УДК 621.224

Рижий В. М., керівник групи (ТОВ «Гідротехпроект», м. Харків)

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ БУДІВНИЦТВА МІНІГЕС ПРИ ІСНУЮЧИХ ГРЕБЛЯХ НА ПРИКЛАДІ ГІДРОВУЗЛІВ В ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ ТА ПЕЧЕНІЗЬКОГО ГІДРОВУЗЛА В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

В роботі дана оцінка використання напору існуючих гідровузлів для будівництва в їх складі будівлі гідроелектростанції та запропоновано використання різних типів гідроагрегатів.
Ключові слова: гідроелектростанція, гідроагрегат, міні ГЕС.

З урахуванням обмеженості гідроресурсів в світі можна припустити, що в період до 2030 року темпи розвитку гідроенергетики помітно знизяться, але при цьому буде підтримуватися диверсифікація малої гідроенергетики. При темпі зростання в 4,5-4,7% виробництво електроенергії на малих ГЕС досягне до 2030 року 770-780 ТВт.год, що буде становити більше 2% всього виробництва електроенергії в світі. Таким чином, можна сказати, що мала гідроенергетика в осяжній перспективі залишиться одним з найважливіших і конкурентоспроможних поновлюваних джерел енергії.

Питомі витрати на будівництво малих гідроелектростанцій при їх індивідуальному проектуванні та зведенні нерідко можуть перевищувати питомі витрати на будівництво великих ГЕС. Разом з тим досвід проектування і будівництва різних малих гідровузлів все ж дозволяє говорити про можливість значного зниження питомої вартості за умови типового проектування, уніфікації обладнання, застосування місцевих матеріалів, а також будівництва МГЕС в створах існуючих гідровузлів.

Також, слід відмітити, що в Україні стимулювання розвитку малої гідроенергетики підтримується на державному рівні, шляхом прийняття «зеленого» тарифу на виробництво енергії гідроелектростанціями.

Найбільш ефективними є малі ГЕС, які створюються на існуючих гідротехнічних спорудах. За даними фірми "Еллімс-Чалмерс" (США), питомі капіталовкладення для знову споруджуваних ГЕС потужністю 10 МВт дорівнюють 1100-1400 дол./кВт, потужністю до 1 МВт - 6800-8700 дол./кВт. Терміни окупності капітальних вкладень складають від 2 до 6 років.

Устаткування для малих ГЕС в даний час виробляють численні фірми США, Японії, Швеції, Швейцарії, Франції, Австрії, Великобританії. Почалося виробництво такого обладнання і в країнах східної Європи. Стандартизоване обладнання для малих ГЕС виробляється в широкому діапазоні параметрів: потужність - від 2 до 15000 кВт; діаметр робочого колеса турбіни – від 190 до 3000 мм; частота обертання - від 50 до 2000 об/хв.; напір – від 1 до 1000 м.

При гідровузлі, розташованому в м. Житомир (фото 1) в районі вул. Жуйка до 1985 р. на правому березі працювала МГЕС з напором 4,4 м і потужністю 435 кВт. В 1985 р. вона була виведена з експлуатації. В даний час залишилася частина будівлі ГЕС без верхньої будови та обладнання. Бетонна гребля знаходиться в задовільному стані, потребує незначного ремонту. Підлягає заміні обладнання водовипуску на лівому березі. МГЕС може бути відновлена з установкою сучасного гідросилового обладнання. Для цього знадобиться вирубка бетону в старій будівлі для установки нового обладнання та будівництво нової верхньої будівлі ГЕС.

Фото. 1. Гідровузол в м. Житомир

В склад споруд гідровузла входять:

- будівля МГЕС руслового типу;
- водозливна гребля (переливна);
- поверхневий водовипуск з правобережним стояном;
- водовипуск.

Для достовірної оцінки прийняття рішення по вибору встановленої

потужності виконуються гідрологічні та водогосподарські розрахунки. Отримані параметри витрат та напорів (розрахункових, максимальних та мінімальних) видаються заводам - виробникам обладнання. Будується залежність середньорічної виробітки від встановленої потужності ГЕС (рис. 1). Для подальшого опрацювання будівництва МГЕС прийнято з установкою одного вертикального чи горизонтального гідроагрегату фірми MAVEL, Чехія, Andritz Hydro, Австрія або 4-х турбін вітчизняної фірми "Мінігідро", Україна.

