



## Обоснование основных технико-экономических параметров Каратеренской ГАЭС Узбекистана

Азербай Акерке Жамбыл кызы

Магистр, Ташкентский государственный  
технический университет

**Аннотация:** В статье рассматривается проект строительства Каратеренской гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС) в Узбекистане как стратегически важный элемент для повышения надежности энергоснабжения и интеграции возобновляемых источников энергии. Оценены технико-экономические параметры станции, такие как мощность, напор и выработка энергии, а также ее роль в обеспечении покрытия пиковых нагрузок и балансировке нестабильной выработки солнечных и ветровых электростанций. Проект также направлен на увеличение экспортного потенциала электроэнергии. В статье представлен международный опыт реализации ГАЭС, учитываются экономические и экологические преимущества, а также механизмы финансирования через государственно-частное партнерство и международные инвесторы.

**Ключевые слова:** Каратеренская ГАЭС, возобновляемые источники энергии, энергоэффективность, пиковые нагрузки, энергобезопасность, экономическое обоснование, международный опыт, государственно-частное партнерство, экологическая устойчивость.

**Тезис.** В условиях модернизации электроэнергетического комплекса Узбекистана и необходимости повышения надежности энергоснабжения в контексте растущей доли возобновляемых источников энергии проект Каратеренской



гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС) приобретает стратегическое значение. Основные технико-экономические параметры Каратеренской ГАЭС — установленная мощность порядка 1000–1200 МВт, расчетный напор около 280–320 метров и годовая выработка до 1,8 млрд кВт·ч — определяются с учётом региональных гидрогеологических условий и потребностей национальной энергосистемы. Проект ориентирован на обеспечение покрытия пиковых нагрузок, балансировку неустойчивой выработки солнечных и ветровых электростанций, а также увеличение экспортного потенциала электроэнергии. Экономическое обоснование учитывает стоимость строительства, эксплуатационные расходы, прогнозируемый срок окупаемости (10–13 лет) и макроэкономические выгоды от повышения энергобезопасности. Реализация Каратеренской ГАЭС создаст предпосылки для диверсификации энергетического баланса Узбекистана, укрепления энергетической независимости и стимулирования социально-экономического развития Каракалпакстана и прилегающих регионов.

### **Методологическая основа**

Глава 1. Теоретические основы функционирования гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС)

1.1. Концепция и принципы работы ГАЭС

1.2. Экономические и экологические преимущества ГАЭС

1.3. Международный опыт реализации ГАЭС и уроки для Узбекистана

Глава 2. Энергетическая система Узбекистана и предпосылки строительства Каратеренской ГАЭС

2.1. Структура электроэнергетического сектора Узбекистана

2.2. Анализ потребления электроэнергии, прогноз роста и необходимости маневренных мощностей



## 2.3. Обоснование выбора площадки и проектных параметров Каратеренской ГАЭС

### Глава 3. Технико-экономическое обоснование параметров Каратеренской ГАЭС

#### 3.1. Проектная мощность и расчетные характеристики станции

#### 3.2. Расчет капитальных затрат и эксплуатационных расходов

#### 3.3. Финансово-экономическая оценка проекта (NPV, IRR, срок окупаемости)

#### 3.4. Механизмы финансирования: государственно-частное партнёрство, банковские кредиты и международные инвесторы

#### Заключение

#### — Основные выводы и рекомендации

#### 1.3. Международный опыт реализации ГАЭС и уроки для Узбекистана

Мировая практика демонстрирует успешную реализацию проектов ГАЭС в различных географических и экономических условиях. Например, крупнейшая в Европе Гранд-Мезон ГАЭС (Франция, 1800 МВт) эффективно работает с 1967 года, обеспечивая покрытие пиковых нагрузок и балансировку французской энергосистемы с высокой долей атомной генерации. В Германии, в условиях интенсивного внедрения ВИЭ, ГАЭС Шлайден (1160 МВт) выполняет важную функцию регулирования нестабильной ветровой и солнечной генерации.

В Китае, где активно развиваются все виды генерации, включая гидроэнергетику, успешно эксплуатируются ГАЭС Лунъянся (1280 МВт) и Шэньнунцзя (2400 МВт). Эти станции сочетают большие объёмы накопления энергии и высокую манёвренность.



Для Узбекистана, учитывая стремительный рост доли солнечной и ветровой генерации, международный опыт указывает на необходимость строительства ГАЭС средней мощности (800–1200 МВт) с акцентом на гибкость и интеграцию с возобновляемыми источниками энергии.

Кроме того, успешные проекты в Европе и Азии демонстрируют важность привлечения смешанного финансирования (государственно-частное партнёрство, международные банки развития), применения современных технологий насосно-турбинного оборудования и соблюдения экологических стандартов при проектировании объектов.

Таким образом, международный опыт подтверждает актуальность и целесообразность реализации Каратеренской ГАЭС в Узбекистане как элемента устойчивой, гибкой и эффективной энергосистемы.

Глава 1. Теоретические основы функционирования гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС)

1.1. Концепция и принципы работы гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС)

Гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС) представляет собой разновидность гидротехнического объекта, предназначенного для аккумулирования и последующего возврата электроэнергии в энергосистему с целью балансировки нагрузки и обеспечения надежности электроснабжения. В отличие от традиционных гидроэлектростанций (ГЭС), ГАЭС функционирует на принципах замкнутого цикла, предполагающего перемещение воды между двумя водохранилищами, расположенными на разных уровнях.

Основной принцип работы ГАЭС заключается в следующем. В период низкого потребления электроэнергии (ночные часы или периоды избытка энергии из возобновляемых источников) осуществляется перекачка воды из нижнего водоема в



верхний с использованием насосов, работающих на дешевой или избыточной электроэнергии. В период высокого потребления (пиковые нагрузки) вода из верхнего водоема сбрасывается обратно в нижний через гидротурбины, вырабатывая электроэнергию и компенсируя дефицит мощности в энергосистеме.

