



кавлені у розвитку малої гідроенергетики України, призведе до виходу на ті показники розвитку галузі, які передбачені "Енергетичною стратегією України на період до 2030 р."

Наразі, у рамках реалізації цієї програми ми працюємо над вивченням досвіду наших грузинських колег з залучення фінансових ресурсів і механізму створення схем розміщення ГЕС на малих річках та налагоджуємо співпрацю з деякими обласними державними адміністраціями, розуміючи те, що тільки наші спільні зусилля у співпраці з науковими та екологічними організаціями можуть привести до успіху.

Так, зокрема, серед низки інших заходів, нами заплановано проведення Круглого столу на тему "Освоєння потенціалу малих річок у гірській місцевості: досвід європейських країн для України", у роботі якого планується участь провідних фахівців європейських країн та обласних державних адміністрацій України, а у травні 2017 р., під час урочистостей з нагоди 90-річчя "Укргідропроєкту", ми плануємо провести нашу традиційну, вже 8-му, Міжнародну конференцію гідроенергетиків.

© Карамушка О.М., 2016



УДК 621.311.214

**ЯКОВЛЕВА О.М.**, канд. техн. наук, доцент,  
Національний університет водного господарства  
та природокористування, м. Рівне

## ОБГРУНТУВАННЯ НАПОРІВ ГАЕС ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВОДОСХОВИЩ КАСКАДУ ГЕС У ЯКОСТІ БАСЕЙНІВ

доповідь на VII Міжнародній конференції гідроенергетиків

"Сталий розвиток гідроенергетики, як основа мобільності та маневреності ОЕС України"

В статті розглядається питання визначення максимальних і мінімальних розрахункових напорів в проекті Дніпровської ГАЕС, для якої верхнім басейном служить Дніпровське водосховище (верхній б'єф Дніпро ГЕС-1 і Дніпро ГЕС-2), а нижнім — Каховське водосховище (нижній б'єф Дніпро ГЕС-1 і Дніпро ГЕС-2).

**К л ю ч о в і с л о в а:** гідроакумулююча електростанція, напори ГАЕС, водосховище.

**В** умовах постійно зростаючого енергоспоживання у світі фахівцями передбачається розвиток енергетики країни із значним нарощенням потужностей маневрених гідроелектростанцій (ГЕС) та вирівнюючих потужностей гідроакумулюючих електростанцій (ГАЕС). Так в Енергетичній стратегії України на період до 2030 р. [1] передбачено за песимістичним прогнозом збільшення потужностей ГЕС і ГАЕС в загальному паливно-енергетичному балансі України до 14 %. Причому, окремо обумовлюється необхідність корегування таких планів кожних п'ять років.

Зменшити капіталовкладення у ГАЕС на 30–35% [2] дозволяє використання вже існуючих водойм як природних (озер), так і штучних (водосховищ). Прикладом таких інженерних рішень є ГАЕС Дінорвік (Великобританія), проект Карельської ГАЕС (Росія). Відомі проекти ГАЕС України — Дністровська, Канівська — передбачені в комплексі споруд існуючих створів гідровузлів каскадів ГЕС. Як правило, типовою є схема

компоновки, коли нижній басейн ГАЕС — це водосховище багаторічного регулювання існуючої ГЕС, як, наприклад, Київська ГАЕС.

При такій компоновці постає питання обґрунтування розрахункових напорів ГАЕС добового регулювання, коли об'єми води в насосному режимі подаються у верхній басейн з існуючого водосховища багаторічного регулювання. Як видно, з графіка зв'язку рівнів води нижнього басейну ГАЕС (Рис. 1), що використовується також як водосховище ГЕС, глибина спрацювання нижнього басейну не постійна величина і залежить від рівня спрацювання водосховища гідроелектростанцією. Отже, діапазон зміни рівнів води ГАЕС залежить від того, до якої частини корисного об'єму ГЕС буде долучатися об'єм спрацювання ГАЕС.

Визначають статичні напори ГАЕС в  $i$ -у годину графіка добового навантаження за залежністю [3].

$$H_{ст\ i} = \downarrow Z_{ВБас\ i} - \downarrow Z_{НБас\ i}, \text{ м}, \quad (1)$$

де  $\downarrow Z_{ВБас\ i}$ ,  $\downarrow Z_{НБас\ i}$  — відмітка води відповідно у верхньому і нижньому басейнах ГАЕС в  $i$ -у годину роботи в добовому графіку навантаження, м.



