

УДК 338.242.2:627.8

Костишин Н. С.

Чортківський навчально-науковий інститут підприємництва і бізнесу ТНЕУ

### ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА ФОРМУВАННЯ ВИТРАТ ІЗ РОЗРОБЛЕННЯ ТА БУДІВНИЦТВА МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

У статті досліджено технологічні особливості відновлення і побудови нових об'єктів малої гідроенергетики. Зосереджено увагу на формуванні статей витрат малих ГЕС та їх структури. Визначено аспекти, які сприятимуть зниженню виробничих витрат й економічному розвитку в цілому.

**Ключові слова:** мала гідроенергетика, мікроГЕС, міні-ГЕС, витрати, реконструкція, будівництво.

**Постановка проблеми.** Виробництво електроенергії з використанням енергії води вважається добре відпрацьованою і перевіреною часом технологією. Ще з початку 1920-х років в Україні були збудовані малі ГЕС на багатьох річках, у кінці 1950-х років їхня кількість становила 956 із загальною встановленою потужністю близько 30 000 кВт. У Галичині використання енергії води відбувалося ще за часів існування на цій території Австро-Угорської імперії та панування Польщі. У ті далекі роки малі ГЕС переважно були призначені для забезпечення енергією млинів, які розташовували поблизу. Це давало можливість збільшувати промислові потужності в отриманні борошна та інших продуктів млинарства. У Тернопільській області кількість таких ГЕС перевищувала два десятки. Згодом у зв'язку з розвитком централізованого енергопостачання та концентрацією виробництва електроенергії на потужних теплових і атомних станціях існуючі малі гідроелектростанції законсервували, демонтували, і більшість із них сьогодні зруйнована.

Враховуючи сучасні тенденції до переходу на альтернативні джерела отримання енергії, доречним є відновлення малих ГЕС Тернопільської області.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Окремі питання щодо вивчення гідроенергетичного потенціалу малих річок, розвитку будівництва й відновлення малих гідроелектростанцій, їхнього впливу на навколишнє природне середовище висвітлено в працях вітчизняних й зарубіжних економістів. Зокрема, Н.А. Палишкін, І.А. Міщенко провели порівняльний аналіз економічних показників малих гідроелектростанцій різних типів і встановили, що використання типових проектів і серійного гідроенергетичного обладнання дає змогу на третину скоротити витрати на будівництво малих гідроелектростанцій [1]. Л. Левковська, В. Мандзик оцінили сучасний стан та перспективи розвитку малої гідроенергетики в Україні, встановили головні стимулюючі чинники збільшення кількості об'єктів малої гідроенерге-

тики та визначили екологічні ризики й можливі негативні наслідки будівництва малих гідроелектростанцій [2, с. 8]. О.М. Маценко, С.І. Німко, Д.М. Овчаренко, досліджуючи вплив малої гідроенергетики на навколишнє середовище та господарську діяльність, запропонували методiku оцінки еколого-економічної ефективності функціонування малих гідроелектростанцій [3, с. 26].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Проте сьогодні за умов інтенсивного розвитку та державного сприяння використанню альтернативних джерел енергії залишається недостатньо дослідженим питання формування статей витрат з урахуванням технологічних особливостей будівництва малих гідроелектростанцій.

**Мета статті** полягає у вивченні технологічних особливостей функціонування малих гідроелектростанцій та дослідженні їхнього впливу на формування витрат із розроблення та будівництва таких ГЕС.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сучасні державні програми розвитку економіки та реформи в Україні спрямовані на поліпшення добробуту громадян і мають на меті втілення заходів щодо імплементації найкращого досвіду світових країн у ту чи іншу галузь. Не винятком є й галузь енергозабезпечення країни. Прагнення України стати членом Європейського Союзу вимагає дотримання керівництвом держави напрямку розвитку з урахуванням чинних норм та законів, які діють у ЄС.

