

УДК 627.8.09

UDC 627.8.09

**КЛАССИФИКАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
МИНИГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ****CLASSIFICATION AND PERSPECTIVES OF  
MINI HYDROPOWER STATIONS**

Пономаренко Анастасия Сергеевна  
аспирант  
*Кубанский государственный аграрный  
университет, Краснодар, Россия*

Ponomarenko Anastasia Sergeevna  
postgraduate student  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В статье дан обзор классификаций мини гидроэлектростанций, типам размещения электростанций, способам исполнения, перспективам развития в Российской Федерации. Определены основные проблемы технического исполнения мини гидроэлектростанций

The classifications of mini hydropower stations, placement types of power stations, the methods of execution, the development prospects of the Russian Federation have been presented in the article. The basic problems of the technique of using mini hydropower stations have been revealed

Ключевые слова: МИНИ  
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, НАПОР ВОДЫ,  
МОЩНОСТЬ, ТИПОВЫЕ СХЕМЫ  
РАЗМЕЩЕНИЯ, ТУРБИНА

Keywords: MINI HYDROPOWER STATIONS,  
WATER PRESSURE, POWER, STANDARD  
ALLOCATION SCHEME, TURBINE

В России свыше 2,5 млн малых рек, на которые приходится около 99 % общего числа рек и около 93 % их протяжённости. Они формируют около половины суммарного объёма речного стока (более 1000 м<sup>3</sup>). Технический ресурс (потенциал) малых рек оценивается 382 млрд кВт ч в год, а степень использования этого потенциала составляет примерно 2,2 млрд кВт ч в год (объём производства малыми ГЭС России).

Установить экономический гидроэнергетический потенциал малых рек весьма затруднительно из-за отсутствия технико-экономических показателей, природных и строительно-хозяйственных условий сооружения малых ГЭС (МГЭС). Известна приблизительная оценка экономического потенциала (ресурса), составляющая около 55 % технического гидропотенциала.

Физические принципы процесса преобразования потенциальной энергии воды в электроэнергию просты, однако технические устройства, реализующие этот процесс, относительно сложные. Вода под напором направляется в водовод и далее попадает на лопасти турбины, на вал, у

которого находится ротор генератора, вращающийся в магнитном поле статора.

Основными проблемами внедрения МГЭС являются относительно высокая себестоимость оборудования и строительно-монтажных работ.

Стоимость гидроагрегатов мощностью свыше 100 кВт в зависимости от напора составляет 200–400 дол. за 1 кВт установленной мощности. Стоимость сооружения МГЭС «под ключ» составляет от 100 до 400 % к стоимости оборудования в зависимости от типа сооружения и количества агрегатов на станции.

Перспективным направлением является применение мини и микро ГЭС (МкГЭС) на реках в предгорных и горных районах, где сам ландшафт создает необходимый напор воды.

Использование МиниГЭС – для России вовсе не новое, а хорошо забытое старое: в 50-60-х годах у нас работало несколько тысяч малых ГЭС. В настоящее время их количество едва достигает нескольких сотен штук. Между тем, постоянный рост цен на органическое топливо приводит к значительному удорожанию электрической энергии, доля которой в себестоимости производимой продукции достигает более 20 %. На этом фоне малая гидроэнергетика обретает новую жизнь.

Возобновление интереса к МГЭС обусловлено следующими преимуществами малой энергетики.

1. Современная гидроэнергетика, по сравнению с другими традиционными видами электроэнергетики, является наиболее экономичным и экологически безопасным способом получения электроэнергии. Малая гидроэнергетика идет в этом направлении еще дальше. Небольшие электростанции позволяют сохранять природный ландшафт, окружающую среду не только на этапе эксплуатации, но и в

процессе строительства. При последующей эксплуатации отсутствует отрицательное влияние на качество воды: она полностью сохраняет первоначальные природные свойства. В реках сохраняется рыба, вода может использоваться для водоснабжения населения.

2. В отличие от других экологически безопасных возобновляемых источников электроэнергии, таких как солнце, ветер, малая гидроэнергетика практически не зависит от погодных условий и способна обеспечить устойчивую подачу дешевой электроэнергии потребителю.