Розрахункові напори ГАЕС визначають окремо для турбінного  $H_{т.р.і}$  і насосного  $H_{н.р.і}$  режимів роботи в енергосистемі, враховуючи, що втрати напору  $h_{w.і}$  у першому випадку враховують зі знаком «+», а в другому — зі знаком «-»

$$H_{т.р.і} = H_{ст.і} - h_{w.і} \text{ та}$$

$$H_{н.р.і} = H_{ст.і} + h_{w.і}, \text{ м.} \quad (2)$$

Проект Дніпровської ГАЕС розроблявся на кафедрі гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин Національного університету водного господарства та природокористування. В якості верхнього басейну розглядалось Дніпровське водосховище, а в якості нижнього басейну — Каховське водосховище. Така компоновка ГАЕС передбачала обґрунтування напорів ГАЕС добового регулювання в межах спрацювання водосховищ багаторічного регулювання існуючих ДніпроГЕС-1 і ДніпроГЕС-2.

Для визначення статичних напорів Дніпровської ГАЕС були використані графіки зв'язку рівнів води від об'ємів Дніпровського і Каховського водосховищ [4]. З метою спрощення розрахунків на користь збільшення запасу надійності гідротехнічних споруд при експлуатації зв'язок між нормальним підпірним рівнем (НПР) і рівнем мертвого об'єму (РМО) водосховищ приймався як лінійний [5] (Рис. 1–2).

Перевищення рівня НПР Дніпровського водосховища при роботі ГАЕС складає 0,38 м і 0,05 м для Каховського водосховища, що значно нижче форсованих рівнів, які встановлюються в цих водосховищах Дніпровського каскаду при пропуску паводків (від 1,1 м до 2,0 м вище рівнів НПР [5]).

Якщо відомий графік зв'язку рівнів води від об'ємів водосховищ, то можна екстраполювати графік в точці максимального об'єму на добовий об'єм спрацювання ГАЕС і визначити добовий графік зміни максимальних рівнів води басейнів ГАЕС (врахування наповнення водосховищ існуючих ГЕС понад їх рівень НПР). А додаючи добовий об'єм спрацювання ГАЕС до рівня мертвого об'єму водосховищ ГЕС, можна визначити добовий графік зміни мінімальних рівнів води у басейнах ГАЕС (Рис. 4, 5).

В такій ситуації оцінити зміну напорів ГАЕС необхідно при максимальних і мінімальних рівнях як у верхньому, так і нижньому басейнах за

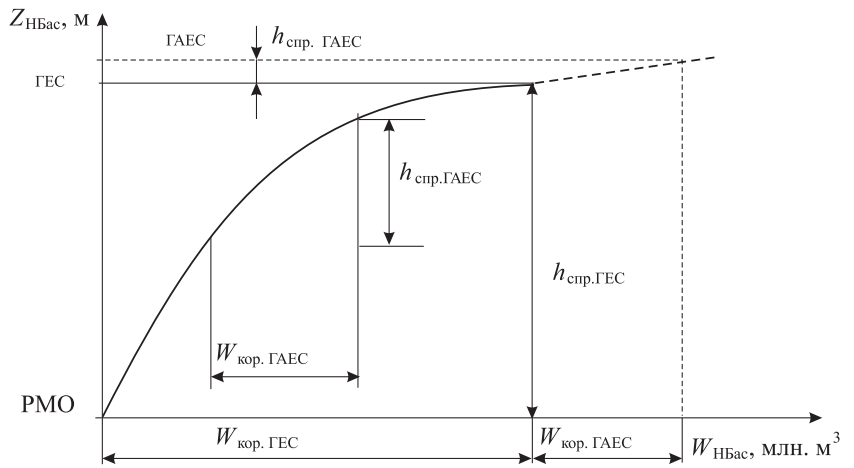


Рис. 1. Графік зв'язку рівнів води від об'ємів нижнього басейну ГАЕС, що є водосховищем багаторічного регулювання ГЕС (суцільні лінії — можливий діапазон зміни рівнів і об'ємів води у нижньому басейні ГАЕС при спрацюванні водосховища ГЕС; штрихові лінії — теж саме при максимальному рівні води у водосховищі ГЕС НПП<sub>ГЕС</sub>)

відповідними залежностями (1) та (2). Результати розрахунків представлені на Рис. 5.

