

УДК 620

Х.М.АХМЕДОВ*, Х.С.КАРИМОВ*, Г.Н.ПЕТРОВ

**МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНИ- И МИКРО ГЭС В ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ТАДЖИКИСТАНА**

*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии
АН Республики Таджикистан,*

**Центр исследования и использования возобновляемых источников энергии при
Физико-техническом институте им. С.Умарова АН Республики Таджикистан*

Поступила в редакцию 20.01.2010 г.

В работе приводятся сведения о гидроэнергетическом потенциале малой гидроэнергетики Таджикистана и возможности использования мини- и микро ГЭС в горных территориях. Отмечено, что микро ГЭС мощностью от 1.0 до 10 кВт и мини ГЭС от 10 до 500 кВт позволят активизировать использование значительных природных ресурсов гор, улучшить условия жизни местного населения, расширить и полнее использовать рекреационный потенциал горных территорий.

Ключевые слова: гидроэнергетический потенциал – малая гидроэнергетика – мини ГЭС – микро ГЭС – возобновляемые источники энергии – установленная мощность ГЭС – потребляемая мощность – киловатт.

В Таджикистане, где 93% территории составляют горы, около 10% населения или более 750 тыс. человек проживает вне централизованной системы энергоснабжения. Кроме того, имеются территориально разобщенные, мобильные и имеющие небольшой объем электропотребления сельскохозяйственные и другие объекты, расположенные в труднодоступной местности, с плотностью электрической нагрузки до 0.3-50 кВт на км². Подведение электричества к этим объектам путем строительства линий электропередач (ЛЭП) - 10.6 и 0.4 кВ с учетом постоянно растущих цен на строительные материалы экономически невыгодно по сравнению со строительством маломощных ГЭС с использованием потенциала возобновляемых источников энергии (ВИЭ) горных рек и ручьев. Например, при нынешних ценах строительство 1 км воздушной ЭП - 10/0.4 кВ в горах обходится в среднем 150 тыс. сомони. При средней длине ЛЭП в 7 км это составит 1 млн. со-

Адрес для корреспонденции: Ахмедов Хаким Мунавварович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299, Физико-технический институт АН РТ. E-mail: khakim48@mail.ru.

мони, в то время как стоимость рукавных ГЭС мощностью 5 кВт составляет примерно - 11.0 тыс. сомони, а мощностью 10 кВт - 20 тыс. сомони.

В горных территориях Таджикистана имеется большой потенциал ВИЭ, в частности энергия водных потоков, солнца, ветра, геотермальных вод. Среди возобновляемых энергоресурсов для Таджикистана наиболее доступным и дешевым источником электроэнергии является гидроэнергетический потенциал.

В статье приводятся сведения о гидроэнергетическом потенциале малой гидроэнергетики Таджикистана и возможности использования мини- и микро ГЭС в горных территориях.

Гидроэнергетический потенциал малой гидроэнергетики в Таджикистане равен 184.46 млрд. кВт.ч, в том числе в Сугдской группе районов – 11.28 млрд. кВт.ч, в районах республиканского подчинения – 140 млрд. кВт.ч и Горно-Бадахшанской автономной области – 32.53 млрд. кВт.ч. [1]. Эффективное использование этого потенциала путем строительства малых гидроэлектростанций (МГЭС) позволит реально повысить электроснабжение и уровень жизни населения, улучшить охрану окружающей среды, уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду, обеспечить развитие экономики и, в первую очередь, малого предпринимательства в этих районах.

Нетрадиционным способом освоения гидроэнергетического потенциала является строительство мини- и микро ГЭС на реках и ручьях. Мощность таких ГЭС может колебаться от 100 Ватт до 500 кВт. Для Таджикистана, с учетом местных особенностей, представляется целесообразным принять следующую классификацию малых ГЭС по их установленной мощности [1]:

- Микро ГЭС - $N \leq 10$ кВт
- Мини ГЭС - $N = 10 \div 500$ кВт
- Малые ГЭС - $N = 500 \text{ кВт} \div 10 \text{ МВт}$

Было бы целесообразным отнести микро ГЭС этой мощности к товарам народного потребления, электроприборам, а для мини ГЭС установить упрощенный порядок проектирования, экспертизы и лицензирования деятельности.

