

МАЛІ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ТУРБІННИМИ ВОДОГОНАМИ У ВИГЛЯДІ СИФОНА

На сьогоднішній день проблема заміни таких традиційних енергоносіїв як вугілля, газ, нафта та уран нетрадиційними та поновлювальними джерелами енергії є дуже актуальною як з огляду на екологічну безпеку, так і через вичерпання їх природних запасів. Сьогоднішні економічні реалії змушують велику кількість країн переглянути своє ставлення, зокрема, до використання одного з таких відомих видів енергії, як гідроенергія безперервно поновлюваного стоку річок. Загальна величина стоку річок світу оцінюється в 37 тис.км³/рік, з них людство зараз використовує для різних народногосподарських потреб, включаючи виробництво електроенергії, приблизно половину [1, с.5-18].

Економічно найпривабливішими для потреб енергетики є великі і повноводні, особливо гірські, ріки. Енергія саме таких рік використовується в наш час практично

повністю. Проте в Україні і світі є також велика кількість середніх і малих річок, гідроенергія яких використовується в недостатній мірі, неефективно або взагалі не використовується, хоча технічних і економічних підстав для цього немає зараз і не було в попередні десятиліття. Тому на основі зазначеного вище можна стверджувати, що спорудження нових і модернізація діючих ГЕС, особливо на середніх і малих річках, - актуальне практичне завдання. Насамперед це стосується України, яка більш ніж на 50% [2, с.3] є енергетично залежною від інших держав.

Детальний аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, показав, що гідроенергетика України представлена в основному великими ГЕС Дніпровського каскаду, які були споруджені протягом 1927-1977 рр. і сьогодні виробляють близько 5% електричної енергії нашої держави (щорічно - 10 млрд. кВт год, загальна встановлена потужність гідроагрегатів

– 3,8 ГВт) [3, с.3-6]. Певну кількість ГЕС побудовано також на малих і середніх річках, проте на даний час значний їх відсоток з різних причин не експлуатується або взагалі демонтований. Загалом діючі ГЕС України використовують приблизно 40% економічного гідроенергетичного потенціалу [4, с.6-18]. Оскільки економічний гідроенергетичний потенціал – величина змінна, яка залежить, наприклад, від цін на традиційні викопні енергоносії, то найновіше серйозне його перерахування суттєво знизило б ці відсотки, позаяк зазначені енергоносії невпинно дорожчають. Таким чином, введення в дію нових електрогенерувальних потужностей, що використовують гідроенергію річок, є запорукою вагомого збільшення частки гідроенергетики в енергетичному балансі України та вивільнення генерувальних потужностей вітчизняних ГЕС, більшість з яких вже давно вичерпали свій граничний ресурс, однак ще й досі експлуатуються з непристойно низьким для цивілізованих країн ККД через відсутність коштів на модернізацію основного обладнання. Крім цього, введення в дію нових ГЕС, здебільшого з відносно невеликою одиничною потужністю, сприятиме покращенню стану довкілля та зміцненню енергетичного суверенітету нашої держави.

Проблему спорудження малих ГЕС можна поділити на дві частини – технічну і економічну. Вітчизняні та зарубіжні виробники пропонують велику кількість різнотипного обладнання для малої гідроенергетики, яке відповідає останнім досягненням науки і техніки. Таким чином, технічної проблеми спорудження малих ГЕС немає. Але це ще не означає, що вже немає подальшої потреби підвищення технічних показників малих ГЕС: це вже зовсім інша проблема, наукова, а вона, як і процес пізнання – нескінченна.

Якщо розглядати вартість спорудження, то в більшості випадків 1кВт встановленої потужності малих ГЕС є найдешевшим порівняно з енергоустановками на базі інших не лише поновлювальних, але й традиційних викопних джерел енергії. Таким чином, економічної проблеми будівництва малих ГЕС теж, здавалось би, не повинно бути. Природно, виникає питання відносно причин таких повільних

темпів розвитку малої гідроенергетики в Україні.