Для виведення енергетичного комплексу України на принципово новий, якісний рівень розвитку, вирішення проблем енергетичної безпеки з урахуванням вимог Європейської спільноти урядом нашої країни прийнято Енергетичну стратегію України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [4]. Вона передбачає, що до 2025 р. здебільшого буде завершено реформування енергетичного комплексу України, досягнуто першочергових цільових показників із безпеки та енергоефективності, забезпечено його інноваційне оновлення та інте-

грацію з енергетичним сектором ЄС. Значне місце відводиться малій гідроенергетиці, зокрема сьогодні в нашій країні існує механізм щодо стимулювання виробництва електроенергії малими ГЕС та іншими поновлюваними джерелами енергетики – «зелений» тариф. Це спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії, виробленої лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями) [5].

Гарантування державою купівлі повного обсягу виробленої електроенергії протягом усього терміну дії системи стимулювання за рахунок упродовження «зеленого» тарифу оновило ринок альтернативної енергетики. Завдяки цьому тарифу термін окупності проектів малих ГЕС скоротився до семи-восьми років, що сприяло побудові нових найбільш потужних малих ГЕС у Тернопільській області на річках Дністер (Касперівська ГЕС) та Серет (МГЕС с. Більче Золоте, Янівська ГЕС).

Однак, незважаючи на позитивну динаміку в розвитку малої гідроенергетики Тернопільщини, сьогодні залишилося ще чимало ГЕС, які потребують відновлення та реконструкції. Зокрема, найбільш доцільними є:

– Івачівська ГЕС (р. Серет), потужність якої становить 300 кВт, напір водоскиду – 4,5 м, пропускна здатність – 10,3 м<sup>3</sup>/год. Гідроелектростанція була введена в експлуатацію ще в 1955 р. Нині вали турбін на ГЕС та енергетичне обладнання демонтовано;

– Червоноградська ГЕС (р. Джурина): потужність – 200 кВт, напір водоскиду – 24,9 м, пропускна здатність – 1,08 м<sup>3</sup>/год. Гідроелектростанція була введена в експлуатацію у 1957 р. Сьогодні будівля ГЕС зруйнована, водосховище замулене;

– Залозецька ГЕС (р. Серет) потужністю 250 кВт. Гідроелектростанція була введена в експлуатацію у 1951 р. Водосховище руслового типу реконструйоване на п'ять водосховищ заплавного типу. Тепер у зв'язку з підтопленням водорегулюючих споруд водосховищ подача води на ГЕС неможлива. Збереглася будівля станції, однак

гідроенергетичне обладнання розкомплектоване і потребує повної заміни;

– Плотницька ГЕС та Осівецька ГЕС (р. Стрипа) потужністю 250 кВт та 125 кВт відповідно. Обидві гідроелектростанції введено в експлуатацію у 1950-х роках. Нині вони зруйновані і потребують капітальних затрат на відродження [6].

Технічний стан основного гідроагрегатного та електросилового устаткування таких малих ГЕС Тернопільщини істотно відпрацьований.

За інформацією Асоціації «Укргідроенерго» орієнтовні обсяги капіталовкладень у новоспоруджені малі ГЕС потужністю до 1 МВт в Україні становлять від 2 000 до 3 000 доларів США на 1 кВт установленної потужності, відновлення малих ГЕС потужністю до 1 МВт – від 1 500 до 2 000 доларів США на 1 кВт (далі – \$/кВт) [7]. Для порівняння: у Швейцарії витрати на будівництво малих ГЕС становлять 1800–2300 \$/кВт, в Англії – до 2500 \$/кВт, в Японії – 2300–3000 \$/кВт [1].

Орієнтовні обсяги фінансових ресурсів, необхідних для виконання завдань із відновлення, будівництва малих ГЕС Тернопільської області, проведення розчистки гідроакмулюючих водойм, виконання комплексу науково-дослідних і проектних робіт наведено в табл. 1.