По конструкции и характеру исполнения малые ГЭС подразделяются на:

- плотинные и бесплотинные деривационные,
- рукавные,
- гилянские,
- переносные (мобильные).

По напору малые ГЭС делятся на низко-, средне- и высоконапорные. Можно принять следующую классификацию малых ГЭС по напору (Н):

- низконапорные – $H < 20$ м,
- средненапорные – $H = 20 \div 100$ м,
- высоконапорные – $H > 100$ м.

Граничные значения напоров для каждой из этих категорий определяются машиностроительными фирмами в разных странах, основываясь на своих разработках гидротурбинного оборудования.

По условиям эксплуатации малые ГЭС подразделяются на:

- сетевые ГЭС, работающие параллельно с сетью;
- автономные ГЭС, работающие на отдельного индивидуального потребителя.

В отдельных горных территориях Таджикистана основными потребителями электроэнергии являются небольшие кишлаки, турбазы и базы отдыха, объекты отгонного животноводства. Сюда же можно отнести небольшие пункты приема и первичной переработки сельскохозяйственной продукции и предприятия по переработке и освоению природных ресурсов и сырья (заготовка и переработка строительных материалов, разлив воды, консервирование и т.д.).

В Таджикистане 96% от общего количества рек составляют реки протяженностью меньше 10 км, 0.5% - протяженностью от 25 до 50 км, 0.1% - от 50 до 200 км и основной потенциал малой гидроэнергетики сосредоточен на этих группах рек [2]. В Таджикистане 95% электроэнергии вырабатывается на гидроэлектростанциях.

Доля возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе страны составляет всего 0.17% [3].

Значительная нехватка электроэнергии в осенне-зимний период, высокая стоимость импортируемой электроэнергии и трудности её транзита в республику, а также наличие огромного потенциала собственных гидроресурсов в отдаленных и горных территориях Таджикистана делает применение ВИЭ весьма актуальной задачей. При этом с учетом небольшого объема потребления электроэнергии, огромного количества индивидуальных и фермерских хозяйств и подворий, наличия в районах и сельской местности низковольтной электрической сети, уровня жизни, образования и технического знания, материального положения и доходов населения, проживающего в сельской местности и горных территориях, наиболее доступным и дешевым источником получения электроэнергии является строительство мини- и микро ГЭС на реках и ручьях, которых в Таджикистане огромное количество [2].

В соответствии с «Долгосрочной программой строительства малых электростанций на период 2007-2020 гг.», утвержденной Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 2 февраля 2009 г., №73 в стране запланировано строительство 70 малых ГЭС с установленной мощностью 79.6 МВт и потенциальной энергией 480 тыс. МВт. ч в год, среди которых – 24 или 35% по мощности можно классифицировать как мини ГЭС (с установленной мощностью 30÷500 кВт).

Строительство микро ГЭС мощностью от 0.5 до 10 кВт и мини ГЭС от 10 до 500 кВт позволит активизировать использование значительных природных ресурсов гор, улучшить условия жизни местного населения, увеличить производство сельскохозяйственной продукции и её переработку, расширить и полнее использовать рекреационный

потенциал горных территорий, повысить квалификацию местных кадров, подготовить специалистов – строителей и эксплуатационников оборудования и электрических сетей.

Сегодня основными приоритетами в республике становится развитие рыночных отношений, повышение уровня трудовой занятости населения, равномерное экономическое развитие всех территорий, в том числе горных, отдельных и труднодоступных. Такие цели проще всего достигаются за счет строительства малых ГЭС. МГЭС не требуют крупных капиталовложений, могут возводиться практически в течение одного сезона, относительно просты в эксплуатации и могут обеспечить быстрый возврат инвестиций.

Важно отметить, что при строительстве малых ГЭС автоматически решается очень сложный для большой энергетики вопрос транспортной инфраструктуры для передачи электроэнергии, так как МГЭС строится в непосредственной близости к потребителям.

