

Список літератури

1. Белкин Г.С. Влияние теплофизических свойств материала контактов на величину электрической эрозии / Г.С.Белкин. // Электричество. – 1970. – №2. – С.2.
2. Белкин Г.С. Исследование особенностей электрической эрозии металлокерамических материалов / Г.С.Белкин, М.Е.Данилов. // Электричество. – 1972. – №8. – С.45–48.
3. Жаворонков М.А. О влиянии скорости размыкания на дуговую эрозию контактов / М.А. Жаворонков. – К.: Изд-во АН УССР, 1972. – 258 с.
4. Кузнецов Р.С. Износ контактов разнородных материалов / Р.С. Кузнецов. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1986. – 544 с.
5. Омельченко В.Т. Мостиковая эрозия электрических контактов / В.Т. Омельченко. // Вестник ХПИ – 1967. – №19 (67). – С. 8–9.

Рассмотрена степень влияния совокупности факторов(ток, время возгорания дуги, зазор, полярность электродов) на электроэрозионную стойкость и переходное сопротивление коммутационных аппаратов в процессе их эксплуатации.

Исследовано влияние межконтактного промежутка, силы тока отключения и материала электродов на величину электрической эрозии контактов.

Электрическая эрозия, межконтактный промежуток, электроды, разрывные контакты, энергия, катод, анод, коммутирующий ток, перегрев.

The degree of influence of totality of factors (current, time of ignition of arc, gap, polarity of electrodes) is considered on electro-erosive firmness and transitional resistance of interconnect vehicles in the process of their exploitation.

Influence of inter pin interval, strength of current of disconnecting and material of electrodes are investigational on the size of electric erosion of contacts.

Electric erosion, between a pin interval, electrodes, bursting contacts, energy, cathode, anode, current, overheated.

УДК 621.311.21

ЭКОНОМИКА СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

***Н.А. Палишкин, кандидат технических наук
И.А. Мищенко, кандидат экономических наук***

Выполнен сравнительный анализ экономических показателей малых гидроэлектростанций разных типов. Показано, что использование типовых проектов и серийного гидроэнергетического оборудования позволяет на треть сократить затраты на строительство малых гидроэлектростанций.

Удельные затраты, эффективность, гидроэлектростанция, турбина, плотина, мощность.

Экономические показатели малых гидроэлектростанций (МГЭС) зависят от вида гидроузла – возводится ли новый гидроузел или модернизируется и реконструируется существующий. Большое влияние на экономические показатели МГЭС оказывает уровень стандартизации существующего гидроэнергетического оборудования – индивидуальное или серийное. В ряде случаев в качестве турбин могут использоваться насосы, выпускаемые серийно для других целей. Определенное влияние на экономические показатели МГЭС может оказать типизация проектных решений, автоматизация разработки проектной документации

Цель исследований – выявление факторов, влияющих на экономическую эффективность строительства и реконструкцию малых гидроэлектростанций.

Материалы и методика исследований. Использовались общие и специальные методы научного познания: сравнительного анализа, систематизации и обобщения.

Результаты исследований. По данным ряда зарубежных фирм (например, фирмы «Allis-Chalmers») удельные затраты для вновь сооружаемых гидроэлектростанций (ГЭС) мощностью до 10 МВт составляют 1100...1400 \$/кВт, а для ГЭС мощностью до 1 МВт – 6800...8700 \$/кВт. Для ГЭС, вводимых в составе эксплуатируемых гидроузлов, удельные затраты составляют 500...2000 \$/кВт.

В Швейцарии удельные затраты на строительство МГЭС составляют 1800...2300 \$/кВт, в Англии – до 2500 \$/кВт, в Японии – 2300...3000 \$/кВт. В США удельные показатели тепловых электрических станций (ТЭС) на органическом топливе – 1500 \$/кВт, АЭС – 2000 \$/кВт, крупных ГЭС – 1750 \$/кВт [6]. При этом стоимость 1 кВт·ч производимой электроэнергии составляет: на ГЭС мощностью до 10 МВт – 0,018...0,024 \$. Из сказанного следует, что стоимость произведённой электроэнергии на МГЭС сопоставима, а часто, и ниже стоимости электроэнергии, вырабатываемой на ТЭС.