Статті витрат на відновлення чи реконструкцію малих ГЕС залежать від їхніх технологічних особливостей. Традиційний спосіб виробництва електроенергії ґрунтується на використанні кінетичної енергії води, яка утворюється під час падіння води з висоти і проходить через турбіну. Остання обертає воду й приводить у дію електричний генератор. Кількість кінетичної енергії, що надходить до турбіни, визначається напором і витратою води, яка проходить через турбіну. Складові елементи об'єктів малої гідроенергетики є практично однаковими і включають турбіни, генераторні установки, будівлю електростанції, турбінний водовід, водоприймальну/водозабірну споруду, системи контролю і відповідний канал. Показники ефективності у вартості турбін залишаються відносно сталими, але методи будівництва і пов'язані із цим витрати змінюються залежно від наявних водних ресурсів, майданчика, екологічного середовища та стану наявних залишків ГЕС.

Таблиця 1

**Орієнтовні обсяги фінансових ресурсів, необхідних для виконання завдань із відновлення, будівництва малих ГЕС Тернопільської області**

№ з/п	Назва ГЕС, місце знаходження	Потужність, МВт	Прогнозоване річне виробництво електроенергії, тис. кВт/год	Орієнтовні обсяги фінансових ресурсів, необхідні для відновлення та будівництва малих ГЕС, млн. грн.	Проведення розчистки гідроакмулюючих водойм, млн. грн.
1.	Івачівська ГЕС с. Нижній Івачів Тернопільського р-ну	0,30	1350,0	4,8	0,14
2.	Червоноградська ГЕС, с. Нирків Заліщицького р-ну	0,20	900,0	3,2	0,10
3.	Задарівська ГЕС, с. Задарів Монастирського р-ну	0,20	900,0	3,2	0,10
4.	Залозецька ГЕС, смт Залізці Зборівського р-ну	0,25	1125,0	4,0	0,12
5.	Плотницька ГЕС, с. Плотича Козівського р-ну	0,25	1125,0	4,0	0,12
6.	Осівецька ГЕС, с. Осівці Бучацького р-ну	0,13	563,0	4,0	0,12
	<b>ВСЬОГО:</b>	<b>1,33</b>	<b>5963,0</b>	<b>23,0</b>	<b>0,7</b>

Джерело: сформовано автором на основі [6]

Потужність ГЕС безпосередньо залежить від натиску води, а також від коефіцієнту корисної дії використовуваного турбогенератора. Через те, що за природними законами рівень води змінюється залежно від сезону, а також ще з низки причин, як вираження потужності гідроелектричної станції прийнято брати циклічну потужність. Наприклад, розрізняють річний, місячний, тижневий або добовий цикли роботи гідроелектростанції.

Враховуючи особливості природного ландшафту річок Тернопільської області, зокрема річки Серет, це невеликі рівнинні ріки з малим уклоном, гідроелектростанції за класифікацією належать до малих, тобто з потужністю до 10–30 МВт. У такому разі використовують один зі способів створення напору води:

1) для руслових ГЕС напір води створюється за рахунок побудованої греблі, яка повністю перегороджує річку;

2) для низьконапірних ГЕС до 20 м низьконапірний русловий гідровузол передбачає створення ГЕС із напором води в кілька метрів, водосховище якої зазвичай обмежується зоною природного затоплення заплави за сильних паводків.

Залежно від напору води в ГЕС застосовуються різні види турбін. Так, для низьконапірних використовують поворотнлопасні турбіни в залізобетонних камерах. Принцип роботи таких турбін полягає у такому: вода, що знаходиться під тиском (напір води), надходить на лопати турбіни, які починають обертатися. Механічна енергія обертання турбіни передається на поєднаний із нею електрогенератор, який виробляє електроенергію. Турбіни розрізняються за деякими технічними характеристиками, а також камерами – залізними або залізобетонними – і розраховані на різний напір води.

Під час будівництва малих ГЕС для збільшення рівня встановленої потужності гідроелектричної турбіни і генератора зазвичай використовують греблю або дериваційний водовід (загату), що будується поперек річки для забезпечення енергетичних та цілої низки водогосподарських потреб.

За рахунок будівництва греблі і водосховища можна значно поліпшити напірні та водопропускні характеристики гідроенергетичного об'єкту. Це досягається шляхом підвищення повного напору, накопичення річкового стоку, збільшення рівня витрат води, яка подається до турбінно-генераторної установки, а також утримування надлишкового річкового стоку у верхньому б'єфі греблі для майбутнього використання.

