

**АСАНОВ А.А., ДЖАМАНКЫЗОВ Н.К., НИЯЗОВ Н.Т.,
МЕКЕНБАЕВ Б.Т., ТУРДАКУН УУЛУ НУРГАЗЫ.**

¹КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика

²Институт Физики им. академика Ж. Жеенбаева НАН КР, Бишкек,
Кыргызская Республика

**ASANOV A.A., DZHAMANKYZOV N.K., NIYAZOV N.T.,
MEKENBAEV B.T., TURDAKUN UULU NURGAZY.**

¹KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic

² Institute of Physics. Academician Zh. Zheenbaev NAS KR, Bishkek, Kyrgyz Republic
asanov52@mail.ru nasip49@gmail.com niazovnt@mail.ru
mekenbt@mail.ru nurgazy-t@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КЫРГЫЗСТАНЕ НА ОСНОВЕ РЕСУРСОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SMALL-SCALE ENERGY IN KYRGYZSTAN BASED ON RENEWABLE AND ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

Макалада республикада электроэнергияны өндүрүүнүн азыркы мезгилдеги абалы каралган. Калыптануучу жана альтернативдүү энергия булактарынын ресурстарынын негизинде кичи энергетикалык объектерин куруу мүмкүнчүлүктөрү көрсөтүлгөн. Ойдуңдагы аз жантайган дарыялардын жана каналдардын гидрогеологиялык мүнөздөрүнүн негизинде кичи гидроэлектрстанцияларынын тармагын өстүрүү максатка ылайыктуулугун негиздөө каралган. Ушундай суу агымдарында энергетика объектерин курууда чыгарылуучу негизки маселелер калыптандырылган. Ойдуңдагы аз жантайган дарыяларда жана каналдарда электроэнергияларын генерациялоочу түзүлүштөрдүн жаңы түрлөрү, адаттагы түрлөрүнө салыштырмалуу артыкчылыктары көрсөтүлгөн.

Өзөк сөздөр: гидроэлектрстанция, калыптануучу энергия булактары, турбиналар, аз жантайган дарыялар.

В статье рассматривается современное состояние выработки электроэнергии в республике. Показаны возможности сооружения объектов малой энергетики, на основе ресурсов возобновляемых и альтернативных источников энергии. Дается обоснование целесообразности развития сети малых ГЭС с учетом гидрогеологических характеристик слабонаклонных равнинных рек и каналов. Сформулированы основные задачи, решаемые при сооружении объектов энергетики таких водотоках. Показаны преимущества новых видов установок для генерации электроэнергии по сравнению с традиционными типами на равнинных реках и каналах.

Ключевые слова: гидроэлектрстанция, возобновляемые источники энергии, турбины, слабонаклонные реки.

The article discusses the current state of production electricity in the republic. The possibilities of building objects are shown small energy, based on renewable and alternative resources energy sources. The substantiation of the expediency of network development is given small HPPs, taking into account the hydrogeological characteristics of slightly inclined flat rivers and canals. The main tasks to be solved during the construction of energy facilities on such watercourses are formulated. Showing advantages of new types of installations for generating electricity according to compared with traditional types on flat rivers and canals.

Key words: hydroelectric power plant, renewable sources energy, turbines, gently sloping rivers.



Введение. Целью государственной политики в сфере развития энергетики в Кыргызской Республике (КР) должно быть устойчивое развитие топливно-энергетического комплекса для обеспечения энергетической безопасности страны. СВ текущий момент система энергообеспечения КР, бедной на нефть и газ, основывается по большей части на использовании водных ресурсов, и в небольшой степени твердого топлива. Доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) не превышает 1%.

За годы независимости страны основные источники по выработке электроэнергии существующих гидравлических и тепловых электростанций остались на прежнем уровне. Производство электрической энергии осуществляют 7 гидроэлектростанций (ГЭС), 2 тепловые станции (ТЭС) национального значения и 11 малых ГЭС с различной формой собственности. Выработка остальной электроэнергии осуществляется малыми ГЭС, ТЭС г. Бишкек и ТЭС в г. Ош. По статистике 2019 года, годовая суммарная выработка электроэнергии достигла 14 879 млрд. кВтч, из них 87 % пришлось на ГЭС, 13 % на ТЭС, потери составили более 2,0 млрд. кВтч [1].