3. Быстрый прогресс в области создания миниатюрных автономных электронных устройств по контролю и регулированию технологических процессов, в том числе и по дистанционному управлению малыми гидрогенераторами, работающими в сети или автономно.

4. Еще одно преимущество малой энергетики – экономичность. В условиях, когда природные источники энергии – нефть, уголь, газ – истощаются, постоянно дорожают, использование дешевой, доступной, возобновляемой энергии рек, особенно малых, позволяет вырабатывать дешевую электроэнергию. К тому же сооружение объектов малой гидроэнергетики характеризуется низкой затратностью и быстро окупается, отсутствуют проблемы, характерные для крупной гидроэнергетики (строительство сложных и дорогостоящих гидросооружений, затопление местности и т.п.).

Так, при строительстве МГЭС установленной мощностью около 500 кВт стоимость строительно-монтажных работ составляет порядка 14,5–15,0 млн руб. При совмещенном графике разработки проектной документации, изготовления оборудования, строительства и монтажа МГЭС вводится в эксплуатацию за 15–18 месяцев.

Расчёты показали, что себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на МГЭС, составит не более 0,45–0,5 руб за 1 кВт ч, а затраты на строительство окупятся за 3,5–5,0 лет.

По прогнозам через 3–4 года стоимость электроэнергии увеличится более чем в 2 раза, поэтому перспективы МГЭС очевидны.

В настоящее время имеется успешный опыт эксплуатации оборудования с использованием существующих плотин, каналов, систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий и объектов городского хозяйства, очистных сооружений, оросительных систем и питьевых водоводов.

Перспективным является направление упрощения конструкции МГЭС, прежде всего, за счёт использования нерегулируемых гидротурбин, а стабилизацию генерируемой электроэнергии осуществлять, используя статические (полупроводниковые) регуляторы.

Таким образом, малая энергетика – это на сегодняшний день наиболее экономичное решение энергетических проблем для территорий, относящихся к зонам децентрализованного электроснабжения, которые составляют более 70 % территории России. Обеспечение энергией удаленных и энергодефицитных регионов требует значительных затрат. В данном случае далеко не всегда выгодно использовать мощности существующей федеральной энергосистемы.

Выбор места и схемы размещения микро ГЭС определяется природными условиями, возможностями и желаниями будущего пользователя. МикроГЭС можно установить практически в любом месте.

Возможные, наиболее характерные типовые схемы размещения микро ГЭС на реке, пруду и ручье показаны на рисунке 1.

