

УДК 621.311.21.

Ю.О. ВІХОРЄВ, канд. техн. наук, А.П. ІЛЬЯШЕНКО (Інститут загальної енергетики НАН України, м.Київ)

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВОДОТОКІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Проведено аналіз можливостей і доцільності утилізації гідроенергопотенціалу організованих водотоків різних технічних систем водопостачання та водовідведення для цілей локального самоенергозабезпечення.

У закордонній практиці малого гідроенергобудівництва почався етап утилізації енергії надлишкових тисків технічних систем водопостачання і водовідведення. На високому організаційному рівні завдання утилізації стрімко впроваджується у Франції, Швеції, Німеччині, Австрії, Фінляндії.

Нижче наведено аналіз можливостей впровадження таких утилізаційних технологій в Україні. Попри величезні складності в конкретизації об'єктів, зроблено спробу їхнього пошуку. Багато з них можуть стати першочерговими для інвестиційного обґрунтування та впровадження.

Виконання оцінок загального гідроенергопотенціалу без обстеження конкретних об'єктів систем технічного водопостачання і водовідведення майже неможливо. На сьогодні постає мета привернути увагу до цієї проблеми, а також зацікавити підприємства у створенні (інвестуванні) власних економічних джерел місцевого часткового самоенергозабезпечення.

Системи міського водопостачання і водовідведення. Обладнання мікро- та мініГЕС не мають негативного впливу на якість води, тому санепідеміологічні служби після випробування можуть видати сертифікат на його застосування. Так, у Росії вже є приклади сертифікації мікроГЕС. На питних водоводах працюють мікроГЕС в Адигеї (шість установок, сумарно 250 кВт), а також на Лузькому рибозаводі у Ленінградській області (50 і 10 кВт). У Франції працюють десятки мікроГЕС у системах питного водопостачання.

В Україні теж можливе використання енергії водотоків водопостачання міст. У системах централізованого водопостачання потужність і продуктивність насосів повинна забезпечувати подачу води до крайнього найвіддаленішого розрахункового споживача. Але такі системи не економічні (хоча саме вони і поширені в Україні). На територіях з різними висотами вигідніше розташовувати зонні накопичувальні резервуари з наступним розподілом води. За таких випадків надлишковий напір при надходженні води у мережі можливо використовувати на мікроГЕС.

У містах Кримського півострова та Західної України мають місце значні напори і, відповідно, достатньо потужні мікроГЕС на водоводах питного водопостачання.

До систем водозабезпечення міст іноді відносяться наливні водосховища, які наповнюються в період повеней або з каналів перекидання води з рік. Такі системи є типовими для Криму. Режими подачі води з водосховищ у міську мережу в середині доби майже не суперечать інтересам енергетики (графік електроспоживання). Гідроенергооб'єкти мають близький до пікового характер. Але за досить невеликої потужності для можливості регулювання навантаження по заданому водокористуванню міста водотоку на мініГЕС доцільно іноді встановлення двох агрегатів.

У Криму наливними водосховищами, для яких попередньо оцінено встановлені потужності, є: Альмінське (140 кВт), Бахчисарайське (180 кВт), Сімферопольське (340 кВт), Чорнорічанське (290 кВт), Партизанське (310 кВт) та Білогородське (230 кВт). Зазначимо, що вказані потужності оцінювалися за умови відсутності "змертвілих" капіталовкладень. Приведена максимальна забезпечена потужність. Потужності МГЕС можуть бути сезонно більшими. Це питання ретельного техніко-економічного обґрунтування при проектуванні конкретних об'єктів.

Питомі капіталовкладення в об'єкти утилізації створених трубопроводами водотоків не перевищують 900-950 дол/кВт.

На прохання Київоблводоканалу обстежено Білоцерківське водосховище (поблизу с. Пилипча). Греблю і водоймище споруджено 1979 року для водопостачання міст Біла Церква та Умань. На водоймі вкрай вигідно спорудження пригреблевої МГЕС потужністю до 800 кВт з метою самоенергозабезпечення насосної. В середньобогаторічний за витратами води рік до 80% електроспоживання (на транспорт води) водогосподарського об'єкту може бути забезпечено за рахунок власного енергоджерела.

