

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

123-1

20-22 октября 2022 года

УДК 621.

Ф.Т. Юсупова, докторант (ФерПИ) Узбекистан, г. Фергана

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ,
ПРОИЗВОДИМОЙ АРХИМЕДОВЫМ ВИНТОМ ПИКОГЭС**

Аннотация

Разработана компьютерная программа определения количества электроэнергии, вырабатываемой винтом Архимеда пикоГЭС, на программу получен сертификат. С помощью программы можно повысить КПД архимедовой винтовой турбины, найдя оптимальный угол отклонения.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, турбина, электрическая энергия, угол отклонения, гидростатическая сила, винт.

Введение

Доля выработки электроэнергии из возобновляемых источников энергии в мире составляет 16%. Наиболее передовым видом возобновляемых источников энергии является гидроэнергетика, которая составляет 87% мировой [1].

В Узбекистане предпринимаются смелые шаги по развитию этого сектора. В постановление Президента Узбекистана от 22 августа 2019 года №ПП-4422 определено, что в 2030 году доля возобновляемых источников энергии в общем объеме производства электроэнергии в Узбекистане достигнет 25%. В настоящее время этот показатель составляет 10-12% [2].

Ресурсы 650 рек, множество оросительных каналов и водохранилищ, протекающих по территории Узбекистана, обеспечивают технические возможности для строительства множества гидроэлектростанций, производящих 21 ТВт/ч электроэнергии в год. Эта электрическая мощность будет увеличиваться после того, как будет определен потенциал микро-ГЭС [3].

Теоретическая часть

Важно выбрать турбину для выработки электроэнергии из потока воды. Совершенствуются и развиваются различные типы турбин. Различают типы Каплана, Фрэнсиса, Пелтона, Оссбергера, ортогональные и другие. Эти турбины предназначены для рек и морей с высоким давлением и в основном используются на крупных гидроэлектростанциях. Для малых

и микро-ГЭС подходят винтовые турбины низкого давления и архимедовы винтовые турбины. Эти турбины предназначены для оросительных каналов, ручьев и арыков и безопасны для природы.

Винт Архимеда считается древней гидравлической машиной и до сих пор используется в качестве турбины [4]. Архимедовы винтовые турбины используются на малых (1–10 МВт) или мини (<1 МВт) гидроэлектростанциях. Обычно он имеет высоту 8–10 м и расход 1–10 м³/с. Винты вращаются наклонно вокруг оси на угол от 22⁰ до 35⁰ по отношению к горизонтали [5].

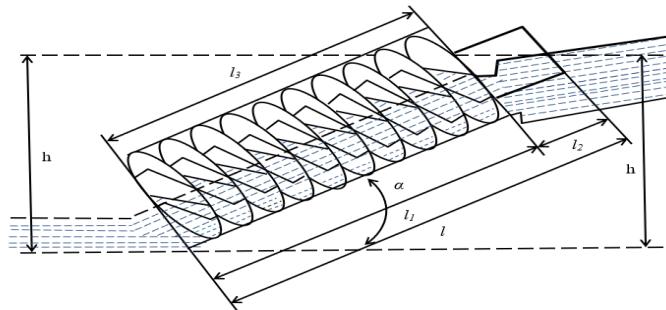


Рис1. Конструкция винтовой турбины Архимед.

Угол отклонения α находится с помощью тригонометрической функции:

$$\sin \alpha = \frac{h}{l_1} \quad (1)$$

Здесь: h – высота (м), l_1 – длина погруженной в воду части турбины (м).

Из выражения (1) находится длина погруженной части турбины:

$$l_1 = \frac{h}{\sin \alpha} \quad (2)$$

Потенциальная энергия определяется по следующей формуле:

$$E = mgh = m_{\text{воды}}gh \quad (3)$$

Здесь: $m_{\text{воды}}$ – масса воды (кг), g – скорость свободного падения ($g = 9,81 \frac{м}{с^2}$).

Потенциальная энергия генерирует механическую энергию за счет вращения турбины, а механическая энергия, в свою очередь, преобразуется в электрическую энергию.

Важно найти массу потока воды, которая находится путем вычитания массы трубы и винта из массы цилиндра.

$$m_{\text{воды}} = m_{\text{цилиндр}} - m_{\text{труба}} - m_{\text{констр}} \quad (4)$$

Масса трубы находится по следующей формуле:

$$m_{\text{труба}} = \rho V_{\text{труба}} = \rho Sl \quad (5)$$

Здесь: ρ — плотность воды ($\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$), $V_{\text{труба}}$ — объем трубы (м^3), S — поверхность цилиндра (м^2).

Плотность воды, которая почти в 1000 раз превышает плотность воздуха, вызывает силу и крутящий момент что влияет на турбину еще больше [6].

$$V = Sl \quad (6)$$

Масса конструкции определяется по следующей формуле:

$$m_{\text{констр}} = \rho V_{\text{констр}} = n \rho_{\text{железо}} h_0 (\pi r_1^2 - \pi r_2^2) \quad (7)$$

Здесь: n — количество винта, r — плотность железа ($\rho = 7,874 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$), h_0 — толщина шурупа, π — постоянное число ($\pi = 3,14$), r_1 — радиус винта (м), r_2 — радиус трубы (м).

