

UDK 621. 22-226

## РАЗРАБОТКА КОНТРРОТОРНОГО ГИДРОАГРЕГАТА НА ОСНОВЕ СОПЛОВОЙ РЕАКТИВНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

*Бозаров Ойбек Одидович Ташкентский  
государственный технический  
университет, кафедра «Альтернативные  
источники энергии», докторант (DSc)*  
[obozarov7@inbox.ru](mailto:obozarov7@inbox.ru)

*Козимжонов Нозимжон Азимжон угли,  
Ташкентский государственный технический  
университет, кафедра «Альтернативные  
источники энергии», докторант (PhD),*  
[kozimjonovnozimjon886@gmail.com](mailto:kozimjonovnozimjon886@gmail.com)

**АННОТАЦИЯ.** Известно, что большинство существующих источников воды в нашей республике являются низконапорными. Существуют различные конструкции микрогидротурбин, работающих на этих низконапорных источниках воды, и их КПД невелик. С целью повышения эффективности использования этих гидроэнергетических потенциалов водных источников разработано контрроторная гидроагрегат. В статье представлены общая принципиальная схема конструкции и принцип работы контрроторного гидроагрегата с реактивным и активным рабочим колесом, разработанного на базе струйной гидротурбины с соплом, работающей при низких давлениях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.** МикроГЭС, струйная гидротурбина, контрротор, сопло, активное рабочее колесо.

Поскольку уклоны основных частей водных источников, таких как реки, протоки, протоки и оросительные системы в мире невелики, строительство в них малых ГЭС нанесет ущерб большим площадям обрабатываемых земель и окружающей среде. В таких местах есть много мест, где можно создать напор воды в диапазоне 1,5-5 метров.

Хотя создается множество типов активных и реактивных типов рабочих колес микроГЭС, работающих в указанных выше низконапорных источниках воды, их широкое применение не является удовлетворительным. Причина в том, что существующие рабочие колеса активного типа в основном состоят из водяных колес, и частота вращения этих колес мала в зависимости от скорости потока воды. Для увеличения частоты вращения до достаточного уровня элементы передачи, такие как редукторы и шкивы, используются каскадным образом. При этом наблюдаются большие потери энергии. При уменьшении размеров рабочего колеса и увеличении его частоты крутящий момент уменьшается за счет уменьшения силового плеча.

В работе [1] устранены недостатки работы [2], путем установки внутреннего направляющего устройства в рабочее колесо. Также усовершенствована сопловая реактивная турбина, эффективно работающая в водоисточниках низкого давления, за счет установки внутреннего направляющего устройства. Проанализированы результаты испытаний разработанной экспериментальной модели гидротурбины. В ходе эксперимента установлено, что КПД и скорость гидротурбины выше прототипа [2] на 16-25 % в зависимости от напора воды. При напоре воды 2 метра и расходе воды 200 л/с его эффективность гидротурбины составила 82,8%.

Несмотря на высокий КПД гидротурбины, можно сказать, что кинетическая энергия воды, выходящей из сопла струйной гидротурбины, не используется как ее недостаток. Для использования этой энергии желательно создать контрроторное гидроагрегатное устройство, установив дополнительное рабочее колесо.



Известный контрроторная гидроагрегат [3], состоит из контрроторных гидротурбины и гидрогенератора. Контрроторная гидротурбина имеет два соосных рабочих колеса (ротор и контрротор), вращающихся в разные стороны, на которые последовательно поступает поток воды. В контрроторный гидроагрегат ротор гидрогенератора устанавливаются на одном валу с ротором гидротурбины, а контрротор с контрротором гидротурбины. Преимущества контрроторного агрегата по сравнению с традиционными гидроагрегатами: применение на более высоких напорах (из-за распределения напора между двумя рабочими колёсами гидротурбины); возможность уменьшить размеры и вес гидрогенератора (поскольку ротор и контрротор генератора вращаются в противоположных направлениях, существенно увеличивается частота вращения ротора относительно контрротора).

Недостатками гидроагрегата являются следующие факторы: при низких давлениях воды, истечение воды из верхнего рабочего колеса гидротурбины происходит в вихревом режиме, в результате чего наблюдаются большие потери энергии. Этот поток воды поступает во вторую рабочую колесу снизу через второй направляющий аппарат. В этом случае создается восходящее давление. Так же, за счет местных сопротивлений второго направляющего аппарата и рабочего колеса происходит потери энергии. В результате эффективность этой системы будет низким, и при напорах 2-10 м комплекс не дает результаты. Контрроторная гидроагрегат являются значительная усложнения конструкции агрегата и его регулирования, а также трудности в съёме мощности с вращающегося контрротора гидрогенератора. Поэтому данная конструкция не нашла применения на практике.

