

АНАЛИЗ КЛАССИФИКАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ МИКРО-ГЭС

Аннотация. В работе была произведена классификация основных типов конструкций микро-ГЭС. Рассмотрены основные способы регулирования расхода воды и мощности микро-ГЭС. Предложены новые технические решения шнековых реактивных гидротурбин, адаптированных к низким напорам и расходам воды.

Ключевые слова: микро-ГЭС, мощность гидротурбины, автономный потребитель, конструктивные признаки гидротурбин.

В настоящее время в практике широко применяются различные конструкции микро-гидроэлектростанций (далее микро-ГЭС) для электроснабжения потребителей. Однако, все они наряду со своими достоинствами имеют недостатки, и основные из них это - громоздкость, дороговизна, необходимость больших расходов и напоров воды.

Как показал анализ автономных потребителей, в условиях нашей республики значительная их часть расположена в районах, где сложно обеспечить соответствующие напоры и расходы воды, а наличие крупных габаритов, имеющих конструкции микро-ГЭС, большой вес, низкая степень автоматизации и высокая стоимость делают их непривлекательными для эксплуатации и обслуживания. В то же время автономность и маломощность потребителей делает перспективным использование локальных автономных систем, не требующих подключения к существующим сетям. Поэтому использование микро-ГЭС для электроснабжения таких потребителей должно быть автономным. В этой связи анализ конструкции, поиск и разработка новых технических решений микро-ГЭС со шнековой турбиной с небольшим напором и приемлемой ценой является весьма актуальной и важной задачей для выполнения вышеуказанных целей.

Гидротурбина, преобразующая гидравлическую энергию в механическую энергию вращающегося вала, характеризуется следующими основными энергетическими расчетными параметрами: напором (давлением) воды перед входом в турбину, частотой вращения, соответствующей оптимальному к.п.д., и расход воды, соответствующий первым двум параметрам. Мощность гидротурбины выражают через напор и расход:

$$P_T = 9,81QH\eta_T \quad (1)$$

где P_T – мощность на валу гидротурбины, кВт; Q – расходы воды, м³/с; H – напор нетто, м; η_T – КПД турбины при соответствующих H , Q и частоте вращения.

Частота вращения n , соответствующая оптимальным условиям работы гидротурбины, зависит от геометрии ее проточной части (быстроходности гидротурбины) и определяется по коэффициенту быстроходности n_s .

По характеру передачи энергии потока воды рабочим органам гидравлические турбины подразделяются на *реактивные* (с избыточным давлением, т.е. напорноструйные) и *активные* (свободноструйные).

В реактивных турбинах происходит преобразование всех видов энергии потока (энергии положения z , энергии давления p/pg и кинетической энергии $v^2/2g$) в механическую.

Активные турбины работают под действием свободной струи, обладающей только кинетической энергией $v^2/2g$.

В практике гидротурбины принято подразделять на классы, системы, типы и серии. Существует по конструктивным признакам два класса гидротурбин: активные и реактивные (см. рисунок 1).

Класс реактивных турбин объединяет следующие системы: осевые-пропеллерные и поворотно-лопастные (ПЛ), диагональные, поворотно-лопастные и радиально-осевые (РО) турбины. В класс активных турбин входят системы ковшовых, наклонно-струйных турбин и турбин двойного действия. Последние две системы не имеют столь широкого распространения, как ковшовые.

Радиально – осевые турбины применяются обычно при напорах от 20 до 350 м; поворотнo-лопастные и пропеллерные – при напорах от 2 до 40 м; ковшовые – при напорах от 20 до 1500 м.

В зависимости от расположения вала турбины делятся на вертикальные (при расположении вала вертикально) и горизонтальные (при расположении вала горизонтально).

Гидротурбины подразделяются на малые, средние и крупные.

К малым относятся гидротурбины, у которых диаметр рабочего колеса $D \leq 0,5$ м при высоких, а мощность составляет не более 1000 кВт. К средним относятся гидротурбины, у которых $1,2 \leq D \leq 2,5$ м при низких напорах и $0,5 \leq D \leq 1,6$ м при высоких, мощность $1000 \text{ кВт} \leq N_T \leq 15000 \text{ кВт}$.

Коэффициент быстроходности отражает основные свойства каждого типа рабочего колеса и зависит от типа гидротурбины. Ограничением к применению гидротурбин высокой быстроходности является кавитация в проточной части гидротурбины и, как следствие, разрушение гидротурбины.

Для ориентировочных расчетов при отсутствии заводских характеристик гидротурбины можно пользоваться среднестатистическими зависимостями коэффициента быстроходности от напора (см. таблицу1):

$$n_s = (3200 - 4100)H^{0,5} \quad (\text{для ПЛ турбин}); \quad (2)$$

$$n_s = (2350 - 3500)H^{0,5} \quad (\text{для РО турбин}). \quad (3)$$

Таблица 1. Коэффициент быстроходности n_s

Тип турбины	n_s
Ковшовые	10-50
Радиально-осевые: Тихоходные средней быстроходности Быстроходные	70-150 150-250 250-400
Пропеллерные и поворотнo-лопастные: средней быстроходности Быстроходные	550-750 750-950

В практике проектировщики чаще выбирают гидротурбину не по коэффициенту быстроходности, а по конкретным характеристикам гидротурбин производимых заводами-изготовителями.

