

## **АНАЛИЗ МАЛОЙ И МИКРОГИДРОЭНЕРГЕТИКИ**

*Алимходжаев Камалиддин Тилляходжаевич, д.т.н., профессор,*

*Пирматов Нурали Бердиёрович, д.т.н., профессор,*

*Махамаджанов Садикжон Йулдашбай ўгли, магистр*

*Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова*

### **АННОТАЦИЯ**

В статье анализированы состав сооружений, их конструкция и компоновка, количество и тип основного и вспомогательного оборудования, классификация ГЭС малой мощности по установленной мощности, а также плюсы и минусы микро-ГЭС и малых ГЭС.

In article are analysed composition of the buildings, their design and arrangement, amount and type main and accessory, categorization GES small power on installed to powers, as well as plus and minus micro-GES and small GES.

Микро-ГЭС - надежные, экологически чистые, компактные, быстро окупаемые источники электроэнергии для деревень, дачных поселков, фермерских хозяйств, небольших производств в отдаленных горных и труднодоступных районах.

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.

Вопрос использования малых ГЭС в энергосистеме имеет основное значение при обосновании экономической целесообразности строительства малых ГЭС. Функционирование электроэнергосистемы обеспечивает покрытие графика электропотребления т.е. выдачу требуемого количества электроэнергии в нужное время. В этих условиях 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.

Верхняя граница мощности малой ГЭС в разных странах оценивается по разному. Она зависит от уровня развития энергетического хозяйства страны, особенностей обоснования проектов малых ГЭС и лицензионных процедур, объемов оборотного капитала и принятия

программ структурирования малой гидроэнергетики. В разных странах верхняя граница мощности малых ГЭС колеблется от 1,5 до 30 МВт. Малыми ГЭС в Норвегии, Швейцарии, Венесуэле считаются установки мощностью от 1 до 1,5 МВт., в Австрии, Испании, Индии, ФРГ, Канаде - мощностью до 5 МВт. Энергетическая организация латиноамериканских стран (ОЛАДЭ) к малым относит ГЭС мощностью до 10 МВт. В странах Юго-Восточной Азии в качестве малых ГЭС рассматриваются гидроэлектростанции мощностью до 12 МВт. США неоднократно стимулировали развитие малой гидроэнергетики, законодательно изменяя ограничение по предельной мощности малых ГЭС. Первоначальное предельное значение мощности малых ГЭС в 5 МВт было увеличено до 15 МВт, а затем максимальная мощность в 1980г установлена на уровне 30 МВт. В Германии, согласно закона о ВИЭ от 21.07.2004 г, при назначении цены на электроэнергию покупаемую от МГЭС введены градации: до 500 кВт, от 500 кВт до 10 МВт, от 10 до 20 МВт, от 20 до 50 МВт. Цена на электроэнергию установлена 7,67; 6,65; 6,1; 4,56 евроцентов за киловатт·час соответственно. Для ГЭС мощностью более 50 МВт установлена цена 3,7 цент/кВт·ч. В России установленная мощность малой ГЭС принята равной 30 МВт. А максимальная мощность одного агрегата определена в 10 МВт.

Условными являются границы между малыми ГЭС и мини-ГЭС, между мини-ГЭС и микро-ГЭС. Технические конструктивные и технологические различия между этими категориями ГЭС до конца нормативно не определены и устанавливаются в соответствии с конкретными условиями (таблица 1).

Таблица 1.

Классификация ГЭС малой мощности по установленной мощности (МВт)

Категория ГЭС	Страны и организации					
	Итальянский Национальный комитет	ОЛАДЭ	Россия	Новая Зеландия	Австрия, Испания, Индия, Канада, Франция	Япония
Малые ГЭС	5	10	30	30-50	5	20
Мини ГЭС	0,5	11	1	10	2	-
Микро ГЭС	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,1

Проектирование и строительство малых и мини-ГЭС осуществляется по тем же правилам, что и крупных ГЭС. Микро-ГЭС мощностью несколько десятков киловатт отличается схемами, составом и компоновкой гидротехнических сооружений. Эта категория ГЭС включает в себя бесплотинные, рукавные, свободно-поточные, переносные и другие типы ГЭС компактного и блочного исполнения.

Малые ГЭС по напору делятся на низко-, средне- и высоконапорные. Граничные значения напора для каждой категории ГЭС в разных источниках различно.

