

УДК: 621.22

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Иноятова К.Л.<sup>1</sup>, Гулахмадзода А.А.<sup>1\*</sup>, Ходжаева Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>\*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

\*Автор корреспонденции. E-mail: agulakhmadov@gmail.com

**Аннотация.** В статье приводятся ряд возможностей для строительства гидроэлектростанции (ГЭС), в частности гидроаккумулирующих электростанции (ГАЭС). Оценивается возможность по проектированию ГЭС/ГАЭС в гидроэнергетических комплексах водохозяйственных систем в условиях стран Центральной Азии. Приведены рекомендации по проектированию и расчету водно-энергетических расчетов, технологического оборудования и его компоновки. Показаны гидроэнергетические возможности использования водных ресурсов Таджикистана и Узбекистана для строительства ГЭС/ГАЭС больших мощностей для покрытия энергетических нужд стран Центральной Азии.

**Ключевые слова:** гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС), гидроэнергетический потенциал, энергетика Таджикистана и Узбекистана, водная энергетика, крупные ГЭС ЦА, водные ресурсы Таджикистана, строительство ГАЭС.

### Введение

Известно, что энергоресурсы в наше время оказывают все большее влияние на все стороны жизни общества. Являясь основой экономики любой страны, они определяют социальные условия жизни людей, оказывают прямое или опосредованное влияние на окружающую среду.

Богатый энергетическим сырьем и гидроресурсами регион Центральной Азии привлекает пристальное внимание не только соседей, но и отдаленных географически США и стран Евросоюза. В то же время государствам ЦА приходится сталкиваться с проблемами бедности, перенаселения, нехватки воды и электроэнергии. В республиках Средней Азии и южной части Казахстана был создан единый интегрированный водно-энергетический комплекс, управлявшийся из единого центра в Узбекистане. Система позволяла балансировать сезонные колебания спроса на электроэнергию и потребности в воде как ирригационном ресурсе с колебаниями запасов воды в горных реках. В зимнее время Киргизия и Таджикистан накапливали воду в водохранилищах и получали электроэнергию и энергоресурсы (уголь и природный газ) из Казахстана, Туркме-

нии и Узбекистана. В летнее время Киргизия и Таджикистан направляли воду в Узбекистан и Казахстан для ирригационного земледелия. Кроме того, Киргизия и Таджикистан поставляли соседям гидроэлектроэнергию, производимую в избыточных, относительно внутренних потребностей, масштабах [1,2,3].

В настоящее время единого политического и хозяйственного центра в Центральной Азии не существует, а интересы независимых государств, в том числе в энергетике, нередко носят взаимоисключающий характер. Водно-энергетический комплекс Центральноазиатского региона (ЦАР) обладает крупнейшим энергетическим потенциалом, составляющим, по разным оценкам, 430–460 млрд кВт/ч в год. Однако его развитие сталкивается с рядом системных проблем. Почти 85% водных ресурсов региона сосредоточено в Таджикистане и Кыргызстане. Эти страны, расположенные в зоне формирования стока Амударьи и Сырдарьи, заинтересованы, прежде всего, в энергетическом использовании водных ресурсов горных рек (Вахша, Пянджа, Зеравшана, Нарына), являющихся основными составляющими Амударьи и Сырдарьи. Ирригация

для них имеет подчиненное значение. Как уже отмечалось, для данных стран вегетационный период (весна–лето) в приоритетном порядке связан с накоплением водных ресурсов в водохранилищах (Нурекское, Кайраккумское в Таджикистане, Токтогульское в Кыргызстане) во время таяния накопившегося зимой в горах снега и ледников, с которых берут начало реки региона. Межвегетационный период (осень–зима) характеризуется повышенным потреблением и активной выработкой электроэнергии, что, соответственно, требует выпуска больших объемов воды. Напротив, для Казахстана, Узбекистана и Туркменистана приоритетным является вегетационный период, в течение которого водные ресурсы активно используются для нужд орошаемого земледелия[4,5,6].

Противоречия в сезонных потребностях в водных ресурсах и требованиях к гидрологическому режиму рек со стороны электроэнергетики и ирригации приводят к тому, что в зимний период происходит затопление части территории Казахстана и Узбекистана в связи с энергетическим режимом работы водохранилищ. Это также приводит к потере воды, вынужденно направляемой в естественные понижения (выпуски из одного только Токтогульского водохранилища в зимний период в среднем составляют 3 куб. км ежегодно, а в отдельные годы достигают 9 куб. км), и к серьезным экологическим последствиям.

Ныне в Таджикистане единственным доступным промышленному освоению энергоресурсом является гидроэнергия рек. Ее запасы практически неограниченны, 527 млрд. кВт.ч. в год, из которых сегодня осваивается только порядка 18 млрд. кВт.ч. При этом в республике имеется огромное количество рек, от крупных до самых мелких, поэтому теоретически возможно обеспечить устойчивое, бездефицитное энергоснабжение, как строительством одной или нескольких крупных

станций с передачей их энергии во все регионы, так и возведением сотен мелких ГЭС, размещенных в непосредственной близости к потребителям.