Удельные затраты на МГЭС в Украине в 80-х годах прошлого века изменялись в зависимости от мощности – 200...1300 руб/кВт. В большинстве случаев эта величина не превышала 600...700 руб/кВт и только при особо сложных условиях строительства удельные капиталовложения превышали 1000 руб/кВт [3].

С уменьшением мощности МГЭС увеличиваются удельные капиталовложения, причём, особенно значительно при мощности гидроэлектростанции меньше 100 кВт (например, при мощности гидроэлектростанции 23... 100 кВт удельные затраты составляли 1000...3610 руб/кВт) [3].

Наиболее дорогостоящими являются русловые ГЭС. Их стоимость на 5...10 % больше приплотинных ГЭС. Наименьшие капиталовложения требуются при сооружении деривационных ГЭС, стоимость которых в среднем на 10 % ниже приплотинных.

Себестоимость электроэнергии изменялась от 0,2 до 2,6 коп/(кВт·ч). Наименьшую себестоимость имели гидроэлектростанции, мощность которых больше 1000 кВт. На действующих в настоящее время двух ГЭС мощностью 175 и 327 кВт себестоимость электроэнергии составила 1,56 коп/(кВт·ч). Для малых гидростанций характерна иная, чем для крупных ГЭС, структура затрат на строительство.

Так, затраты на технологическое оборудование малых ГЭС сопоставимы со стоимостью строительно-монтажных, а, иногда, и превышают её. Это видно из сопоставления структуры затрат на крупных и малых ГЭС по данным Международной электротехнической комиссии [2] (табл. 1).

1. Структура затрат на крупных и малых ГЭС

Мощность/напор ГЭС	Структура затрат, %		
	Строительно-монтажные работы	Оборудование	Проектирование
625 МВт/16 м	80	15	5
1,5 МВт/14 м	30–35	50–60	10–15

В случае сооружения малой ГЭС в составе готового напорного фронта и при строительстве в новом створе капиталовложения распределяются следующим образом (табл. 2).

2. Структура затрат на МГЭС при реконструкции и при новом строительстве

Гидро-узел	Структура затрат, %					
	Строительные работы	Основное гидроэнергетическое оборудование	Проектно-изыскательские работы	Непредвиденные расходы	Вспомогательное оборудование	Прочее оборудование
МГЭС в составе готового напорного фронта	15	39	20	10	11	5
МГЭС в новом створе	45	18	20	10	4	3

Структура затрат, определённая по 25 построенным в КНР малым ГЭС мощностью 150...2500 кВт (Н=4,2...612 м) выглядит так: строительные работы – 42...65 %, оборудование – 31...48 %, строительство линий электропередачи – 4...14 %.

Структура затрат на сооружение МГЭС в Финляндии, полученная на основе анализа проектных проработок 50 гидростанций, приведена в табл. 3.

В Украине затраты на малые ГЭС распределялись так: гидротехнические сооружения – 48,7 %, здания ГЭС, водозабор – 24,7 %, гидромеханическое и электрическое оборудование – 22,6 % [5].

3. Структура затрат на сооружение МГЭС в Финляндии

Мощность МГЭС, МВт	Структура затрат, %				
	Здание ГЭС	Плотина и водоводы	Механическое оборудование	Электрическое оборудование	Прочие расходы
5	19	21	29	17	14
5...10	25	22	19	17	17
Более 10	21	18	18	15	28

Технико-экономические показатели малых ГЭС улучшаются при комплексном использовании гидроузла ГЭС. По расчётам американской фирмы «Allis-Chalmers» при наличии готового напорного фронта удельные капиталовложения в ГЭС снижаются на 30...50 %. Способствует снижению затрат на малые ГЭС применение стандартных и типичных решений. Эффект от внедрения стандартизированного оборудования может составить от 10...50 % общих затрат на оборудование.

Важным фактором повышения эффективности проектирования и строительства малых ГЭС является сокращение сроков их исполнения. Благодаря широкому использованию типовых и унифицированных проектов многие иностранные фирмы обеспечивают ввод ГЭС в эксплуатацию через 12...15 мес. после получения заказа [2].

Как показывает опыт строительства малых ГЭС на Украине, проектный срок строительства в зависимости от местных условий составлял 1...2 года. Однако, в большинстве случаев, эти сроки растягивались на 3...8 лет. Кроме сокращения сроков строительства, применение типовых проектов позволяет уменьшить стоимость проекта малой ГЭС. Поэтому унификация проектных решений малых ГЭС является актуальной задачей.