Ряд зарубежных и отечественных машиностроительных фирм и проектных организации предлагают предельные значения напоров, основываясь на своих разработках турбинного оборудования.

Обобщая эти данные можно следующим образом классифицировать МГЭС по напору:

- низконапорные  $H < 20$  м;
- средненапорные  $H = (20 - 100)$  м;

- высоконапорные  $H > 100$  м.

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.

Плотинная схема энергетического использования водотока зависит от рельефа местности в долине реки, создаваемого напора, регулирования естественного стока и потребности неэнергетических водопользователей в различной степени зарегулированности стока.

Основными сооружениями МГЭС в плотинной схеме являются плотина и здание ГЭС. В русловых ГЭС здание с основным оборудованием расположено либо в русле реки, при этом напоры составляют 4-6 м, либо на обводном канале. В этом случае напоры могут достигать 6-8 м. В обоих случаях здание ГЭС входит в состав напорного фронта и воспринимает разность давления воды между верхним и нижним бьефами. Высота здания определяется напором и отметкой нормального подпорного уровня (УНПУ).

На реках с широкой речной долиной и явно выраженным руслом реки предпочтительнее назначать отметку гребня глухой плотины так, чтобы нормальный подпорный уровень не выходил из основного русла реки. Для такой схемы характерна русловая компоновка с размещением здания ГЭС и водосливной плотины в русле реки. Однако, этот вариант требует, при строительстве малых ГЭС, возведения перемычек для создания осушаемого котлована, в котором будет возводиться то или иное сооружение или его часть, что естественно увеличивает капиталовложения в строительство ГЭС. Данная схема выполняется при небольших напорах от 1,5 до 4 м, реже до 6м, и небольшой мощности станции (от нескольких сотен киловатт до одного, реже двух мегаватт). Это также обусловлено малой регулирующей емкостью водохранилища.

Другой вариант строительства малой или мини- ГЭС без затопления поймы реки, это размещение здания ГЭС на обводном канале вне русла реки. Это позволяет возводить здание ГЭС и водосливную плотину на незатапливаемых бытовым стоком реки отметках, что значительно упрощает производство строительных работ, облегчает условия перекрытия русла реки и снижает общие капиталовложения в строительство гидроузла.

Приплотинная компоновка гидроузла предусматривает расположение здания ГЭС за напорным фронтом. Само здание не воспринимает напор со стороны верхнего бьефа и только испытывает давление воды, сосредоточенное по сечению турбинных водоводов. Основным вопросом, который необходимо решить при проектировании приплотинной ГЭС малой мощности - это взаимное расположение глухой, водосливной плотин и здания ГЭС. Определяющим в этом случае является создаваемый напор и тип глухой плотины, т.к. от высоты плотины и ширины ее по основанию зависит тип и длина турбинного водовода, а следовательно и местоположение здания ГЭС.

В широком створе русла реки и небольших напорах глухая плотина выполняется из местных материалов. Здание ГЭС размещается обособленно и может располагаться непосредственно за плотиной или вблизи нее. Водосбросы, водоприемник ГЭС и турбинные водоводы размещаются отдельно и не совмещаются с плотиной.

На ГЭС малой мощности с безнапорной деривацией вода транспортируется по безнапорному водопроводящему тракту, обычно по открытым каналам или лоткам. Безнапорная деривация применяется в тех случаях, когда отметки рельефа местности на

прилегающей территории близки к отметкам уровня верхнего бьефа (УВБ), а колебания УВБ незначительные. Каналы в подводящей деривации используются при слабо пересеченной местности и достаточной устойчивости склонов речной долины.

При строительстве деривационных ГЭС малой мощности на горных реках в условиях сильно пересеченной местности и резком падении реки используют напорную деривацию в виде трубопровода или реже напорного туннеля. Напорные трубопроводы укладываются по поверхности земли или выполняются засыпными, а туннели - в толще горного массива.

Напорные деривационные водоводы располагаются на пониженных, по отношению к верхнему бьефу, отметках, при этом гидродинамическое давление даже в самой верхней точке сечения деривации выше атмосферного. Из-за заглубления водоприемника напорной деривации под минимальный уровень верхнего бьефа становится необходимым увеличение высоты плотины в реке. Это позволяет увеличить полезную емкость водохранилища и глубину сработки, т.е. стабилизировать режим работы ГЭС.