Первые исследования уровня потребления электроэнергии сельским населением были проведены в Таджикистане в середине 70-х годов прошлого века [4]. Эти исследования показали, что даже в то время, при очень низких ценах на газ, электрообеспечение бытовых потребностей сельского населения, как минимум на 30%, более эффективно по сравнению с обеспечением сжиженным баллонным газом. Было также установлено, что наиболее устойчивые связи в потреблении электроэнергии сельским населением имеют место при расчетах на одно хозяйство, а не на одного жителя.

Все исследования 1974 г. проводились в условиях, когда отсутствовали какие-либо ограничения на электропотребление. При этом в отдельных районах электропотребление семей изменялось в очень широких пределах - от 50 до 2450 кВт.ч в год при изменении мощности потребления от 0.12 до 5.8 кВт. В то же время среднее потребление отдельными хозяйствами довольно устойчиво и с доверительной вероятностью 0.95 было равно [1]:

- для хозяйств, использующих электроэнергию и твердое топливо:

$$\mathcal{E} = 550 \pm 10 \text{ кВт.ч в год,}$$

$$N = 0.827 \div 0.23 \text{ кВт,}$$

где $\mathcal{E}$ – электропотребление, N – потребляемая мощность;

- для хозяйств, использующих только электроэнергию:

$$\mathcal{E} = 1365 \pm 84 \text{ кВт.ч в год,}$$

$$N = 2.36 \pm 0,167 \text{ кВт.}$$

Несколько большее электропотребление было принято в разработанном в 2006 г. проекте ПРООН «Развитие электроснабжения сообществ в сельской местности Таджикистана» [1]. Для электроснабжения кишлаков в сельских местностях был определен средний уровень потребности в электроэнергии населения, включающий в расчет (на одно хозяйство):

- приготовление пищи – 1.6 кВт. час/сут.,
- освещение жилища – 0.5 кВт. час/сут.,

- обогрев жилища – 2.0 кВт. час/сут.,
- телевидение – 0.3 кВт. час/сут.,
- холодильник – 1.1 кВт. час/сут.,
- прочее – 0.2 кВт. час/сут.

Всего: 5.7 кВт. час/сутки или $5.7 \times 365 = 2000$ кВт. час/год.

С учетом этого анализа можно принять, что в современных условиях удельное электропотребление одного хозяйства в сельской местности и горных территориях, обеспечивающее выполнение первоочередных целей снижения бедности и устойчивого развития, составляет:

$$\Xi = 1500 \div 2000 \text{ кВт.ч в год.}$$

Имеющиеся промышленные ресурсы, не говоря уже о потенциальных, могут обеспечить такие потребности для $30 \div 40$ млн. хозяйств по выработке электроэнергии. При среднем составе сельской семьи $6 \div 7$ человек, это в несколько раз больше, чем требуется всему населению Таджикистана.

Только реализация утвержденной Правительством Республики Таджикистан «Долгосрочной программы строительства малых ГЭС на период 2007-2020 годы» может обеспечить энергоснабжение населения, проживающего в сельских районах и горных территориях, на:

- краткосрочный период – для 30 тыс. семей;
- среднесрочный период – для 50 тыс. семей;
- долгосрочный период – для более 160 тыс. семей,

то есть всего для более 240 тысяч семей (хозяйств) или для 1.4 - 1.7 млн. жителей Таджикистана, проживающих в сельской местности и горных территориях [1].

Такие большие возможности малой гидроэнергетики говорят о том, что в дальнейшем ее можно использовать не только для решения первоочередных задач снижения бедности и обеспечения доступа населения к социальным благам, но и для общего развития экономики, в первую очередь малого предпринимательства.

Анализ зарубежной практики показывает, что компоновочные решения при строительстве малых, мини- и микро ГЭС осуществляются по известным принципам, в виде плотинных, деривационных и смешанных схем. Первая схема используется в основном на равнинных реках с небольшими уклонами. Деривационные и смешанные схемы широко применяются при строительстве малых ГЭС в горных и предгорных районах. Малые ГЭС могут также создаваться при готовом напорном фронте на существующих водохранилищах, на каналах и трубопроводах различного назначения [1].

