

УДК 621.311.214.001.1

С.Т.Пазич (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

## Аналіз конструктивних аналогів морських ГАЕС

*Розглянуто перспективні винаходи, ідеї та проекти для створення морських гідроаккумуляційних станцій для відновлюваних джерел енергії.*

**Ключові слова:** гідроаккумуляційні електростанції, вітроелектричні станції, винахід, морська вода.

*Рассмотрены перспективные изобретения, идеи и проекты для создания морских гидроаккумулирующих станций для возобновляемых источников энергии.*

**Ключевые слова:** гидроаккумулирующие электростанции, ветроэлектрические станции, изобретение, морская вода.

**Вихідні положення.** Перша гідроаккумуляційна електростанція (ГАЕС) була побудована у Швейцарії в 1882 році. На початок 20-го століття у світі вже працювало 4 ГАЕС [1]. Ідея використання гідроресурсів як акумулятора в електроенергетиці досить інноваційна. Русійна сила води вже давно служила потребам людства у різних галузях, але реалізація переміщення води з одного місця в інше стала першим кроком у розвитку гідроаккумуляції. За період з 1980 до 2010 року кількість ГАЕС виросла з 72 до 460 станцій [1]. Стрімкий розвиток та будівництво ГАЕС у всьому світі спричинений суттєвим збільшенням нерівномірності графіків навантажень електроенергетичних систем із досить значними їх провалами та піками. Проте спорудження ГАЕС може собі дозволити не кожна країна, оскільки це потребує наявності двох водосховищ зі значним перепадом висоти між ними. Створення ефективних та економічно вигідних ГАЕС передбачає перепад висот більше 150 м. В Україні працюють Київська і Ташлицька ГАЕС із напорами менше 100 м, а також Дністровська ГАЕС з напором 146 м. Заплановано будівництво Канівської ГАЕС із напором близько 100 м. Усі станції зводились біля великих водосховищ, а недостатньо великий напір компенсувався значними розмірами басейну-акумулятора. Тобто, якщо потреба в ГАЕС існує, то не завжди є можливість її побудувати з економічно ефективними показниками. Саме тому останнім часом деякі країни висувають пропозиції альтернативних шляхів побудови ГАЕС у сво-

їх прибережних зонах із використанням морської води.

Морську воду для ГАЕС вперше використали в 1999 році в Японії [2]. Згодом, у 2014 році, була введена в експлуатацію друга станція на морській воді в Іспанії на Канарських островах [3]. Основні недоліки використання морської води полягають у необхідності застосування обладнання зі спеціальним захистом від впливу корозії, а також в існуванні екологічних ризиків при аварійних ситуаціях у басейні-акумуляторі ГАЕС. До позитивних переваг відноситься те, що водосховище для ГАЕС може бути морем чи океаном. Напір морської ГАЕС залежить від висоти берегової лінії над рівнем моря, тому тут приблизно така сама ситуація, як і на материковій частині. Для північно-західного Причорномор'я України у свій час було дано економіко-екологічну оцінку створення ГАЕС на березі з використанням морської води [4]. Тому в даній статті автором розглянуто можливі технічні методи та способи акумуляції морської води на основі патентних і проектних пропозицій різних країн світу для реалізації ГАЕС.

**Конструктивні пропозиції морських ГАЕС.** Найближчим аналогом морської ГАЕС є припливні станції, які досить широко використовуються в різних країнах світу і розташовані на побережжі морів та океанів. Відштовхуючись від схемних рішень припливних станцій, пропонуються різноманітні технічні варіанти використання морських гідроресурсів. Пік патентування на цю тему в

даний час продовжується і триває вже майже десятиліття.

Одна з перших запропонованих ідей щодо акумулювання енергії в певному об'ємі води була подана на розгляд у 1907 році в США, а патент на винахід №1247520 був виданий у 1917 році (рис. 1). Суть цього винаходу полягає в тому, що вода з верхнього резервуара-акумулятора перетікає через гідротурбінну в нижній резервуар, генеруючи при цьому електроенергію. Зображений вітронасос за наявності вітру перекачує воду з нижнього резервуара до верхнього. Тобто вода в цьому винаході є робочим тілом, що акумулюється за допомогою вітронасоса. Аналогічний патент №2114319 є в Російській Федерації (РФ), який полягає у використанні вітронасоса для наповнення резервуара-акумулятора ГАЕС (рис. 2). Дана ідея реалізована на вітрогідроакумулювальному комплексі [3], але має інші інтерпретації її реалізації.

