

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БЕСПЛОТИННОЙ МИНИ ГЭС

Куделькина Н.П.

Научный руководитель: Беспалов В.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: roxis_5@mail.ru

В настоящее время гидроэнергетика – одно из наиболее эффективных направлений электроэнергетики. Наиболее распространенным видом гидроэлектростанций в России являются плотинные ГЭС. Для них сооружают плотину, перегородившую русло реки и создающую водоём. Для поддержания уровня воды в водоёме, а также для производства электроэнергии, производят спуск воды. Такие гидроэлектростанции сооружают в местах, где имеются многоводные равнинные реки или горные реки, в местах, где русло реки наиболее сжатое. [1].

Но не в каждом населенном пункте возможно построить такие станции. Поэтому в последнее время в России одним из наиболее эффективных направлений развития возобновляемых источников энергии является использование энергии малых потоков воды и безнапорных ГЭС, использующих естественную энергию потока без постройки плотин, повышающих уровень воды над гидроагрегатом.

В ходе исследования были проведены расчеты для установления влияния скорости реки (набегающего потока) на эффективность работы безнапорной гидроустановки.

Исследуемая установка изображена схематически на рисунке 1.

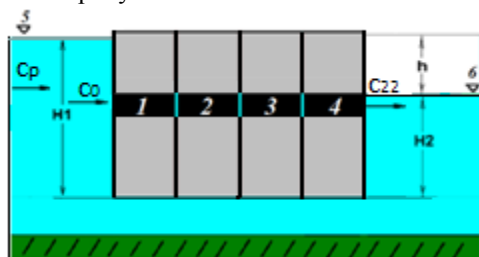


Рисунок 1 – Схема установки

1,3 - направляющие лопатки 1,2 ступени; 2,4 - рабочие лопатки 1,2 ступени; 5,6 - отметка уровня горизонта входного, выходного потоков воды; H_1 , H_2 - глубина входного, выходного потоков воды; c_p - скорость реки (набегающего потока); c_0 , c_{22} - скорость входного, выходного потоков воды; h - перепад уровней входного и выходного потоков воды.

Установка состоит из 4х ступеней. Рабочие ступени представляют собой вращающуюся цепь, на которой закрепляются рабочие лопатки. Перед каждой рабочей ступенью установлены неподвижные направляющие лопатки.

Скорость течения реки $c_p = 3$ м/с. Активная площадь сечения установки $S = 0,01$ м². Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³. Скорость вращения цепи с рабочими лопатками (переносная ско-

рость) $u = 1$ м/с. Расчет проведен для идеальной установки, без учета внутренних потерь.

Профили лопаток и треугольники скоростей изображены на рисунке 2.

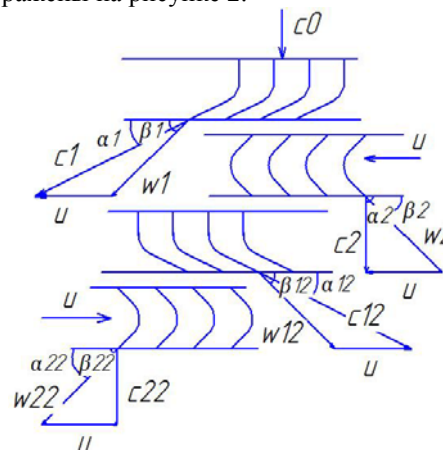


Рисунок 2 - Треугольники скоростей

Данная установка сама для себя создаёт подпор; и в состоянии извлекать потенциальную энергию из равномерно текущего потока воды без затрат энергии извне.

Перепад уровней воды h определится из закона сохранения энергии:

$$H_p + \frac{c_p^2}{2g} = H_0 + \frac{c_0^2}{2g} \Rightarrow h = \frac{c_p^2 - c_0^2}{2g} \text{ м/с.}$$

где H_p - уровень воды в реке, до торможения и подъема, м; H_0 - уровень воды в реке, после торможения и подъема, м; c_p - скорость течения реки, м/с; c_0 - скорость в активном сечении, м/с; g - ускорение свободного падения, м/с².