Мировой опыт показывает, что программа широкого развития малой гидроэнергетики, связанная с массовым строительством и эксплуатацией МГЭС, экономически оправдана только при наличии собственной базы по производству технологического оборудования.

Сегодня турбины для малых, мини- и микро ГЭС производят 138 фирм в более чем 30-ти странах мира.

Оборудование для малой гидроэнергетики в Таджикистане может производиться без особых сложностей.

В 90-ые годы прошлого столетия в Таджикистане на Чкаловском машиностроительном заводе АО «Востокредмет» в Сугдской области совместно с российской фирмой МАГИ было организовано собственное производство оборудования для МГЭС.

Эффективность малых ГЭС может быть достаточно высокой, только если их строительство будет представлять из себя по сути дела только монтаж элементов, централизованно изготавливаемых в виде отдельных модулей и доставляемых на место строительства в готовом виде. Этот метод может значительно упростить и ремонт оборудования и конструкций МГЭС. Такой подход делает целесообразным создание в республике специального строительного-монтажного подразделения по строительству малых ГЭС, а также по их эксплуатации и ремонту.

Для эффективного освоения ресурсов малой гидроэнергетики Таджикистана необходимо предусмотреть составление комплексных схем использования малых рек в целях гидроэнергетики для всей республики в целом и для отдельных основных районов с выделением первоочередных объектов и этапов строительства МГЭС. Такой подход поможет определить действительно правильную роль и место малой гидроэнергетики в народном хозяйстве Таджикистана.

Эффективность малой гидроэнергетики может быть обеспечена только при достаточно широком ее использовании. Только в этом случае можно рассчитывать на индустриальные методы строительства и надежную эксплуатацию. И только в этом случае МГЭС могут внести ощутимый вклад в решение энергетической программы республики. В то же время малая гидроэнергетика не может рассматриваться как альтернатива большой. У каждой из них свои задачи и необходимо их разумное сочетание. Крупные ГЭС в особом случае будут оставаться основой энергосистемы страны, обеспечивая основную выработку электроэнергии, и определять устойчивость системы в целом.

Относительно малая стоимость, простота эксплуатации и ремонта, возможность прямого использования стока рек, малые сроки строительства и окупаемости затрат, незначительное влияние на окружающую среду делает строительство МГЭС весьма эффективным. В этой связи необходимо разработать программу широкого использования мини- и микро ГЭС в различных регионах Таджикистана. Программа должна охватывать схему размещения мини- и микро ГЭС в регионах Таджикистана с учетом экологических, географических и экономических факторов и очередность их строительства на основе исследования потенциала малых рек.

Строительство и эксплуатация малых ГЭС требует организации в республике системы мониторинга с целью разработки прогнозов для принятия мер по ликвидации возможных отрицательных последствий, связанных с эксплуатацией этих ГЭС.

В 1994-1999 гг. в Таджикистане были построены 18 мини ГЭС установленной мощностью от 30 до 630 кВт (табл.) [1].

Таблица

Стационарные мини ГЭС, построенные в Таджикистане в 1994-1999 гг.

п/п	Наименование мини ГЭС	Мощность, кВт	Среднегодовая выработка, тыс. кВт.ч	Область, район	Год ввода в эксплуатацию
1.	Техарв	360	1260	ГБАО	1994
2.	Шипак	30	105	-//-	1997
3.	Ванд	60	210	-//-	1998
4.	Дэх	30	105	-//-	1998
5.	Бардара	50	175	-//-	1998
6.	Раумед	30	105	-//-	1998
7.	Яншор	30	105	-//-	1998
8.	Андербег	300	1050	ГБАО	1999
9.	Босид	75	262	-//-	1999
10.	Пагор	100	350	-//-	1999
11.	Барчадев	45	157	-//-	1999
12.	Адэших	30	105	-//-	1999
13.	Бодом	30	105	-//-	1999
14.	Вездора	30	105	-//-	1999
15.	Хистевар	630	2205	Сугдская область	1996
16.	Хазара 1	250	875	Варзобский район	1998
17.	Кызыл-Мазар	70	245	Советский район	1998
18.	Хазара-2	250	875	Варзобский район	1999
	Всего:	2400	8399		

Большой интерес для отдаленных территорий и горной зоны представляет производство экологически чистых продуктов; производство, переработка и раздача кормов; полив пастбищ и водоснабжение животноводческих ферм, создание микроклимата в технологических помещениях, сушка и первичная обработка продукции, уборка и утилизация отходов; обработка строительных материалов и др. [5].