Экспортное или совместное с другими странами Центральной Азии развитие гидроэнергетики Таджикистана сможет распространить процесс экологического оздоровления окружающей среды за счет резкого сокращения эмиссии парниковых газов на весь регион. И это вполне реальные возможности. В целом, в ЦАР в последние годы потребляется порядка 150 млрд. кВт.ч. электроэнергии в год. Это в два раза меньше, чем технически реальные гидроэнергоресурсы Таджикистана. Гидроэнергия Таджикистана, имеющая очень низкую себестоимость и являющаяся экологически чистой, всегда будет конкурентоспособной как на мировом, так и на региональном рынках.

Одновременно с выработкой электроэнергии гидроэнергетика Таджикистана параллельно решает и другую проблему - регулирование речного стока для ирригации, причем, для всего региона ЦА в целом. Уже сегодня Таджикистан за счет водохранилища Бахри Тоҷик практически полностью обеспечивает сезонное регулирование стока реки Сырдарьи в интересах Узбекистана и Казахстана. В бассейне реки Амударьи такие же функции обеспечивает Нурекское водохранилище.

#### **Перспективы развития энергетического комплекса стран ЦА**

Гидроэнергетику относят к «зеленому» способу добычи электричества. В свете продвигаемой климатической повестки этот ресурс важнее солнечной и ветроэнергетики в силу факторов, которые можно охарактеризовать одним словом – рациональность. Водный вопрос чаще называют проблемным для стран ЦА. Себестоимость электроэнергии и эксплуатационных расходов ГЭС/ГАЭС в два, а то и в 5-6 раз ниже, чем на теплоэлектростанции. ГЭС/ГАЭС – дешевый и надеж-

ный поставщик энергии. Капитальные затраты на речную энергетику оправдают себя, поскольку жизненный цикл станции может быть почти вечным. Конечно, когда требуется строительство плотинной станции, нескольких каскадов и регуляторов, приходится учитывать, как отразится это на потребителях ниже по течению. Гидроэлектростанции в азиатском регионе начали строить более ста лет назад. Гиндукушская ГЭС, находящаяся на территории нынешней Марыйской области в Туркменистане считается первой круп-

нейшей ГЭС построенной на территории ЦА. Энергетический комплекс Центральной Азии привлекает пристальное внимание практически всех прилегающих стран. Интерес к проектам развития водно-энергетических ресурсов ЦА проявляют США, ЕС, Китай, Россия, Иран, Индия, Пакистан. Как правило, внешние партнеры имеют к этим проектам не столько коммерческий, сколько геополитический интерес. Речь идет, скорее, о конкуренции за наращивание своего присутствия и влияния в регионе[7,8].