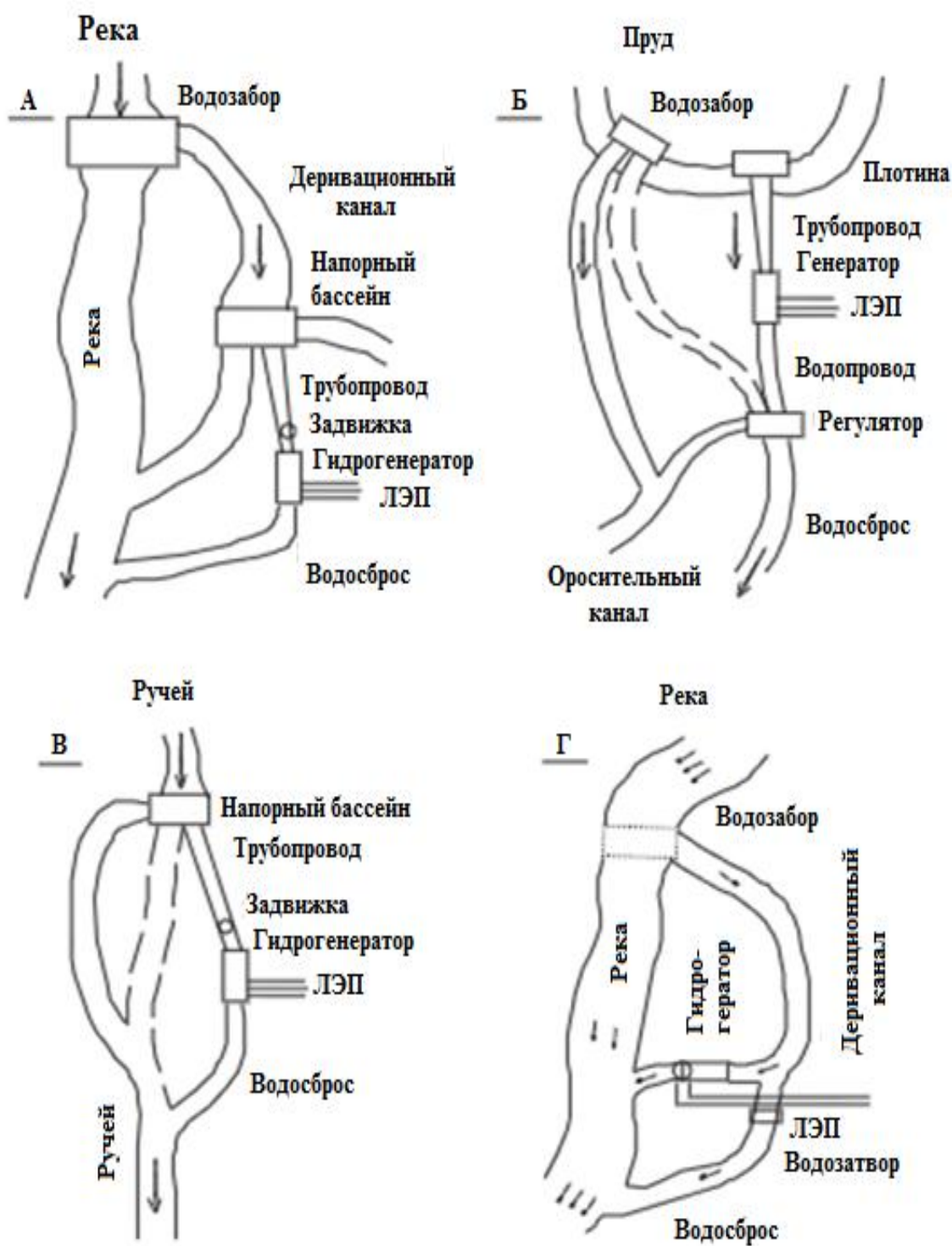


Рисунок 1. Типовые схемы размещения микро ГЭС на реке, пруду и у ручья

Как известно, вырабатываемая электроэнергия зависит от напора и расхода воды, а также от КПД ее преобразования. Зависимость мощности МГЭС от напора и расхода воды представлена на рисунке 2.