Загалом малі ГЕС складаються з таких основних компонентів:

– відвідний канал або трубопровід, напірний трубопровід;

– турбіна або водяне колесо – перетворює енергію води в енергію обертання;

– генератор – перетворює енергію обертання в електричну;

– регулятор – управляє генератором;

– електротрансформаторний блок, який підводить електроенергію до споживача.

Вітчизняним законодавством визначено класифікацію малих ГЕС і введено поняття:

– «мікрогідроелектростанція» (МГЕС потужністю до 200 кВт);

– «міні-гідроелектростанція» (МГЕС потужністю 200–1000 кВт);

– «мала гідроелектростанція» (МГЕС потужністю 1000–10000 кВт).

Гідроенергетичні об'єкти Тернопільської області належать до всіх трьох класів – міні-, мікро- та малі ГЕС, тому їм притаманні відповідні характеристики базових елементів конструкції складників ГЕС (табл. 2). На практиці розміри можуть змінюватися в дуже широких межах залежно від особливостей кожного окремого майданчика.

Сьогодні малі ГЕС поширені в багатьох країнах світу. Вони характеризуються великим годинним напрацюванням, значними конструктивними запасами і високою надійністю, не вимагають постійної присутності обслуговуючого персоналу. Екологічні наслідки від будівництва й експлуатації малих ГЕС мінімальні. Мала гідроенергетика практично не залежить від погодних умов і здатна забезпечити стабільне виробництво електроенергії. Обґрунтування доцільності створення об'єктів малої гідроенергетики повинно враховувати економічні, соціальні та екологічні чинники.

Згідно із зарубіжними даними, структура витрат під час спорудження нових малих ГЕС становить:

– гідроспоруди та будівлі – 45–50%;

– основне обладнання – 25–30%;

– засоби автоматизації та регулювання – 15%;

– затрати на інфраструктуру територій – 5–10%.

За готового напірного фронту (наявні водойми) витрати на будівництво зменшуються на 30–40%. Використання простих турбін на базі елементів серійних насосів знижує вартість турбінного обладнання на 25% [9].

Склад та структура статей витрат залежать і від того, чи мала ГЕС будується заново, чи реконструюється. Вони також будуть відрізнятися в кожному окремому випадку, враховуючи індивідуальні особливості конкретної малої гідроелектростанції, однак наведемо типовий перелік статей витрат (рис. 1).

Таким чином, під час реконструкції наявної малої ГЕС найскладнішими питаннями є необхід-

Таблиця 2

Основні характеристики конструктивних елементів малих ГЕС

Елементи	Тип ГЕС		
	Мікро (<100кВт)	Міні (100 кВт – 1,5 МВт)	Малі (1,5 МВт- 30 МВт)
Довжина греблі (м)	0 – 10	10 – 25	15 – 50
Водосховище (га)	0	0 – 10	0 – 50
Турбінний водовід: – довжина (м)	0 – 100	10 – 1000	25 – 1000
- діаметр (м)	0,3 – 1,0	0,5 – 1,5	1,0 – 2,25
Будівля ГЕС (м 2)	Немає* – до 30	20 – 120	100 – 225
Довжина відвідного каналу (м)	0 – 10	25 – 100	50 – 300

\*Можуть не мати будівлі ГЕС: споруда може бути розташована на відкритому майданчику.

Джерело: складено за [8, с. 38]

ність не виходити за межі наявного майданчика, обмежений робочий простір, ризик ушкодження наявних елементів обладнання і споруд, які збереглися в придатному стані, а також забезпечення безпеки праці на майданчику. Не менш важливими є контроль екологічних властивостей твердих і рідких будівельних матеріалів, розміщення відходів та протипаводковий захист. Інструментами вирішення цих питань, перш за все, буде наявність планів організації будівельних робіт та ситуаційні плани майданчиків, плани заходів щодо запобігання забрудненню.

Загалом усі понесені витрати на будівництво нових чи капітальне переоснащення наявних об'єктів малих ГЕС поділяються на постійні та змінні, це дає можливість оцінити обсяги витрат на реалізацію проектів будівництва таких об'єктів (табл. 3).