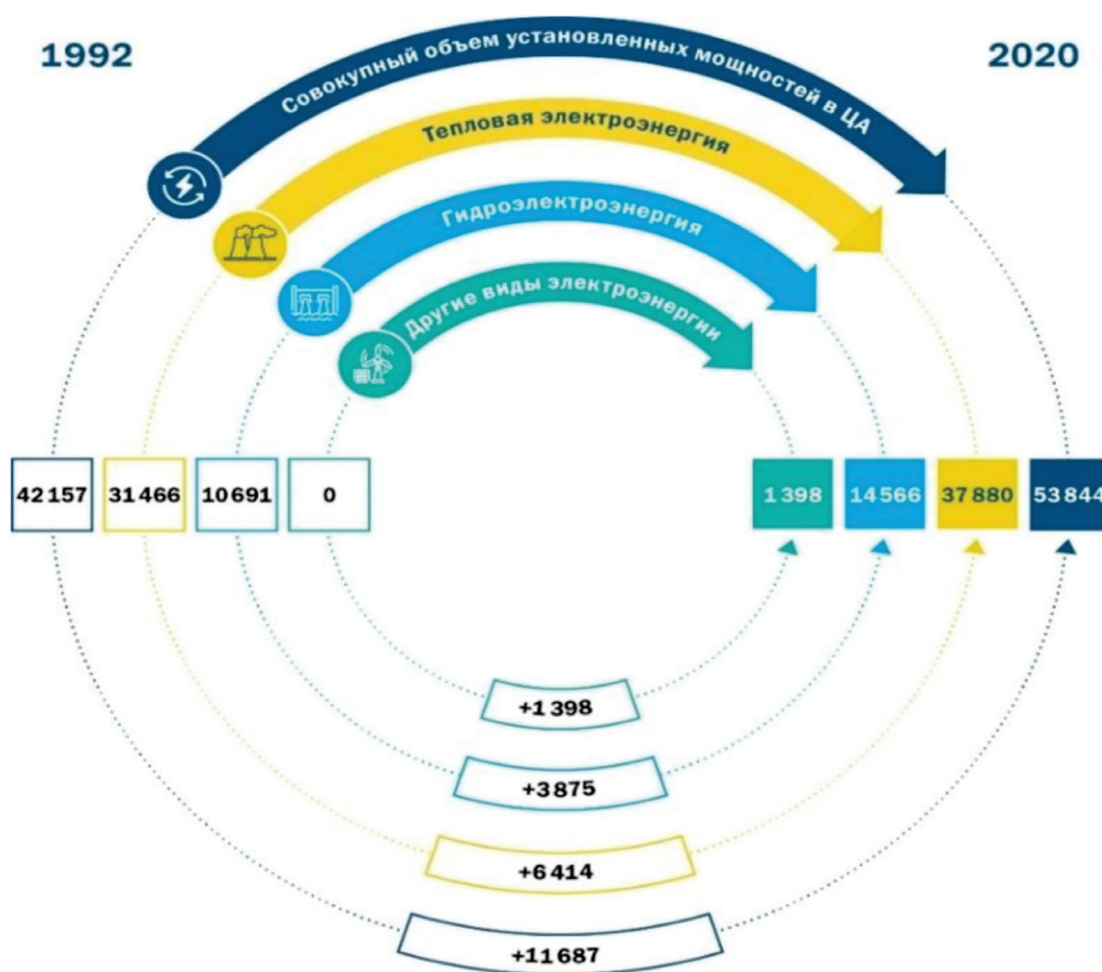


Рисунок 1. Динамика объемов установленных мощностей в ЦА, МВт.

Международные институты и организации оказывают содействие в развитии регионального сотрудничества и выступают в качестве арбитра в сложных межгосударственных процессах регулирования водно-энергетических ресурсов

региона. Они также осуществляют разработку технико-экономического обоснования, оказывают консалтинговую, аналитическую, техническую и финансовую поддержку проектам. Наиболее крупные из них – Всемирный банк, Азиатский банк

развития, Исламский банк развития, Европейский банк реконструкции и развития, Агентство США по международному развитию (USAID), Глобальный экологический фонд.

Гидроэнергетический потенциал горных республик Средней Азии огромен. По подсчетам экспертов Евразийского банка развития, в течение десяти лет здесь можно ввести в строй около 10 ГВт мощности. В то же время, по подсчетам тех же экспертов, на это потребуется около 15 млрд. долл. Причем следует учитывать и расходы на строительство ЛЭП большой пропускной способности, на возведение объектов сети для связи систем различного напряжения. Более низкие темпы эконо-

мического развития в Кыргызстане и Таджикистане обусловлены, в частности, отсутствием собственных углеводородных ресурсов. Сегодня обе страны связывают свое энергетическое будущее с развитием гидроэнергетики. Так, в Таджикистане потенциал производства электроэнергии на базе гидроресурсов оценивается в 264 ТВт/ч в год, из которых практически используется только 6%. Кыргызстан рассчитывает построить новые гидроэлектростанции совокупной мощностью 5667 МВт, для чего потребуется 7,6 млрд. долл. Для Таджикистана соответствующие показатели составляют 5344 МВт и 9,5 млрд. долл. [9,10].

**Таблица 1.** Гидроэнергетический потенциал рек Центральной Азии.

| Страны       | Установленная мощность ГЭС, МВт | Производство электроэнергии ГЭС, млрд. кВт/ч | Экономический гидропотенциал млрд кВт/ч в год | Использование гидропотенциала% | Доля в гидропотенциале ЦАР, % |
|--------------|---------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Таджикистан  | 4037                            | 17.1                                         | 317                                           | 6                              | 69                            |
| Кыргызстан   | 2910                            | 14.0                                         | 99                                            | 14                             | 22                            |
| Казахстан    | 2248                            | 7.9                                          | 27                                            | 29                             | 6                             |
| Узбекистан   | 1420                            | 6.0                                          | 15                                            | 49                             | 3                             |
| Туркменистан | 1                               | 0                                            | 2                                             | 0                              | 0                             |

Источник: справочная информация UNECE гидропотенциала стран ЦА.

В целом более 16% энергии в СНГ вырабатывается за счет гидроэлектростанций. В некоторых странах (Кыргызская Республика, Республика Таджикистан) этот показатель превышает 90%. По оценке исполнительного комитета СНГ в 2016 году, на долю Содружества относится 10 % мирового производства электроэнергии.

По данным Программы ООН для экономик Центральной Азии (СПЕКА), возобновляемый гидропотенциал в Центральной Азии в настоящее время используется только на 10% (см. табл. 1). Основной объем гидропотенциала сконцентрирован в Таджикистане (69%), что

обеспечивает ему восьмое место в мире после Китая, России, США, Бразилии, Заира, Индии и Канады. На долю Кыргызстана приходится 22% регионального гидроэнергетического потенциала.