Масса цилиндра определяется на основе следующей формулы:

$$\begin{aligned} m_{\text{цилиндр}} &= \rho_{\text{вода}} V = \rho_{\text{вода}} \left(V_1 + \frac{V_2}{2} \right) = \rho_{\text{вода}} (Sl_3 + S \frac{(l_1 - l_2)}{2}) = \\ &= \rho_{\text{вода}} S \left(l_3 + \frac{(l_1 - l_3)}{2} \right) = \rho_{\text{вода}} S \left((l - d) + \frac{(l_1 - (l - d))}{2} \right) \\ &\quad l = l_3 + d \\ &\quad d = l - l_3 \\ &\quad V_1 = Sl_3 \\ &V_2 = \frac{S(l_1 - l_3)}{2} = \frac{S(l_1 - (l - x))}{2} = \frac{l_1 x^2 \pi - (l - x) x^2 \pi}{2} \\ &S = \pi r^2 = \pi x^2 \end{aligned}$$

Здесь: d — диаметр турбины (м).

Учитывая, что $1 \text{кВт} \cdot \text{ч} = 3600000 \text{Дж}$ равно [7], на основании приведенных выше формул формула электрической энергии находится по следующему выражению.

$$\begin{aligned} W &= \frac{E}{3600000} = \frac{m_{\text{вода}} g h}{3600000} = \frac{(m_{\text{цилиндр}} - m_{\text{труба}} - m_{\text{констр}}) g h}{3600000} = \\ &= g h [\rho_{\text{вода}} S_{\text{цилиндр}} \left((l - d) + \frac{\left(\frac{h}{\sin \alpha} - (l - d) \right)}{2} \right) - \rho_{\text{вода}} S_{\text{труба}} l - n \rho_{\text{тело}} h_0 (\pi r_1^2 - \pi r_2^2)] \end{aligned}$$

При установке Архимедовой винтовой турбины на воду важно значение угла отклонения α . Чем больше угол отклонения турбины, тем

V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

123-4

20-22 октября 2022 года

больше вероятность того, что вода не сможет провернуть турбину. Чем меньше угол отклонения, тем длиннее будет турбина и возрастет стоимость. Поэтому была разработана компьютерной программа C++ для определения оптимального угла отклонения.

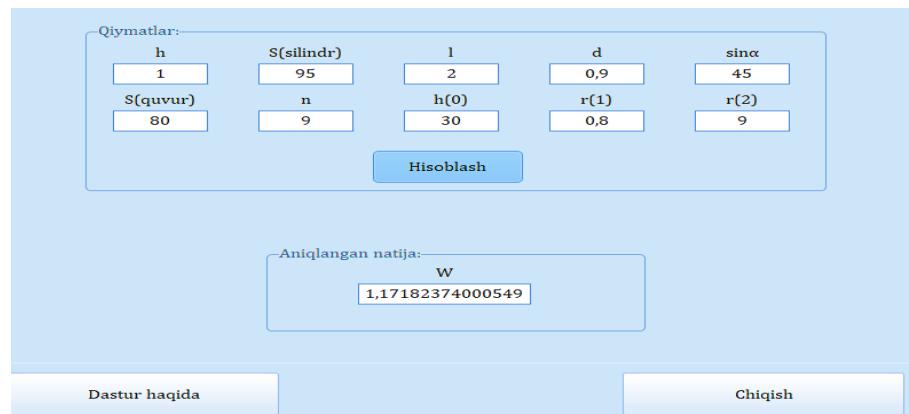


Рис 2. Программа для определения количества электроэнергии, вырабатываемой винтом Архимеда пикоГЭС

На основе разработанной программы C++ можно определить количество выработанной электроэнергии в результате изменения значений параметров турбины.

Выводы

Разработана компьютерная программа определения количества электроэнергии, вырабатываемой винтом Архимеда пикоГЭС, получен сертификат программного обеспечения. В программу вносятся значения геометрических параметров турбины, в результате чего можно определить количество электроэнергии, вырабатываемой турбиной. Это обеспечивает эффективность работы пикоГЭС с винтом Архимеда.

Список литературы

1. Ясинский В.А, Мироненков А.П, Сарсембеков Т.Т. Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ-Алматы, 2011.- с.36.
2. Перспективы “зеленой” энергетики [Электронный ресурс]. <https://yuz.uz/news/yashil-energetika-istiqbollari>
3. Т.Носиров, А.Восиков, Б.Жуул-Кристенсен, Л.Завьялова, П.Позичанюк. Перспективы развития возобновляемой энергетики в Узбекистоне.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

123-5

20-22 октября 2022 года

Публикация в поддержку Целей развития тысячелетия Цель 7:
Обеспечение экологической устойчивости. Ташкент 2007.

4. Lashofer A, Hawle W, Pelikan B (2012) State of technology and design guidelines for the Archimedes screw turbine. <https://tethys-engineering.pnnl.gov/publications/state-technologydesign-guidelines-archimedes-screw-turbine> (Access on 1 October 2012)
5. Quaranta E, Revelli R (2018) Gravity water wheels as a micro hydropower energy source: A review based on historic data, design methods, efficiencies and modern optimizations. *Renew Sustain Energy Rev* 97:414–427. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.033>
6. Deaconu, S. I., Babău, R., Popa, G. N., & Gherman, P. L. (2018). Hydroelectric power plant with variable flow on drinking water adduction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 294(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/294/1/012023>
7. Киловатт-час [Электронный ресурс]. <https://ru.wikipedia.org/wiki>.

Юсупова Феруза Турдалиевна, докторант, ФерПИ, г.Фергана, ул. Ферганская, дом.86, feruzaxon.yusupova.ferpi@gmail.com