

# Автоматизована система контролю безпеки гідротехнічних споруд Київської ГАЕС

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.030>

Сергій Сунічук  
Національний університет водного господарства  
та природокористування  
Рівне, Україна  
[s.v.sunichuk@nuwm.edu.ua](mailto:s.v.sunichuk@nuwm.edu.ua)

Тарас Осницький  
Національний університет водного господарства  
та природокористування  
Рівне, Україна  
[t.o.osnitskyj@nuwm.edu.ua](mailto:t.o.osnitskyj@nuwm.edu.ua)

Микола Курган  
ТОВ "Спеціальний технологічний моніторинг"  
Київ, Україна  
[public@spectm.com.ua](mailto:public@spectm.com.ua)

**Анотація** – У статті розглянуто відомості про конструктивні особливості споруд Київської гідроакмулюючої електростанції, проектування і впровадження АСКБ ГТС, питання забезпечення надійності та безпеки, склад та основні технічні показники автоматизованої системи моніторингу за гідротехнічними спорудами.

**Ключові слова** – гідроенергетика, гідроакмулююча електростанція, гідротехнічна споруда, автоматизована система контролю, контроль-вимірювальна апаратура

## I. ВСТУП

Гідротехнічні споруди — це складні інженерні системи, які виконують широкий спектр функцій, від виробництва електроенергії до регулювання рівня води.

Київська ГАЕС розташована на правому березі Київського водосховища за три кілометри від створу основних споруд Київської ГЕС. Будівництво Київської ГАЕС розпочалась у 1962 році з перекриття частини русла Дніпра. Основні роботи, включаючи зведення будівлі гідроелектростанції, напірних трубопроводів, верхнього водосховища та відкритого розподільчого пристрою, тривали до 1976 року. Перший гідроагрегат був введений в експлуатацію 1970 році, а останній – у 1975 році.

Головне завдання ГАЕС – забезпечити стабільну роботу енергосистеми. Вночі, коли споживання електроенергії зменшується, вода за допомогою насосів перекачується у верхнє водосховище. У години пікового навантаження, як правило, у вечірній час, ця вода скидається через турбіни, виробляючи додаткову електроенергію.

До складу основних споруд ГАЕС входять: верхова водойма корисної ємності 3,6 млн.м<sup>3</sup>; підвідний канал; спрягаючі стояни; верховий водоприймач; напірні залізобетонні та металеві трубопроводи діаметром 3,8 м (6 ниток); будівля гідроакмулюючої електростанції з монтажним майданчиком; дренажна система берегового схилу; нижня водойма (Київське водосховище).

Верхова водойма витягнутої форми розміщена на виступі плато, що підіймається на 70 м над рівнем водосховища Київської ГЕС. Довжина водойми 1450 м, ширина 450 м. Водойма виконана в напіввиїмці-напівнасіпу. Підвідний канал має довжину близько 700 м і ширину по верху 110 м. Утворений канал земляними дамбами і залізобетонними підпірними стінками. Водоприймач розміром в плані 12,6 x 52,5 м має шість водозабірних отворів 7 x 7 м. До водоприймача примикають залізобетонні стояни. Горизонтальні залізобетонні трубопроводи виконані у вигляді залізобетонної конструкції довжиною 130 метрів, що включає шість поздовжніх каналів прямокутного перерізу розміром 5,0 x 3,8 м. Похилі металеві напірні трубопроводи діаметром 3,8 м складаються з шести ниток, які укладені по спланованому і укріпленому від розмиву береговому схилу ухилом 1:5. Береговий схил на ділянці напірних трубопроводів укріплений, зсувні ґрунти в основі схилу видалені і відсипана упорна призма з відміткою гребеня +110,000 м, виконана з руслового піску. Будівля ГАЕС розміром в плані 34,4 x 79,3 м зведена на насипній піщаній подушці товщиною 3,2 x 4,3 м, що лежить на мергелях. Підшва будівлі розташована на відмітці +86,00м, відмітка верху – +110,60. З відмітки +100,00 будівля розділена на три секції температурними швами. Будівля ГАЕС обладнана шістьма агрегатами, з яких три машини оборотні і три машини – прямі турбіни.

Існуюча система забезпечення безпеки Київської ГАЕС ґрунтується на періодичних оглядах гідротехнічних споруд та ручній обробці інформації, отриманої від контроль-вимірювальних приладів. Комплексний контроль гідротехнічних споруд включає в себе як регулярні огляди, так і спеціальні дослідження проблемних зон з використанням сучасних методів.

