

## Раздел восьмой

## ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

## 8.4. Малые ГЭС

## 8.4.4. Обзор развития малых ГЭС по состоянию на 2014 г.

*М.П. Роганков, Э.Э. Микушевич, В.М. Микушевич, ООО «Экополис», Москва, Россия*

## АННОТАЦИЯ

В России все ГЭС относятся к возобновляемым источникам энергии, однако, к малым и нетрадиционным – только ГЭС мощностью до 30 МВт. Слово «нетрадиционные», взятое из стандартов ГОСТ Р 54100-2010, ГОСТ Р 51238-98 и др. не совсем точное по отношению к малым ГЭС, т.к. еще к середине XX века в СССР сохранялось 6600 малых ГЭС, впоследствии почти полностью ликвидированных [1]. Можно говорить о втором рождении малых ГЭС (МГЭС), которое произошло в мире и в нашей стране в последние 20 лет. Большая гидроэнергетика давно является самостоятельной отраслью, и в настоящей статье речь идет только о малых и микроГЭС.

Наиболее внушительные результаты по доле мощности и выработки электроэнергии на МГЭС в Европе имеют Нидерланды (8,5 % выработки электроэнергии), Австрия (6,9 %), Швеция (3,15 %). В РФ валовый потенциал малой гидроэнергетики превышает потенциал таких возобновляемых источников энергии, как ветер, солнце и биомасса вместе взятых; экономический и технический потенциал оценивается в 205...372 млрд кВт·ч в год [1] или от четверти до трети электропотребления в стране. В настоящее время в балансе электроэнергии РФ генерация МГЭС составляет десятые доли процента.

В статье использованы материалы из первой редакции раздела 8 по возобновляемым источникам энергии ОИС НДТ в энергетике России (<http://osi.ecopower.ru>) 2011 г., подготовленные ОАО ЭНИН [2], и более поздние материалы.

## 1. МАЛЫЕ ГЭС (МГЭС)

**Краткое описание.** Малыми ГЭС согласно ГОСТ Р 51238-98 [2] считаются ГЭС с установленной мощностью от 100 до 30000 кВт. Согласно того же ГОСТ МГЭС классифицируются по способу подвода водного потока к гидроагрегату следующим образом:

- плотинные (водовод и гидротурбина расположены в теле плотины);
- русловые (т.е. водовод и гидротурбина расположены в русле реки);
- приплотинные (поток из верхнего бьефа по водоводу-трубопроводу направляется на гидроагрегаты, расположенные перед нижним резервуаром);
- деривационные (часть стока реки направляется по водоводу-байпасу на гидроагрегат);
- бесплотинные;
- свободнопоточные;
- смешенные.

МГЭС также могут быть сетевыми (т.е. подключенными к энергосистеме) и автономными.

**Типы и мощности энергетического оборудования, на котором рекомендуется или возможно применение рассматриваемой технологии.**

Как видно из типов МГЭС, приведенных выше, выбор целесообразного варианта зависит от местных условий, а они достаточно разнообразны.

Согласно ГОСТ Р 51238-98 на МГЭС могут применяться следующие типы гидротурбин:

- реактивная;
- ковшевая;
- поперечно-струйная активная;

- фронтальная реактивная;
- шнековая реактивная;
- роторная реактивная;
- свободнопоточная.

Наибольшее распространение согласно [2] получили:

- активная ковшевая турбина с тангенциальным подводом высокоскоростной струи к рабочему колесу, оснащенной лопатками специальной формы;
- реактивные турбины с осевым подводом воды к лопаткам рабочего колеса; вращение происходит за счет сработки перепада давления между входом и выходом турбины.