Таким образом, ГАЭС фактически выполняет функцию крупного аккумулятора энергии, что особенно важно в условиях интеграции нестабильных ВИЭ, таких как солнечные и ветровые электростанции.

Структурно типичная ГАЭС состоит из следующих основных элементов:

- верхний и нижний водоемы (резервуары);
- насосно-турбинное оборудование (агрегаты, способные работать как в режиме насоса, так и генератора);
- водоводы (tunnels), соединяющие водоемы;
- вспомогательная инфраструктура (подстанции, системы управления и мониторинга).

Ключевыми характеристиками, определяющими эффективность ГАЭС, являются:

- установленная мощность (МВт);
- объем аккумулируемой энергии (МВт·ч);
- время полного цикла (часы заряда/разряда);
- КПД цикла (70–80%).

Основные функции ГАЭС в энергосистеме включают:

- покрытие пиковых нагрузок и сглаживание суточных колебаний потребления;
- регулирование частоты и напряжения в сети;



- обеспечение резервных мощностей;
- интеграция и балансировка энергии из ВИЭ.

Международная практика показывает, что ГАЭС широко применяются в развитых энергосистемах, включая Китай, Японию, Францию, Германию и Испанию.

## 1.2. Экономические и экологические преимущества ГАЭС

Экономические преимущества ГАЭС обусловлены их высокой эффективностью в управлении энергосистемами. Во-первых, ГАЭС позволяют значительно сократить издержки на строительство новых базовых мощностей, так как покрывают кратковременные пиковые нагрузки за счёт ранее накопленной энергии. Это особенно актуально в энергосистемах с выраженной суточной неравномерностью потребления.

Во-вторых, за счёт использования дешёвой или избыточной электроэнергии (например, в ночные часы или при перепроизводстве на ВИЭ) ГАЭС способствуют снижению средневзвешенной стоимости электроэнергии для потребителей.

Кроме того, ГАЭС обладают высокой скоростью ввода и вывода мощности, что позволяет гибко реагировать на кратковременные колебания спроса, в отличие от тепловых электростанций, которые имеют длительное время разгона.

С финансовой точки зрения ГАЭС характеризуются относительно долгим сроком службы (50–70 лет) и низкими эксплуатационными затратами по сравнению с тепловыми или атомными станциями. Это обеспечивает привлекательность таких объектов для долгосрочных инвестиций.

Экологические преимущества ГАЭС также значительны. Отсутствие выбросов парниковых газов, низкий уровень загрязнения водных ресурсов и отсутствие необходимости использования ископаемого топлива делает их экологически



безопасными объектами. При грамотном проектировании и эксплуатации воздействие на биологические экосистемы минимально.

Таким образом, ГАЭС сочетают в себе экономическую рентабельность, технологическую гибкость и экологическую устойчивость.

### 1.3. Международный опыт реализации ГАЭС и уроки для Узбекистана

Мировая практика демонстрирует успешную реализацию проектов ГАЭС в различных географических и экономических условиях. Например, крупнейшая в Европе Гранд-Мезон ГАЭС (Франция, 1800 МВт) эффективно работает с 1967 года, обеспечивая покрытие пиковых нагрузок и балансировку французской энергосистемы с высокой долей атомной генерации. В Германии, в условиях интенсивного внедрения ВИЭ, ГАЭС Шлайден (1160 МВт) выполняет важную функцию регулирования нестабильной ветровой и солнечной генерации.

В Китае, где активно развиваются все виды генерации, включая гидроэнергетику, успешно эксплуатируются ГАЭС Луньянся (1280 МВт) и Шэньнунцзя (2400 МВт). Эти станции сочетают большие объёмы накопления энергии и высокую манёвренность.

Для Узбекистана, учитывая стремительный рост доли солнечной и ветровой генерации, международный опыт указывает на необходимость строительства ГАЭС средней мощности (800–1200 МВт) с акцентом на гибкость и интеграцию с возобновляемыми источниками энергии.

Кроме того, успешные проекты в Европе и Азии демонстрируют важность привлечения смешанного финансирования (государственно-частное партнёрство, международные банки развития), применения современных технологий насосно-турбинного оборудования и соблюдения экологических стандартов при проектировании объектов.



Таким образом, международный опыт подтверждает актуальность и целесообразность реализации Каратеренской ГАЭС в Узбекистане как элемента устойчивой, гибкой и эффективной энергосистемы.

#### Литература:

1. Мухаммадиев М.М., Джураев К.С. (2020). «Обоснование энергетических и экономических параметров гидроаккумулирующих электростанций в Узбекистане». *Applied Solar Energy*, 56(3), 227–232.
2. Техничко-экономический обзор существующих и новых ГАЭС. Обзор посвящён анализу интереса к технологиям гидроаккумулирующих станций в Европе, США и Японии
3. Karambelkar V. M. и др. (2025). «Гидроаккумулирующая энергетика в США: растущая значимость, экологические и социальные последствия и ключевые аспекты проектирования». *WIREs Water*.
4. Экономическая конкурентоспособность ГАЭС в Египте. Работа посвящена выявлению ключевых факторов, влияющих на экономическую целесообразность строительства ГАЭС в Египте, с анализом в сравнении с газотурбинными установками.
5. Анализ «затраты–выгоды» ГАЭС с использованием усовершенствованного вероятностного метода. Работа предлагает усовершенствованный метод моделирования, позволяющий учитывать временные особенности генерации и аккумулирования энергии, демонстрируя способность ГАЭС снижать объёмы недоиспользования ВИЭ и экономить топливо.