Відповідь на це запитання можна знайти в загальному стані вітчизняної економіки, яка переживає перехідний етап свого розвитку на шляху до ринкової економіки і пов'язані з цим труднощі. В процесі розподілу і формування капіталу перевагу одержують найрентабельніші проекти, які швидко окупуються і дають високі прибутки. В умовах сьогоденних економічних реалій проекти з малої гідроенергетики до рентабельних не відносяться, тому що кошти, вкладені на спорудження малих ГЕС, повернуться не раніше, ніж через 5...10 років, що при економічній невизначеності і нестабільності є занадто довго.

В цій статті пропонуються технічні рішення, застосування яких дозволить підвищити інвестиційну привабливість проектів у галузі малої гідроенергетики. Очікуваний ефект буде забезпечено завдяки виконанню турбінного водогону пригребельної ГЕС у вигляді сифону, який обходить греблю. Це вимагає незначного збільшення довжини цього водогону і розміщення окремої його ділянки над найвищим п'єзометричним рівнем, що суперечить традиційним підходам до цього питання [5, с.230,231]. Обхід греблі турбінним водогоном в окремих випадках вважається обґрунтованим, проте сифонний варіант розміщення цього водогону не розглядається [6, рис.12-5,г]. Відома велика кількість різних схем підведення води до гідротурбін ГЕС і способів укладання турбінних водогонів [3, с.98; 7, с.283], однак жодна з цих схем і жоден з цих способів не передбачають розміщення ділянки турбінного водогону над рівнем верхнього б'єфу. Запропоноване розташування турбінного водогону не дуже суттєво підвищить його вартість, однак вагомо знизить матеріало- і трудомісткість комплексу робіт для випадків наявності готової греблі, яка забезпечує необхідний напірний рівень води. Це ж саме стосується випадків модернізації діючих ГЕС шляхом встановлення додаткових гідроагрегатів. Незначні втрати в одному забезпечать великий вигравш в іншому, різниця між вигравшем, який є більшим, і програшем, який є меншим, дасть змогу зробити малі ГЕС більш економічними, що сприятиме прискоренню темпів їх спорудження.

Постановка задачі. Метою статті є висвітлення можливості підвищення техніко-економічних показників малих ГЕС за рахунок:

□ використання існуючих штучних гідро-

технічних споруд (гребель, водозливів) та водойм, які вони утворюють, без їх переобладнання або зі зведеним до мінімуму і тому недорогим переобладнанням;

- виконання впускного турбінного водогону у вигляді сифона, який не перетинає, а обходить водозагороджувальні споруди (греблю, шлюзи), що і забезпечує можливість обійтися без переобладнання останніх.

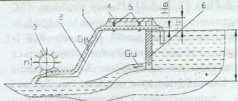
Для досягнення поставленої мети в межах даної статті необхідно розробити схеми малих ГЕС з впускними турбінними водогонами у вигляді сифона та визначити переваги і недоліки кожної з них, а також визначити сфери і умови їх можливого застосування.

Виклад основного матеріалу. В результаті аналізу можливих варіантів розміщення впускного турбінного водогону відносно штучних гідротехнічних споруд, що утворюють водойму, розроблено наступні схеми малих ГЕС з турбінними водогонами у вигляді сифона (рис.1):

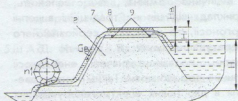
- а) турбінний водогін 1 пролягає над шлюзами 6;
- б) турбінний водогін 1 пролягає в спеціальному водогінному каналі 7, який виконаний у верхній частині греблі 2;
- в) турбінний водогін 1 лежить безпосередньо на греблі 2, при цьому між греблею 2 і водогоном 1 можуть бути спеціальні опорні підставки 10 невеликих розмірів;
- г) турбінний водогін 1 пролягає на певній висоті ($H_B - H_T$) над греблею, при цьому висота його розташування може фіксуватися за допомогою спеціальних опор 11.