## Производители оборудования

В 1990-х годах в связи с сокращением объемов крупного гидроэнергетического строительства в России частично переориентировали свое производство на нужды малой гидроэнергетики такие предприятия, как ОАО «ЛМЗ» ([www.power-m.ru](http://www.power-m.ru)) и ОАО «НПО ЦКТИ» ([www.ckti.ru](http://www.ckti.ru)) из г. Санкт-Петербурга; ОАО «Тяжмаш» ([www.tyazhmash.com](http://www.tyazhmash.com)) из г. Сызрань и др. Одновременно возникли, в том числе, в рамках конверсии, малые предприятия и акционерные компании, производящие оборудование для МГЭС. Среди них наиболее известны ОАО «МНТО Инсет» ([www.inset.ru](http://www.inset.ru)) и НПЦ «Ранд» ([www.rund-n.spb.ru](http://www.rund-n.spb.ru)) из Санкт-Петербурга; ОАО «Напор», ОАО «НИИЭС» ([www.niies.rushydro.ru](http://www.niies.rushydro.ru)) и ОАО «Энергомаш» ([www.nproenergomash.ru](http://www.nproenergomash.ru)) из Москвы. В числе поставщиков оборудования следует отметить также региональные организации, входившие когда-то во Всесоюзный институт «Гидропроект». В настоящее время в России производятся комплектные гидроагрегаты с системами автоматического управления и регулирования для сетевых и автономных МГЭС на напоры от 1 до 250 метров, а также нестандартное гидромеханическое, подъемное оборудование, напорные трубопроводы, предтурбинные затворы, трансформаторные подстанции, распределительные устройства и другие компоненты, необходимые для строительства объектов малой энергетики. Для МГЭС с использованием статического напора применяются гидроагрегаты с радиально-осевыми, пропеллерными, ковшовыми, наклонно- и поперечно-струйными, фронтальными гидротурбинами упрощенной конструкции. Для МГЭС с использованием скоростного напора применяются гидротурбины типа «Дарье», «Уэллс», «Савониус» и др. Генераторы для малых ГЭС производят ОАО «Электросила» (г. Санкт-Петербург), ОАО «Урал-электротяжмаш», ОАО «Привод» (г. Лысьва), АО «СЭГПО» (г. Сарапул), ОАО «СЭЗ» (г. Сафоново) и др. [4]. Ниже для примера приведена информация о МГЭС и основных технических параметрах турбоагрегатов для МГЭС мегаваттного класса, предлагаемых ОАО «МНТО Инсет» [5].

Гидроагрегаты для МГЭС:

- гидроагрегаты с осевыми турбинами (ГА-1, ГА-8, ГА-8М, ГА-14, Пр-15, Пр-30) мощностью до 1800 кВт;

- гидроагрегаты с радиально-осевыми турбинами (ГА-2, ГА-4, ГА-9, ГА-11) мощностью до 5600 кВт;
- гидроагрегаты с ковшовыми турбинами (ГА-5, ГА-10, ГА-10М, 200К) мощностью до 5200 кВт.

В табл. 1 в качестве примера приведены параметры гидроагрегатов с радиально-осевыми турбинами типов ГА-2, ГА-4, ГА-9 и ГА-11 с единичной мощностью от 950 до 5600 кВт.

Таблица 1. Гидроагрегаты с радиально-осевыми турбинами

Параметры	ГА2	ГА4	ГА9	ГА11
Мощность, кВт	до 950	550	3300	5600
Напор, м	30-100	25-55	70-120	100-160
Расход, м <sup>3</sup> /с	0,35-0,9	0,4-1,0	0,8-3,2	1,5-4,0
Частота вращения ротора турбины, мин <sup>-1</sup>	1000; 1500	1000	600; 750; 1000	750; 1000
Номинальное напряжение, В	400; 6000	400; 6000	6000; 10000	6000; 10000
Номинальная частота тока, Гц	50	50	50	50

#### Диапазон применимости

- напор для МГЭС мегаваттного класса должен быть выше 25...30 м;
- желательно, чтобы МГЭС мегаваттного класса располагались на горных реках, не имеющих рыбохозяйственного значения, или были бы деривационного типа;
- некоторые МГЭС не могут эксплуатироваться в зимнее время.

#### Ограничения на применение технологии

Возможны ограничения по экологическим (охрана рыбных ресурсов) или социальным причинам (необходимость переселения значительных масс населения вследствие затопления прилегающих территорий и др.).

#### Достоинства и недостатки

##### Достоинства:

- общие достоинства, характерные для всех ВИЭ (предотвращение выбросов загрязняющих веществ, почти полное отсутствие выбросов парниковых газов, диверсификация источников энергии в энергосистеме для сетевых МГЭС, экономия органического топлива, имиджевые аспекты и т.п.);
- минимальные эксплуатационные расходы;
- высокая степень автоматизации;
- срок службы – более 40 лет; срок между капитальными ремонтами – 5 лет;
- доступно отечественное оборудование, выпускаемое высокотехнологичными заводами РФ.

##### Недостатки:

- высокие удельные капиталовложения для некоторых МГЭС, располагаемых на неблагоприятном рельефе местности (могут превышать 2000 долл. США/кВт);
- возможно некоторое негативное воздействие на ихтиофауну.

#### Объекты внедрения в РФ

Основные ресурсы малой гидроэнергетики в России сосредоточены на Северном Кавказе, на Дальнем Востоке, на Северо-Западе европейской части (Архангельск, Мурманск, Калининград, Карелия), на Алтае, в Туве, в Якутии и в Тюменской области. Объекты внедрения многочисленны и расположены по всей территории страны.

#### Сведения о наличии/отсутствии авторских прав на применяемую технологию, разработчиках и/или правообладателях технологии.