На сегодня установленная мощность электростанций Объединенной Единой энергосистемы Центральной Азии составляет примерно 25000 МВт, включая 9000 МВт в гидроэнергетике (36%) и 16000 МВт в теплоэнергетике (64%). Однако реальная мощность не превышает 20000 МВт. Крупнейшие гидроэлектростанции в системе – Нурекская ГЭС в Таджикистане (3000 МВт) и Токтогульская ГЭС в Кыргызстане (1200 МВт).

Таблица 2. Потенциал возобновляемых источников энергии в ЦА

| Страна       | Малая гидро-энергетика | Солнечная энергия |           | Энергия ветра |           | Геотермальная энергия | Биоэнергетика  |
|--------------|------------------------|-------------------|-----------|---------------|-----------|-----------------------|----------------|
|              | МВт                    | МВт               | ТВт ч/год | МВт           | ТВт ч/год | ТВт ч/год             | МВт            |
| Казахстан    | 4800<br>(≤35 МВт)      | 3760000           | 664       | 354000        | 11388     | 54000                 | 300            |
| Кыргызстан   | 900<br>(≤30 МВт)       | 267000            | 537       | 1500          | 256       | 171                   | 200            |
| Таджикистан  | 30000<br>(≤30 МВт)     | 195000            | 410       | 2000          | 146       | 45                    | 300            |
| Туркменистан | 1300                   | 655000            | 1484      | 10000         | 1992      | незначительный        | незначительный |
| Узбекистан   | 1180<br>(≤10 МВт)      | 593000            | 1195      | 1600          | 1685      | 2                     | 800            |

Источник: The World Small Hydropower and Renewable Energy Snapshots.

Предложение по проектированию и строительству ГАЭС

Неравномерность графиков производства и потребления электрической энергии требует применения более гибкой системы управления производством и распределением энергии.

Гидроэнергетика общеизвестна как один из старейших способов сбора энергии природы и ее дальнейшей капитализации. Гидроэнергетика область хозяйственно-экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования энергии водного потока в электрическую энергию. Преимуществами гидроэнергетики является использование возобновляемой энергии природы, получая при этом очень дешевую электроэнергию. Работа гидроэнергетических сооружений не сопровождается вредными выбросами в атмосферу и быстро (относительно ТЭЦ/ТЭС) выходят на режим выдачи рабочей мощности после включения станции (легко регулируемы).

ГАЭС использует в своей работе либо комплекс генераторов и насосов, либо обратимые гидроэлектроагрегаты, которые

способны работать как в режиме генераторов, так и в режиме насосов. Во время ночного провала энергопотребления ГАЭС получает из энергосети дешёвую электроэнергию и расходует её на перекачку воды в верхний бьеф (насосный режим). Во время утреннего и вечернего пиков энергопотребления ГАЭС сбрасывает воду из верхнего бьефа в нижний, вырабатывает при этом дорогую пиковую электроэнергию, которую отдаёт в энергосеть (генераторный режим).

Страны Центральной Азии обладают значительным технически эксплуатируемым гидроэнергетическим потенциалом, оцениваемым в 510,1 ТВтч/год из которых используется менее 10%. Гидроэнергетический потенциал региона значительно варьируется от страны к стране, в зависимости от наличия водных ресурсов. Обширные засушливые и полусухие равнины в Казахстане, Узбекистане и Туркменистане обладают минимальным гидроэнергетическим потенциалом или вообще не имеют его. Горные регионы востока и юго-востока Центральной Азии, включая Таджикистан (61,1% от общего потенциала), Кыргызстан (19,4%) и частично Казахстан (12,1%), характери-

зуются большим запасом воды обильных осадков. В Кыргызстане и Таджикистане более 90% вырабатываемой электроэнергии обеспечивается гидроэлектростанциями. Таджикистан занимает восьмое место по гидроэнергетическому потенциалу в мире. Сейчас используется лишь 4–5% гидроэнергетического потенциала. До-

стижение эффективности перераспределения произведенной энергии во времени, возможно, лишь путем применения аккумулирующих систем, позволяющих накопить излишки энергии в периоды минимальной нагрузки электроэнергетической системы (ЭЭС) и отдавать их в периоды прохождения пиковых нагрузок.

**Таблица 3.** Прогноз численности населения в странах ЦА в пределах бассейна Аральского моря до 2045 г. (млн. чел).

| Страна       | 2018 г. | 2020 г. | 2030 г. | 2040 г. | 2045 г. |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Казахстан    | 3.8     | 2.9     | 3.2     | 3.4     | 3.6     |
| Кыргызстан   | 3.7     | 3.8     | 4.3     | 4.8     | 5.1     |
| Таджикистан  | 9.1     | 9.5     | 11.6    | 13.8    | 15.1    |
| Туркменистан | 5.1     | 6.0     | 6.8     | 7.4     | 7.7     |
| Узбекистан   | 33.2    | 33.5    | 37.4    | 40.6    | 41.9    |
| Всего по БАМ | 54.9    | 55.7    | 63.3    | 70.1    | 73.4    |

Источник: Диагностический доклад о рациональном использовании водных ресурсов ЦА НИЦ МКВК Ташкент 2020 г.