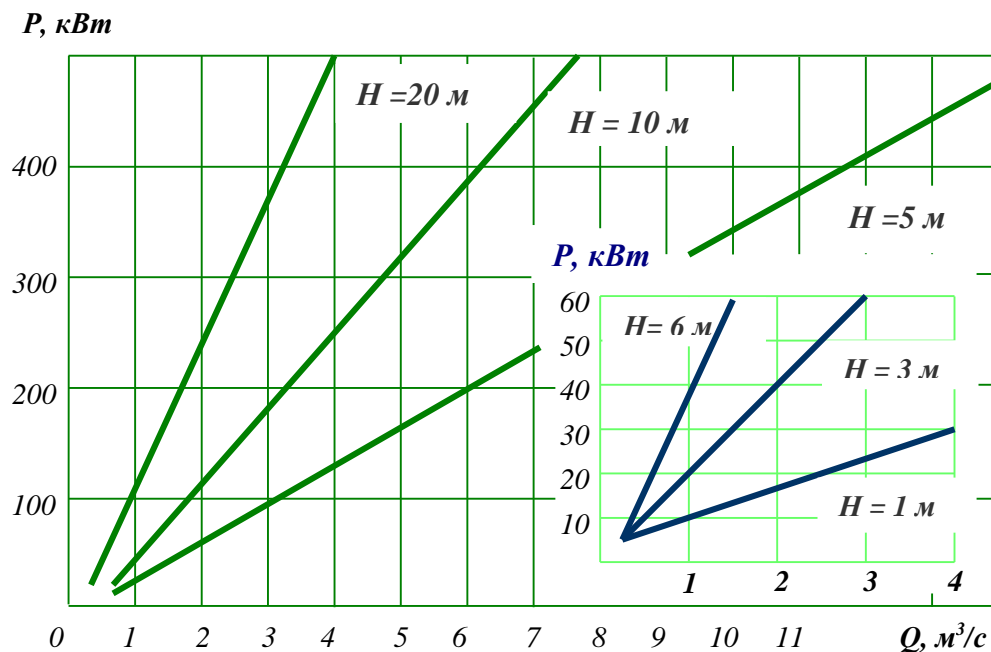


Рисунок 2. Зависимости мощности МГЭС ( $P$ ) от напора ( $H$ ) и расхода ( $Q$ ) воды при значениях КПД гидроагрегата  $\eta = 0,65-0,75$

По мощности ГЭС классифицируются:

- микрогидроэлектростанции (микроГЭС) – мощностью до 100 кВт;
- минигидроэлектростанции (миниГЭС) – мощностью от 100 до 500 кВт;
- малые гидроэлектростанции – мощностью 500 кВт до 10 МВт;
- средние гидроэлектростанции – мощностью – 10–1000 МВт;
- крупные гидроэлектростанции – мощностью выше 1000 МВт;

Энергетическое оборудование для малой гидроэнергетики подразделяется:

По мощности:

агрегаты для Микро ГЭС мощностью до 100 кВт включительно;

агрегаты для Мини ГЭС мощностью до 10 МВт включительно.

По условиям эксплуатации:

работа параллельно с промышленной сетью;

работа на изолированного потребителя.

ГЭС классифицируются и в зависимости максимального использования напора воды на:

высоконапорные – более 100 м;

средненапорные – от 25 до 100 м;

низконапорные – до 25 м.

Основой для малой гидростанции является гидроагрегат, который, в свою очередь, базируется на турбине того или иного вида. От того, какой напор воды использует МГЭС, различаются и виды применяемых в оборудовании турбин. Ковшовые и радиально-осевые турбины разработаны для высоконапорных ГЭС. Поворотно-лопастные и радиально-осевые турбины применяются на средненапорных станциях. На низконапорных ГЭС устанавливают в основном поворотно-лопастные турбины в железобетонных камерах.

Гидростанции малой энергетики по характеру исполнения подразделяются на:

- стационарные приплотинные, с совмещением плотины и здания ГЭС;

- стационарные безплотинные с трубопроводом напорной деривации;

- мобильные в контейнерном исполнении, с использованием в качестве напорной деривации пластиковых труб или гибких армированных рукавов;

- переносные мощностью до 10 кВт, при использовании их, в качестве сооружения небольшой плотины, так и с напорной деривацией;

- погружные безплотинные мощностью до 5 кВт (при скорости течения воды в водотоке порядка 3-х метров в секунду).

Наиболее просты в создании безплотинные ГЭС, поскольку сооружение плотины является сложным и дорогим процессом, часто требующим согласования с местными властями или соседями, экологических расчетов, а также водохранилища, образованные плотинами, оказывают вредное воздействие на окружающую среду, наносят ущерб ландшафту района расположения водохранилища. Кроме того, все водотоки несут с собой наносы, которые, оседая в водохранилище, снижают их полезную емкость. Поэтому полезное использование водохранилищ находится в пределах от 50 до 200 лет.

Безплотинные гидроэлектростанции (ГЭС) называются проточными. Существует четыре основных типа безплотинных гидроэлектростанций: гиляндная ГЭС, водяное колесо, пропеллер и ротор Дарье.

Гиляндные ГЭС подразделяются на два типа: поперечному течению и продольному. Гиляндная ГЭС является тросом с жестко закрепленными на нем роторами. Трос перекидывается между берегами реки. Роторы нанизаны на трос, как бусы, и полностью погружены в воду. Поток воды вращает роторы, роторы в свою очередь вращают трос. Один конец троса соединяется с подшипником, другой — с валом генератора.

Водяное колесо представляет собой колесо с лопастями, которое устанавливается перпендикулярно поверхности воды. Колесо погружается в поток меньше чем наполовину своего диаметра. Давление воды на лопасти вращает колесо, также существуют колеса-турбины, основанные на специальных лопатках, которые оптимизированы под струю жидкости.