В табл. 4 приведена структура затрат на МГЭС (N=500 кВт, H=18 м; готовый напорный фронт) в зависимости от вида проектирования [3].

4. Структура затрат на МГЭС по индивидуальному и типовому проектам (по данным фирмы «Allis-Chalmers»)

Статья расхода	Стоимость*	
	Индивидуальный проект	Типовой проект
Турбина	150/30	140/37
Проектирование	130/26	40/11
Мультипликатор	45/9	40/11
Затвор на входе	40/8	35/9
Гидротехнические сооружения	35/7	25/8
Прочие сооружения	100/20	95/25
Всего	500/100	375/100

* В числителе стоимость в тыс. \$, в знаменателе – в %.

Многие зарубежные фирмы считают, что использование унифицированных (типовых) проектов возможно только для малых ГЭС мощностью до 5 МВт. Строительство малых ГЭС большей мощности следует вести по индивидуальным проектам.

По данным американских специалистов стоимость строительства малых ГЭС со стандартным оборудованием увеличивается с уменьшением напора и увеличением мощности ГЭС. Этот же вывод подтверждают и данные о стоимости строительства малых ГЭС в Норвегии.

С целью снижения стоимости строительства малых ГЭС стремятся к уменьшению затрат на проектирование, строительство и эксплуатацию. Для этого зарубежные фирмы на стадии проектирования малых ГЭС широко используют типовые компоновочные решения, унифицированное энергетическое и гидромеханическое оборудование, стандартные, серийно выпускаемые промышленностью, детали и изделия.

Расчёты конструктивных размеров сооружений осуществляются с применением упрощённых методов, что позволяет при незначительном увеличении строительных объёмов существенно снизить стоимость проектно-изыскательских работ. Для снижения расходов дорогостоящих материалов (металла, цемента) предпочтение отдаётся сооружениям из грунта, камня, дерева, полимерных материалов.

При разработке проекта организации строительных работ стараются уменьшить необходимость возведения перемычек и применения сложных схем перекрытия русел рек. Строительство ведётся, как правило, «с колёс», без использования специальных производственных предприятий и баз, с применением серийных строительных машин и механизмов. Малые ГЭС проектируют полностью автоматизированными с дистанционным управлением всеми технологическими процессами, при этом количество технологических операций стараются свести к минимуму.

В конструкциях сооружений необходимо предусматривать возможность быстрой замены элементов гидромеханического и вспомогательного оборудования для их ремонта на специализированных предприятиях. Ремонт основного гидромеханического и энергетического оборудования (гидротурбин и генераторов) также производится путём замены отдельных блоков и узлов.

Турбинные гидроагрегаты для малых ГЭС производят многие фирмы США, Японии, Швеции, Австрии, Швейцарии, Франции, Финляндии, Англии и других стран [1,3,6]. Стандартизованное оборудование для малых ГЭС выпускается с широким диапазоном параметров: напоры – 1...1000 м, расходы до 75 м³/с, мощность – 2...15000 кВт, диаметры рабочего колеса турбин – 190...3000 мм. Синхронные и асинхронные генераторы производят на напряжение 380...6300 В при частоте 50 и 60 Гц. Например, в США основным производителем для малых ГЭС является фирма «Allis-Chalmers», выпускающая стандартизованные гидроагрегаты, среди которых 12 моделей мощностью 25...1000 кВт на напоры до 30 м. В номенклатуру фирмы «Эксел Джонсон Инжиниринг» (Великобритания) входят агрегаты мощностью 100...1000 кВт с радиально-осевыми, пропеллерными и ковшовыми турбинами. Оборудование, включая затворы, регуляторы, мультипликаторы, панели управления и др. поставляется как в комплекте, так и отдельными узлами.

Австрийская фирма «Фест-Альпин» производит гидроагрегаты мощностью 10...5000 кВт с горизонтальным и вертикальным валом. Фирма «Кесслер» (Германия) выпускает стандартизованное оборудование широкой номенклатуры, где представлены так называемые «трубные турбины» с горизонтальным, наклонным и вертикальным валом. Они изготавливаются в шести вариантах, 15 типоразмеров ($D_1=500\ldots3000$ мм. для напоров 1...30 м с расходом 1...75 м³/с и мощностью 50...5000 кВт). Ковшовые турбины мощностью 10...15000 кВт выпускаются на напоры 20...1000 м.