Зная площадь поперечного сечения и скорость течения воды в отверстии, находим расход через установку G_e и ее мощность N_y :

$$G_e = c_0 \cdot S \cdot \rho \frac{\text{кг}}{\text{с}}, N_y = h_1 \cdot \frac{G_e}{1000} \cdot 10000 \text{ Вт.}$$

На сопловые лопатки каждой ступени приходится половина напора воды h :

$$h_1 = h_2 = \frac{h}{2} \text{ м.}$$

Из уравнения сохранения энергии определяется скорость на выходе из сопловой решетки первой ступени:

$$H_1 + \frac{c_0^2}{2g} = H_2 + \frac{c_1^2}{2g} \Rightarrow c_1 = \sqrt{c_0^2 + 2gh_1} \text{ м/с.}$$

Угол поворота потока на выходе из сопловых лопаток первой ступени α_1 определяется из уравнения неразрывности для несжимаемой жидкости:

$$\sin \alpha_1 = \frac{c_0}{c_1} \Rightarrow \alpha_1 = \arcsin\left(\frac{c_0}{c_1}\right) \text{ град.}$$

Из входного треугольника скоростей (рисунок 2) находится относительная скорость на входе в рабочую решетку и угол между вектором переносной и относительной скорости:

$$w_1 = \sqrt{c_1^2 + u^2 - 2c_1u \cos \alpha_1} \text{ м/с,}$$

$$\sin \beta_1 = \frac{c_1 \cdot \sin(\alpha_1)}{w_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \beta_1 = \arcsin\left(\frac{c_1 \cdot \sin(\alpha_1)}{w_1}\right) \text{ град.}$$

Так как ступень чисто активная, величина и направление относительной скорости на выходе из рабочей решетки равны значениям, полученным на входе в нее: $\beta_2 = \beta_1$ и $w_2 = w_1$.

Абсолютная скорость c_2 на выходе из рабочих лопаток и угол α_2 определяются из выходного треугольника скоростей (рисунок 2):

$$c_2 = \sqrt{w_2^2 + u^2 - 2w_2u \cos \beta_2} \text{ м/с.}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{w_2 \cdot \sin(\beta_2)}{c_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_2 = \arcsin\left(\frac{w_2 \cdot \sin(\beta_2)}{c_2}\right) \text{ град.}$$

Расчет второй ступени проводится аналогично первой.

Основные результаты расчета: напор $h = 0,4$ м, расход воды $G_e = 10$ кг/с, мощность $N_y = 40$ Вт.

Таблица 1 – Основные результаты расчета

ступень	c_1	w_1	c_2	w_2	u	град			
						α_1	α_2	β_1	β_2
1	2,2	1,4	1	1,4	1	26,6	26,6	45	45
2	2,2	1,4	1	1,4	1	26,6	26,6	45	45

Установка рассчитана при средней скорости течения реки. Для исследования режимов работы установки, необходимо было определить скорости, которые установятся в ней, при различных скоростях набегающего потока.

Закрепляем углы поворота направляющих и рабочих лопаток $\alpha_1 = 26,6^\circ$, $\alpha_2 = 90^\circ$, $\beta_1 = 45^\circ$, $\beta_2 = 45^\circ$. Производим расчет методом последовательного приближения так, чтобы сохранялось равенство скоростей на входе c_0 и выходе из установки c_{22} при различных скоростях течения реки.

В результате расчета были получены зависимости мощности (рисунок 3), скорости в рабочем сечении (рисунок 4) и скорости на выходе из направляющих лопаток (рисунок 5) от скорости течения реки.



Рисунок 3 – Зависимость мощности установки от скорости реки

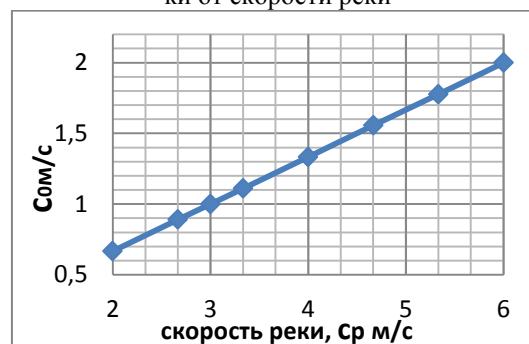


Рисунок 4 – Зависимость скорости потока в рабочем сечении от скорости реки



Рисунок 5 – Зависимость скорости потока на выходе из направляющих лопаток от скорости реки

Выводы:

1. Установка эффективно работает при изменении переносной скорости u , в этом случае, на генераторе должно стоять устройство, которое обеспечивает постоянство напряжения и частоты.
2. Расчеты показали, что в заданных условиях величина переносной скорости равна величине скорости прохождения потока через активную зону установки.
3. Избыточная мощность может быть использована в системах теплоснабжения с аккумуляцией тепла.

Список литературы:

1. Безруких П.П. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции «Энергетическая безопасность и малая энергетика. XXI век». Санкт-Петербург, 2002 г.