

УДК 621.22:532.542

## **УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ГАЕС**

**Т. Ф. Третихліб**

студентка 5 курсу, група ГЕм-51, навчально-науковий інститут водного господарства та природооблаштування

Науковий керівник – д.т.н., професор О. А. Рябенко

*Національний університет водного господарства та природокористування  
м. Рівне, Україна*

**В статті розглянуто важливе питання надійності роботи енергетичних систем та регулювання основних енергетичних параметрів за допомогою ГАЕС. Обґрунтована доцільність розрахунків параметрів хвиль переміщення при проектуванні та будівництві ГАЕС. Проведено порівняння розрахункових результатів з натурними дослідженнями.**

**Ключові слова:** енергосистема, хвилі переміщення, гідроакumuлююча електростанція (ГАЕС).

**В статье рассмотрен важный вопрос о надежности работы энергетических систем и регулирования основных энергетических параметров с помощью ГАЭС. Обоснована целесообразность расчетов параметров волн перемещения при проектировании и строительстве ГАЭС. Проведено сравнение расчетных результатов с натурными исследованиями.**

**Ключевые слова:** энергосистема, волны перемещения, гидроаккумуляционная электростанция (ГАЭС).

**This article describes the important issue of reliability operation of power systems and the regulation of basic energy parameters using PSP. The expediency of calculation parameters of the wave movement for the design and construction of the PSP. The calculation results compared with field research.**

**Keywords:** power supply system, waves movements, pumped storage plant (PSP).

**Однією з невідкладних проблем об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України є нерівномірність добового графіка споживання електричної потужності з наявністю відповідних піків та провалів, що обумовлена нерівномірним попитом споживачів на електричну енергію та потужність протягом доби.**

АЕС і ТЕС забезпечують покриття базової частини графіка, а агрегати ГЕС і ГАЕС, а також блоки ТЕС (потужністю 200-300 МВт) використовують для регулювання напівпікової та пікової частин цього графіка.

Особливе значення у забезпеченні надійної і ефективної роботи енергосистеми мають гідроакumuлюючі електростанції (ГАЕС). Ці станції характерні високою маневреністю, пов'язаною з можливістю швидкого включення і виключення своїх агрегатів з роботи, а також швидкої зміни їх характеристик у часі [1]. Феномен ГАЕС полягає в тому, що її регулююча потужність в енергосистемі відповідає сумі встановлених потужностей у турбінному та насосному режимах, яка становить діапазон потужностей станції, тобто ГАЕС може здійснювати подвійне регулювання. Зазначені особливості ГАЕС дозволяють їм оперативно покривати піки на графіку навантаження енергосистеми, що сприяє підвищенню економічності роботи енергосистеми. Використання ГАЕС у функції швидкодіючого

аварійного резерву потужності дозволяє істотно підвищити стійкість енергетичних систем, звести до мінімуму можливість виникнення масштабних аварій у цих системах.

Пуск, зупинка та регулювання потужності агрегатів ГАЕС при різних режимах роботи викликають виникнення в аванкамері, верхній та нижній водоймі та відповідному каналі неусталених гідравлічних режимів потоку з утворенням хвиль переміщення.

**В умовах інтенсивного будівництва ГАЕС** проблема розрахунків хвиль переміщення у верхній водоймі і відповідному руслі під час роботи цих станцій у насосному і турбінному режимах набуває особливої актуальності, оскільки вона є орієнтиром для перевірки визначення відміток гребеня огорожувальних дамб та визначення висоти накопчення хвиль переміщення на укіс, щоб не допустити переливання води через гребінь дамб та забезпечити відповідну надійність гідротехнічних споруд. При назначенні відміток гребеня напірного фронту водоприймача, аванкамери та огорожувальних конструкцій верхньої водойми, а також при виборі типу і розмірів кріплення укосів, виконанні розрахунків міцності та стійкості споруд потрібно враховувати параметри хвиль переміщення.

**Методики чисельних розрахунків** обрисів вільної поверхні хвиль переміщення ґрунтуються на вирішенні одновимірних та двохвимірних рівнянь Сен-Венана, трьохвимірних рівнянь Рейнольдса в гідростатичному наближенні, системи рівнянь Нав'є – Стокса. Також використовуються оригінальні числові алгоритми, адаптаційні три- та чотирикутні сітки та гібридне моделювання [1]. Розглядувана задача є дуже складною, оскільки потрібно враховувати параметри працюючих агрегатів, глибини і конфігурацію конкретної водойми, велику кількість інших діючих факторів і поправочних коефіцієнтів.

Використання математичних моделей дає змогу визначити утворювані хвилі переміщення за різних гідравлічних режимах роботи ГАЕС. Як вихідну математичну модель для розрахунків хвиль переміщення у верхній водоймі Дністровської ГАЕС було вибрано перше наближення теорії «мілкої води».

Натурні дослідження автоматично враховують весь комплекс діючих факторів – закони руху рідини, описувані диференціальними рівняннями в частинних похідних, особливості роботи агрегатів ГАЕС у турбінному і насосному режимах, розміри і конфігурацію споруд, геометрію водосховищ, вплив вітрових хвиль тощо [2].

КВА у вигляді датчиків тиску має високу надійність та точність і рекомендується для натурних досліджень коливань рівнів води у верхньому і нижньому б'єфах ГЕС та ГАЕС. Тому серед встановленої апаратури на Дністровській ГАЕС можна виділити: датчики тиску мембранного типу VEGAWELL72, які встановлені у верхньому і нижньому б'єфах; датчик тиску струнного типу 4500S-350kPa (дистанційний п'єзометр), який розміщений на динамічній осі руху води від водоприймача до огорожувальної дамби у верхній водоймі на ПК63+60. Цей датчик (№ 2) був запроєктований та додатково встановлений для вимірювання характеристик хвиль переміщення у водоймі під час роботи станції [3].