В 70-80-ті роки Мінводгоспом споруджено десятки таких водоймищ з метою водозабезпе-

чення міст і промислових підприємств без встановлення на них електрогенеруючого обладнання. Для більшості з них автором проведено попередні розрахунки на основі кадастрових даних.

Серед них, екологічно доцільним можна вважати, насамперед, спорудження МГЕС для зниження енерговитрат на водопостачання міст і промислових вузлів на водоймищах Житомирське, Печенізьке, Сокальське. Для цих енергооб'єктів характерною буде висока однотипність обладнання.

Потрібно зазначити, що для об'єктів комунальної сфери цілком реальні зовнішні інвестиції.

В міських водоканалізаційних системах після очищення умовно чистої води скидають у ріки та водойми. За визначених геодезичних умов можливі напори до 5 м. Загальний аналіз і досвід розробки пропозицій для умов очисних споруд Мукачеве та інших міст виявив, що в середньому для поселень у 90-100 тис. осіб середньодобових витрат води водоканалізаційних викидів достатньо для створення мікроГЕС потужністю 8-10 кВт. Місцевим автономним користувачем здебільшого є підземний водозабір на власні потреби станції очистки каналізаційних стоків та інші власні потреби.

Системи промислового водопостачання. Великі промислові об'єкти є потужними водокористувачами. Здебільшого, це системи без замкненого циклу водовикористання. На деяких системах водоподачі та частіше водовідведення для місцевих енергетичних цілей може бути перспективним використання надмірних тисків організованого використання води. Оскільки системи транспорту води вже організовано, капіталовкладення в спорудження мікро- і, рідше, мініГЕС можуть бути порівняно невеликими.

Вже здійснено попереднє (без точних геодезичних замірів) обстеження системи водопоста-

чання Калушського концерну "Оріана". Водопостачання хімкомбінату відбувається з Рожнятівського водосховища на р. Чечва. Нижче водосховища Чечву перетворено на бетонований безнапірний канал із трьома шлюзами-регуляторами. В останньому відбувається водозабір на водокористування хімкомплексу.

На шлюзах-регуляторах потенційно перспективне встановлення гідромашин. За середньобаторічних витрат води 4,8-4,9 куб. м/с і реальному низькому напірному фронті у 3-3,5 м потенційна потужність кожного з трьох гідрооб'єктів становить 105-125 кВт. На останньому шлюзі надається перевага встановленню низькошвидкісної турбіни-насоса для подачі води на хімкомбінат.

У таблиці 1 наведено допроектні дані дослідження систем водопостачання та водовідведення деяких об'єктів металургії (частку даних передано кафедрою відновлювальних джерел енергії Запорізького індустріального університету).

Попередньо відзначимо необхідність обстеження гірничозбагачувальних підприємств Криворіжжя, де є винятково цікаві об'єкти. Лише в річну мережу Донецького вугільного басейну скидається близько 1,9 млн куб. м/добу шахтних вод. На деяких скидах перспективним є встановлення мікроГЕС.

Утилізація енергії систем водопостачання і водовідводу ТЕС і АЕС. Теплові й атомні електростанції є потужними водокористувачами. На основі проектних і експлуатаційних даних по електростанціях було оброблено інформацію стосовно питомих показників водовикористання (в тому числі безповоротного) і водовідведення. Таблиця 2 містить питомі витрати води, які прямують під надмірним тиском до ріки після конденсаторів турбін (прямоточна система) і вододім-охолоджувачів (оборотна система). Дані