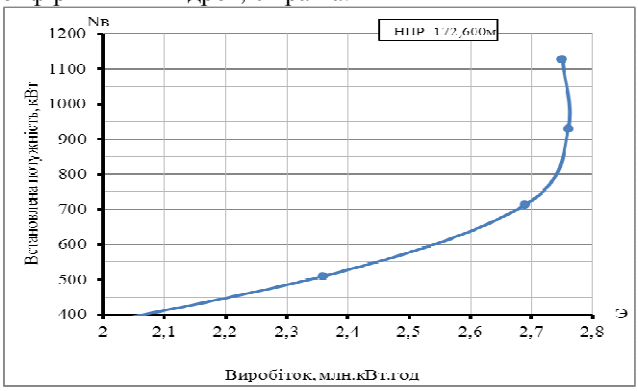

Рис. 1. Залежність середньорічної виробітки від встановленої потужності ГЕС в м. Житомирі (при встановленні двох гідроагрегатів)

Оптимальне місце будівництва будівлі ГЕС у складі існуючого гідровузла в **с. Станишівка** Житомирського району є будівництво споруди у водобійному колодязі донного водовипуску (фото 2) на правому березі річки. Для виконання робіт у котловані будівлі ГЕС насухо, зі сторони верхнього та нижнього б'єфу влаштовуються тимчасові перемички.

В склад споруд гідровузла входять:

- водозливна гребля (переливна);
- донний водовипуск;
- правобережний та лівобережний стояни.

Виходячи з прийнятої величини напору та виконаних водноенергетичних розрахунків для подальшого порівняння розглянуті 2 варіанти гідротурбінного обладнання фірм WTW, Польща, та Mavel, Чехія.

Гідровузол в **м. Малин** (фото 3) введений в експлуатацію в 1979 році та був призначений для забезпечення господарсько-питного водопостачання населення і підприємств м. Малин та інших населених пунктів.

а) б)

Фото. 2. Гребля в с. Станишівка Житомирської обл.,
а – вид з нижнього б'єфу; б – вид з верхнього б'єфу

До складу споруд гідровузла входять:

- глуха лівобережна та правобережна греблі;
- водозливна гребля;
- донний водовипуск;
- берегові водозахисні дамби;
- водосховище.

На сьогоднішній день споруди гідровузла знаходяться в задовільному стані, потребують ремонту ущільнення сегментних затворів. Забір води з водосховища незначний.

Оптимальним розташуванням будівлі ГЕС у складі існуючого гідровузла являється її будівництво на лівому березі з розміщенням водозабірних споруд на березі за лівобережною дамбою з мінімальними витратами на будівництві перемичок і відсутністю необхідності в розбиранні земляної греблі, при цьому підвід води до будівлі ГЕС здійснюється по напірним трубопроводам.

У той же час можливий варіант із розташуванням ГЕС в одному з прольотів водозливної греблі, оскільки пропускна здатність її досить висока і незначне підвищення форсованого горизонту верхнього б'єфа дозволить використовувати один водозливний проліт для розміщення споруди ГЕС. Для обґрунтування цієї можливості необхідно виконати гідрологічні розрахунки для визначення максимальних витрат літніх паводків і весняних повеней забезпеченістю 3%, 1% і 0,5% і визначити величини форсування рівнів верхнього б'єфу.

Використовуючи існуючий напір 5,0 м, при греблі можливо побудувати МГЕС з установкою одного горизонтального гідроагрегату фірми MAVEL, Чехія, прямоточної турбіни типу S, Польської фірми

WTW, або 3-х турбін вітчизняної фірми “Мінігідро”, Україна.

Фото. 3. Гідровузол в м. Малин, Житомирської обл.

Більш детально розглянемо будівництво МГЕС в смт. Печеніги, Харківської області.

До складу Печенізького гідровузла (фото 4, рис. 2), побудованого в 1963 р., входять:

- правобережна земляна гребля;
- лівобережна земляна гребля;
- лівобережний, правобережний ділянки спряження земляних гребель з водоскидом;
- водоскид;
- правобережний, лівобережний стояни;
- відвідний канал водоскиду;
- донний водоспуск;
- трубчастий водовипуск.