Надежда на то, что именно гидроэнергетика и энергетический потенциал рек обеспечит страну энергией не соответствует действительности. Периодически наступающие маловодные годы, в условиях ежегодного роста потребления энергии по республике, привели к сокращению электропотребления к опасной черте, что привело резкому росту импорта электроэнергии из соседних стран. Электроэнергетический комплекс страны в текущий момент из-за непреодолимых факторов не способен обеспечить круглогодичное надежное энергоснабжение потребителей, что, помимо прямых экономических убытков, серьезным образом ухудшает деловой и инвестиционный климат в стране. Для организации новых производств, требующей постоянного и бесперебойного снабжения электроэнергией нужны новые энергетические мощности. Выход из положения видится в развитии сети малой энергетики, основанной на различных источниках.

Изложение основного материала. Во времена СССР была определенная специализация в выработке электроэнергии. Так в таких странах как Казахстан, Узбекистан и Туркмения, богатых залежами угля, нефти и газа энергетическая отрасль основывалась на применении органических топлив [1]. В Таджикистане и Кыргызстане, богатых водными ресурсами, энергетика основывалась на строительстве ГЭС.

Производство электрической энергии осуществляют 7 гидроэлектростанций, 2 тепловые станции национального значения и 11 малых ГЭС с различной формой собственности. Выработка остальной электроэнергии осуществляется малыми ГЭС, ТЭС г. Бишкек и ТЭС в г. Ош. По статистике 2019 года, годовая суммарная выработка электроэнергии достигла 14 879 млрд. кВтч, из них 87 % пришлось на ГЭС, 13 % на ТЭС, потери составили более 2,0 млрд. кВтч [1].

Из приведенных данных следует, что гидроэнергетика является магистральным путем развития энергетических мощностей в республике, богатой на водные ресурсы. Вместе с тем, следует заметить, что она имеет одновременно сильную и слабую стороны. Сильная потому что она не загрязняет окружающую среду, а себестоимость электроэнергии существенно ниже других возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Слабая – первоначальные высокие затраты на сооружение и длительный срок окупаемости. При строительстве плотинных ГЭС наносится огромный вред окружающей среде из-за затопления больших площадей, в отдельных случаях, с огромными залежами полезных ископаемых.

Гидроэнергетика в годы маловодья нуждается в поддержке от других более затратных источников энергии, например, ТЭС, которые не получили пока развития. За годы независимости ситуация почти не изменилось, только в последние годы, в связи с экологическими проблемами, наши соседи начали уделять внимание на применение альтернативных энергоносителей и ВИЭ.

К альтернативным энергоносителям относят энергию солнца, ветра, геотермальную водородную и биоэнергию, энергию силикатов, топливных элементов и др. [2]. Ресурсы энергии внутреннего тепла земли, солнца, ветра, биоэнергия - огромны. Поэтому в



Кыргызстане прогнозируется к 2025 г. построить солнечные электростанции суммарной мощностью до 1000 МВт.

Анализ опыта строительства СЭС в соседних странах показывает, что для солнечной энергетики нужны большие площади. Для монтажа таких станций проектной мощностью 1 МВт требуется в среднем 1,5...1,7 гектара земли. При этом объем вырабатываемой в течение года электроэнергии не превышает 1,2 млн. квтч. По данным климатической системы PV-GIS CMSAF инсоляция районов возможного строительства в среднем составляет 2600 кВт/м²/год [3]. Согласно этим данным, солнечные станции могут быть сооружены почти во всех областях страны. Таким образом, у солнечной энергетики есть определенный потенциал в Кыргызстане, который пока практически не использован из-за дороговизны производства электроэнергии на фотоэлектрических станциях.

