

УДК 621.3

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛЫХ ГЭС

Радкевич А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Петруша Ю.С.

### Введение

Гидроэлектростанции малой мощности обладают целым рядом преимуществ, которые делают это оборудование все более популярным. Прежде всего, стоит отметить экологическую безопасность мини ГЭС – критерий, который становится все более важным в свете проблем защиты окружающей среды. Малые гидроэлектростанции не возникает вредного влияния ни на свойства, ни на качество воды. Акватории, где устанавливается гидроэлектростанция малой мощности, можно использовать как для рыбохозяйственной деятельности, так и в качестве источника водоснабжения населенных пунктов. Кроме того, для работы малых ГЭС нет необходимости в наличии больших водоемов. Они могут функционировать, используя энергию течения небольших рек и даже ручьев.

Что касается экономической эффективности, то и здесь у микро и мини гидроэлектростанций есть немало преимуществ. Станции, разработанные с учетом современных технологий, отличаются простой в управлении, они полностью автоматизированы. Таким образом, оборудование не требуют присутствия человека. Специалисты отмечают, что и качество тока, вырабатываемого малыми ГЭС, соответствует требованиям ГОСТа как по напряжению, так и по частоте. При этом, мини ГЭС могут действовать как автономно, так и в составе электросети.

Говоря о малых гидроэлектростанциях, стоит отметить и такое их преимущество, как полный ресурс их работы, который составляет не менее 40 лет. Ну а главное - объекты малой энергетики не требуют организации больших водохранилищ с соответствующим затоплением территории и колоссальным материальным ущербом.

### 1. Общие сведения о гидроэлектростанциях

Целью данного исследования является проведение Технико-экономического обоснования для строительства малых ГЭС. Малые ГЭС представляют собой комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающих электроснабжение различных по своей структуре потребителей, в соответствии с их требованиями. Состав сооружений, их конструкция и компоновка, количество и тип основного и вспомогательного оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования гидроэнергетических ресурсов и обеспечения экологической безопасности функционирования объектов.

По своему назначению, режиму работы и расположению в общей схеме электроснабжения потребителей, малые ГЭС подразделяются на системные и автономные.

Вопрос использования малых ГЭС в энергосистеме имеет основное значение при обосновании экономической целесообразности строительства малых ГЭС. Эффективно использование малых ГЭС в местных энергосистемах, где они выполняют функцию суточного или недельного регулирования, а иногда используется для регулирования частоты тока в сети.

Автономные малые ГЭС используют гидроэнергоресурсы малых водотоков и строятся для электроснабжения потребителей, удаленных от энергосистемы. Для таких ГЭС определяющим являются их сравнительно низкая стоимость, высокая надежность и малые эксплуатационные затраты. Эффективность строительства автономных малых ГЭС определяется путем сравнения затрат на их создание с затратами на альтернативные варианты электроснабжения по длинным линиям электропередач или с использованием дизельных электростанций. Автономные малые ГЭС предназначены для работы на изолированного потребителя самостоятельно или параллельно с другими электрическими станциями малой мощности, такими как дизельные, ветровые, солнечные. В этом случае

создается автономный миниэнергокомплекс и эффективность работы малой ГЭС повышается [6].

Одним из основных признаков классификации гидроэлектростанций является установленная мощность ГЭС. Согласно этой классификации ГЭС делят на пять категорий:

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

Верхняя граница мощности малой ГЭС в разных странах оценивается по-разному. В разных странах верхняя граница мощности малых ГЭС колеблется от 1,5 до 30 МВт.

Кроме перечисленных ГЭС необходимо выделить еще одну категорию — мобильные ГЭС. Эта категория ГЭС включает в себя бесплотинные, рукавные, свободно-поточные, переносные и другие типы ГЭС компактного и блочного исполнения.

По напору ГЭС делятся на низко- (3-25 м.), средне- (25-60 м.) и высоконапорные (более 60 м.).

Строительство ГЭС малой мощности осуществляется по трем известным схемам, позволяющим создать сосредоточенный напор: плотинная, деривационная и комбинированная (плотиннодеривационная)

**Плотинная** схема создания напора - это наиболее распространенная схема использования гидроэнергетического потенциала малых водотоков. Особое влияние на тип и компоновку сооружений, образующих гидроузлы, играет величина напора и место расположения здания ГЭС. По этим признакам различают два основных варианта компоновки ГЭС: **русловые** и **приплотинные**.

При **деривационной** схеме высота плотины может быть небольшой, обеспечивающей лишь отвод воды из реки в деривацию. На ГЭС малой мощности с безнапорной деривацией вода транспортируется по безнапорному водопроводящему тракту, обычно по открытым каналам или лоткам. При пересеченном или горном рельефе местности, деривацию можно выполнить в виде туннеля, прорезывающего горный массив, или в виде трубопровода, уложенного по поверхности земли [6].

