

УДК 621.165

ТУРБОАГРЕГАТЫ ДВИНСКОГО КАСКАДА ГЭС

Казанцев И.А., Пантелей Д.Е.

Научный руководитель – старший преподаватель Пантелей Н.В.

На сегодняшний день, по приблизительным оценкам, суммарная мировая мощность ГЭС – 715 ГВт. Данное количество электроэнергии вырабатывают более 7000 гидроэлектростанций по всему миру. Доля гидроэнергетики, в суммарной выработке электричества составляет 15–16%. Это в свою очередь соответствует 6% от общего топливного баланса Земли. Планы по расширению гидросооружений энергосистем предусматривают прирост мощности на 140 ГВт, а это более 20% процентов от уже существующих мощностей [2].

Сегодня даже самые обеспеченные топливными ресурсами страны, такие как Россия, Норвегия, Украина, США, и другие, в силу различных причин заинтересованы в строительстве ГЭС. Например, в Новой Зеландии 75% всей производимой электроэнергии приходится ГЭС, в Норвегии – 99% [1].

Республика Беларусь также не отстаёт в данном вопросе. Государственная программа строительства в 2011–2015 годах гидроэлектростанций В декабре 2010 года, была принята программа строительства в 2011–2015 годах гидроэлектростанций (далее – Госпрограмма). Она была разработана на основании:

- Директивы Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 "Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства".
- Указа Президента Республики Беларусь от 17 сентября 2007 г. № 433-ДСП.
- Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 9 августа 2010 г. № 1180 "Об утверждении стратегии развития энергетического потенциала Республики Беларусь".

В Госпрограмме принята классификация ГЭС в зависимости от установленной мощности:

- крупные ГЭС - от 10 МВт и выше;
- малые ГЭС - от 1 до 10 МВт;
- мини-ГЭС - от 100 кВт до 1 МВт;
- микро-ГЭС - менее 100 кВт.

Опыт эксплуатации малых ГЭС, нашей восточной соседки, основан на работе более чем 300 малых гидроэлектростанций. Их суммарная выработка более 1 ГВт в год. Данная выработка, к 2020 году должна превысить 2,5 ГВт [6].

Сегодня гидроэнергетика является наиболее экономичным и экологически чистым видом добычи электроэнергии. Плюсами малых ГЭС является почти полное отсутствие нагрузки на эко систему, сохраняется исходный ландшафт, но самым главным является отсутствие вредных выбросов в окружающую среду. Так же существенными преимуществами гидроэнергетики по

отношению к обычным электростанциям на твёрдом, жидком или газообразном топливе можно отнести:

- низкая себестоимость электроэнергии;
 - малые эксплуатационные затраты;
 - невысокая по стоимости замена оборудования;
 - большой срок службы ГЭС (40–50 лет);
 - комбинированное использование ресурсов (электроэнергетика, водоснабжение, судоходство, мелиорация, охрана вод, рыбное хозяйство и т.д.).
- Основными недостатками малой гидроэнергетики являются:

- длительность сооружения малой ГЭС;
- большие капиталовложения на 1 кВт установленной мощности [5].

Двинский каскад ГЭС – частично введённый, частично строящийся гидроэнергетический комплекс. Первоначально проект включал в себя строительство 4 гидроэлектростанции на территории Республики Беларусь, по течению реки Западная Двина. Планировалось, что в каскад войдут следующие электростанции: уже действующие Витебская ГЭС и Полоцкая ГЭС, а также проектируемые Верхнедвинская ГЭС (работы приостановлены на стадии разработки проекта) и Бешенковичская ГЭС. Рассмотрим турбоагрегаты данных ГЭС

Витебская ГЭС – русловая низконапорная гидроэлектростанция. Включает в себя: бетонную водосбросную плотину, грунтовую насыпную плотину, здание ГЭС, однокамерный однопиточный судоходный шлюз, распределительное устройство.

Установленная мощность ГЭС – 40 МВт, среднегодовая выработка – 138 млн кВт·ч. В здании ГЭС установлены четыре горизонтальных капсульных гидроагрегата (диаметр рабочего колеса – 3,95 м) мощностью по 10 МВт [7].

Полоцкая ГЭС – плотинно-русловая низконапорная ГЭС. Включает в себя земляную плотину, бетонную водосбросную плотину с шестью сегментными затворами и здание ГЭС.

Максимальная мощность ГЭС – 21,66 МВт, среднегодовая выработка – 112 млн. кВт·ч. На гидроэлектростанции установлены пять горизонтальных поворотно-лопастных турбин чешской компании Mavel a.s. Остановимся на турбоагрегатах данной станции.

Чешской компанией, для установки на Полоцкой ГЭС были предложены установки, разработанные по технологии Kaplan [9].

Поворотно-лопастные турбины, турбины Каплана – это реактивные турбины, пригодны для использования на низконапорных равнинных реках с сильными колебаниями уровней и с высокими скоростями потока воды. Турбина Каплана представляет собой гидравлическую пропеллерную турбину с регулируемыми лопастями. Была изобретена в 1913 году австрийским профессором Виктором Капланом. Турбина Каплана была эволюцией турбины Фрэнсиса. Ее изобретение позволило эффективно производить энергию в условиях низкого напора воды, что было невозможно с турбинами Фрэнсиса.

Турбина состоит из:

- Рабочее колесо (от 3 до 6 лопастей);

- Распределитель с регулируемыми лопастями;
- Система регулировки и перемещения лопастей;
- Система регулировки и перемещения распределителя;
- Отсасывающая труба;
- Спиральный корпус (опционально) [8].