В конце длинной напорной деривации при необходимости уменьшения гидравлического удара при резких изменениях расхода воды ГЭС устанавливается уравнительный резервуар. После уравнительного резервуара напорная деривация переходит в турбинные водоводы.

Комбинированная схема (плотинно-деривационная) по принципам создания напора использует выгодные свойства обеих предыдущих схем, т.е. может быть создано значительное по объему водохранилище и использовано падение реки ниже плотины.

В схемах с высокими плотинами водоприемник устраивается глубинный, а сама деривация - напорной. В зависимости от типа плотины применяется соответствующий тип водосбросного сооружения гидроузла и выбирается местоположение водоприемника. Компонировка сооружения с высокой плотиной аналогична компоновке гидроузлов с приплотинной ГЭС.

Схемы использования существующего напорного фронта малыми ГЭС. На гидротехнических сооружениях неэнергетического назначения могут быть размещены малые, мини- и микроГЭС для использования потенциала холостых сбросов воды. Такие сбросы возможны из: водохранилищ систем орошения, водоснабжения и рыбновоспроизводства; каналов отраслевого и комплексного назначения; трубопроводов систем водоснабжения и др.

Эксплуатируемые водохранилища неэнергетического назначения, как правило, имеют в своем составе плотину из местных материалов, водосбросное сооружение для пропуска паводка и специальное гидротехническое сооружение для обеспечения водой потребителя в заданном режиме. Если сооружение, предназначенное для снабжения водой потребителя, выполнено в виде напорного туннеля или трубопровода, то целесообразно подключить к ним турбинные водоводы МГЭС.

Существует целый класс наливных водохранилищ, наполнение которых осуществляется по быстротокам. Здесь строительство малых ГЭС целесообразно осуществлять по деривационной схеме. Рядом с входом в быстроток строится водоприемник безнапорной деривации, и осуществляется переключение расходов в деривацию с подводом воды к напорному бассейну и турбинным водоводам.

Накоплен определенный опыт строительства малых ГЭС на перепадах оросительных каналов Средней Азии и Казахстана. По данным института Гидропроект технический гидроэнергетический потенциал потока на перепадах каналов на территории России и стран СНГ составляет 5,4 млрд. кВт-ч, в том числе 25,9 % этого потенциала сосредоточено на

перепадах каналов в европейской части, 74,1% - на каналах Средней Азии. В качестве примера в [20] приведено компоновочное решение МГЭС Даргом на оросительном канале в Узбекистане (мощность 6х500 кВт, напор 9,0м).

В США (штат Калифорния) была использована энергия воды на отводе напорного трубопровода обогатительной фабрики, где была установлена радиально-осевая турбина мощностью 1325 кВт при напоре 28 м. В Германии построена 4-х агрегатная малая ГЭС мощностью 14 тыс. кВт на перепаде отводящего канала системы охлаждения конденсаторов турбин ТЭС.

Энергоустановки на малых реках имеют ряд достоинств. В частности: требуют меньших объемов инвестиций; могут возводиться в короткие сроки, что позволяет ускорить получение эффекта и сократить период оборачиваемости капитала; для выполнения строительных работ используются только местные трудовые ресурсы; с помощью таких установок можно обеспечить энергией изолированных от существующей электросети потребителей и др.

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.

В качестве недостатков малых ГЭС можно отметить также и такие, как резкое сокращение водного стока в зимний период (вплоть до полного прекращения из-за промерзания реки), существенные удельные показатели затопления земель, значительные удельные капитальные вложения и др.

Наиболее простые и технологичные мини и микроГЭС- это мобильные или переносные гидроэнергетические установки. Они, как правило, используются для энергоснабжения автономных потребителей. К таким установкам относятся микроГЭС рукавного типа и установки со свободнопоточными турбинами.

Микро ГЭС рукавного типа эффективны для использования энергии воды на предгорных и горных участках рек со значительными уклонами дна реки и большими скоростями потока. Напор на таких ГЭС создается за счет прокладки напорного рукава вдоль русла реки.

Рукавные ГЭС просты в установке и не требуют сооружения плотины и здания ГЭС. Их можно транспортировать с одного места на другое, монтировать за несколько часов и с малыми трудозатратами.