Для оцінки можливості будівництва МГЕС в складі гідровузла були виконані візуальне, водолазне та інструментальне обстеження гідровузла.

Негативні процеси в період експлуатації Печенізького гідровузла (виноси піску та утворення пустот під плитами водобою) дозволили зробити висновки про можливість розташування та будівництва МГЕС

у нижньому б'єфі лише окремо від гідровузла, що буде мати мінімальний вплив на основні споруди для запобігання майбутніх аварійних ситуацій.

Фото 4. Вид на Печенізький гідровузол зі сторони нижнього б'єфу

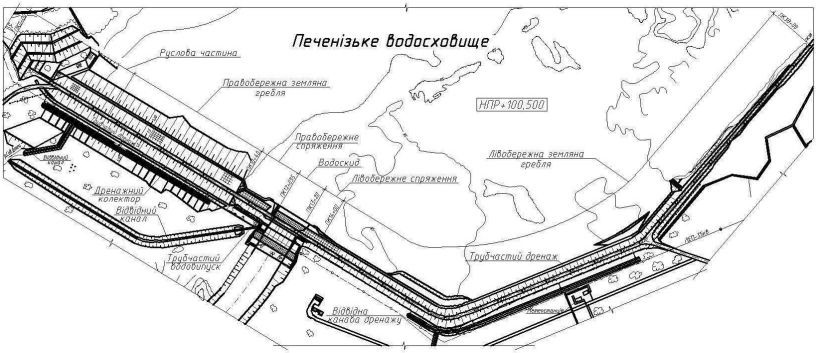

Рис. 2. План Печенізького гідровузла

В якості важливого елемента вихідних даних для водноенергетичних розрахунків (визначення розрахункових напорів) та інших потреб проектування наведена проектна крива витрат води р. Сіверський До-

нець в нижньому б'єфі Печенізького гідровузла Q=f(Z). Її нижня дільниця була приведена до сучасних умов за даними вимірів витрат води в 2003, 2006 та 2011 роках.

Стокові характеристики, які необхідні для проектування, визначені за гідрометричними спостереженнями. Відомості по державним гідропостам, по яким були використані дані спостережень для аналізу і гідрологічних розрахунків.

Водоприймачем МГЕС буде служить донний водоспуск Печенізького гідровузла. Регулювання витрат здійснюється робочим затвором водоспуску, який обслуговується підйомним механізмом, вантажопідйомністю 2х20 т. Згідно водолазного обстеження затвор щільно не прилягає до дна водоспуску, і не дає змогу повністю контролювати витрати через водоспуск. Перед будівництвом МГЕС цей недолік необхідно усунути.

Напірний трубопровід виготовляється з металу довжиною близько 110,0 м, діаметром 2,5 м з товщиною стінок 20 мм. Від вихідного оголовка водоспуску трубопровід йде відкритим, а по укосу відвідного каналу водоскиду до будівлі ГЕС розташовується у зворотній засипці із м'яких ґрунтів на щебеневій підготовці.

За вихідним оголовком водоспуску трубопровід має 2 розгалуження для можливості холостого скидання води у відвідний канал в разі зупинки ГЕС, а також на промивку старого русла річки Сіверський Донець через трубчастий водовипуск.

Ділянка трубопроводу для холостого скидання води облаштовується затвором.

Для можливості огляду, а також виконання ремонтних робіт донного водоспуску напірний трубопровід за вихідним оголовком водоспуску облаштовується гермолазом.

На спряженні трубопроводу з будівлею ГЕС для запобігання деформацій споруди, внаслідок нерівномірних осадок основи, влаштовується деформаційний шов. Деформаційний шов виконується приклеюванням двох шарів бітум матів на поверхні бетону. Для забезпечення водонепроникності деформаційного шва влаштовуються ущільнення з діафрагми з нержавіючої сталі шириною 200 мм і товщиною 2 мм.