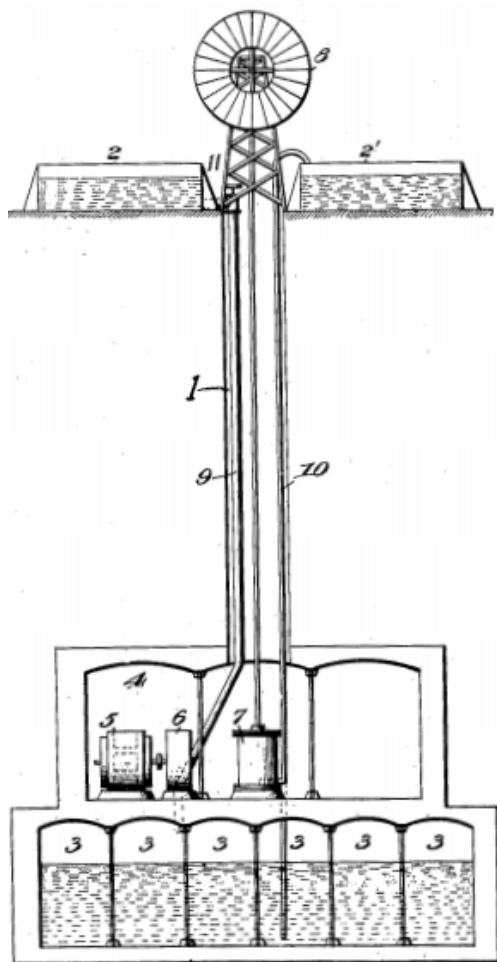


Рис. 1. Система гідроакумулювання енергії.

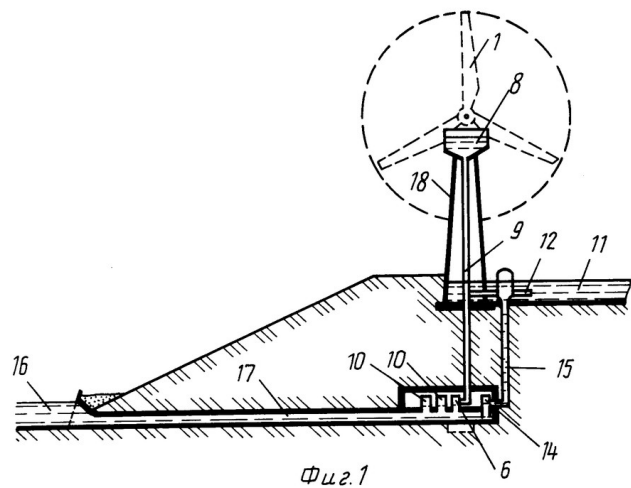


Рис. 2. Вітрогідроакумулювальна електростанція.

Підводне розташування ГАЕС запропоновано в патенті України на корисну модель №81569 "Багатофункціональна занурена гідроелектростанція з використання поновлюваних джерел енергії". Дана станція являє собою занурену платформу з двома герметичними камерами і вітроелектричними агрегатами на поверхні платформи (рис. 3). Суть гідроакумулювання полягає у використанні зануреною платформою навколишніх гідроресурсів, які під дією тиску води через гідротурбінну будуть заповнювати один із його резервуарів. При заповненні резервуара вітроагрегати будуть викачувати воду з них. Таких платформ може бути декілька, і вони з'єднуються між собою водоводом. Розміщувати такі платформи доцільно в акваторіях моря або океану.

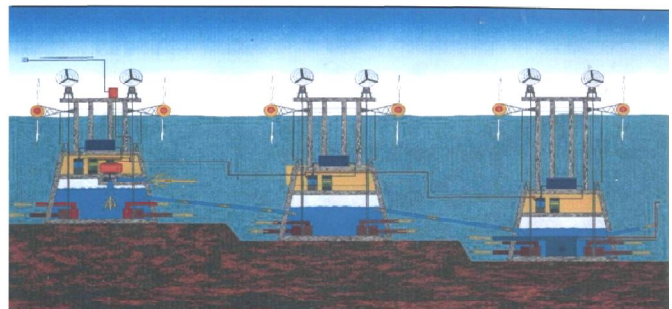


Рис. 3. Багатофункціональні занурені платформи.