Мета роботи – створення автоматизованої системи контролю безпеки гідротехнічних споруд, що забезпечить надійність та ефективність моніторингу за гідротехнічними спорудами Київської ГАЕС.

## II. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Автоматизована система контролю безпеки призначена для безперервного моніторингу технічного стану гідротехнічних споруд шляхом вимірювання необхідних параметрів, їх обробки та подальшого аналізу. АСКБ – це інструмент для моніторингу стану гідротехнічних споруд. Вона збирає дані з датчиків, проводить їх попередню обробку, передає на наступний рівень для більш детального аналізу, зберігає результати та відображає їх у зручному для користувача форматі.

Інструментально контролюються такі показники стану і роботи споруд:

1. Рівні води у б'єфах і температура води – засобами АСК ГТС.

2. Просторові переміщення контрольних точок споруд – засобами стаціонарної системи моніторингу просторових переміщень споруд, що використовує технології космічної геодезії та далекомірні.

3. Осадки секцій бетонних споруд. Їх контролюють по висотних марках, розташованих по краях секцій, методом геометричного нівелювання з прокладкою ходів від опорних (вихідних) реперів.

4. Осадки гребеня огорожувальної дамби верхньої водойми і берм берегового схилу в окремих контрольних точках – по поверхневих ґрунтових марках.

5. Горизонтальні переміщення опор металевих трубопроводів по схилу – по відповідних контрольних знаках. Контролюються шляхом далекомірних вимірювань.

6. Горизонтальні деформації берегового масиву – по зворотних висках, що розташовані по три з кожного боку створу споруд. Вимірюються датчиками АСК, також продовжують ручні вимірювання, як контрольні.

7. Відносні переміщення суміжних секцій бетонних споруд, які характеризують роботу деформаційних швів. Продовжуються ручні вимірювання по існуючих щілиномірах із застосуванням переносного штангенщілиноміра.

8. Вертикальні деформації підсхильного ґрунтового масиву – із допомогою екстензометричних колон із дистанційними екстензометричними датчиками.

9. Горизонтальні деформації підсхильного ґрунтового масиву – із допомогою інклінометричних гірлянд із дистанційними інклінометричними датчиками.

10. Нахили опор металевих трубопроводів – із допомогою точкових інклінометричних датчиків.

11. Рівні (напори) фільтраційного потоку в основі водоприймача – із допомогою закладних безнапірних п'єзометрів та занурених п'єзодинамометрів.

12. Рівні поверхні фільтраційного потоку в тілі і основі ґрунтової дамби і в ґрунтових масивах навколо водойми і під береговим схилом – за допомогою опускних п'єзометрів та занурених п'єзодинамометрів.

13. Витрати фільтраційної води з дренажів – за допомогою мірних водозливів та датчиків.

АСКБ ГТС має трирівневу архітектуру: нижній, середній і верхній рівень. Нижній рівень АСКБ забезпечує отримання інформації про стан споруд у вигляді сигналів від датчиків. Середній рівень забезпечує збір даних від технічних засобів нижнього рівня, первісну обробку цих даних, збереження їх в оперативній пам'яті і передачу їх на верхній рівень. Верхній рівень призначений для збору інформації від технічних засобів середнього рівня, остаточної її обробки та збереження в базі даних. Первинні дистанційні датчики здебільшого встановлюються в контрольних точках поодиночці і функціонують самостійно (рис. 1). Основним елементом дистанційного датчика є вимірювальний перетворювач. Локальні системи збору даних забезпечують збереження показників контрольно-вимірювальних приладів в пам'яті реєстратора даних з подальшою їх передачею на центральний вузол обробки даних – сервер збору даних. Локальні концентратори даних забезпечують збереження показників контрольно-вимірювальних приладів в пам'яті реєстратора даних з подальшою їх передачею на центральний вузол обробки даних. Мультиплектори вимірювальних каналів застосовуються для зменшення кількості локальних концентраторів даних 4-х (8-ми) каналний мультиплектор, призначений для комутації одно або двопарних аналогових виходів датчиків на один вимірювальний вхід локального концентратора даних. Локальний комутатор даних представляє собою автоматичний вимірювальний комплекс для вимірювань показників датчиків в автоматичному режимі та надає можливість проведення ручних вимірювань підключених до нього датчиків.