Из всех известных аккумулирующих систем наиболее широкое применение нашли системы аккумулирования возобновляемой гидравлической энергии и гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС).

При строительстве гидроаккумулирующих электростанций, в условиях Центральной Азии, по нашему мнению, необходимо учитывать ряд особенностей гидроэнергетических комплексов водохозяйственных систем:

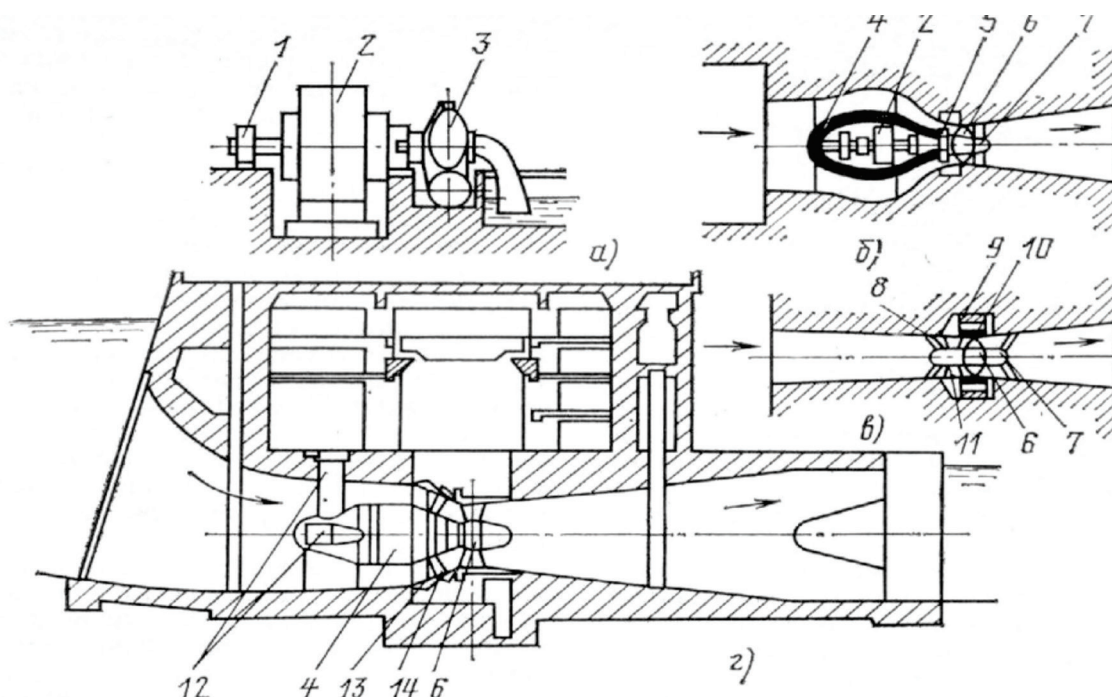
- основная часть гидрокомплексов водохозяйственных систем, имеет большой водноэнергетический потенциал при низких напорах;
- большая часть водохозяйственных систем, работает в ирригационном режиме;
- водохозяйственные системы, большей частью находятся, относительно на больших расстояниях от промышленных центров страны, в виду их ирригационного назначения;

- наличие большого гидроэнергетического потенциала;

- строительство электростанции такого типа и назначения не потребует больших материальных затрат, в сравнении со строительством новых ГЭС, ТЭС и их реконструкций.

Учитывая эти особенности, можно утверждать, что строительство ГАЭС в Республике Узбекистан, Кыргызстан и Таджикистан, имеет колоссальные возможности, при нынешнем развитии науки и техники, открываются большие перспективы развития гидроэнергетики в направлении аккумуляции энергии и использования её в нужный момент.

При выборе основного гидросилового оборудования ГАЭС, необходимо учитывать большие возможности капсульных агрегатов, работающих в большом диапазоне расходов воды при малых напорах. Основные варианты компоновки горизонтальных капсульных гидроагрегатов, представлены на рис.2.



**Рисунок 2.** Варианты компоновки горизонтальных гидроагрегатов:

А – горизонтальный гидроагрегат; б – гидроагрегат шахтного типа (вид сверху);  
в – гидроагрегат типа «Страфло»; г – горизонтальный капсульный гидроагрегат с консольным рабочим колесом; 1 – опора ротора; 2 – генератор; 3 – турбина со спиральной камерой; 4 – капсула; 5 – направляющий подшипник; 6 – рабочее колесо; 7 – выходной статор; 8 – входной статор; 9 – статор генератора; 10 – ротор генератора, закрепленный на рабочих лопастях; 11 – направляющий аппарат; 12 – колонны капсулы; 13 – статор; 14 – конический направляющий аппарат.