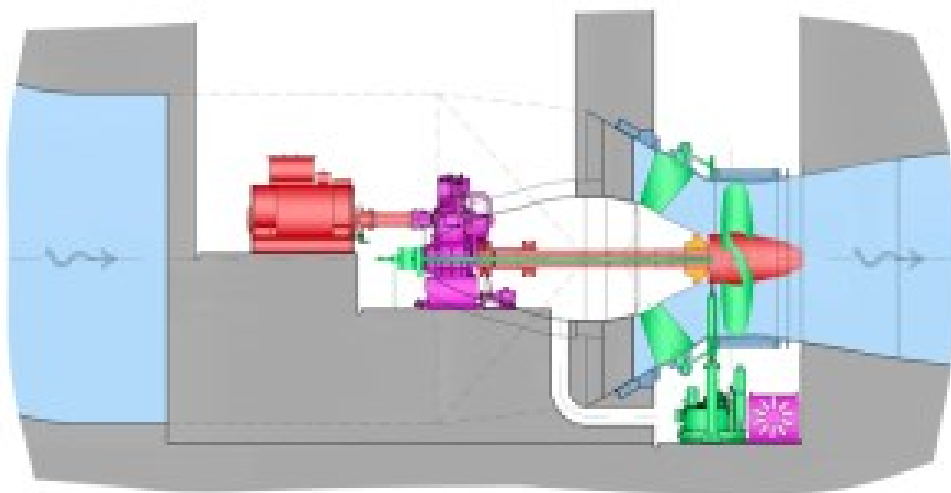


Рисунок 1. Продольный разрез турбоагрегата Полоцкой ГЭС

На Полоцкой ГЭС был установлен турбоагрегат KAPLAN PIT. Это горизонтальная модификация турбины Виктора Каплана. Данные турбины производятся со следующими характеристиками:

- Диаметр рабочего колеса от 1050 мм до 5500 мм;
- Количество лопастей колеса от 3 до 5;
- Диапазон головы от 1,5 до 12 метров (от 5 до 39,5 футов);
- Диапазон расхода от 15 до 150 м³/с (530 до 5340 куб. Футов);
- Выходная мощность от 400 кВт до 8 МВт;
- Ременная передача или параллельная коробка передач [9].

Учитывая параметры реки и проектируемую мощность станции рассчитаем следующие параметры:

КПД ГЭС можно определить из выражения:

$$\eta = \frac{P}{\eta_1 \cdot g \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot n}, \quad (1)$$

где P - электрическая мощность (21,66 МВт);

η_1 - эффективность генератора (0.7–0.8);

ρ - плотность жидкости (1000 кг/м³);

g - ускорение свободного падения (м²/с), (9.8);

H - напор (м), расстояние по вертикали между верхним и нижним уровнями жидкости;

n - количество турбоагрегатов (5 штук) [3];

Q - расход (152 м³/с) [4]

$$Q = A * v, \quad (2)$$

где A -поперечное сечение подводящей трубы (m^2);

v -скорость потока (m/c) [3].

Зная, что расчётный напор воды равен $H = 7,8$ м, рассчитанный по формуле:

$$H = H_{\text{полн}} - h_{\text{тр}} - h_{\text{доп}} (м), \quad (3)$$

где $h_{\text{тр}}$ -потери на трение в водоводе;

$h_{\text{доп}}$ -дополнительные или местные потери, связанные с засорением водозабора, бифуркацией на сужениях и расширениях, задвижках, клапанах и т.д. [3].

Определим КПД станции:

$$\eta = \frac{21,66 \cdot 10^6}{0,75 \cdot 9,8 \cdot 10^3 \cdot 152 \cdot 7,8 \cdot 5} = 0,4971.$$

Учитывая, то что на выработку электроэнергии не тратится дорогостоящее топливо, и почти отсутствует ущерб окружающей среде, КПД ГЭС равен почти 50% (к сравнению КПД Лукомольской ГРЭС 39–41%), можно сделать вывод об высокой эффективности, как данной ГЭС, так и всего Двинского каскада ГЭС.

Литература

1. Гидроэнергетика и окружающая среда / Ландау Ю.А. [и др.]. – Киев: Либра, 2014.
2. Малинин Н.К. Гидроэнергетика / Н.К. Малинин, Л.А. Кароль; под ред. В.И. Обрезкова. Энергоиздат. – Москва, 1981. – 608 с.
3. Малинин Н.К. Теоретические основы гидроэнергетики. – Издательство «Энергоатомиздат». – Москва, 1985. – 312 с.
4. Смирнов Ю.И. Популярная энциклопедия рек и озёр / Ю.И. Смирнов. ИД "МиМ"/ – Санкт- Петербург, 1998. – 315 с.
5. Энергетические установки и окружающая среда /В.А. Маляренко [и др.] / Под ред. В.А. Маляренко. – Харьков: ХГФГХ, 2002. – 397 с.
6. Dams and Development. A New Framework for Decision-Making. The report of world commission on dams. – London: Eart scan Publications Ltd, 2018.
7. Wu Wenhao. Progress with China's major program of hydro development // Hydropower and Dams. – 2017. – Issue Two.
8. World Hydropower Potential and Development // The International Journal on Hydropower and Dams. – 2008. World atlas and industry guide.
9. KAPLAN TURBINES//Marvel, a.s. – 2015. – Mode of access: <https://mavel.cz/turbines/kaplan/> – Date of access: 07.05.2019.