Установка РПГЭС-3 мощностью 3 кВт снабжена гибким водоводом длиной 100 м, по которому подается 120 л/с воды. Этого достаточно для выработки трехфазного тока частотой 50 Гц напряжением 380/220 В. Масса такого энергоблока составляет около 100 кг.

МикроГЭС со свободнопоточными гидротурбинами использует скоростной напор течения воды и не требуют возведения специальных гидротехнических сооружений.

В настоящее время разработаны различные по конструкции и принципу работы свободнопоточные гидротурбины, которые могут использовать энергию скоростного напора океанских и морских течений, речных потоков, существующих каналов различного назначения и т.д. В микро ГЭС данного класса могут быть использованы гидротурбины различного типа: осевые, карусельные, «лифт Шнайдера», гиляндные. Условием для их работы является возможность свободного обтекания турбины массой набегающей воды.

Компоновки энергоблоков микро ГЭС со свободнопоточными турбинами выполняются как с вертикальным, так и с горизонтальным расположением оси вращения вала турбины. В

первом случае энергоустановка размещается в реках малой ширины и представляет собой несколько гидротурбин, жестко закрепленных на стальном тросе, выполняющем роль гибкого вала. Этот трос располагается вдоль реки и удерживается на берегу якорями. Сила лобового сопротивления гирлянды натягивает трос, благодаря чему гирлянда не опускается на дно реки и создаются условия для передачи крутящего момента от троса редуктору и генератору, расположенным на берегу.

Поперечная гирляндная микроГЭС отличается конструктивным исполнением гидротурбин, а также тем, что ее трос располагается поперек реки. Диаметр таких турбин обычно составляет 0.2 - 0.5 м.

Могут применяться многогирляндные микроГЭС с параллельным и лучевым расположением гирлянд.

Известны также и другие схемы энергетических установок мощностью до 100 кВт, работающих от кинетической энергии потока. Например: штанговые плоскопараллельные или плоскоподъемные, торцовые мембранные, роторные, капсульные и другие.

Свободнопоточные турбины обладают двумя главными недостатками: 1 - из-за малого используемого напора они имеют значительные размеры при малой мощности; 2 - существует опасность их разрушения во время паводка и ледохода на реках, а так же шторма в океане или море. Поэтому, при разработке свободнопоточных турбин и микро ГЭС на их базе стремятся к повышению КПД гидроагрегата, снижению его габаритных размеров, обеспечению круглогодичной эксплуатации без строительства капитальных зданий ГЭС.

Таким образом, можно выделить плюсы и минусы микро-ГЭС:

Плюсы микро-ГЭС: генерация электроэнергии происходит от возобновляемого источника, более стабильного, чем солнечный свет и ветер; близость к конечному потребителю, энергетические потери на транспортировку при этом минимальны либо отсутствуют; низкая стоимость электроэнергии, с учетом нулевых затрат на исходное топливо; полное отсутствие каких-либо выбросов в атмосферу, минимальное воздействие на водные бассейны; выход на полную мощность у малых гидроэлектростанций занимает меньше времени, чем у генераторов на нефтепродуктах; вдали от центральных сетей энергоснабжения лишь малые ГЭС способны обеспечивать потребителей электроэнергией бесперебойно, т.к. не зависят от регулярных поставок горючего.

Минусы малых гидроэлектростанций: русла небольших рек и ручьев часто пересыхают летом и промерзают зимой; производительность мини-ГЭС связана с напором воды и ее количеством. Чтобы обеспечить свой дом электроэнергией в полном объеме, может потребоваться создание запруды выше по руслу водоема – но это нарушение законодательства; строительство полноценной, пусть даже и небольшой гидроэлектростанции, способной исправно снабжать загородный коттедж электрической энергией круглый год, обходится недешево.

#### Литература

1. Свит П.П. Разработка микро-ГЭС с асинхронными генераторами для сельскохозяйственных потребителей: диссертация кандидата технических наук: 05.20.02 Барнаул, 2007.- 246 с.
2. Устинов Н. А., Земсков И. В. Ресурсосбережение в микро-гидроэнергетике // Молодой ученый. - 2016. - №22. - С. 51-53.
3. Липкин В.И., Богомбаев Э.С. Микрогидроэлектростанции: Пособие по применению. Бишкек: 2007 г. – 30 с.