Інший варіант підводного розташування гідропневмоакумулювальної станції подано в патенті РФ №2066375 "Установка акумулювання електроенергії". Ідея станції базується на використанні тиску шару води для акумулювання стис-

неного повітря, яке потім використовується для генерування електроенергії. Акумулявання повітря передбачається в еластичному резервуарі, який заздалегідь опущений на визначену глибину у воду (море, океан). Потім повітря під дією тиску води поступає із резервуара до турбіни з генератором (рис. 4).

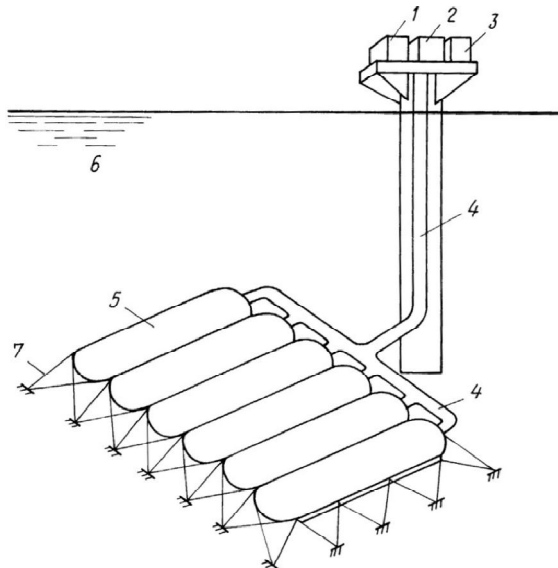


Рис. 4. Установка гідропневмоакумуляції електроенергії.

Даний винахід вже має практичну реалізацію [5]. Для закачування повітря в резервуари використовується енергія від офшорних вітроелектростанцій (ВЕС). Використання офшорних ВЕС є дуже зручним, оскільки біля них є сприятлива глибина для розташування резервуарів зі стисненим повітрям. Дана концепція була протестована з використанням спеціальних резервуарів Energy Bag (рис. 5). Розробники Energy Bag проводили випробування цього резервуара діаметром 20 метрів на глибині 600 метрів. Обсяг акумуляованої енергії склав 70 МВт·год.



Рис. 5. Резервуар для підводного зберігання стисненого повітря Energy Bag.

Відоме технічне рішення щодо використання енергії припливу для заповнення басейну-акумулятора, що наведено в патенті РСТ №2013137594 "Електростанція, яка використовує морську воду". Під час припливу вода заповнює басейн-акумулятор, а під час відпливу вода через трубопровід з генераторами витікає в море (рис. 6).

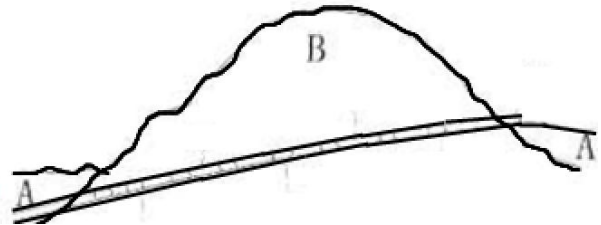


Рис. 6. Схема припливної ГАЕС на морській воді.

Крім розглянутих вище патентів існує велика кількість інших пропозицій проектів ГАЕС. Основний акцент винахідників останніх років направлений на залучення до процесу зарядки ГАЕС відновлюваних джерел, а саме вітрових та сонячних електростанцій (СЕС) як найбільш потужних джерел генерування екологічно чистої електроенергії.

**Сучасні пропозиції проектів морських ГАЕС.** Існують варіанти втілень більш масштабних проектів заряду/розряду гідроакумулятора, використовуючи природні умови берегів: затоки, лимани, бухти, фіорди, шахти або мілкі акваторії.

В Естонії розглядають можливість розпочати будівництво підземної ГАЕС потужністю 500 МВт [6]. Верхнім резервуаром є море, а нижній резервуар об'ємом 6 млн м<sup>3</sup> знаходиться в гранітному шарі на глибині 500 м.

Наприклад, у Бангладеш пропонують використовувати ландшафт прибережної зони в якості верхнього резервуара ГАЕС (рис. 7) [7]. За допомогою дамби пропонують перекрити ущелину для утворення верхнього б'єфу, а море буде служити нижнім б'єфом. Ємність такої ГАЕС складе 548 МВт·год при потужності 137 МВт.