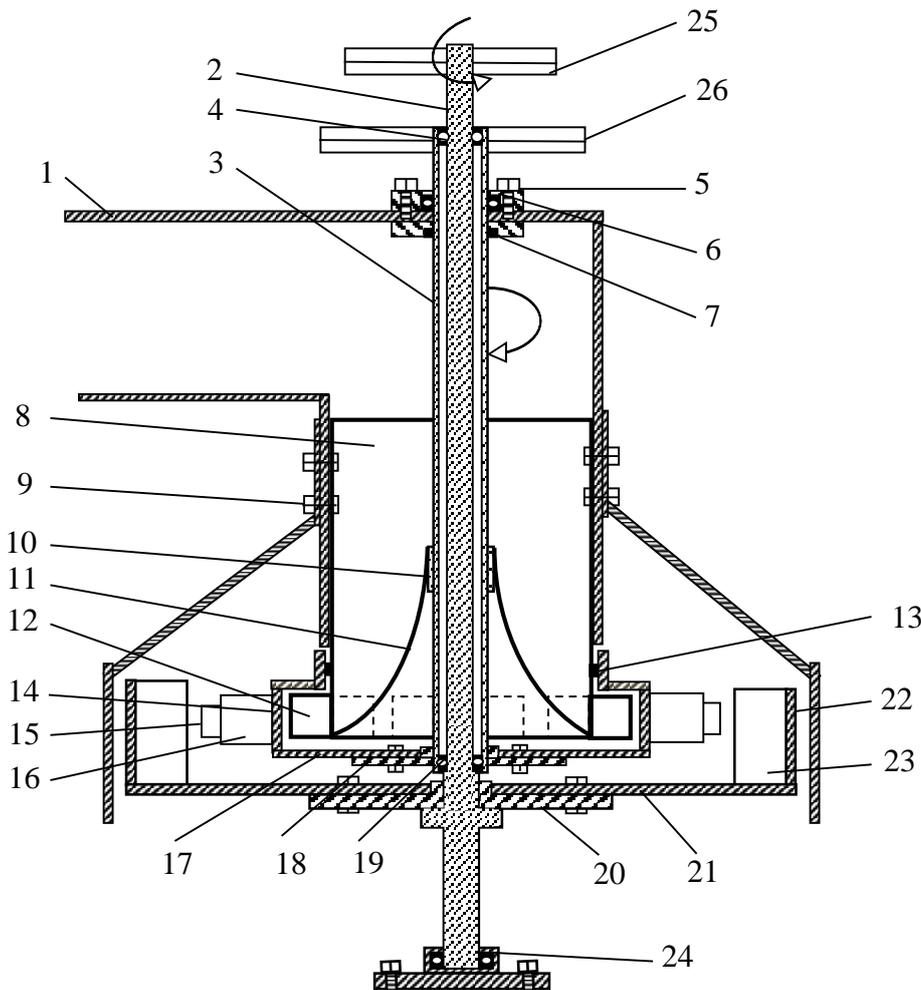
В работе [1] струя воды, выходящая из сопла этой гидротурбины, зависимости от давления выходит с очень большой скоростью. При давлении воды 2 метра абсолютная скорость воды, выходящей из сопла, составляет 5,4 м/с. Однако кинетическая энергия этого вытекающего потока воды не используется. Теоретические расчеты показали, что линейная скорость реактивного рабочего колеса на водавыпускном месте сопла составляет 55-60 % от абсолютной скорости воды. Водяная струя со скоростью, равным остальной абсолютной скорости, ударяет лопатками по статору устройства. Путем замены статора этого устройства на активное водяное колесо было разработано контрроторное гидроагрегатное устройство. (рис. 1)

Контрроторная гидравлическая турбина как в аналоге [2] содержит подводящий канал 1 и закрепленный болтами 5 к ней внешний вал 3 через подшипник 6 и сальник 7, направляющий аппарат 8 снабжен направляющими крыльчатками 12, который закреплена по периметру между цилиндром 8 и с основанием внутреннего коаксиального конуса 11, имеющий верхний гидроподшипник 10, и цилиндр 8 направляющего аппарата обеспечивающий равномерное распределение потока воды и увеличение скорости из-за равномерного сжатия между стенками конуса и внутренней стороны цилиндра, закрепленный с помощью болтов 9 к корпусу подводящего канала 1 так, что рабочий орган направляющего аппарата размещается в рабочем колесе не касаясь его; рабочее колесо с корпусом в виде цилиндра 14 с пазом для каучуковую сальника 13, закрепленный на вал 3 с дисковым основанием 17 с помощью болтов и установлено на нижнюю упору внутреннего вала через конусообразный подшипник 19. Отводные каналы 16 выполнен в виде вогнутого усеченного конусообразного прямоугольного сечения трубы с наконечником в виде сопла 15.