Определенный потенциал имеют ветровая энергетика. Использование силы ветра - один из самых древних способов производства энергии. Вплоть до XIX века ветровые турбины были основными источниками энергии. Их заменили устройства, использующие энергию пара [4]. Ветровая энергия изобильна, чиста, безопасна и надежна в качестве ресурса для производства электроэнергии. Цена производства электричества на ветровых станциях постоянно снижается, она производит электроэнергию гораздо ближе к потребителю, что снижает ее потери и стоимость строительства линий электропередач. Технология производства ветровых турбин достигла больших масштабов. Где ветры постоянны, при скорости более 8 м/с, используют ВЭУ различной конструкции и мощности. Энергия, производимая ВЭУ, зависит от диаметра лопастей ротора и скорости ветра. Производимые в настоящее время установки имеют обычно мощность от 40 Вт до 5000 кВт. ВЭУ мощностью 10 кВт может произвести в год около 16000 квтч, а мощностью 600 кВт - 130 000 квтч.

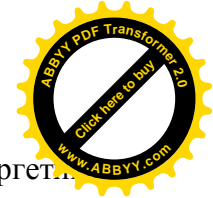
Для нашей страны определенный интерес представляют также перспективы использования энергии биосинтеза, производства биогаза, моторного топлива и спирта из биомассы. В ряде стран (США) для сжигания выращивают быстрорастущие "супердеревья", которые в отличие от обычных дров можно относить к альтернативным энергоносителям.

Горючие отходы - это огромная топливная база для малых энергетических установок, которые могут создаваться буквально везде, где они имеются. И такая огромная топливно-энергетическая база (например, торф, солома и др. включая уголь) может привести к тому, что малых электростанций на сжигании может оказаться гораздо больше, чем всех ВИЭ, как и иных установок альтернативной энергетики вместе взятых. Поэтому во многих странах в производстве электроэнергии и тепла особенно велика роль ископаемого угля (%): Польша - 96, ЮАР - 90, Австралия - 84, Китай - 80, Чехия - 71, США - 56, Дания - 52, Германия - 51. Исключение представляет Россия, всего 18 %. Это связано с тем, что в этой стране газ дешевле угля [5].

Кыргызстан имеет достаточные предпосылки для развития альтернативной угольной энергетики. Запасы угля могут стать одним из двигателей прогресса многих отдаленных регионов нашей страны и благосостояния народа. Энергетика страны имеет свои особенности, связанные не только со значительными запасами водных ресурсов и угля, так и с разнообразием природно-климатических условий страны и наличием зон с экстремальными природно-климатическими условиями, что значительно усложняет задачи, стоящие перед создателями оборудования, для малой энергетики [6].

Главным недостатком современных энергетических источников является непостоянство их действия - ночью, в пасмурную погоду (солнце), безветрие, штиль (ветер) и т.д. Кроме того, годы маловодья в прямую влияют на эффективность функционирования малых ГЭС [1,5]. Поэтому, по мнению специалистов, по своей природе сегодня они, применительно нашей стране, могут рассматриваться только как источники для обеспечения локальных потребителей и улучшения экологической обстановки в местах их расположения.

В текущий момент, наступивший энергетический кризис в Кыргызстане, связанный с дефицитом генерирующих мощностей, снижением выработки энергии на ГЭС, ограничением использования запасов органического топлива из-за стремительно возрастающих проблем экологии, определяют все больший интерес к использованию



ВИЭ. В отличие от других экологически безопасных ВИЭ, малая гидроэнергетика (МГЭС) для Кыргызстана, основанная на использовании энергетического потенциала горных рек и водоемов может занять весьма существенное место по запасам и масштабам в стране. Гидроэнергетические ресурсы республики состоят из 268 рек, 97 крупных каналов и 18 водохранилищ, потенциал которых составляет около 145 млрд. квтч ежегодной выработки электроэнергии. На сегодня используется всего 10 % от этого объема для генерации энергии [8].

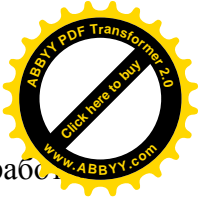
Применение энергетического потенциала водных ресурсов в мире объясняется высокой плотностью потока воды и относительной временной стабильностью режима стока большинства рек. Большая плотность воды по сравнению с воздухом (в сотни раз) определяет, при прочих равных условиях, соответствующее уменьшение массогабаритных и стоимостных показателей рабочего колеса гидротурбины по сравнению с ветровой установкой. Стабильность потока воды и широкие возможности по регулированию его энергии позволяют использовать более простые и дешевые системы генерирования и стабилизации параметров производимой электроэнергии. В итоге, ГЭС производят более дешевую электроэнергию по сравнению с другими видами ВИЭ [5].