Пропеллерные турбины быстроходны, просты и дешёвы, поэтому они широко применяются на небольших ГЭС. Однако и у пропеллерных турбин есть один существенный недостаток: турбина имеет наибольший коэффициент полезного действия при максимальном расходе воды, т.е. когда мощность турбины используется полностью, при меньших расходах



воды коэффициент полезного действия пропеллерных турбин уменьшается.

Этого недостатка лишены поворотные-лопастные водяные турбины реактивного действия, отличающиеся тем, что лопасти её рабочего колеса не закреплены неподвижно, с помощью специального механизма, находящегося внутри втулки рабочего колеса, лопасти могут поворачиваться, причём поворачиваются они одновременно с поворотом лопаток направляющего аппарата. Таким образом, как бы ни изменились направление и скорость потока воды, выходящего из направляющего аппарата, лопасти рабочего колеса этой турбины всегда бывают повернуты наиболее выгодным образом. Коэффициент полезного действия такой турбины остаётся высоким при различном расходе воды.

Ротор Дарье – это гидроэлектростанция в виде вертикального ротора, вращаемого за счет возникновения разности давлений на его лопастях. Разница давлений образуется благодаря обтеканию сложных поверхностей жидкостью. Эффект, подобный подъемной силе судов на базе подводных крыльев или подъемной силе крыла самолета. Привлекательность ГЭС на основе ротора Дарье заключается в том, что ось ротора размещается в вертикальной плоскости и отбор мощности производится над водой, без применения дополнительных преобразований и передач. Такой ротор вращается при любом направлении потока.

Микро-ГЭС могут работать как параллельно с сетью, так и автономно, т.е. непосредственно питая потребителя. Полный ресурс работы станции составляет не менее 40 лет (не менее 5 лет до капитального ремонта).

Выработка электроэнергии с использованием энергии движущейся воды – обычные и горные реки, водопроводные и канализационные сети, является наиболее экологически чистым и экономичным решением энергетических проблем для территорий, относящихся к зонам децентрализованного электроснабжения, обеспечения собственной

электроэнергией фермерских хозяйств и прочих потребителей, и в отличие от других экологически безопасных возобновляемых источников электроэнергии, таких как солнце, ветер, малая гидроэнергетика практически не зависит от погодных условий и способна обеспечить устойчивую подачу дешевой электроэнергии потребителю.

В условиях, когда природные источники энергии – нефть, уголь, газ – истощаются, постоянно дорожают, использование дешевой, доступной, возобновляемой энергии рек, особенно малых, позволяет вырабатывать дешевую электроэнергию. Это значительно дешевле и выгоднее, чем строительство линий электропередач или эксплуатация дизельных установок. Устройства в большинстве случаев не требуют каких либо масштабных строительных работ, нет необходимости строить дамбы, что не затрагивает экологию места установки микро ГЭС. К тому же сооружение объектов малой гидроэнергетики обладает низкими затратами и быстрой окупаемостью.

Таким образом, в настоящее время перспективным направлением является разработки МГЭС для удаленных объектов электроснабжения.

#### Список литературы

1. Лукутин Б.В., Обухов С.Г., Папдарова Е.Б. Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанции. Томск, 2001.
2. Затеев В.Б. Введение в специальность гидроэлектроэнергетика: Учеб. пособие. Саяногорск: СШФ СФУ, 2007
3. *Лукутин Б.В.* Возобновляемые источники электроэнергии. Учеб. пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008.
4. Обухов С.Г. Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых энергоресурсов: Учеб. пособие, 2008.

#### References

1. Lukutin B.V., Obuhov S.G., Papdarova E.B. Avtonomnoe jelektrosnabzhenie ot mikrohidrojelektrostancii. Tomsk, 2001.
2. Zateev V.B. Vvedenie v special'nost' gidrojelektrojenergetika: Ucheb. posobie. Sajjanogorsk: SShF SFU, 2007
3. Lukutin B.V. Vozobnovljaemye istochniki jelektrojenergii. Ucheb. posobie. – Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2008.
4. Obuhov S.G. Sistemy generirovaniya jelektricheskoy jenergii s ispol'zovaniem vozobnovljaemyh jenergoresursov: Ucheb. posobie, 2008.