На внутренний вал 2 надевается диск 20 с выступом в центре рабочего колеса, а к нему болтами крепится большой диск 21. К большому диску в радиальном направлении крепятся опоры 27 (рис. 2), к этим опорам крепятся внутреннее и наружное кольца 22, а вогнутые лопасти 23 между кольцами устанавливаются вертикально, образуя угол с радиальным направлением. Внутренний вал 2 контрроторного гидроагрегата закреплен к основанию платформы через корпусной подшипник 24, а вращательное движение активного колеса передается генератору через шкив 25, закрепленный на внутреннем валу. Вращательное движение реактивного рабочего колеса передается второму генератору через



шків 26, установленный на внешнем валу. Направления вращения этих двух валов противоположны.



**Рис.1** Общий вид контрроторного агрегата. (разрез общего вида гидроагрегата по вертикали).

Активное рабочее колесо состоит из центрального диска с цапфой 20 и большого диска 21, которые соединены между собой с помощью болтов,

Большой диск 21 снабжен опорными стержнями 27 в радиальном направлении, к которым крепятся внутреннее и наружное кольца 22 для крепления лопасти 23.

В отличие от прототипа [3] предложенная контрроторная гидроагрегат имеет следующие преимущества при реализации, и практичность объясняются следующими факторами:

- в результате теоретических расчетов и опытов малой лабораторной модели гидроагрегата было установлено, что скорость струи воды, выходящей из сопла, определяется следующим образом:

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

где

$$v_3 = \frac{-\pi l v_2 \sin \alpha_1}{\tau} + v_2 e^{i(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

Здесь  $v_3$  – скорость воды при 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. При напоре воды 2 метра скорость струи воды, выходящей из сопла, составляет 5,4 м/с. В месте выхода воды из сопла линейная скорость реактивного рабочего колеса  $u = 0,56v_3$  м/с, масса воды с кинетической энергией, соответствующей скорости, подвергается воздействию непрерывных ударов по активным колесам.

- контрроторная гидроагрегат с струйным гидротурбинам и активным водяным колесом работает так же эффективно, как две отдельные гидротурбины. Также движение водных потоков в них не влияет друг на друга. Если по какой-то причине одно из рабочих колес перестанет двигаться, оставшееся второй продолжит работу.

- активное колесо можно разместить под открытым небом, удобно собирать комплекс, выполнять различные услуги, а его преимущество в том, что за режимом работы можно следить визуальюно.

- один входящий поток в гидроагрегат используется дважды. Соответственно, энергия воды используется полностью. Эффективно работает на высокой скорости даже при низком давлении.

Для коэффициента быстроходности струйной гидротурбины при расходе воды 15л/с на напоре 2 метра, в эксперименте получена следующие результаты [4]:

$$n_s = f\left(\frac{Q}{Q_e}\right)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{H_e}{H}\right)^{\frac{3}{4}} = \frac{3,65nQ^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}} = \frac{3,65 \cdot 723,6 \cdot \sqrt{0,015}}{2^{\frac{3}{4}}} = 191,2 \text{ об/мин.}$$

Здесь  $Q$ ,  $Q_e$  – расход воды в модели и натуре, соответственно;  $H$  и  $H_e$  - напор воды в модели и натуре, соответственно. Диаметр активного рабочего колеса мало отличается от диаметра реактивного рабочего колеса. Поэтому скорость этого активного колеса будет очень близка к скорости, полученной в эксперименте для реактивного рабочего колеса.

Электрогенераторы монтируются на горизонтальную балку, установленный на вертикальной стойке.

При установке активного рабочего колеса на выходящий поток воды с высокой кинетической энергией от струйной гидротурбины, увеличивается выработка электроэнергии на 35-50% в зависимости от давлений, помимо электроэнергии, вырабатываемой струйной гидротурбиной, по давлению воды.[26]

### Список использованной литературы

1. Ergashev S. F., Aliyev R.U., Bozarov O.O., Usarov KH. S., **Efficiency of a nozzle jet hydroturbine with internal direction device**, 8th - International Conference on Research in Humanities, Applied Sciences and Education Hosted from Berlin, Germany <https://conferencea.org> Dec. 30th 2022, pp.72-76.
2. R. Aliev, O.O. Bozarov, R.A. Zakhidov, D.B.Kodirov. Reactive hydraulic turbine. Patent, FAP 01287, IPC F 03 B3/02, F 03 B3/12. publ. 20.02.2018
3. Семенов В.В. Прямоточные гидроагрегаты высокой и сверх высокой быстроходности, М - Л. Госэнергоиздат, 1959г.с.389.
4. Бозаров О. О , Усаров Х. С. Бегматов Э. М., Взаимосвязь между параметрами рабочего колеса с направляющим аппаратом сопловой реактивной гидротурбины// “Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларининг роли ” Республика илмий-амалий конференция. Наманган шаҳри, 28-29 апрель,2022 йил.