Великі земляні та бетонні споруди є основними спорудами в процесі виробітку електричної енергії. До чинників, які викликають додаткове напруження, відносяться коливання рівнів води, переміщення сусідніх секцій споруди та сейсмічна активність. Дане додаткове напруження необхідно контролювати, оскільки раннє виявлення проблеми дозволить попередити аварію або мінімізувати її вплив. Даний контроль частково покладається на геодезичний моніторинг стану споруд. Система постійного моніторингу зміщень споруди є підсистемою АСКБ ГТС Київської ГАЕС.

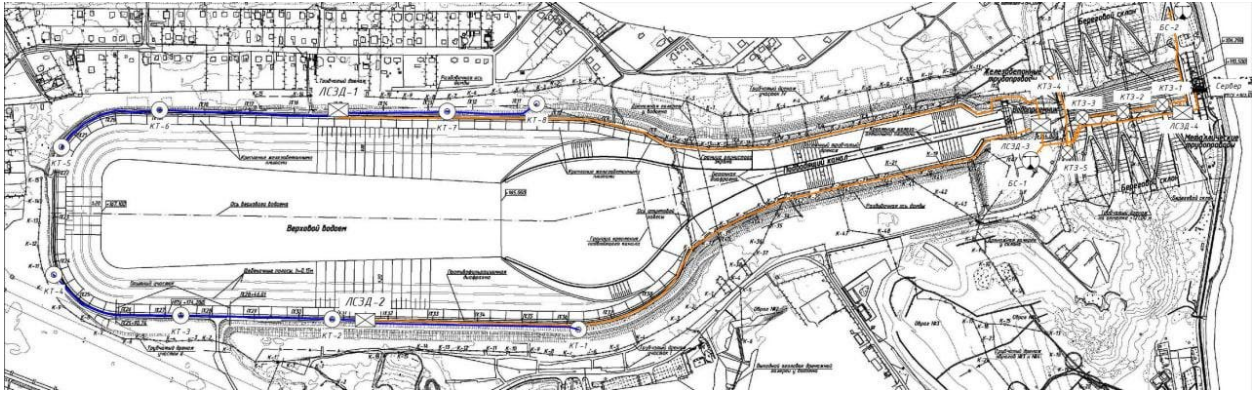


Рисунок 1. План розміщення контрольних точок АСКБ ГТС Київської ГАЕС



Рисунок 2. Спостереження за гідротехнічними спорудами Київської ГАЕС (2023 р.)

ЛІТЕРАТУРА

Базові (референтні) станції, що діють як опорні та стабільні станції для об'єкту моніторингу. Вони призначені для постійних спостережень GNSS та репрезентації робочих систем координат для всього об'єкту постійного моніторингу. Розташовуватимуться на стабільних ґрунтах (блоках земної поверхні) за межами об'єкту моніторингу.

ІІІ. ВИСНОВКИ

Пропонована автоматизована система контролю безпеки гідротехнічних споруд, розроблена для Київської гідроакмулюючої електростанції, включає в себе систему контролю за спорудами і систему безперервного моніторингу зміщення споруд. Автоматизована система контролю значно підвищить рівень безпеки гідротехнічних споруд Київської ГАЕС завдяки постійному моніторингу їхнього стану та своєчасному виявленню будь-яких відхилень від нормального режиму роботи.

[1] ДБН В.2.443:2010 "Гідротехнічні споруди. Основні положення".  
 [2] ДБН В 1.2414:2008. "Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ".  
 [3] ДСТУ Б В.2.642542003. Автоматизовані системи технічного діагностування будівельних конструкцій. Загальні технічні вимоги.  
 [4] ДСТУ-Н Б В.2.5437:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Наставова з проектування, монтажування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями і спорудами.  
 [5] ГКД 34.20.50742003. Технічна експлуатація електростанцій України. Правила. Підрозділ 7.1. Гідротехнічні споруди і їх механічне обладнання.  
 [6] Автоматизована система контролю гідротехнічних споруд (АСК ГТС) Дніпровської ГЕС – від задуму до втілення / В.А. Шульга, В.С. Чугунніков, В.Л. Рассовський, Ю.А. Бісовецький, Е.С. Щучик, С.А. Кухтаров, Б.А. Рудик, А.Н. Пудлик // Гідроенергетика України. – 2017. – № 3-4. – С. 59-65.  
 [7] Надійність та безпека гідротехнічних споруд в умовах тривалої експлуатації / Г. Г. Фаренюк [та ін.] // Наука та будівництво : наук.-техн., виробн. та інформ.-аналіт. журнал. – 2019. – № 2. – С. 4-18.