На ділянках спряження трубопроводу з донним водоспуском, будівлею ГЕС, а також на його поворотах влаштовуються анкерні опори, які являють собою бетонний масив. З метою запобігання пошкодження напірного трубопроводу в анкерних опорах не допускається жодних зсувів

Будівля ГЕС розміщується на правому березі, з розмірами в плані 10х13,0 м. На рисунку 3 показаний план розміщення будівлі ГЕС для

варіанта з однією турбіною фірми Cink, Чехія. Параметри будівлі ГЕС визначаються типом, кількістю і габаритами основного та допоміжного гідроенергетичного обладнання, та будуть уточнені на наступній стадії проектування після визначення постачальника обладнання.

Верхня будова ГЕС являє собою приміщення для можливості обслуговування турбіни будівлі ГЕС. Габаритні розміри верхньої будови будуть визначатися виходячи з умов установки, обслуговування та проносу обладнання.

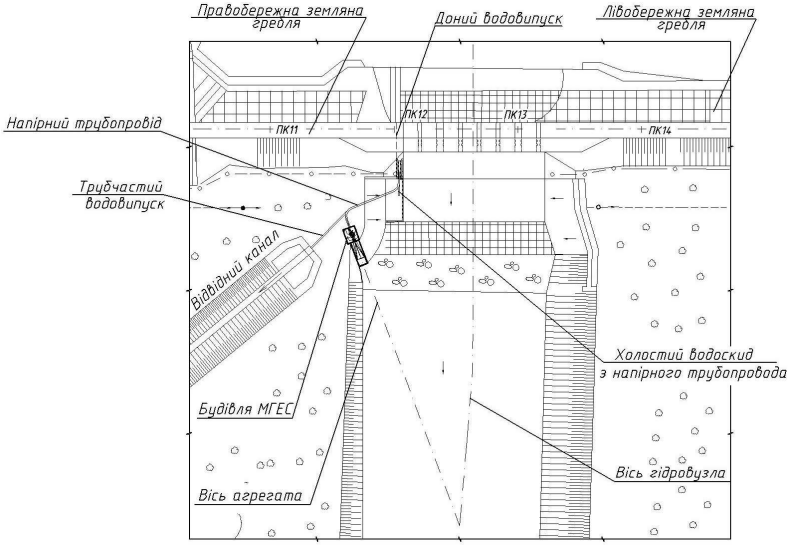

Рис. 3. План розміщення МГЕС в складі Печенізького гідровузла

Виходячи з прийнятої величини напору та виконаних водноенергетичних розрахунків для подальшого порівняння розглянуто 4 варіанти гідротурбінного обладнання.

1. Передбачається установка 1-ї вертикальної турбіни чеської фірми MAVEL типу KAPLAN KVK1900R4 (рис. 4).

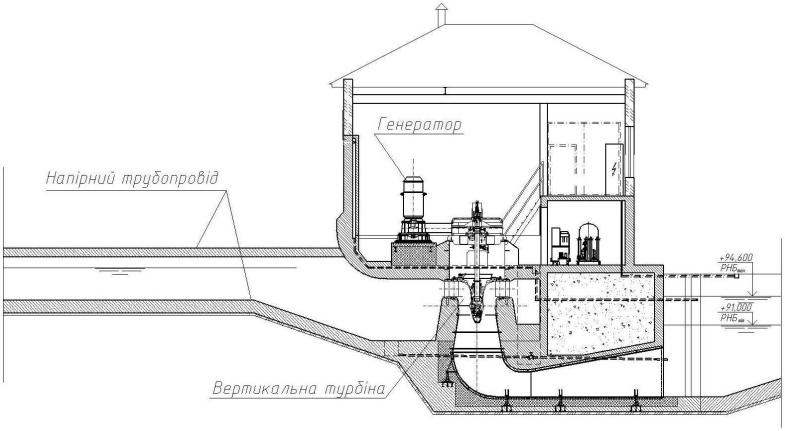

Рис. 4. Вертикальна турбіна KAPLAN KVK1900R4 фірми MAVEL, Чехія

Аналогом побудованої ГЕС з таким типом турбін може служити ГЕС Infernos в Португалії потужністю 1019 кВт, яка була введена в експлуатацію в 2005 році.

2. Передбачається встановлення 3-х поворотно-лопастних прямоточних турбін ТОВ «Мінігідро» Україна, з регульованим напрямним апаратом типу Т-90 (рис. 5).