В Российской Федерации Сызранским Турбостроительным заводом при участии НПО УКТИ и ПО «Санкт-Петербургский металлический завод» разработаны эскизные проекты основных типов параметрического ряда унифицированных гидротурбин для малых ГЭС. Эти турбины по условиям работы разделены на пять групп и рассчитаны на расходы 1...30 м³/с, напор 5...150 м и мощность – 160...7000 кВт. Этот ряд включает пропеллерные, радиально-осевые турбины в горизонтальном и вертикальном исполнении. В проектах турбин предусмотрена максимальная унификация и типизация узлов и деталей, блочная и комплексная поставка с максимальной заводской готовностью. Разработан проект управления ГЭС с использованием микропроцессорной техники.

В настоящее время в Российской Федерации фирмы МАГИ, ИНСЕТ, РАНД наладили производство турбин для малых ГЭС с напорами 4...20 м и 40...180 м. Отличительной особенностью предлагаемых агрегатов является использование классической схемы гидротурбин с регулируемым направляющим аппаратом. Применение в них электромеханического привода с микропроцессорной системой управления и диагностики. Вместо гидромеханических регуляторов используются электронные средства управления, что повышает надёжность работы агрегата в автоматическом режиме.

Расчёты, выполненные институтом «Гидропроект» [4], показывают, что значения предельно допустимых капиталовложений в малые ГЭС сильно колеблются в зависимости от района из расположения, капиталовложений в заменяемую ТЭС, стоимости топлива и продолжительности использования установленной мощности. Для районов, находящихся в зоне влияния энергетических систем, диапазон значений предельно допустимых удельных капиталовложений в малые ГЭС составляют 795...1040 руб/кВт в случае 50 % вытеснения мощности и 260...500 руб/кВт при отсутствии вытеснения мощности. Указанные величины допустимых удельных капиталовложений показывают, что сооружение малых ГЭС будет достаточно эффективным в изолированных районах.

Можно отметить, что в ряде случаев малая ГЭС не может рассматриваться в качестве вытесняющей, а может рассматриваться как дублирующая. Экономическая эффективность таких ГЭС определяется экономией топлива.

Выводы

Для оценки экономической целесообразности использования энергии малых и средних рек в Украине следует проанализировать материалы по действующим и законсервированным малым ГЭС. Необходимо комплексное технико-экономическое обоснование строительства новых и реконструкции, восстановления, заброшенных МГЭС.

Список литературы

1. Карелин В.Я. Сооружения и оборудование малых ГЭС / В.Я. Карелин, В.В. Волшаник. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 186 с.
2. Малинин Н.К. Экономика малой гидроэнергетики за рубежом / Н.К. Малинин, М.Г. Тягунов // Гидротехническое строительство. – 1983. – №12. – С. 34–37.
3. Малинин Н.К. Малая гидроэнергетика за рубежом / Н.К. Малинин, М.Г. Тягунов // Гидротехническое строительство. – 1983. – №6. – С. 49–52.
4. Михайлов Л.П. Малая гидроэнергетика и перспективы её развития / Л.П. Михайлов, А.Ш. Резниковский, Б.Н. Фельдман // Гидротехническое строительство. – 1983. – №8. – С. 5–7.
5. Подгорінов А.Л. Гідроенергетичне використання малих річок / А.Л. Подгорінов, Л.С. Хилобоченко. – К.: Вид-во АН УРСР, 1959. – 195 с.
6. Фельдман Б.Н. Состояние и тенденции развития малой гидроэнергетики / Б.Н. Фельдман, Т.К. Марканова, М.И. Серёгина // Энергет. стр-во за рубежом. – 1987. – №3. – С. 14–17.

Виконано порівняльний аналіз економічних показників малих гідроелектростанцій різних типів. Показано, що використання типових проектів і серійного гідроенергетичного обладнання дозволяє на третину скоротити витрати на будівництво малих гідроелектростанцій.

Питомі витрати, ефективність, гідроелектростанція, турбіна, гребля, потужність

A comparative analysis of the economic performance of small hydroelectric power plants of various types. It is shown that the use of standard designs and series of hydropower equipment allows to reduce by one third the cost of construction of small hydro power plants.

The unit costs, efficiency, hydro power plant, turbine, dam, power.