Для обеспечения электроэнергией и теплом небольшой автономной животноводческой фермы в зависимости от поголовья животных, а также небольшого цеха по сушке, первичной обработке сельскохозяйственной продукции, овощей и фруктов необходимо ежегодно в год от 15 до 50 тыс. кВт.ч электроэнергии [5]. Это количество электроэнергии могут вырабатывать микро ГЭС с установленной мощностью от 5 до 20 кВт. Для этих целей могут быть использованы и мобильные микро ГЭС мощностью от 1 до 3.0 кВт [5].

В работе [6] приведены результаты испытания учеными Физико-технического института им. С.У.Умарова АН РТ мобильной микро ГЭС производственного объединения турбостроения «Ленинградский металлический завод» со следующими техническими характеристиками:

Мощность микро ГЭС, кВт	от 0.5 до 4.0 в зависимости от действующего напора
Напор, м	от 4 до 10
Расход воды, л/сек	от 75 до 83
Число фаз	3
Номинальное напряжение, В	220
Частота переменного тока, Гц	50
Масса, кг:	
Энергоблок	97
Регулятор БАРС-004	50
Водозаборное устройство	15

В данной микро ГЭС используется трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа 4А100L2У3. Соединение обмоток статора – треугольником, мощность двигателя – 5.5 кВт, синхронная скорость вращения ротора 3000 об/мин обеспечивается пропеллерной турбиной, ось которой непосредственно состыкована с осью генератора. Возбуждение генератора осуществляется 30 конденсаторами (на каждую фазу по 10 шт.) ёмкостью 10 мкФ каждый, установленными в регуляторе БАРС-004.

Микро ГЭС была установлена в отдаленном горном кишлаке Пашми-Кухна, в зоне национального парка «Ширкент» (Турсунзадевский район). Ввиду отсутствия автомобильных дорог, элементы станции, а также пластмассовые трубы перевозились вьючным способом по горным тропам на расстояние 30 км.

Для приведения микро ГЭС в действие использовали деривационный отводящий канал от р.Ширкент, который приводил в действие водяную мельницу. Оценка мощности водяного потока в отводящем канале с учётом расхода воды и перепада уровней воды в канале и в самой реке по известным выражениям дала значение 8-12 кВт. Место установки было выбрано, по существу, в самом кишлаке, что позволяло использовать сравнительно короткие линии электропередачи (100-300 м) от станции к потребителям.

Для создания напора использовались пластмассовые трубы с внутренним диаметром 190 мм и длиной 5.5 м, установленные под углом примерно 45° к вертикали. В данном случае наиболее приемлемым способом стыковки труб явилась обмотка стыков труб прочной прорезиненной тканью (или резиновой камерой в несколько слоев) и фиксация её с обеих сторон стыка хомутами, изготовленным из полосок жести. Непременное условие надёжного монтажа станции – закрепление энергоблока (генератора и турбины) с двух сторон в фиксированном положении с помощью тросов, а также его подпор камнями.

Испытания микро ГЭС показали, что при напоре 4-6 м станция не работает стабильно даже при мощности нагрузки 0.1-0.2 кВт на фазу. Впоследствии напор был увеличен до 10-12 м, а на стороне водозаборного устройства сооружен небольшой отстойник размером 3х3х1.5 м для очистки воды от камней и песка. Эти меры обеспечили устойчивую работу микро ГЭС при различных нагрузках. Следует отметить, что в процессе ис-

пытаний угловая скорость вращения ротора генератора контролировалась с помощью тахометра. Только при некотором превышении 3000 об/мин имело место самовозбуждение генератора. Это еще раз подтверждает данные о нелинейной зависимости выходного напряжения асинхронных генераторов от частоты вращения ротора.