При разработке технологической части проекта на строительство гидроаккумулирующих электростанций (мощностью 10 МВт и выше с агрегатами), параметры технологического оборудования и его компоновка в сооружениях гидроузла должны приниматься с учетом:

- технического уровня оборудования;
- надежности работы оборудования и сооружения;
- возможной унификации оборудования и сооружений;
- наименьших суммарных затрат на сооружение электростанции и эксплуатационных издержек;
- удобства обслуживания и ремонтнопригодности;
- степени воздействия на окружающую среду;
- сейсмичности площадки строительства;

- местных условий (например, необходимости пропуска через агрегат минимального (санитарного) попуска или выдачи заданной минимальной мощности и др.).

При проведении водно-энергетических расчетов необходимо учитывать:

- при определении глубины сработок верхнего водохранилища, режимов нижнего водохранилища, значений максимальных и минимальных расходов через ГАЭС на основании эксплуатационных мощностных, расходных и кавитационных характеристик гидромашин;
- выбор целесообразной зоны использования ГАЭС и покрытия суточного графика нагрузки энергосистемы;
- пуск ГАЭС при пониженных напорах обосновывается технической возможностью работы, как штатного гидросилового оборудования, так и специально пред-

усмотренного, а также длительностью режимов работы при этих напорах.

При выборе створа, компоновки здания ГАЭС и гидроузла необходимо учитывать: габариты гидроагрегата, проточной части гидромашины, требуемая отметка заложения рабочего колеса гидромашины. А генеральный план гидроузла проектировать с учетом оптимальной организации его эксплуатации в части размещения вспомогательных служб и сооружений ГАЭС.

В расчетах должно учитываться влияние мощности агрегата на стоимость оборудования, стоимость строительной части, эксплуатационные затраты и водно-энергетические характеристики ГАЭС, обеспечение необходимых режимов работы ГАЭС в энергосистеме.

При равных показателях надежности и технико-экономических показателях с учетом эксплуатационных затрат необходимо принимать наибольшую технически возможную мощность с учетом соображений по унификации оборудования как по условиям изготовления, так и по условиям эксплуатации в гидроэнергокомплексе.

Наибольшая технически возможная мощность гидромашины должна обосновываться по результатам анализа следующих факторов:

- характеристики энергосистемы и ее требований к режимам работы ГАЭС, в том числе к участию ГАЭС в покрытии пиков графика нагрузки, условиям аварийного отключения гидроагрегата и пропуска санитарного расхода;
- требований по режимам уровней воды в нижнем бьефе;
- геоморфологических и геологических условий створа ГАЭС;
- наименьшего отрицательного влияния на окружающую среду;

- технологических возможностей изготовления, транспорта и монтажа оборудования;

- типа здания ГАЭС и конструкции водоподводящих устройств.

На основе анализа современного состояния, режимов работы ГЭК водохозяйственных систем и режимов работы ЭЭС, обоснованы необходимые соблюдающиеся требования на этапе проектирования и строительство ГАЭС работающие в режиме суточного, недельного и сезонного аккумулирования энергии целью повышения маневренности подачи электроэнергии.

По данным исследований выявлено, что во многих водохозяйственных системах (ВХС) - Туямунской, Таллимарджанской, Арнасайской, Куюмазарской, Гиссаракской, Чимкурганской, Андижанской, Вахшской, Зерафшанской, Варзобской и др. действующих объектах необоснованно теряется экологически чистая электроэнергия, из-за отсутствия научно-технических основ создания гидроэнергокомплексов. С точки зрения внедрения ГАЭС в выше представленных объектах ВХС давала бы большие возможности при улучшении режимов работы ГЭК водохозяйственных систем и режимов работы ЭЭС работающие в режиме суточного, недельного и сезонного аккумулирования энергии целью повышения маневренности подачи электроэнергии.

Во многих действующих объектах водохозяйственных систем имеется колоссальные возможности внедрения ГАЭС и большие возможности при улучшении режимов работы ГЭК водохозяйственных систем и режимов работы ЭЭС целью повышения маневренности подачи электроэнергии.

**Таблица 4.** Гидроэнергетический потенциал рек бассейна Аральского моря.

| Бассейн реки | Среднегодовая мощность, МВт | Среднегодовая энергия, млрд. кВт.ч | Доля в общем объеме, % |
|--------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------|
| Зерафшана    | 3875                        | 33.95                              | 19.02                  |
| Сырдарьи     | 260                         | 2.28                               | 1.28                   |
| Амударьи     | 5400                        | 17.21                              | 9.64                   |
| Пяндж        | 17900                       | 86.30                              | 48.35                  |
| Вахш         | 9225                        | 33.65                              | 18.85                  |
| Кафирниган   | 1600                        | 5.10                               | 2.86                   |
| Всего        | 38260                       | 178.49                             | 100                    |

Источник: Министерство водных ресурсов Республики Узбекистан и Министерство энергетики и водных проблем Республики Таджикистан.