Таблиця 1

Назва підприємства	Характерна назва водостоку	Витрати води, м ³ /с	Можливий напір, м	Орієнтовна потужність, кВт
ЗАТ "Запорізький залізорудний комбінат", м. Дніпрорудний	Трубопровід скиду шахтних вод у ставок на Утлюцькому лимані	0,5-0,6	10-12	37-54
	Обвідний канал	0,3-0,35	1,5-2,0	3-5
ВАТ "Металургійний комбінат "Запоріжсталь", м. Запоріжжя	Шлаконакопичувач та відстійний ставок	2,3-2,5	17-20	290-375
	Оборотна вода прокатних цехів	1,2-1,3	4,5-5	40-48
	Оборотний цикл водопостачання кисневої станції	9-11	7-8	470-660
ВАТ "Запорізький завод феросплавів"	Промзливово каналізація, водовипуск	0,3	4-4,2	до 10
Об'єкти Макіївського ДВП "Укрпром-водчермет"	Водозабезпечення та водовідведення об'єктів металургії	2,0-2,5	3,5-4,0	55-60
		7,5-8,0	3,5-4,0	170-180
		0,24	90	до 150

Таблиця 2

Енергоблок	Для прямоточної системи		Для оборотної системи з водосховищем	
	м ³ /МВт.год.	м ³ /с	м ³ /МВт.год.	м ³ /с
АЕС, блок 1000 МВт	201	56	197	55
АЕС, блок 440 МВт	223	27,3	219	28,8
Газомазутний блок 800 МВт	119	23,4	116	26
Газомазутний блок 300 МВт	127	10,6	125	10,4
Пиловугільний блок 300 МВт	127	10,6	128	10,64
Пиловугільний блок 200 МВт	147	8,2	152	8,4
Пиловугільний блок 160 МВт	147	6,5	152	6,74

наведено на одиничний блок.

Для кожного конкретного об'єкта залежно від складу обладнання може бути оцінена потенційна потужність створу. В переважній більшості створ доцільно вибирати поблизу скиду води (в кінці каналу). Об'єм каналу при цьому виконуватиме роль водосховища. В деяких випадках з'являється необхідність нарощувати до 0,5 м стінки каналу (нарощувати вище за 0,5 м стінки каналу на експлуатованих об'єктах важко).

Обираючи потужності гідрооб'єкта слід мати на увазі реальні режими, ремонти блоків. В кінцевому підсумку гідрооб'єкт повинен мати ресурсну забезпеченість не менше ніж 75-80%. Виконати такі розрахунки можливо для конкретного складу обладнання.

Разом із проєктантами вдалося оцінити в більшості випадків можливий, без значних реконструкцій скидних каналів, напір 2,5 м, а також середні питомі (на блок) оцінки з потужністю для утилізаційних міні- та малих ГЕС на скидних каналах ТЕС та АЕС:

АЕС, енергоблок	1000 МВт	820-1000 кВт
АЕС, енергоблок	440 МВт	390-500 кВт
ТЕС, газомазутний	800 МВт	370-470 кВт
ТЕС, енергоблок	300 МВт	155-200 кВт
ТЕС, енергоблок	200 МВт	125-155 кВт
ТЕС, енергоблок	160 МВт	100-125 кВт

Виходячи з цих показників потужності, можливо утилізувати досить значну енергію.

Для отримання досвіду із впровадження таких утилізаційних МГЕС Укргідропроект веде проєктні роботи по гідрооб'єкту на водоскидному каналі Змієвської ТЕС. Це буде унікальний об'єкт досить великої потужності. Цікавий досвід є в наших сусідів – на Краснодарській, Мінській ТЕЦ та на Лукомльській ТЕС.

Іншим напрямом є спорудження мініГЕС на існуючих водосховищах, що належать енергетич-

ним об'єктам, водні характеристики яких визначаються не лише санітарними попусками по річці нижче водойми, а й температурним режимом водоймища в літній період, а також найвищими позначками рівнів водоймища протягом року. Ці обмеження легко враховуються. При цьому їхній облік торкнеться розрахунку забезпечення МГЕС, за якого її потужність дещо знизиться порівняно з вибором МГЕС за середньобагаторічними гідрологічними характеристиками ріки. Прикладом такого вдалого рішення може вважатися Ладжинська МГЕС (7500 кВт).