В историческом ракурсе, индустриализация СССР в 30-х гг. XX в. потребовала резкого увеличения выработки энергии, в том числе в нашей республике. Это привело к массовому строительству ГЭС разных размеров и формированию единой энергетической системы страны. В 1960-е годы МГЭС были признаны малоэффективными, и дальнейшее развитие гидроэнергетики основывалось исключительно на строительстве крупных плотинных ГЭС [1]. Известные ГЭС, сооруженные на р. Нарын на юге страны удовлетворяли до последнего времени потребности страны, позволили увеличить эффективность генерации энергии, но в то же время создали серьезные экологические и социальные проблемы, связанные с затоплением больших территорий и переселением людей. Опыт эксплуатации каскада крупных ГЭС на р. Нарын показал, что подключение удаленных потребителей к единой энергосети приводит к большим потерям при передаче (например, на север республики), что обуславливает решение проблемы снижения потерь на основе разумного сочетанием малых и крупных ГЭС.

Для восстановления малой энергетики в 2012 году была принята концепция развития МГЭС в КР, однако ввод новых мощностей таких станций фактически не произошло, поставленные цели и задачи не были реализованы. Периодически наступающие маловодные годы, в условиях ежегодного роста потребления энергии по республике, привели к сокращению электропотребления к опасной черте, равной 11-12 млрд. квтч. Население страны растет, объем вырабатываемой электроэнергии не хватает. В этом году страна до 3,0 млрд. квтч импортировала из соседних стран. Для организации новых производств, требующей постоянного и бесперебойного снабжения электроэнергией нужны новые энергетические мощности. Выход из положения видится в развитии сети малой энергетики (МГЭС), основанной на различных источниках.

Только в последние годы происходит понимание необходимости использования МГЭС в энергосистеме страны. Рост интереса к МГЭС также обусловлен их экологической привлекательностью [9, 11]: гидротехнические сооружения МГЭС не подтопляют местности и сельскохозяйственные угодья, не приводят к сносу и переносу населенных пунктов; МГЭС позволяют сохранять ландшафт и окружающую среду в процессе строительства и на этапе эксплуатации; вода, проходящая через малую гидротурбину, сохраняет свои первоначальные природные свойства. К тому же сооружение МГЭС требуют низких затрат и быстро окупаются. МГЭС могут устанавливаться практически на любых водотоках: от небольших ручьев до крупнейших рек. Соответственно изменяется и мощность их гидроагрегатов. К малой энергетике относятся различные гидротехнические сооружения с установленной мощностью до 30 МВт. Конструкция и принципы построения энергоустановок могут существенно отличаться между собой. Принципиальное отличие МГЭС от обычной заключается в отсутствии необходимости сооружения крупных гидротехнических и других объектов, что упрощает строительство [10].

Тенденция к упрощению гидротехнической части станций существенно повышает требования к устройствам генерирования электроэнергии и стабилизации ее параметров.



Соответственно, вопросы, связанные с исследованиями режимов работы электромашинных генераторов таких станций в комплексе с системами регулирования величины и частоты выходного напряжения, приобретают первостепенное значение для создания современных МГЭС [4].

С учетом технических и технологических особенностей объектов МГЭС, в частности отсутствия крупных водохранилищ и наличия ограничений по регулированию стока рек, к актуальным научным задачам при сооружении МГЭС относятся, также определение гидроэнергетического потенциала рек и выбор оптимальных характеристик гидравлических турбин по расчетным параметрам водотока.