В последние несколько лет широкое распространение получили малонапорные малые ГЭС на основе архимедова винта (см. рисунок 2), который уже на протяжении многих веков используется, прежде всего, как насос – в каждой стране мира установлены сотни тысяч таких винтов, особенно на очистных сооружениях. Несмотря на то, что изобретателем винта признан Архимед, доподлинно известно, что такие насосы еще в 250 году до нашей эры использовались в Египте для подъема воды в оросительных системах.

Принцип работы ГЭС на базе архимедова винта прямо противоположен работе насоса. Вода, поступая на турбину сверху, своей массой давит на поверхность винта. Скатываясь вниз по винту, вода заставляет его вращаться. Установив на вал шнека генератор, можно получать электроэнергию при напоре воды даже меньше метра. Однако по экономическим соображениям, не стоит использовать архимедов винт при напоре меньше 1.5 м. При напоре воды более 8 м используется несколько винтов, либо подбираются турбины более подходящей конструкции.

Максимальный расход протекаемой через турбину воды определяется диаметром шнека. Так, в малой энергетике наиболее часто используется архимедов винт диаметром 1 м, который способен пропустить 250 л/с. Шнек диаметром 5 метров пропускает до 15 куб.м/с. Практические наработки показывают, что устанавливать гидроэлектростанцию с диаметром винта больше трех метров нецелесообразно, гораздо выгоднее установить параллельно несколько турбин меньшего диаметра. Из этих соображений метровый архимедов винт способен обеспечить выработку 5кВт/ч электроэнергии. Самая крупная действующая малая ГЭС вырабатывает 500 кВт/ч.

Обычно архимедов винт вращается со скоростью 26 оборотов в минуту. Для сочленения со стандартными электрогенераторами используются передаточные коробки, увеличивающие

скорость вращения ротора генератора до 1500 об/мин. С точки зрения экономической эффективности, архимедов винт устанавливается под углом 22 градуса к горизонту.

Архимедов винт предоставляет множество неоспоримых преимуществ:

- проектный срок эксплуатации гидроэлектростанции составляет не менее 30 лет! При условии капитального ремонта шнека, ГЭС может прослужить неограниченное время;

- большие размеры винта и медленная скорость его вращения позволяют рыбам и крупному мусору без ущерба для электростанции беспрепятственно преодолеть ГЭС. В отличие от других малонапорных ГЭС не требуется установки системы очистки подаваемой воды;

- поскольку рыба с легкостью и без вреда для себя преодолевает архимедов винт, такие ГЭС считаются экологически безопасными возобновляемыми источниками энергии;

- поскольку архимедов винт не имеет слива и отстойников, а на выходной стороне турбины достаточно лишь незначительного бетонирования, стоимость строительства малой ГЭС обходится достаточно дешево.

Анализ различных конструкций микро-ГЭС показывает, что минимальный ущерб экологии и возможность установки в горных реках с малой проточностью и напором обладают шнековые гидроэлектростанции. Такой вид ГЭС предусматривает использование многоступенчатых свободно-поточных турбин. Для увеличения единичной мощности низконапорных и свободно-поточных турбин применяют следующие способы:

- увеличение диаметра рабочего колеса;

- увеличение скорости потока на рабочем колесе путем применения "концентраторов" конфузорного очертания или увеличения напора;

- развитие вдоль потока лопастной системы рабочего колеса;

- применение несколько соосных рабочих колес, сидящих и работающих на один вал.

Недостатком является низкая эффективность, связанная существенным искажением в набегающий поток первого витка шнека, и в силу этого последующие витки не приводят к заметному увеличению мощности колеса.

Известна шнековая реактивная гидравлическая турбина, в которой лопасти колеса выполнены в виде винтовой поверхности.

Недостатком является малая высота винтовой лопасти, обуславливающая низкую эффективность гидротурбин.

Известно, что энергетическая компания, эксплуатирующая ГЭС на территории РФ, ОАО «РусГидро» ведет разработки в области мини ГЭС с помощью дочернего предприятия "Научно-исследовательский институт энергетических сооружений" (НИИЭС). В НИИЭС разрабатываются технологические платформы "ортогональных гидроагрегатов". Данные разработки адаптированы к параметрам мини-ГЭС с низкими напорами (от 1 до 5 метров). Нами найдено новое техническое решение ортогональной шнековой гидротурбины, позволяющей интенсифицировать процессы появления вращательных моментов водяного потока перед турбиной.