За результатами розрахунків корисні напори турбінного режиму ГАЕС змінюються в межах 6,3 м і в межах 6,96 м для насосного режиму за ба-

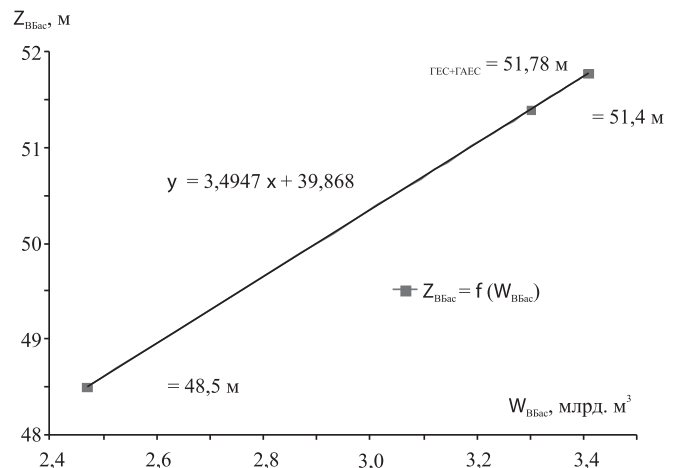


Рис. 2. Графік зв'язку рівнів води від об'ємів води у верхньому басейні Дніпровської ГАЕС (Дніпровське водосховище)

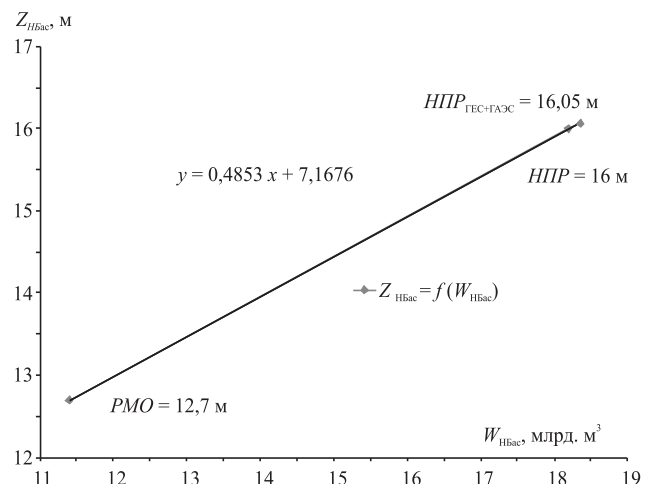


Рис. 3. Графік зв'язку рівнів води від об'ємів води у нижньому басейні Дніпровської ГАЕС (Дніпровське водосховище)