За гідрологічними кадастровими показниками, які необхідно уточнювати, оцінені деякі першочергові об'єкти на водоймах: Старобешівської ТЕС (150-200 кВт), Луганської ТЕС (1300-1500 кВт), Бурштинської ТЕС (300-400 кВт).

Укргідропроект здійснено техніко-економічне обґрунтування МГЕС на водоймищі Добротворської ТЕС. Потужність гідроенергетичного об'єкта – 1000 кВт (максимальна – 1100 кВт), середньорічне вироблення електроенергії – 6,3 млн кВт.год., вартість споруди – 1200 тис. дол. (1200 дол./кВт – за готового напірного фронту). Термін спорудження не перевищить двох років. За 10%-вої банківської кредитної ставки та обліку теперішніх податків на прибуток строк окупності капіталовкладень не перевищує 6-8 років за різних оптових тарифів. Розрахунковий строк експлуатації МГЕС – 50 років. Собівартість виробленої енергії з урахуванням максимальної сплати за водокористування – 1,3 цента за 1 кВт/год.

Для вказаних МГЕС освоєно виробництво обладнання.

Канали зрошувальних систем. Одним із потенційно можливих напрямів спорудження малих та мініГЕС є використання енергії водотоків на діючих магістральних каналах зрошувального та промислового водозабезпечення. Такі канали мають гідротехнічні споруди у вигляді шлюзів та

підпірних гребельок. У таблиці 3 наведено загальні дані з кількості таких споруджень і протяжності каналів частиною областей України.

Таблиця 3

Області	Руслові шлюзи та підпірні споруди	Довжина (км) каналів	
		магістральні	місцеві
Донецька		302	372
Запорізька	371	279	763
Київська	673	149	318
Кіровоградська		25	78
АР Крим	393	603	2035
Луганська		158	432
Львівська		60	100
Миколаївська	1268	232	986
Одеська	563	223	763
Херсонська	245	132	1605

Певна річ, необхідна цілеспрямована робота з їх обстеження.

У проведеній Укргідропроектном передпроектній роботі за рівня вартості нафти та газу кінця 80-х років економічно виправданим вважалося спорудження на діючих каналах малих ГЕС: канал Дніпро-Донбас, створ 220 км – 2730 кВт, створ 227 км – 2720 кВт, створ 235 км – 2480 кВт; канал Дніпро-Інгулець, створ 26 км – 11500 кВт; канал Інгулець-Кіровоград – 4300 кВт; на Шаблинському каналі, створ 32 км – 3410 кВт. Перспективними є також створи на магістральному каналі Північний Донець-Донбас (360 кВт) та на скиді-сполученні Шаблинського каналу (3400 кВт). Для таких МГЕС слід відзначити суттєву особливість – максимальна потужність та вироблення електроенергії досягається сезонно.

Оцінки економічної доцільності спорудження МГЕС на магістральних каналах переглядалися неодноразово. Ще наприкінці 70-х та на початку 80-х років при будівництві каналів доцільним вважалося спорудження на них МГЕС. До речі, тоді ж вважалася доцільною робота насосних у режимі користувача-регулятора. Наприкінці 80-х вже вважалося виправданим довести на каналах сезонну потужність сумарно до 27 МВт, при зниженні її до потужності 10-19 МВт періодично в середині року. Сьогодні ці оцінки не можуть бути авторитетними. В період спорудження магістральних, тим більше розподільних, каналів задача утилізації енергії та економії енерговитрат на транспорт води не ставилася. Є попередні пропозиції облводгоспів щодо розподільних каналів. Сьогодні розподільні канали необхідно обстежи-

ти. В умовах незабезпеченості України паливними ресурсами можна очікувати суттєве приближення економічного потенціалу до технічного.

Устаткування. Для використання енергії водотоків технічних і міських систем водопостачання та водовідведення може застосовуватися здебільшого обладнання модульних мікроГЕС. Перевагою цього обладнання є його серійність, відносно невелика ціна (головним чином 500-700 дол./кВт), комплектність, простота монтажу.