Малые ГЭС, по сравнению с крупными и средними, оказывают существенно меньшее влияние на окружающую природную среду, позволяют использовать унифицированные строительные конструкции, а также обеспечить полную автоматизацию процесса эксплуатации [3].

К общим достоинствам ГЭС можно отнести:

- постоянная естественная возобновляемость энергоресурсов
- низкая себестоимость электрической энергии;
- длительный срок службы, до 50 лет;
- меньшие эксплуатационные затраты;
- генераторы ГЭС можно достаточно быстро включать и выключать в зависимости от графика нагрузки;

- отсутствует загрязнение воздуха

В качестве недостатков малых ГЭС можно отметить такие, как:

- резкое сокращение водного стока в зимний период (вплоть до полного прекращения из-за промерзания реки);
- значительные удельные капитальные вложения;
- длительные сроки строительства;
- большие удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности [2];

Белорусские ГЭС низконапорные и имеют небольшую мощность, что определяется равнинным рельефом территории страны.

Потенциальная мощность всех водотоков страны оценивается (в месяцы максимального водотока во время весеннего половодья) в 850 МВт. Технически доступная

мощность при этом составляет 520 МВт, экономически целесообразная - 250 МВт. Это означает, что электрическая мощность с учетом КПД гидротурбин (80 %) и гидрогенераторов (90 %) следующая: технически доступная - 374 МВт, экономически целесообразная - 180 МВт. Это также означает, что возможная выработка электроэнергии при коэффициенте использования номинальной мощности гидрогенераторного оборудования 0,4 составит: технически доступная - 1,31 млрд кВт ч, экономически целесообразная - 0,63 млрд кВт ч (или 1,8-2,0 % общего электропотребления страны). Наибольший потенциал гидроэнергетики сосредоточен в Гродненской, Витебской и Могилевской областях на участках бассейнов Немана, Западной Двины и Днепра[1].

## 2.Методика технико-экономического расчета для оценки эффективности малых ГЭС.

Далее в данной работе мы проанализируем, целесообразно ли строительство малой ГЭС, сравнивая с альтернативным вариантом- строительством ТЭС.

Основным методом оценки экономической эффективности сооружения малых ГЭС, как и обычных гидроэнергетических объектов, является метод сравнительной эффективности.

По этому методу сопоставляются затраты, связанные с сооружением и последующей эксплуатацией рассматриваемого энергетического объекта, с аналогичными затратами по альтернативному проекту, обеспечивающему одинаковый энергетический эффект. Обобщающей экономической характеристикой и варианта строительства МГЭС, и альтернативного решения в соответствии с типовой методикой эффективности капитальных вложений являются приведенные затраты.

Приведенные затраты для теплоэлектростанции можно определить, как:

$$Z_1 = E_n K_1 + I_1 + C_1 B_1, \text{руб/год} . \quad (1)$$

где  $K_1$  - единовременные капитальные вложения, руб.;  $I_1$  - годовые эксплуатационные издержки, руб./год;  $E_n$  - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, 1/год;  $C_1$  - стоимость используемого топлива, руб./т;  $B_1$  - годовой расход топлива, т/год.

Годовой расход топлива можно определить через количество вырабатываемой электроэнергии ( $W_1$ , кВт·ч) и удельного расхода топлива на один киловатт-час ( $b$ , т/кВт·ч). После преобразования выражение (4.24) можно записать в виде

$$Z_1 = E_n K_1 + I_1 + C_1 \beta W_1, \text{руб/год} . \quad (2)$$

При строительстве в рассматриваемом районе МГЭС потребитель часть электроэнергии ( $W_2$ ) будет получать от неё, недостающее количество ( $W_1 - W_2$ ) - от ТЭС. Приведенные затраты  $Z_2$  в этом случае

$$Z_2 = E_n K_1 + I_1 + C_1 \beta (W_1 - W_2) + E_n K_2 + I_2, \text{руб/год} . \quad (3)$$

где  $K_2$  и  $I_2$  - капитальные затраты (руб.) и суммарные годовые издержки (руб./год) на МГЭС.

Электроснабжение потребителя от МГЭС целесообразно при выполнении условия

$$Z_1 = Z_2 \quad (4)$$

Суммарные годовые издержки  $I_2$  на МГЭС можно определить, как

$$I_2 = \sum_{i=1}^n E_i K_2, \text{руб/год} . \quad (5)$$

где  $E_i$  - нормы отчисления на амортизацию, текущий ремонт и т.п.

Для гидроэнергетических объектов нормативный коэффициент эффективности  $E_n$  принимается равным 0,12. При большом влиянии объектов на развитие экономики района коэффициент может быть снижен до 0,08. Сумма ежегодных отчислений для МГЭС по принятым в настоящее время нормам составляет 2...6% от капитальных затрат.