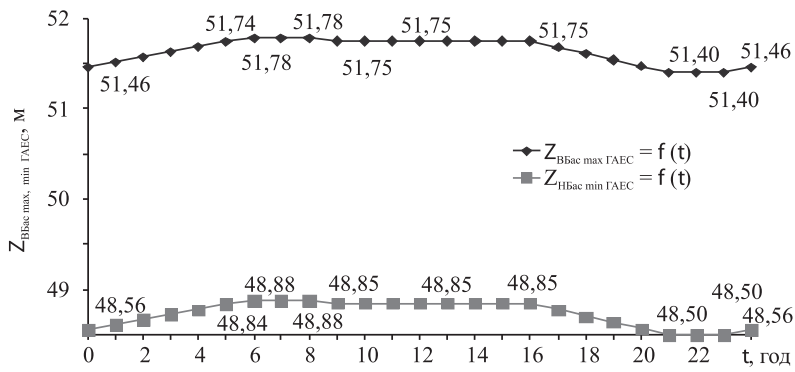


Рис. 4. Добовий графік зміни рівнів води у верхньому басейні ГАЕС

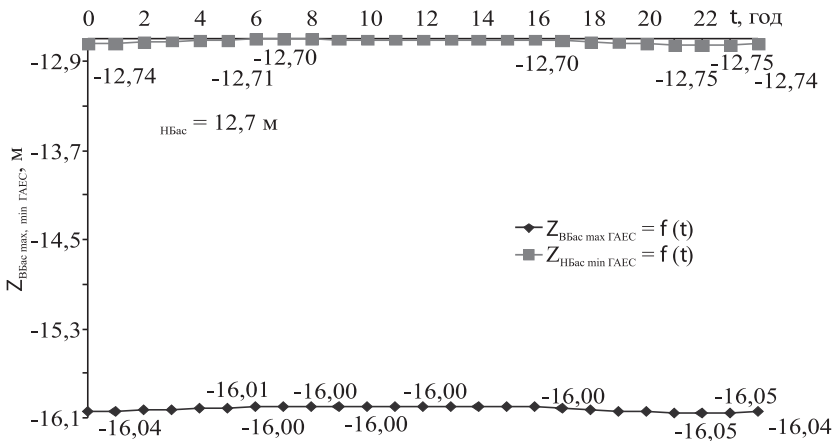


Рис. 5. Добовий графік зміни рівнів води у нижньому басейні ГАЕС

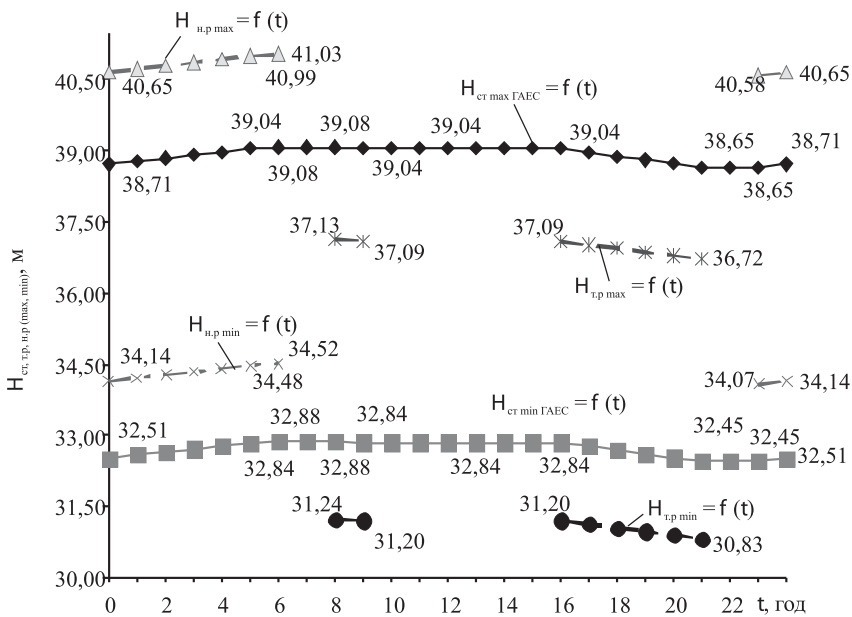


Рис. 6. Добовий графік зміни статичних і розрахункових напорів ГАЕС

гаторічний період зміни рівнів води у водосховищах ГЕС, що використовуються при спільній роботі з ГАЕС у якості їх басейнів.

### Висновки.

1. Використання водосховищ існуючих каскадів ГЕС при проектуванні нових ГАЕС доцільно з економічної точки зору, так як зменшує капіталовкладення на їх будівництво.

2. Такі проекти вимагають додаткової прогнозування меж перевищення НПР у водосховищах існуючих ГЕС при спільному використанні їх у якості басейнів ГАЕС.

3. Коливання напорів ГАЕС (в даному прикладі Дніпровської ГАЕС до 17% від максимальних значень) в багаторічному циклі експлуатації каскаду водосховищ ГЕС повинно враховуватись при виборі основного обладнання ГАЕС.

4. Використання в якості басейнів ГАЕС з двомашинними оборотними агрегатами водосховищ каскаду ГЕС дозволяє компенсувати втрату об'ємів перекачування води між басейнами ГАЕС роботою прямих агрегатів існуючих ГЕС.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Енергетична стратегія України на період до 2030 р.* — 166с (<http://mpe.kmu.gov.ua/>).
2. *Использование водной энергии* /Под ред. Ю.С. Васильева. — М.: Энергоатомиздат, 1995. — 605 с.
3. *Гидроэнергетика: Учебник для вузов* /Под ред. В.И. Обрезкова. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 512 с.
4. *Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Каскад Днепровских водохранилищ* / Под ред. М.С. Кагарина. — Л.: Гидрометеиздат, 1976. — 348 с.
5. *Ландау Ю.А. Народно-хозяйственное значение и безопасность гидротехнических сооружений ГЭС Днепровского каскада*. / Гидроенергетика України. — 2013. — №3—4. — С. 17—21.

