



## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПЛА ГИДРОТУРБИНЫ.

**д.т.ф.н. доц., PhD, Узбеков  
Мирсоли Одилжанович,  
докторант, Урмонов  
Санжарбек Рахмонжон угли,  
ассистент Одиллов  
Санжарбек Содикжон угли**

**Ферганский политехнический институт  
Тел.: +99891 667 00 21**

Annotatsiya

В статье рассматривается прогноз роста мощностей гидроэнергетических объектов к 2030 году, который ожидается на уровне 1555 тыс. МВт, что на 17% больше текущих показателей. Основными факторами этого роста являются введение новых мощностей (380 000 МВт) и обновление старых гидроэлектростанций (150 000 МВт). Также отмечается, что в Узбекистане к 2030 году ожидается рост потребления электроэнергии до 110 млрд кВт\*ч, с увеличением доли возобновляемых источников энергии до 11%. Далее обсуждаются физические принципы, влияющие на реактивную силу, действующую на рабочее колесо гидротурбины. Описываются формулы, позволяющие рассчитать реактивную силу и скорость воды при выходе из сопла. Также рассматривается влияние геометрии сопел на эффективность работы турбины и потерю энергии.

**Kalit so'z**

Гидроэнергетика, Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), Мощности, Реактивная сила, Гидротурбина, Импульс, Геометрия сопел, Потери энергии.

Согласно прогнозам, к 2030 году общая мощность гидроэнергетических объектов вырастет до 1555 тыс. МВт, что на 17% больше текущих показателей. Это значительное увеличение мощностей станет возможным благодаря введению более 380 000 МВт новых мощностей и обновлению старых гидроэлектростанций с вводом более 150 000 МВт. Данные цифры говорят о намерении стран активно развивать гидроэнергетику, как одного из ключевых направлений в переходе к устойчивым источникам энергии. [2].

По данным Министерства энергетики, согласно концепции Республики Узбекистан, к 2030 году рост потребления электроэнергии в Узбекистане

ождается на уровне 110 млрд кВт\*ч. Концепция предусматривает увеличение доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в выработке электроэнергии в стране с 11 процентов к 2030 году [3].

В результате удара на рабочее колесо действует реактивная сила в направлении скорости  $v$ , пропорциональная косинусу угла. Поток воды, возвращающийся от внутренней стенки сопла, выходит из сопла через коническую перегородку с углом конусообразования  $30^\circ-35^\circ$ . Для расчета реактивной силы  $F_A$ , создаваемой водой, выходящей из сопла рабочего колеса, определяется изменение импульса поступающей и выходящей воды в нем и сила, действующая на сопло в точке А, выражается следующим образом:

$$F = \rho S_3 v_3^2 \left( \cos \beta + \sqrt{\frac{S_3}{NS_4} \left( 1 - \frac{S_3}{S_4} \right) + 1 - \frac{1}{2} (\xi_{S_6} + \xi_2)} \right); \quad (1)$$

Эта расчетная мощность представляет собой мощность, вырабатываемую одним соплом, и определяется путем умножения общей реактивной мощности на количество сопел. При этом абсолютная скорость струи воды, выходящей из сопла, рассчитывается по следующей формуле [4]:

$$v_4 = v_3 \sqrt{\frac{4S_3}{\pi d_6^2} \left( \frac{4S_3}{\pi d_6^2} - 1 \right) + 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{0,25\lambda}{2} \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\pi d_6^2}{4S_3} \right) + \left( 1 - \frac{4S_3}{\pi d_6^2} \right)^2 \right)}; \quad (2)$$

$$v_3 = \frac{\Gamma}{\tau} e^{i(\alpha_2 - \beta)} + v_2 e^{i(\alpha_2 - \alpha_1)} \quad (3)$$

Где,  $\tau = \frac{\pi d_2}{k}; \quad \Gamma = \frac{\pi v_2 \sin \alpha_1}{\pi d_2} = \frac{l v_2 \sin \alpha_1}{d_2};$

Здесь  $v_3, v_4$  – скорость воды при входе в сопло;  $v_2$  – скорость воды при выходе из направляющего аппарата;  $S_3, d_6$  – соответственно поверхность входа сопла и диаметр выходного отверстия сопла;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – углы входа и выхода воды в направляющем аппарате;  $l$  и  $\tau$  – длина и шаг лопасти, соответственно;  $\beta$ -угол установки направляющих лопаток относительно радиальной направления.

Формулы (1)-(3) показывают, что реактивная сила, создаваемая в насадке, скорость воды, выходящей из насадки, зависит от угла установки  $\beta$  направляющей лопатки относительно радиального направления. Геометрическая форма сопла обеспечивает угол удара струи воды о внутренние стенки сопла и направление сопла назад к выходному окну воды, так что направленный поток воды создает реактивную силу за счет равномерного поворота в сопло. В соответствии с напором и расходом воды в этих гидротурбинах изменяются геометрические размеры и количество сопел. При расположении входа потока воды в форсунки по периметру рабочего колеса и большом расстоянии между форсунками наблюдаются потери энергии в результате сопротивления водоприемников и влияния стенок рабочий цилиндр. Геометрическая форма меняется в зависимости от количества насадок.

Исходя из полученных результатов, высота проектируемого сопла в радиальном направлении уменьшается с увеличением количества сопел. Потому что дуга, проведенная в центральный угол, который должно занимать сопло, становится меньше. В результате радиус кривизны кривой, образованной

соединением точек  $A_0, A_1, \dots, A_n$ , уменьшается. На основании этих результатов, изменяя количество форсунок, можно будет контролировать и рассчитывать силовое плечо рабочего колеса, то есть крутящий момент.

Диаметр водоподводящего цилиндра гидротурбины увеличен в местах, где планируется работа в источниках с большим водопотреблением и малым напором. Эта ситуация приводит к увеличению диаметра рабочего колеса. Превышение критического значения диаметра рабочего колеса приводит к увеличению момента инерции и снижению частоты вращения рабочего колеса. Это, в свою очередь, вызывает чрезмерные потери энергии из-за использования дополнительных шкивов или редукторов.

Развитие возобновляемых источников энергии, особенно гидроэнергетики, представляет собой ключевой элемент устойчивого энергетического будущего. Прогнозы по увеличению мощностей и внедрению новых технологий создают возможности для повышения эффективности и снижения воздействия на окружающую среду. Устойчивое развитие в этой области требует комплексного подхода, включающего как физические расчеты и математические модели, так и грамотное проектирование и строительство новых объектов. Внимание к геометрии и функциональности сопел, а также к гидравлическим характеристикам систем станет решающим фактором для достижения поставленных целей в области возобновляемой энергетики.

#### **Список используемой литературы**

1. [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2022.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2022.pdf)
2. Развитие мировой гидроэнергетики, (Ассоциация “Гидроэнергетика России”). <http://www.hydropower.ru/hydropower/development.php> (20.01.2023)
3. <https://www.uzanalytics.com/iqtisodiet/9961/>
4. О.О.Bozarov, Doctoral thesis on the creation of a micro-hydroelectric unit with a reactive hydroaggregate for agricultural consumers. Andijan branch of Tashkent State Agrarian University, Tashkent, 2020. p. 51-52