Рис. 1. Классификация активных и реактивных гидротурбин по конструктивному признаку и методу регулирования расхода воды и мощности гидротурбин

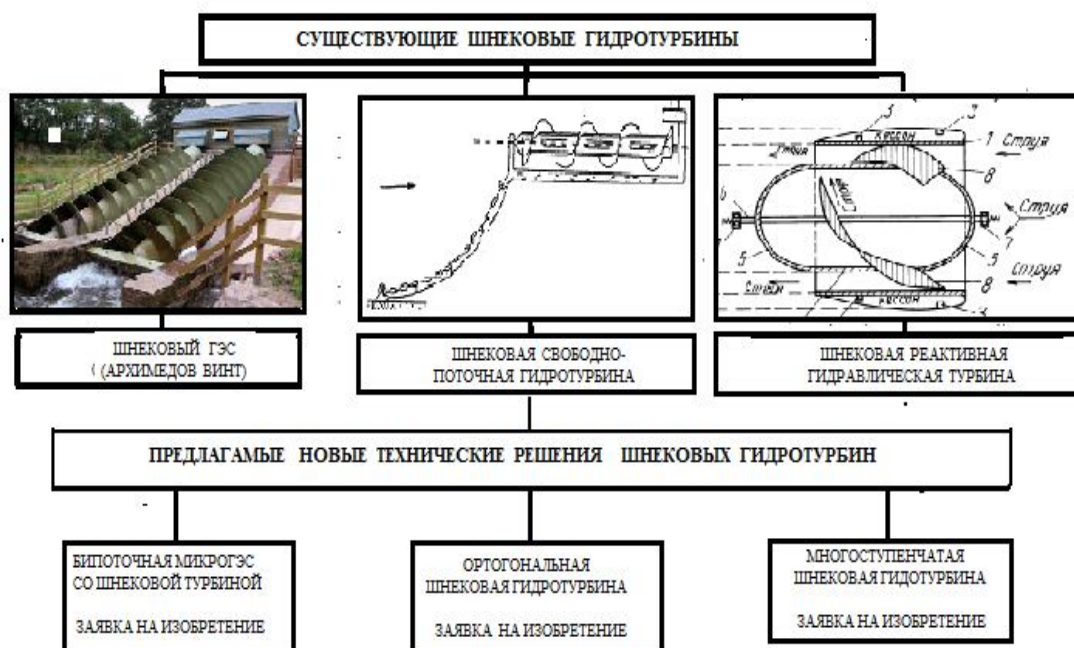


Рис. 2. Существующие и предлагаемые типы шнековых гидротурбин

ЛИТЕРАТУРА

1. Жабудаев Т. Ж. Построение модели и алгоритма расчета параметров микроГЭС с учетом гидрологических особенностей малых водотоков// автореферат – г. Бишкек, 2013.
2. Боровков В.С., Волшаник В.В, Орехов Г.В. Опыт классификации низконапорных гидравлических двигателей.// Малая энергетика №1–2, с.28–38.
3. Трещалов Г.В. Применение гидродинамических эффектов Трещалова в свободнопоточных гидротурбинах. // Альтернативная энергетика и экология. 2013. №03/2, с.95–98.

REFERENCE

1. Zhabudaev T. J. Postroenie modeli i algoritma rascheta parametrov microGES s uchetom gidrologicheskikh osobennostei malyh vodotokov // autoreferat - Bishkek, 2013.
2. Borovkov V.S., Volshnik V.V., Orechov G.V. Opyt klassifikatsii nizkonapornykh gidravlicheskih dvigatelei // Malaya energetika № 1-2, p.28-38.
3. Treshchalov G.V. Primenenie gidrodinamicheskikh effektov Treshchalova v svobodnopotochnykh gydroturbinakh // Alternativnaya energetika i ekologiya. 2013. №03/2, p.95-98.

Умбетов Е.С., Шоколакова Ш.К.

Конструкциясына байланысты микро гидро электр станцияларының жіктеу анализі

Түйіндеме. Бұл жұмыста конструкциясына байланысты микро гидро электр станцияларының негізгі түрлері жіктеу жүргізілді. Микро су электр станцияларының судың және қуаттың шығын реттеу негізгі тәсілдер қарастырылған. Судың төмен қысымдар және шығындар байланысты шнек реактивтік гидротурбиналарға дағдырланған жаңа техникалық шешімдер ұсынған.

Умбетов Е.С., Шоколакова Ш.К.

Анализ классификации конструкций микро-ГЭС

Резюме. Работе приведен сравнительный анализ наиболее известных гидротурбин с учетом их быстроходности при работе с небольшим напором воды. На основе анализа предлагается использовать электрическую машину, основанную на принципе архимедова винта, в качестве гидротурбины. Было приведено множество неоспоримых преимуществ применения архимедова винта.

Umbetov E., Shokolakova Sh.

Structural analysis of classification of micro hydro electrical power stations

Summary. In this article, a classification of the main types of construction micro hydro electro stations is made. The main ways of controlling the flow of water and power of micro hydro electro stations are considered. New technical solutions screw jet turbines adapted to the low head and flow of water are offered.