Обычно МГЭС содержит в своей конструкции такие обязательные элементы как гидротурбина, электромашинный генератор, система стабилизации выходного напряжения и ряд элементов, наличие и конструкция которых зависит от типа и особенностей станции: определенные гидротехнические сооружения, запорная арматура, балластные нагрузки и т.д. Стержневым элементом в этом перечне является гидротурбина. В качестве гидротурбин, преобразующих энергию потока в механическую энергию приводного вала генератора, в той или иной степени используются поворотные-лопастные, радиально-осевые, импульсные, осевые, турбины с горизонтальной и наклонной осями вращения и т.д. [10]. За рубежом налажен серийный выпуск таких промышленных гидротурбин (таблица 1). Кроме ковшовых турбин, типа турбины типа Pelton, наибольшим спросом пользуются пропеллерные (Каплан), радиально-осевые (Френсис) и поперечно-струйные гидротурбины, самостоятельный интерес представляют турбины шнекового типа.

В текущий момент на территории республики функционирует около десятка МГЭС, сравнительно недавно были построены и запущены в эксплуатацию три малых ГЭС, суммарной мощностью 10 МВт на севере республики. Было установлены ковшовые турбины фирмы SINK Hydro (Чехия). Турбина такого типа эксплуатируется с высокой эффективностью даже при малых расходах воды.

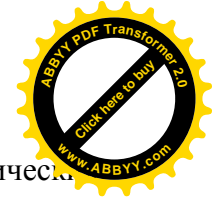
Таблица 1 - Характеристики гидравлических турбин для малых ГЭС

| Тип турбины | Поворотные-лопастные | Радиально-осевые | Ковшовые |
|----------------|---|--|---|
| Внешний вид |  |  |  |
| Напор | От 1,5 до 85 м | От 10 до 700 м | От 70 до 1200 м |
| Мощность | От 0,2 кВт до 200 МВт | От 0,2 кВт до 500 МВт | От 0,3 до 350 МВт |
| Диаметр колеса | От 0,5 до 10 м | От 0,4 до 7,5 м | От 0,5 до 4 м |

Ниже на рис. 1 приведены место строительства малой ГЭС и общий вид гидротурбины типа Pelton в Чуйской долине.



Рис. 1. Река Чон-Кемин, где сооружена малая ГЭС с турбины типа Pelton



Как правило, МГЭС не требуют возведения сложных гидротехнических сооружений, они строятся преимущественно при плотинном и деривационном исполнении. Поэтому их турбины устанавливаются либо в свободном потоке воды, либо в специальном напорном трубопроводе.

Для работы в свободном потоке воды применяют, в основном, гидротурбины активного типа, типичным примером которых могут служить водяные мельницы. Достоинством таких турбин является их максимальная простота и относительная жесткость механических характеристик. Тем не менее, низкая частота вращения и малый КПД гидротурбин ограничивает их применение в гидроэнергетике.

Напорный трубопровод позволяет повысить энергию рабочего потока воды, применять более эффективные типы гидротурбин реактивного типа. Очевидно, что мощность гидротурбины с напорным трубопроводом не будет зависеть от водного режима реки, если ее минимальный сток превышает количество воды, поступающей в трубопровод. Диаметр трубопровода и перепад высот между его верхней и нижней бьефов определяют расчетную мощность станции. Стоимость трубопроводов, выполненные из разных материалов, существенно зависит от рельефа местности, определяя целесообразность применения МГЭС, прежде всего в горных районах с большими уклонами русла реки. Правильное использование рельефа местности, а также простейшие сооружения типа деривационных каналов, во многих случаях, позволяют снизить стоимость МГЭС.

Следует отметить, что быстроходные гидротурбины позволяют использовать генераторы, обладающие хорошими массогабаритными показателями и низкой стоимостью. В случае, когда частота вращения гидротурбины МГЭС мала (практически менее 300 об/мин) целесообразно применение мультипликаторов или других генераторов для повышения КПД и минимальной массы установки в целом.

На низконапорных МГЭС преимущественное распространение получили реактивные гидротурбины пропеллерного типа с номинальной высокой частотой вращения, что позволяет исключить мультипликатор из состава энергоустановок. Упрощение конструкции МГЭС, прежде всего, сводится к использованию нерегулируемых гидротурбин и, соответственно, совершенствованию электрической части станций, в первую очередь генераторов.