Отже, під час використання гідропотенціалу малих річок Тернопільської області можна досягти вагомій економії паливно-енергетичних ресурсів. Розвиток малої гідроенергетики сприятиме децентралізації загальної енергетичної системи, а це знівелює низку проблем як в енергопостачанні віддалених і важкодоступних районів сільської місцевості, так і в управлінні гігантськими енергетичними системами. Заразом буде вирішено

цілий комплекс економічних, екологічних та соціальних проблем у сферах життєдіяльності та господарювання в сільській місцевості, у тому числі й у районних центрах.

**Висновки.** Розвиток гідроенергетики в Україні є на належному рівні, що засвідчує наявність широкого кола сторін, які зацікавлені в розвитку саме малих ГЕС, це й інженерно-будівельні компанії, постачальники обладнання, розробники (власники) проектів, оператори об'єктів і підрядники з великим досвідом роботи в галузі. Об'єкти гідроенергетики Тернопільської області з урахуванням природних умов та технологічних особливостей належать до категорій малих (мікро, міні). Сьогодні значна їхня частина потребує реконструкції та відновлення, а то й побудови нових, що супроводжується виникненням відповідних статей витрат. Під час розроблення та будівництва малих ГЕС уважаємо за доцільне використовувати гідротурбіни та генератори, які розроблені вітчизняними підприємствами; оснащення малих ГЕС забезпечити сучасними системами автоматизованого управління; використовувати власні трудові ресурси як на етапі спорудження, так і в процесі експлуатації малих ГЕС. Дотримання цих аспектів сприятиме зниженню виробничих витрат, а також економічному розвитку краю у цілому.



Рис. 1. Склад статей витрат, пов'язаних із будівництвом нової та реконструкцією наявної малої ГЕС

Джерело: сформовано автором на основі [7]

Таблиця 3

Структура витрат на будівництво нових чи капітальне переоснащення наявних об'єктів малих ГЕС

Вид витрат	Нова греблева ГЕС	Реконструкція наявної ГЕС
Загальна вартість проекту (грн./кВт)	73400 – 115745	42345 – 127035
Постійні експлуатаційні витрати (грн./кВт/рік)	140 – 735	140 – 700
Змінні експлуатаційні витрати (грн./МВт/год.)	140 – 170	140 – 225

Джерело: сформовано автором на основі [9]

**Список використаних джерел:**

1. Палишкин Н.А., Мищенко Й.А. Экономика строительства малых гидроэлектростанций. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica/article/viewFile/1260/1214>.
2. Левковська Л., Мандзик В. Ідентифікація екологічних ризиків об'єктів малої гідроенергетики. Економіст. 2016. № 12. С. 8–12.
3. Методичні засади оцінки еколого-економічної ефективності функціонування малих гідроелектростанцій / О.М. Маценко, С.І. Німко, Д.М. Овчаренко. Вісник СумДУ. Серія «Економіка». 2013. № 4. С. 26–34.
4. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <file:///C:/Users/User/Downloads/f469391n10.pdf>.
5. Закон України «Про електроенергетику» від 16.10.1997 № 575/97-ВР (зі змінами та доповненнями). URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/575/9-%D0%B2%D1%80>.
6. Обласна програма розвитку малої гідроенергетики на 2011–2015 роки: Розпорядження голови обласної державної адміністрації від 02.03.2011 № 125. URL: [www.oda.te.gov.ua/data/upload/catalog/main/ua/3603/\\_125.doc](http://www.oda.te.gov.ua/data/upload/catalog/main/ua/3603/_125.doc).
7. Офіційний сайт Асоціації «Укргідроенерго». URL: <http://www.ukrhydroenergo.org/>.
8. Мала гідроенергетика України. Технологічні особливості малих ГЕС. Т. II / В. Вовчак, О. Тесленко, О. Самченко. К., 2018. 145 с.
9. Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. URL: <file:///D:/наукові%20роботи/ГЕС/для%20витрат.pdf>.