Пуск микро ГЭС позволил заменить керосиновые лампы на электрическое освещение во всех девяти домах кишлака. Такая же микро-ГЭС была установлена в кишлаке Хаками.

Таким образом, учитывая, что срок строительства микро- и мини ГЭС в зависимости от конкретных гидрологических условий и мощности ГЭС может составлять от одного месяца до двух лет, их массовое строительство позволит значительно улучшить условия жизни, увеличить использование сельскохозяйственных угодий и рекреационный потенциал горной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Г.Н., Ахмедов Х.М. Малая гидроэнергетика Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 2010, 148 с.
2. Водные ресурсы Таджикистана. Редактор-составитель И.Ш.Норматов. – Душанбе, 2003, 108 с.
3. Петров Г.Н., Ахмедов Х.М. и др. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим. и геол. н., 2009, №2 (135), с. 101-111.
4. Сирожев Б. Электрификация тепловых процессов быта сельского населения. Обзор. Госплан Таджикской ССР. – Душанбе, 1974.
5. Хузмиев И.К. – Устойчивое развитие горных территорий. 2009, №1, с. 82-92.
6. Каримов Х.С., Ахмедов Х.М. Микроэнергетика. - Душанбе: Дониш, 2010, 96 с.

Ҳ.М.АХМЕДОВ*, Х.С.КАРИМОВ*, Г.Н.ПЕТРОВ

ГИДРОЭНЕРГЕТИКАИ ХУРД ВА ИМКОНΙΑТИ ИСТИФОДАИ МИНИ- ВА МИКРО ГЭС ДАР МАҲАЛҲОИ КЎҲИСТОНИ ТОҶИКИСТОН

*Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи илмҳои
Ҷумҳурии Тоҷикистон,*

*Маркази таҳқиқ ва татбиқи манбаҳои барқароршавандаи энергияи назди Институти
физика ва техникаи ба номи С.Умарови Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола маълумот дар бораи потенциали гидроэнергетикаи хурд, имконияти сохтмон ва истифодаи мини- ва микро НБО дар маҳалҳои кӯҳистони Тоҷикистон оварда шудааст.

Нишон дода шудааст, ки сохтмони микро НБО бо иқтидори аз 1.0 то 10 кВт ва мини ГЭС бо иқтидори аз 10 то 500 кВт имконият медиҳад, ки истифодаи захираҳои зиёди табиӣ кӯҳҳо ғайрарасан шуда, шароити зисти аҳолии маҳаллӣ беҳтар гардад.

Калимаҳои калидӣ: потенциали гидроэнергетикӣ – гидроэнергетикаи хурд – мини НБО – микро НБО – манбаҳои барқароршавандаи энергия – тавоноии муқарраршавандаи НБО – тавоноии истеъмолшаванда.

KH.M.AKHMEDOV*, KH.S.KARIMOV*, G.N.PETROV

SMALL HYDROPOWER PROJECTS AND POTENTIALITIES OF MINI- AND MICRO-HYDROPOWER PLANTS UTILIZATION IN MOUNTAIN AREAS OF TAJIKISTAN

Water problem, Hydroenergetics and Ecology Institute,

Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

Center of research and usage of renewable sources of Energy under the

S.Umarov Physicotechnical Institute, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

In the paper the information is presented about of hydropower potentials of small hydropower projects of Tajikistan and potentialities of mini- and micro-hydropower utilization in mountain areas. It is shown that construction of micro-hydropower plants of power from 1.0 kW to 10 kW and mini-hydropower plants of power from 10 kW to 500 kW will allow to accelerate the utilization of the significant natural resources of the mountains and improve the living standard of local people.

Key words: hydropower resources – small hydropower engineering – mini-hydropower plant – miniHPP – micro-hydropower plant – MHPP – renewable energy resources – Installed power of HPP – consuming power – kilowatt.