### Выводы

Гидроэнергетика и рациональное управление водными ресурсами играют важнейшую роль в устойчивом развитии стран ЦА. Особенно это актуально для Таджикистана, который обладает значительным гидроэнергетическим потенциалом благодаря многочисленным горным рекам. Однако перед страной стоят серьезные вызовы, связанные с уменьшением площади ледников, усиливающие необходимость принятия активных мер по защите водных ресурсов и обеспечению энергетической безопасности.

Таким образом, внедрения ГАЭС мощностью 14,2 МВт и годовое экономическое эффективностью 30526,973 млрд. сум на Туямуюнском гидроузле даёт возможность за год выработать 97,554 млн. кВт·час электроэнергии, экономию 14633,114 т.у.т. органических топлив и валютных средств. Внедрения ГАЭС мощностью 32,3 МВт и годовое экономическое эффективностью 9116,314 млрд. узбекский сум на Талимарджанском водохранилище даёт возможность за год выработать 31,117 млн.кВт·час электроэнергии, экономию 4667,575 т.у.т. органических топлив. Внедрения ГАЭС мощностью 44,5 МВт и годовое экономическое эффективностью 2610,437 млрд. узбекский сум на Арнасайском водохранилище даёт возможность за год выработать 40,456

млн.кВт·час электроэнергии, экономию 6068,446 т.у.т. органических топлив

### Литература

1. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Гидроаккумулирующие электрические станции. Монография. Т.: Издательство «Fan va texnologiya», Ташкент, 2018, 212 стр.
2. Джураев К.С., Бобокулов У.Э. Разработка гидроаккумулирующих электростанций с оптимальной компоновкой горизонтальных агрегатов. Журнал «Вестник ТашГТУ» №3, ТашГТУ, 2014, 61-67 стр.
3. Bolton M.D., Choudhury S.P., Pong P.R. Reinforced earth walls: ASCE Annual Convention, Symp. on Earth Reinforcement. Pittsburgh. (Pennsylvania). 1978, p.252-281.
4. Розанов Н.П. и др. Гидротехнические сооружения. М.: Агропромиздат. 1986, 432с.
5. Кулматов Р.А. Нигматов А.Н. Расулов А.Б. Современные экологические проблемы трансграничных рек.// Вопросы географии и геоэкологии. Ташкент, №2, 2014, С. 38-49
6. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Гидроаккумулирующие электрические станции. Монография. Т.: Издательство «Fan va texnologiya», Ташкент, 2018, 212 стр.
7. Арифов Х.О. Безопасное и эффективное использование системы гидроэнергетики и электрических сетей в Таджикистане. Душанбе 2023г.- С63-96
8. Аналитический обзор. Состояние и перспективы интегрированного управления водными ресурсами бассейнов рек в Центральной Азии. Проект ЕС ПРООН (2009-201)
9. Схема комплексного управления и освоения бассейнов рек Таджикистана, 2008г.
10. www.cawater.uz

## ПЕРСПЕКТИВАҲОИ ТАРАҚҚИЁТИ СТАНСИЯҲОИ ЭЛЕКТРИКИИ ОБӢ ДАР МАМЛАКАТҲОИ ОСИЁИ МИЁНА

**Иноятова К.Л.<sup>1</sup>, Гулахмадзода А.А.<sup>1,\*</sup>, Хочаева Н.<sup>1</sup>**

<sup>1,\*</sup>*Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон*

<sup>\*</sup>*Муаллифи масъул. E-mail: agulakhmadov@gmail.com*

**Шарҳи мухтасар.** Дар мақола як қатор вариантҳои сохтмони нерӯгоҳҳои барқии обӣ (НБО), аз ҷумла нерӯгоҳҳои обкашӣ (НБС) оварда шудаанд. Имконияти лоиҳаҳои стансияҳои электрикии обӣ/стансияҳои электрикии обкашӣ дар комплексҳои гидроузели системаҳои хоҷагии об дар шароити мамлакатҳои Осиёи Миёна баҳо дода мешавад. Барои лоиҳаҳои ва ҳисобу китоби ҳисобҳои энергияи об, таҷҳизоти технологи ва схемаи он тавсияҳо дода шудаанд. Потенсиали гидроэнергетикии истифодаи захираҳои оби Тоҷикистон ва Ўзбекистон барои сохтмони нерӯгоҳҳои барқии оби иқтидор/стансияҳои обкашӣ ба қонеъ гардонидани ниёзҳои энергетикӣ кишварҳои Осиёи Марказӣ нишон дода шудааст.

**Калидвожаҳо:** нерӯгоҳи барқии обкашӣ (НЭС), иқтидори гидроэнергетикӣ, энергетикаи Тоҷикистон ва Ўзбекистон, энергетикаи об, нерӯгоҳҳои барқии оби бузурги Осиёи Марказӣ, захираҳои оби Тоҷикистон, сохтмони НБО.

## PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS IN CENTRAL ASIAN COUNTRIES

**Inoyatova K.L.<sup>1</sup>, Gulakhmadzoda A.A.<sup>1,\*</sup>, Khojaeva N.<sup>1</sup>**

<sup>1,\*</sup>*Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology National Academy of Sciences of Tajikistan*

<sup>\*</sup>*Corresponding author. E-mail: agulakhmadov@gmail.com*

**Abstract.** The article presents a number of possibilities for the construction of hydroelectric power plants (HPPs), in particular pumped storage power plants (PSPPs). The possibility of designing HPPs/PSPPs in hydropower complexes of water management systems in the conditions of Central Asian countries is assessed. Recommendations are given for the design and calculation of water-energy calculations, process equipment and its layout. Hydroelectric potential for using the water resources of Tajikistan and Uzbekistan for the construction of HPPs/PSPPs of large capacities to cover the energy needs of Central Asian countries is shown.

**Key words:** pumped storage power plant (PSPP), hydropower potential, energy of Tajikistan and Uzbekistan, water energy, large hydroelectric power plants of Central Asia, water resources of Tajikistan, construction of PSPP.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Иноятова Камола Лавзаровна – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Донишҷӯи докторант (PhD). Тел.: (+992) 934-44-73-52. E-mail: kamola.ikl@gmail.com; Гулахмадзода Аминҷон Абдучаббор - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, директор, доктори илмҳои техникӣ. Тел.: (+992) 885-47-16-16. E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Хочаева Нурбиби - ходими илмӣ Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992)900251197, E-mail: ray05.03.25@gmail.com

**Сведения об авторах:** Иноятова Камола Лавзаровна – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, студент докторант (PhD). Тел.: (+992) 934-44-73-52. E-mail: kamola.ikl@gmail.com; Гулахмадзода Аминджон Абдучаббор - Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, директор, доктор технических наук. Тел.: (+992) 885-47-16-16. E-mail: agulakhmadov@gmail.com, Ходжаева Нурбиби - научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992)900251197, E-mail: ray05.03.25@gmail.com

**Information about the authors:** Inoyatova Kamola Lavzarovna - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, PhD student. Phone: (+992) 934-44-73-52. E-mail: kamola.ikl@gmail.com; Gulakhmadzoda Aminjon Abdujabbor - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Director, Doctor of Technical Sciences.

Phone: (+992) 885-47-16-16. E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Hojaeva Nurbibi – Junior Researcher of the Institute of water problems, hydropower and ecology of National Academy of Sciences of Tajikistan, E-mail: ray05.03.25@gmail.com.

УДК 621.317.312

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Рахимзода Дж.Б.<sup>1\*</sup>, Вохидов М.М.<sup>1</sup>, Кудратова Д.Дж.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе

\* Автор корреспонденции. E-mail: jam-rahimov@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрены основные причины потерь электрической энергии в электрических сетях различного напряжения. Приведены значения потерь электрической энергии в электрических сетях Республики Таджикистан и описаны основные методы их снижения. Определена эффективность использования интеллектуальных счетчиков, установленных для учета потребления электрической энергии, в распределительных устройствах низкого и высокого напряжения. Показано, что с использованием интеллектуальных счетчиков в сетях города Худжанд технические потери снижались с 18,4 % до 7,2 %.

**Ключевые слова:** потери, электрическая энергия, электрическая сеть, интеллектуальные счетчики, мощность, оборудование.

### Введение

В Республике Таджикистан с целью роста экономики страны и повышения уровня благосостояния населения активно ведётся строительство новых крупных электрических станций и подстанций. При этом проблема потерь электрической энергии в сетях различного напряжения, характерная для электроэнергетических систем многих стран мира, включая Республику Таджикистан, остаётся одной из ключевых и актуальных для энергетической отрасли. Уровень потерь электрической энергии в сетях различного напряжения позволяет оценить целесообразность и масштабы внедрения энергосберегающих мероприятий.

Основными причинами потерь электрической энергии в электрических сетях являются: старение электрических сетей; перегрузка трансформаторов и автотрансформаторов, что приводит к значительным техническим потерям; недостаточно эффективная система учета, вызывающая

неэффективный учет и высокие коммерческие потери; отсутствие достоверной базы данных потребителей, включая наличие потребителей без счетчиков и отсутствие системы картирования потребителей; отсутствие надлежащей системы мониторинга и контроля за электрическими сетями и потребителями [2,5,8].

По официальным данным ОАО «Шабакҳои Интиқоли Барк» и «Шабакҳои Таксимоти Барк» (ШТБ) в 2023 году суммарные технические и коммерческие потери электрической энергии оценивались на уровне 21,2 %, что существенно превышает технические нормы [1].

Снижение потерь электрической энергии в сетях различного номинального напряжения является сложной комплексной задачей, которая требует существенных капиталовложений, необходимых для оптимизации электрических сетей, модернизации системы учета, ввода новых систем мониторинга и контроля электрической