В процессе создания и совершенствования оборудования МГЭС некоторые агрегаты и отдельные узлы защищены авторскими правами (патент РФ 2277182, патент СССР 62742 и др.).

## 2. МИКРОГЭС

**Краткое описание.** МикроГЭС (МкГЭС) согласно ГОСТ Р 51238-98 [2] считаются ГЭС с установленной мощностью до 100 кВт. Согласно тому же ГОСТу МкГЭС классифицируются по способу подвода водного потока к гидроагрегату следующим образом:

- бесплотинная;
- свободнопоточная;
- плавучая;
- погружная;
- рукавная.

МкГЭС в большинстве случаев используются в качестве автономных источников электроснабжения.

#### Типы и мощности энергетического оборудования, на котором рекомендуется или возможно применение рассматриваемой технологии.

Разнообразие МкГЭС и оборудования к ним велико. Для примера в ассортимент ОАО «МНТО Инсет» входят следующие МкГЭС [5]:

##### с пропеллерным рабочим колесом

- мощностью до 5 кВт (МГЭС-10Пр) на напор 2,0...4,5 м и расходом 0,07...0,14 м<sup>3</sup>/с;
- мощностью до 10 кВт (МГЭС-10Пр) на напор 4,5...10,0 м и расходом 0,10...0,21 м<sup>3</sup>/с;
- мощностью до 15 кВт (МГЭС-15Пр) на напор 4,5...12,0 м и расходом 0,10...0,3 м<sup>3</sup>/с;
- мощностью до 50 кВт (МГЭС-50Пр) на напор 2,0...10,0 м и расходом 0,30...0,90 м<sup>3</sup>/с;
- мощностью до 100 кВт (МГЭС-100Пр) на напор 6,0...18,0 м и расходом 0,50...1,20 м<sup>3</sup>/с.

##### с диагональным рабочим колесом

- мощностью 20 кВт (МГЭС-20ПрД) на напор 8...18 м и расходом 0,08...0,17 м<sup>3</sup>/с.

##### с ковшовым рабочим колесом

- мощностью до 100 кВт (МГЭС-100К) на напор 40...250 м и расходом 0,015...0,060 м<sup>3</sup>/с;
- мощностью до 180 кВт (МГЭС-200К) на напор 40...250 м и расходом 0,025...0,100 м<sup>3</sup>/с.

Таблица 2. Параметры МкГЭС с диагональной (Д) и ковшовой (К) турбинами

Параметры	МкГЭС 20ПрД	МкГЭС 100К	МкГЭС 200К
Мощность, кВт	10...20	до 100	до 180
Напор, м	8...18	40...250	40...250
Расход, м <sup>3</sup> /с	0,08...0,17	0,015...0,060	0,015...0,100
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1500	600; 750; 1000; 1500	
Номинальное напряжение, В	230, 400	230, 400	
Номинальная частота тока, Гц	50		

#### Диапазон применимости

- повсеместно, где возможно обеспечить напор свыше 1...2 м и достаточный расход;
- формально по классификации мощность МкГЭС – до 100 кВт.

**Ограничения на применение технологии:** практически нет.

**Достоинства и недостатки**

Достоинства:

- низкие эксплуатационные расходы;
- в наличии оборудование для МкГЭС, производимое высокотехнологичными заводами России;
- применение доступно даже для малых компаний и физических лиц;
- длительный срок службы;
- практически не оказывает негативного влияния на окружающую природную среду.

Недостатки:

- малые единичные мощности, недостаточные для многих производственных предприятий.

**Объекты внедрения в РФ**

Достаточно многочисленны по всей России.

**Сведения о наличии/отсутствии авторских прав на применяемую технологию, разработчиках и/или правообладателях технологии.**

В процессе создания и совершенствования оборудования МкГЭС некоторые агрегаты и отдельные узлы защищались авторскими правами.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ**

1. **Перспективы развития** возобновляемых источников энергии в России. Программа Европейского Проекта TACIS для Российской Федерации. М., 2009. Изд. «Атмограф».
2. **В.А. Васильев, Б.В. Тарнижевский.** Раздел 8 «ВИЭ» в ОИС НДТ в энергетике России, 2011 (<http://osi.ecopower.ru>, версия 2011).
3. **ГОСТ Р 51238** Нетрадиционная энергетика. Гидроэнергетика малая. Термины и определения ([www.gostexpert.ru](http://www.gostexpert.ru)).
4. **П. Пресняков.** Малая гидроэнергетика. На сайте «Экоток» [www.ecotoc.ru/alternative\\_energy/gidroenergetik](http://www.ecotoc.ru/alternative_energy/gidroenergetik)
5. [www.inset.ru](http://www.inset.ru)