### Технико-экономический расчет

Определим экономическую эффективность строительства малой ГЭС при водохранилище неэнергетического назначения. Построенная малая ГЭС будет работать в составе энергосистемы. В качестве альтернативы сооружения малой ГЭС будем

рассматривать строительство тепловой электростанции (ТЭС) с удельными капиталовложениями 2310 руб./кВт. В расчете принята стоимость угля для  $C_1 = 384.5$  рублей за тонну условного топлива,  $\beta = 335$  г у.т./кВт. Затраты в заменяемом варианте определены по вытесняемой мощности и выработке энергии ТЭС. Удельные капитальные затраты для малых ГЭС по данным [5], могут составлять: 1150-3450 \$ / кВт

Результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет эффективности строительства МГЭС

Показатели	ГЭС	ТЭС
Установленная мощность, МВт	1,3	1,4
Годовая выработка электроэнергии, млн кВт·ч	10,4	11,2
Капиталовложения, тыс.руб.	4251	3234
Ежегодные издержки, тыс.руб. в том числе на топливо	183,3	1767,6
Приведенные затраты, тыс.руб./год: для ГЭС (0.12К+И) для ТЭС (0.12К+И+СВ)	693,42	2155,08

Годовая выработка рассчитывалась на 8000 ч работы МГЭС в год. За год на ТЭС расходуется 3752 т у.т..

Капиталовложения сооружения ГЭС рассчитывались с учетом того, что стоимость оборудования составляет около 55% в структуре затрат при сооружении МГЭС при готовом напорном фронте (табл. 2).

Таблица 2 – Удельные экономические показатели

Наименование	ГЭС	ТЭС
Удельные капиталовложения, тыс.руб./кВт	3,27	2,31
Стоимость, руб./ кВт·ч.	0,067	0,192
Себестоимость, руб./ кВт·ч	0,017	0,157

Где

$$C = \frac{3}{W} - \text{стоимость электорэнергии;}$$

$$C_e = \frac{I}{W} - \text{себестоимость электроэнергии}$$

Экономия топлива от строительства малой ГЭС:

$$\Delta B^{ГЭС} = W_{\text{отн}} \cdot \beta = 10,4 \cdot 10^6 \cdot 335 \cdot 10^{-6} = 3484 \text{ т.у.т.}$$

Годовой экономический эффект от строительства МГЭС

$$(C_{e_{ТЭС}} - C_{e_{ГЭС}}) \cdot W_{ТЭС} = (0,157 - 0,017) \cdot 11,2 = 1,568 \text{ млн. руб.}$$

Срок окупаемости капиталовложений в ГЭС

$$C_p = \frac{K_{ГЭС}}{W_{\text{отн}} \cdot \beta \cdot 10^{-6} \cdot C} = \frac{4251 \cdot 10^3}{10,4 \cdot 10^6 \cdot 335 \cdot 10^{-6} \cdot 384,5} = 3,17 \text{ года.}$$

### Заключение

Как видно из приведенного расчета, сооружение гидроэлектростанции мощностью 1,3 МВт представляется вполне эффективным мероприятием. Немаловажно, что на ГЭС более низкие, чем на ТЭС приведенные затраты, а, следовательно, и более низкая стоимость электроэнергии.

К преимуществам ГЭС можно отнести: отсутствие загрязнения воздуха, постоянную естественную возобновляемость энергоресурсов, низкую себестоимость электрической энергии, длительный срок службы, небольшие эксплуатационные затраты, маневренность генераторов ГЭС.

В качестве недостатков малых ГЭС можно отметить такие, как: резкое сокращение водного стока в зимний период (вплоть до полного прекращения из-за промерзания реки), значительные удельные капитальные вложения, длительные сроки строительства, большие удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности.

Также в заключение, можно сказать, что современная гидроэнергетика, особенно при использовании энергии небольших водотоков, является не только одним из наиболее экономичных, но и еще и экологически чистых способов получения электроэнергии. В связи с этим государственная программа строительства гидроэлектростанций стимулирует интерес компаний с иностранным капиталом к возведению ГЭС на территории Беларуси.

#### Литература

1. Государственная программа строительства в 2011 - 2015 годах гидроэлектростанций в республике беларусь, 2010. – 15 с.
2. Энергоэффективность и энергетический менеджмент : учеб-но-методическое пособие / Т. Х. Гулбрандсен, Л. П. Падалко, В. Л. Червинский. – Минск : БГАТУ, 2010. – 240 с.
3. Гительман Л.Д. и Ратников Б.Е. (Эффективная энергокомпания, Москва, ЗАО «Олимпия-Бизнес», 2002 г.)
4. Использование возобновляемой энергии / Елистратов В. В., Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2008