В Україні також розглянуто варіант створення ГАЕС на кшталт останньої, але з використанням кар'єра в якості резервуара-акумулятора потужністю до 800 МВт протягом 2 годин [8].



Рис.7. Проект ГАЕС на морській воді в Бангладеш.

Новаторський проект ГАЕС пропонує данська національна лабораторія RISO DTU Green Power Island (рис. 8) на штучно намитих островах із розташованими на них ВЕС та СЕС [9]. Цей варіант передбачує створення штучного острова з наміванням землі з дна моря, неподалік від берега або разом з берегом, утворюючи резервуар-акумулятор. Подібний проект морської ГАЕС потужністю 300 МВт (рис. 9) з максимальною величиною напору в 30 метрів розроблений у Бельгії [10].



Рис. 8. Проекти Green Power Island.



Рис. 9. Проект морської ГАЕС поблизу узбережжя Бельгії.



Висвітлені вище проекти створення морських ГАЕС з метою акумулювання енергії ВЕС і СЕС потребують проведення подальших техніко-економічних та екологічних досліджень для їх реалізації.

**Висновки.** Використання доступних природних ресурсів для створення традиційних ГАЕС так чи інакше буде вичерпано, а необхідність у них зростає з кожним роком. Реалізація проектів морських ГАЕС для ВЕС та СЕС являє собою основу масштабної інтеграції відновлюваних джерел до електроенергетичних систем різних країн світу.

1. Родионов В.Г. Оптимизация структуры генерирующих мощностей. Аккумуляторы – накопители энергии // Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. – М.: ЭНАС, 2010. – С. 68–69.

2. *The Okinawa Pumped Storage Project (Japan)* ([http://www.ieahydro.org/reports/Annex\\_VIII\\_CaseStudy0101\\_Okinawa\\_SeawaterPS\\_Japan.pdf](http://www.ieahydro.org/reports/Annex_VIII_CaseStudy0101_Okinawa_SeawaterPS_Japan.pdf))

3. *El Hierro Hydro-Wind Plant* (<http://www.energystorageexchange.org/projects/907>)

4. Обухов Е.В., Холодов Д.В. Экономико-экологические оценки показателей гидроаккумулирования на побережье Украинского Причерноморья. / Одес. гос. экол. ун-т. – О.: Астропринт, 2002. – 254 с.

5. *Храним энергию мешками* (<http://geektimes.ru/post/142784/>)

6. *Hydroakumulatsioonijaam* (<http://energiasalv.ee/hydroakumulatsioonijaam>)

7. *Mohammad Tawhidul Alam1, Tofaeel Ahamed, Younus Tareq, Ahsanullah Wahid and Sohorab Hossain, Prospect of Pumped Storage Hydroelectric Power Generation in Bangladesh through Sea Water Pumping* // department of Electrical and Electronic Engineering Ahsanullah University of Science and Technology, Dhaka, Bangladesh.

8. Васько П.Ф., Ибрагимова М.Р., Пазыч С.Т. Гидроаккумулирующие электростанции на морской воде – технологическая основа крупномасштабного использования ветровой и солнечной энергии в электроэнергетической системе Крыма // units // Alternative Energy and Ecology – ISJAEЕ № 15 (155). – 2014. – С. 38-49.

9. Green Power Island (<http://www.greenpowerisland.dk>)

10. Marien ruimtelijk plan voorgesteld op nieuwjaarsreceptie Zeebrugge ([http://www.apzi.be/news/detail\\_nl.phtml?id=583](http://www.apzi.be/news/detail_nl.phtml?id=583))

**МІЖНАРОДНИЙ ІНВЕСТИЦІЙНИЙ БІЗНЕС-ФОРУМ З ПИТАНЬ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

**VIII МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА**

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА - 2015**

**АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ**

**10-13**  
**листопада**

**ORGANIZATOR:**  
Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України

**СПІВОРГАНІЗАТОР:**  
Міжнародний виставковий центр

**ГАЛУЗЕВИЙ ПАРТНЕР:**  
Українська Вітроенергетична Асоціація

**IEC**

**МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР**  
Україна, Київ, Броварський пр-т, 15  
М "Лівобережна"  
☎ +38 044 201-11-66, 206-87-86  
e-mail: [energo@iec-expo.com.ua](mailto:energo@iec-expo.com.ua)  
[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua), [www.tech-expo.com.ua](http://www.tech-expo.com.ua)

Технічний партнер: **RenMedia**