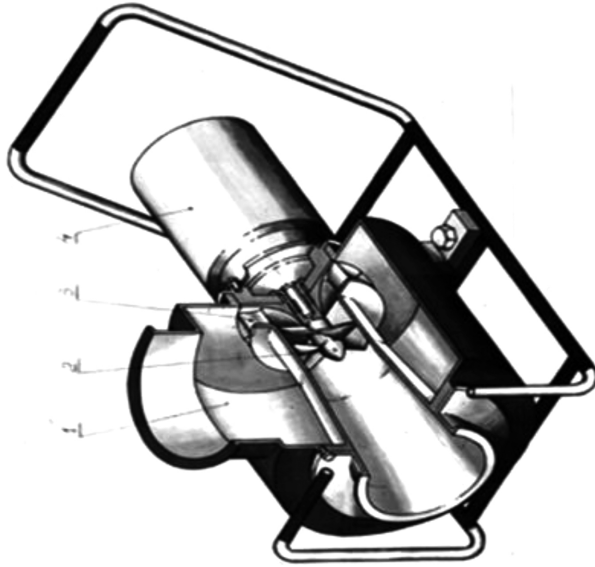
Осевые РК – шнекового типа, лопатки НА – цилиндрические. В рассматриваемом случае диаметр РК принят единым для различных вариантов напоров:  $D = 0,13$  м. Расход через турбину:

$$Q = \frac{1000 \cdot N_T}{\rho \cdot g \cdot H \cdot \eta}, \quad (1)$$

где  $N_T = N / \eta_{\text{ген}} = 1/0,8 = 1,25$  кВт,  $N = 1$  кВт – мощность генератора,  $\eta_{\text{ген}} = 0,8$  – КПД генератора,  $H = 3,5$  м – расчётный напор



*Рис. 2. Элементы ПЧ гидротурбины*



*Рис. 1. Разрез гидрогенератора:  
1 – Кольцевая камера, 2 – РК, 3 – НА,  
4 – генератор (габариты без рамы, мм:  
1000–500–600, масса – 100 кг)*

турбины,  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  – плотность воды,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение силы тяжести,  $\eta = 0,8$  КПД гидротурбины (принят в первом приближении).

Расход через гидротурбину можно получить из выражения (1):  $Q = 0,0465 \text{ м}^3/\text{с}$ . Затем можно определить гидравлические потери в рукаве [3] и оценить располагаемый напор гидротурбины. По результатам расчётов, при  $Q = 0,0465 \text{ м}^3/\text{с}$  данные потери составляют  $0,23 \text{ м}$ , что допустимо.

Испытания установки МГЭС-1 проводились на специализированном стенде. Схема стенда – замкнутая с двумя баками. Напор на гидротурбине и расход через её ПЧ обеспечиваются работой стендового насоса. Регулирование напора и расхода осуществляется с помощью задвижки, а измерение расхода – дроссельными приборами. По результатам испытаний имеем следующие параметры режима при мощности  $1 \text{ кВт}$ : подача –  $0,046 \text{ м}^3/\text{с}$ ; напор –  $3,4 \text{ м}$ ; КПД гидротурбины –  $0,85$ . Для варианта РК с меньшим напором (с тем же НА) на аналогичном режиме (при  $N = 1 \text{ кВт}$ ) получено: подача –  $0,064 \text{ м}^3/\text{с}$ ; напор –  $2,6 \text{ м}$ ; КПД гидротурбины –  $0,78$ . Полученный результат удовлетворяет потребности потребителя.

Если для потребителя требуется большая мощность гидроэнергетической автономной установки, можно оценить расчётным путём основные размеры элементов ПЧ.

Для обеспечения бескавитационной работы гидротурбины (располагаемый кавитационный запас составляет  $8,5\text{--}10 \text{ м}$  для равнинных и среднегорных районов) необходимо принимать частоту вращения ротора равной  $n = 1500 \text{ об/мин}$ . Диаметр осевого РК можно определить по имеющимся рекомендациям [1]:

$$D = \sqrt{\frac{N_T}{g \cdot \eta \cdot Q_I' \cdot H \cdot \sqrt{H}}}, \quad (2)$$

где  $Q_I' \approx 3 \text{ м}^3/\text{с}$  – принят в 1 приближении.

При расчётном напоре  $H = 3,5 \text{ м}$  и КПД гидротурбины  $\eta = 0,8$ , диаметры РК для МГЭС мощностью  $2$  и  $3 \text{ кВт}$  составят по формуле (2):  $0,13 \text{ м}$  и  $0,155 \text{ м}$ . Для МГЭС мощностью  $5 \text{ кВт}$  целесоо-

бразно увеличить расчётный напор до значения  $H = 4$  м. Соответственно, в этом случае  $D = 0,18$  м. В первом приближении можно принять, что при аналогичной конструкции масса гидравлического блока пропорциональна квадрату отношения диаметров РК. Тогда, при мощности МГЭС около 2 кВт можно ожидать, что массогабаритные характеристики будут близкими к МГЭС-1, а при мощности 3 и 5 кВт масса гидравлических блоков увеличится до 140 кг и 190 кг, соответственно. Для рукавного варианта МГЭС мощностью 3–5 кВт необходимо при оценке напора гидротурбины учитывать гидравлические потери в рукаве и, при необходимости, увеличить диаметр рукава с 250 мм до 300 мм.

В заключение можно отметить, что предложенная конструкция подвода в виде кольцевой камеры и лопаточного НА, обеспечивающего требуемую закрутку на входе гидротурбины, позволяет обойтись без трудоёмкой и дорогостоящей спиральной камеры. При эксплуатации МГЭС-1 большим достоинством является лёгкий и быстрый монтаж на месте без земляных работ.

#### Список литературы

1. **Ковалев Н. Н.** Справочник по гидротурбинам. — Л. : Машиностроение, 1984.
2. **Колтон А. Ю., Этинберг И. Э.** Основы теории и гидродинамического расчета водяных турбин. — Л. : Машиностроение, 1958.
3. **Идельчик И. Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям. — М. : Машиностроение, 1975.