В нашей стране, за время длительного игнорирования МГЭС был утрачен опыт использования энергии малых рек, ликвидированы многие из имевшихся мини-ГЭС и свернуто производство оборудования для них. В текущий момент сохранились лишь каскад Аламинской ГЭС и Быстровская ГЭС, суммарная мощность которых не превышает 40 МВт. Они расположены на равнинной реке Чу – основного источника орошения земель и гидроэнергетических ресурсов Чуйской долины. В ходе исследований гидрологических особенностей р. Чу было установлено, что ввиду равнинного характера ландшафта местности, на слабонаклонных участках не представляется возможности создания плотины с высоким нормальным подпорным уровнем. С учетом результатов проведенного анализа конструкции и характеристик традиционных гидротурбин было установлено, что для таких равнинных рек предпочтительны турбины иных типов, характеристики которых соответствуют режимам водотока рек, аналогичных р. Чу.

Нами предлагается новая конструкция энергоустановки (рис. 2), которая позволяет строить на их основе автономные источники электропитания, обеспечивающие генерирование высококачественной электроэнергии при минимальных требованиях к приводной турбине. Это направление развития МГЭС в наибольшей степени будет отвечать как производственно-технологическим, так и эксплуатационным требованиям.



Рис. 2. Равнинный канал и общий вид новой конструкции установки для генерации энергии

Выводы. Такие конструкции в перспективе могут получить широкое применение в равнинных реках и каналах страны. Этому способствуют и меры, принимаемые со стороны Правительства КР, связанные с принятием закона о ВИЭ, повышением тарифов на электроэнергию и представлением преференций и налоговых послаблений хозяйствующим субъектам, занимающихся строительством объектов ВИЭ.

Новый подход к созданию современных МГЭС на равнинных реках требует проведения глубоких исследований, необходимость которых объясняется сложностью процессов преобразования низконапорного потока воды в электроэнергию со стабильными параметрами. Современные достижения в области электромашиностроения, полупроводниковой и преобразовательной техники позволяют эффективно разрабатывать энергетические установки, которые обладают принципиально новыми свойствами и решают ранее недоступные задачи.

Список литературы

1. Асанов А.А. Техничко-экономическое обоснование промышленного применения угольных технологий в Кыргызстане [Текст]. Монография / А.А.Асанов, К.К.Орозов. – Б.: 2021. – 214 с.
2. Михайлов Л.П. Малая гидроэнергетика [Текст] / Л.П. Михайлов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 312 с.
3. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 [Текст] / под ред. А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина. – Москва: ИНЭИ РАН – ЦЭ МШУ СКОЛКОВО, 2019. - 210 с.
4. Стоянов Н.И. Проблемы и перспективы использования возобновляемых источников энергии [Текст] / Н.И. Стоянов А.И.Воронин, С.В. Буслов и др. // Современная наука и инновации. - 2015. - № 2 (10). - С. 114–122.
5. Асанов А.А. Энергоэффективное использование углей Кыргызстана [Текст] / А.А.Асанов. - Бишкек: из-во «Инсанат», 2018. - 292 с.
6. Айтматов И.Т. Стратегические вопросы возрождения и развития угледобычи в Кыргызстане [Текст] / И.Т. Айтматов, Р.Ю. Ернеев // Энергетика и природопользование. - УрФУ. – 2010. - № 13. - с. 370 – 373.
7. Елизарьева М. С. Перспективы использования возобновляемой энергетики в России [Текст] / М. С. Елизарьева. - European Science (Иваново). 2017. - № 3 (25). - С. 21–24.
8. Асанов А.А. Новые подходы к эффективному использованию водно-энергетических ресурсов Кыргызстана [Текст] / А.А.Асанов // Машиноведение. - Институт машиноведения и автоматики НАН КР. – 2022. - № 1(12). - с. 14–22.
9. Прошкина И.П. Малые ГЭС – экологически чистый способ получения энергии [Текст] / И.П. Прошкина // Возобновляемая энергия: ежеквартальный информационный бюллетень. – 2002. - № 4. - С. 8–12.



10. Липкин В. И. Введение в малые и микро ГЭС [Текст] / В. И. Липкин.
Бишкек: «Алтын Тамга», 2012. – 50 с.