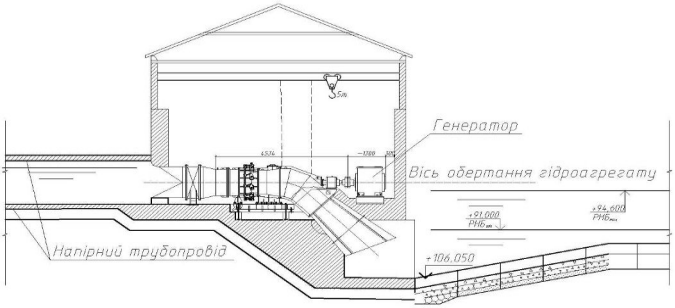

Рис. 5. Прямоточна турбіна Т-90, ТОВ «Мінігідро», Україна

З аналогічними турбінами була відновлена Яблуницька ГЕС у Чернівецькій обл. в Україні, потужністю 1000 кВт

3. Варіантом передбачена одна прямоточна гідротурбіна типу Каплан фірми Andritz Hydro, Австрія (рис. 6)

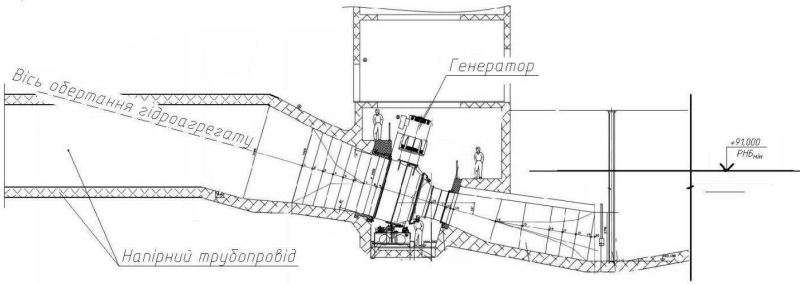

Рис. 6. Турбіна KRT 5-1700, фірми Andritz Hydro, Австрія

4. Варіантом передбачена установка горизонтальної турбіни типу Каплан Чеської фірми CINK Hydro-Energy k.s. (рис. 7)

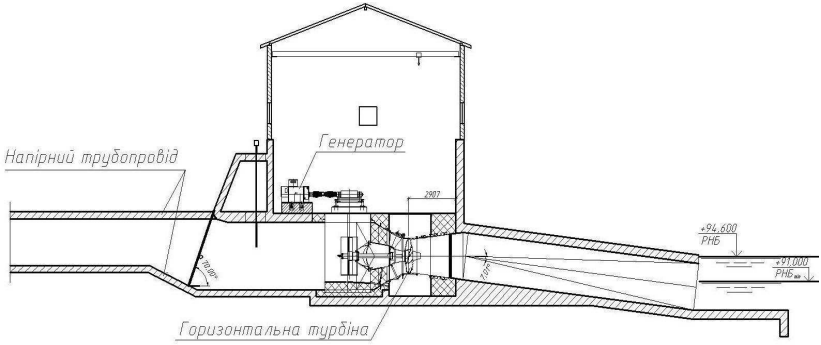

Рис. 7. Горизонтальна турбіна CINK Hydro-Energy k.s, Чехія

Як видно з таблиці найбільшу потужність має турбіна фірми ANDRITZ Hydro. Турбіна KRT 5-1700 завдяки своїй особливо компактній конструкції в порівнянні з іншими типами турбін і простоті вхідних та вихідних елементів має найменші габарити. Подвійне регулювання направляючого апарату і робочого колеса забезпечує високий ККД, що гарантує ефективне використання водного потенціалу та регулювання потоку води. Слід відмітити, що можна відмовитися від крана в машзалі, турбіна поставляється в зібраному виді і подається автокраном, що суттєво зменшує затрати на монтажні роботи.

Для ревізії гідроагрегату достатньо використовуються прості шандорні затвори в верхньому та нижньому б'єфах.

Найбільш економічним варіантом на даній стадії розробок являється варіант з 3-ма турбінами фірми «Мінігідро», Україна.