Недоліком комплектних серійних мікроГЕС є іноді спрощена система регулювання швидкості та в кінцевому підсумку неможливість паралельної роботи з централізованою системою. За підвищених обертів (частоти) зайва потужність автоматично гаситься на балансовому навантаженні, яке одночасно в зимовий період підтримує температуру у приміщенні мікроГЕС.

Необхідно достатньо ретельно вибирати автономних користувачів, Досвід довів, що це серйозна задача [1].

Широкому використанню енергії водотоків систем технічного водопостачання перешкоджає відсутність гідравлічних турбін для малих напорів – 1,5-3,5 м за досить великих витрат води – 2-10 куб. м/с. Лише останніми роками на ці потенційні гідроенергоресурси звернули увагу в гідромашинобудуванні. Але переважно за кордоном. Наприклад, в Фінляндії освоєно виробництво гідротурбін з напорами 1,5-3,5 м, які почали застосовуватися в технічних водотранспортних системах.

В Україні обладнання мікроГЕС створюється здебільшого на напори, що перевищують 5 м. При роботі з припустимими напорами в діапазоні 3-5 м різко знижується ККД турбін, погіршуються можливості регулювання обертів. Обирати обладнання з умов роботи в межі діапазонів низьких напорів у номінальних режимах недоцільно. Такої помилки припустилися при спробі використати агрегати 50Pr на одній з вітчизняних систем.

Турбінне обладнання на малі напори та значні витрати води в Україні та СНД найближчими роками буде вироблятися. Це важлива проблема, яка стримує утилізацію скидних вод.

Високоякісне, але досить дороге обладнання комплектних (вертикальних) мікроГЕС виробляє фірма Flugt (Швеція). Воно характеризується високою економічністю, достатньою керованістю, спроможністю працювати паралельно з системою. Більш дешеве обладнання виробляється у Фінляндії фірмою Waterpumps Wp Oy.

Простіші, ніж у виробників країн СНД мікроГЕС потужністю 10-100 кВт з турбінами, розроб-

леними на основі лопатевих насосів, виробляє чеський завод "Долні Бенешов". Але використання у зворотних режимах насосних технологій спричиняє необхідність високих напорів (8-20 м). При регулюванні обертів використовується не лише дроселювання витрат води перед турбіною, а й використовуються гідравлічні керовані затвори на обхідному трубопроводі. Вони ж використовуються при виведенні мікроГЕС з роботи.

Унікальні комплектні модулі МГЕС на напори від 1,3 м серійно виробляються фірмою SINK (Чехія). Вони використовуються в 15 країнах світу для утилізації енергії в системах водопостачання, в тому числі питної води (сертифіковані). Комплекти оснащуються досконалою мікропроцесорною системою автоматичного регулювання режиму водопостачання з урахуванням змінних гідравлічних втрат напору у водоводах, відсутності гідродарів і забезпечення максимальних ККД гідромашин. Комплектні модулі працюють паралельно

з централізованою електромережею. Гідротурбіни безкавітаційні і водночас є аераторами води.

Слід відзначити відпрацьований оригінальний спосіб технології виробництва. Поперечно-струйні турбіни (типу BANKI) виготовляються на основі п'яти базових (за діаметром) робочих колес, але з різною шириною, що дозволило майже без додаткових технологічних витрат виробляти понад 110 модифікацій гідромашин для застосування в конкретних умовах (задана зона напорів і витрат води), але з високими значеннями ККД і необхідної зони регулювання режиму. Нині ці гідромашини є найбільш конкурентоздатними.

На сьогодні цілеспрямована робота з обстеження та пошуку перспективних об'єктів неможлива здебільшого через фінансові та організаційні труднощі. Втім, зацікавленість у проблемі часткового самоенергозабезпечення у підприємств починає зростати. Отже, є можливість появи конкретних напрацювань у цій сфері.

1. Вихорев Ю.А., Денисюк С.П. Проблемы малой энергетики как основы местной самоэнергообеспеченности // Проблемы энергосбережения. – 1995. – №2-3. – С. 8-13.