Інші умовні позначення на рис.1 і далі в тексті наступні:

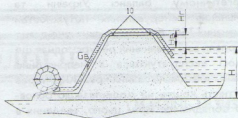
- 3 – гідротурбіна;
- 4 – шлюзовий міст;
- 5 – кронштейни, підвіски або інші кріпильні елементи для фіксації верхньої частини турбінного водогону;
- 8 – кришка (залізобетонна, металева тощо) водогінного каналу;
- 9 – підставки для верхньої частини турбінного водогону у випадку розташування її в водогінному каналі;
- л - кутова швидкість обертання гідротурбіни, об/хв;



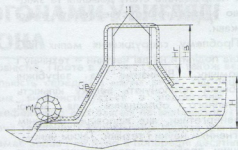
а)



б)



в)



г)

Рис.1.Схеми малих ГЕС з розташуванням турбінного (підвідного, впускного) водогону:

- а) над шлюзами;
- б) у верхній частині тіла греблі;
- в) на греблі;
- г) над греблею

G_v - витрата води через турбінний водогін, $м^3/с$;

$G_{ш}$ - витрата води через шлюзи, $м^3/с$;

H - різниця рівнів верхнього і нижнього б'єсів, м;

H_e - висота розташування верхньої ділянки турбінного водогону над рівнем верхнього б'єфу, м;

H_i - висота розташування верхівки греблі над рівнем верхнього б'єфу, м;

H_{max} - максимальна теоретична висота розташування верхньої ділянки турбінного водогону над рівнем верхнього б'єфу, м;

$H_{вр}$ - розрахункова висота розташування верхньої ділянки турбінного водогону над рівнем верхнього б'єфу, м.

Вибір тієї чи іншої схеми згідно з рис. 1 залежить від конкретних умов проектування малої ГЕС. Деякі переваги та недоліки кожної з схем відображено в табл. 1.

Максимальна теоретична висота розташування верхньої ділянки турбінного водогону, який має вигляд сифона, над рівнем верхнього б'єфу - $H_{max}=10$ м. Проте на практиці з метою уникнення кавітації чи зведення її до мінімуму ця висота не повинна перевищувати орієн-

товно $H_{вр}=5...6$ м, а конкретне її значення, яке може бути і більшим від зазначеного, слід приймати на основі техніко-економічних розрахунків.

Один турбінний водогін у вигляді сифона може забезпечувати водою один або декілька турбоагрегатів загальною потужністю від кількох десятків ват до кількох десятків мегават і більше. Спорудження і експлуатація такої ГЕС не впливає на функціонування системи річка - водойма - гребля - шлюзи. Таким чином, будівництво малої ГЕС з турбінними водогонами у вигляді сифона - економічний, простий і безпечний спосіб вирішення проблеми енергопостачання окремого споживача або групи споживачів, що розташовані поблизу вже готового ставка чи водосховища з греблею. Це можна пояснити ще й тим, що відпадає потреба переобладнання греблі і випускання при цьому води з водойми, що приховує додаткову загрозу безпеці будівельно-монтажних робіт, екологічній безпеці та безпеці техногенного характеру не лише під час спорудження, але й під час експлуатації ГЕС.

Таблиця 1

Переваги та недоліки схем малих ГЕС з турбінними водогонами у вигляді сифона згідно з рис. 1

Показники		Переваги				Недоліки			
		№ схеми згідно з рис. 1							
№ з/п	Назва	а	б	в	г	а	б	в	г
1	Потрібно переобладнати греблю	Ні		Ні	Ні		Так		
2	Турбінний водогін виступає над верхівкою греблі	Ні	Ні					Так	Так
3	Довжина турбінного водогону, гідравлічні втрати та кавітаційні явища	Малі	Малі	Середні				Середні	Значні
4	Можливе обмеження діапазону переміщення шлюзів		Ні	Ні	Ні	Так			

Мала ГЕС з турбінним водогоном у вигляді сифона може бути стаціонарною, мобільною або переносною, її зручно монтувати, обслуговувати і ремонтувати. Тому завдяки своїм очевидним перевагам

вона повинна знайти широке застосування не лише в Україні, але й за її межами.