Таблиця

Порівняльна таблиця техніко-економічних показників гідротурбінного обладнання

Техніко-економічні показники	Найменування фірми, країна			
	МініГІДРО, Україна	CINK, Чехія	MAVEL, Чехія	ANDRITZ Австрія
Тип агрегату	Гориз.	Гориз.	Вертик.	Гориз.
Кількість агрегатів	3	1	1	1
Потужність одного агрегату, кВт	285	1020	1019	1045
Потужність ГЕС	855	1020	1019	1045
Витрата води через ГЕС, $м^3/с$	13,5	15,0	15,0	15,0
D р.к. турбіни, мм	900	1780	1900	1700
Розрахунковий напір, м	8,0	8,0	8,0	8,0
Вартість агрегатів*, млн. грн	4,0	8,0	11,0	14,0

*) цифри орієнтовні

До недоліків даного варіанту можна віднести:

– збільшення до 3-х кількості гідроагрегатів викличе ускладнення систем автоматики та експлуатації ГЕС;

– некомплектна поставка устаткування – генератор, турбіна і шкаф управління виробляються різними фірмами, що вимагає додаткового узгодження.

Велика простота експлуатації ГЕС з одним агрегатом дозволяє рекомендувати ГЕС з однією горизонтальною турбіною фірми CINK Hydro-Energy k.s, Чехія так як її вартісні показники значно менші від вартості турбін фірм MAVEL та ANDRITZ та мають значні переваги над турбінами фірми «Мінігідро»:

– більш високі показники потужності і вироблення електроенергії;

– менші об’єми бетону та арматури, в зв’язку з меншими габаритами будівлі ГЕС;

– комплексна поставка фірмою CINK гідросилового обладнання та системи управління забезпечить надійну роботу системи в цілому.

Остаточне рішення про вибір типу та кількості гідроагрегатів вирішується на стадії техніко-економічного обґрунтування.

Для безпечної та надійної експлуатації МГЕС необхідно привести всі споруди гідровузлів в нормативний стан. Оцінку придатності всіх споруд гідровузлів до подальшої експлуатації та будівництва в їх складі будівлі МГЕС можна визначити тільки після проведення перевірочних розрахунків стійкості і міцності, спираючись на дані про фактичну міцність бетону та реальні фізико-механічні характеристику ґрунтів. Якщо запас міцності не забезпечений, потрібно розглянути заходи по приведенню споруд в нормативний стан. В обсяг реконструкції споруд гідровузлів увійде відновлення всіх зруйнованих та пошкоджених бетонних поверхонь та земляних споруд, гідромеханічного обладнання.

Висновок: підсумовуючи викладене у статті, можна зробити висновок, що будівництво МГЕС в складі існуючих гідровузлів, при сучасному стимулюванні зеленої енергетики в Україні в найближчі часи набере все більше обертів, та значно збільшить виробництво чистої електроенергії.

1. При написанні роботи використані технічні звіти ТОВ «Гідротехпроект». **2**. Закон України «Про електроенергетику». **3**. Матеріали галузевого огляду № 14. ЄБРР. «Сучасний стан і перспективи розвитку малої гідроенергетики в країнах СНД».

Рецензент: д.т.н., професор Рябенко О. А. (НУВГП)

Ryzhyi V. N., Team Leader ("Hidrotehprojekt" Co LTD, Kharkiv)

ESTIMATION OF POSSIBILITY OF MINIHPP'S CONSTRUCTION ON THE EXISTING DAM IN THE CASE OF DAM IN ZHYTOMYR REGION AND PECHENEG DAM IN KHARKIV REGION

In this work is represented the evaluation of using the existing the hydro structures for building hydroelectric power stations in their composition and suggested using of the various types of the hydropower units.

Keywords: hydroelectric power plant, hydropower unit, mini HPPs.

Рыжий В. Н., руководитель группы (ООО «Гидротехпроект», г. Харьков)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МИНИГЭС ПРИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПЛОТИНАХ НА ПРИМЕРЕ ГИДРОУЗЛА В ЖИТОМИРСКОЙ ОБЛАСТИ И ПЕЧЕНЕЖСКОМ ГИДРОУЗЛЕ В ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В работе дана оценка использования напора существующих гидроузлов для строительства в их составе здания гидроэлектростанции и предложено использование различных типов гидроагрегатов.
Ключевые слова: гидроэлектростанция, гидроагрегат, мини ГЭС.