Принцип роботи датчика тиску типу VEGAWELL 72 оснований на використанні коливань мембрани під дією зміни гідростатичного тиску, викликаними змінами рівня води в місці розташування датчика. Зміни коливань мембрани змінюють ємність вимірювальної комірки CERTEC®, а зміни ємності перетворюються у відповідний вихідний сигнал [3]. Отримані дані перетворюються у відмітки рівнів води та передаються на головний пульта управління станцією. Вимірювальний елемент CERTEC® (рис. 1) має дуже високий опір перевантаження, тривалий термін служби, високу корозостійкість, абразивну стійкість.

Широко розвинена КВА дозволяє здійснювати моніторинг роботи основних гідротехнічних споруд та навколишнього середовища. Через значну протяжність будівництва Дністровської ГАЕС на даний час вже накопичено значний статистичний матеріал, який є вихідним для оцінки надійності та безпеки споруд після введення ГАЕС в експлуатацію.

Реальні значення параметрів хвиль переміщення при роботі станції в турбінному та насосному режимах ГАЕС дозволили визначити проведенні натурні дослідження. Також

були проведені вимірювання значення висот вітрових хвиль, та встановлено, що їх значення найбільші при південному та північному напрямках вітру.

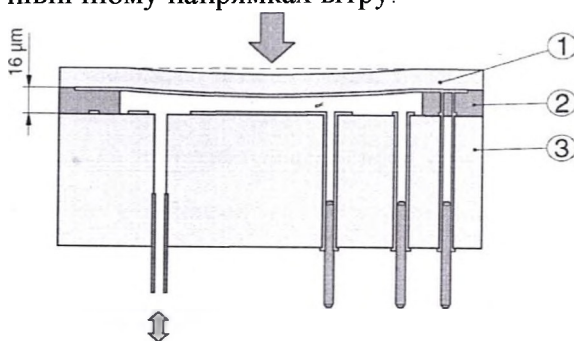


Рис. 1. Конфігурація вимірювального елемента CERTEC® датчика тиску VEGAWELL 72:  
1 – діафрагма, 2 – сполучна скляна вставка, 3 – корпус

Дослідження в натурних умовах є основним орієнтиром для підтвердження математичних моделей та їхньої перевірки. Результати розрахунку добре співпадають з даними натурних досліджень за фазами утворення і поширення хвиль переміщення, але кількісні значення є дещо заниженими (рис. 2). Використовувані методики розрахунків в подальшому необхідно вдосконалювати.

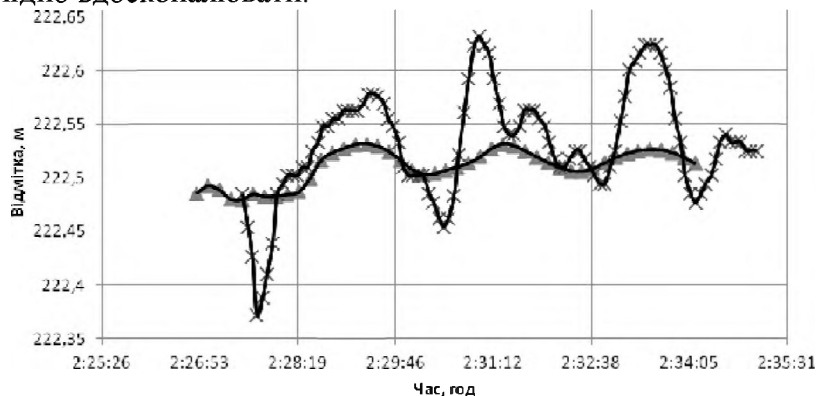


Рис. 2. Співставлення натурних даних та математичного моделювання при роботі першого агрегату Дністровської ГАЕС у насосному режимі:  
—x—x—x—натурні дані, —Δ—Δ—Δ—математична модель

### Висновки

1. ГАЕС беруть участь в покритті піків графіка навантаження та регулювання частоти в об'єднаній електричній системі України, а також формують додатковий аварійний резерв енергетичної потужності.
2. Для недопущення переливу води через гребінь греблі контурних дамб необхідно враховувати хвильові процеси у верхній водоймі при роботі ГАЕС у насосному та турбінному режимах.
3. З метою забезпечення надійної роботи основних гідротехнічних споруд та обладнання ГАЕС необхідно здійснювати постійний моніторинг їхнього стану на основі використання якісної та надійної апаратури.
4. Натурні дослідження та результати розрахунків гідравлічних характеристик неусталених потоків у водосховищах при роботі Дністровської ГАЕС дозволяють підвищити надійність цього гідроенергетичного об'єкту.

### Список використаних джерел:

1. Рябенко О. А. Роль ГАЕС в роботі енергосистем// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах / О. А. Рябенко, О. О. Клюха, В. С. Тимошук. – Хмельницький, 2014. – № 2 – С. 167–170.
2. Синюгин В. Ю. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике / В. Ю. Синюгин, В. И. Магрук, В. Г. Радионов. – М. : ЭНАС, 2008 – 352 с.
3. Отчет о научно-исследовательской работе № 2–133. Натурные исследования характеристик волн в верхнем водоёме Днестровской ГАЭС при совместной и автономной работе первых двух агрегатов (промежуточный). Этап 1. Проведение натурных исследований характеристик волн перемещения и ветровых волн в верхнем водоёме при автономной работе агрегатов Днестровской ГАЭС. – Ровно, 2015. – 106 с.