Елементи новизни. Новизна дослідження полягає в принциповій відмінності запропонованих схем малих ГЕС від існуючих за

рахунок виконання впускного турбінного водогону у вигляді сифону, що забезпечує економічні та інші переваги для випадків спорудження малих ГЕС поблизу вже існуючих штучних водойм з греблями та водозливами.

Висновки

1. Аналіз показав, що гідроенергетика України використовує лише приблизно 40% економічного гідроенергетичного потенціалу, а інша частина цього потенціалу, яка не використовується, - 60% від загального його обсягу, зосереджена в основному на середніх і малих річках.
2. Незважаючи на загрозу екологічній безпеці від застосування традиційних енергоносіїв, особливо ядерного палива, та енергетичну залежність від інших держав, мала гідроенергетика України розвивається недостатньо швидкими темпами. Це зумовлено недостатньо великим економічним ефектом від спорудження малих ГЕС, однією з причин чого є відносно велика вартість їх спорудження.
3. Вартість спорудження малих ГЕС, особливо там, де є вже готові водойми з греблями, можна суттєво знизити, якщо турбінний водогін буде не перетинати, а обходити греблю або шлюзи. При цьому одна з його ділянок буде розташована над рівнем верхнього б'єфу, в результаті чого такий водогін буде самотічним трубопроводом сифонного типу. Вартість ГЕС зменшується в першу чергу за рахунок зведення до мінімуму, а в деяких випадках і до нуля, земляних та бетонних робіт.
4. В результаті синтезу можливих варіантів спорудження малих ГЕС з турбінним водогоном у вигляді сифона отримано чотири основні схеми розташування верхньої частини водогону:
 - а) над шлюзами;
 - б) у верхній частині тіла греблі;
 - в) на греблі, з підставками чи без них;
 - г) над греблею.
5. Мала ГЕС з турбінними водогоном у вигляді сифона може мати стаціонарне,

мобільне або переносне виконання, а її потужність може коливатися від кількох десятків ват до кількох десятків мегават і більше.

6. Завдяки своїм перевагам та наявності в Україні значної кількості водойм з греблями, де кінетична та потенціальна енергія води не використовується, малі ГЕС з турбінними водогонами у вигляді сифона можуть знайти широке застосування і таким чином прискорити темпи розвитку малої гідроенергетики в нашій державі. Подібні малі ГЕС можуть викликати практичний інтерес також і в інших країнах.
7. Малу ГЕС з турбінним водогоном у вигляді сифона можна споруджувати як додаткову ГЕС в зоні уже діючої традиційної пригребельної ГЕС, якщо потужності останньої недостатні.

Перспективи подальших розвідок в цьому напрямку полягають перш за все в розробці детальніших схем малих ГЕС з впускними турбінними водогонами сифонного типу, а також у їх теоретичному і експериментальному дослідженні та оцінці економічної ефективності.

Література

1. Резниковский А.Ш. и др. Управление режимами водохранилищ гидроэлектростанций. - М.: Энергия, 1974. -176с.
2. Федисин Б.П. Економіка енергетики: Навч. пос. - Тернопіль: Астон, 2003. - 160с.
3. Доценко Т.П. и др. Низконапорные гидроузлы с горизонтальными агрегатами. - М.: Энергия, 1978. -137с.
4. Гидроэнергетика / Под ред. В.И.Обрезкова. - М.: Энергоиздат, 1981. -606с.
5. Использование водной энергии / Под ред. Д.С.Щавелева. -Л.: Энергия, 1976. -655с.
6. Гидроэнергетические установки: гидроэлектрические станции, насосные станции и гидроаккумулирующие электростанции / Под ред. Д.С.Щавелева. -Л.: Энергоиздат, 1981. -517с.
7. Гидроэлектрические станции / Под ред. Ф.Ф.Губина и др. -М.: Энергия, 1980. - 367с.