

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Запорізька державна інженерна академія

Представлена методика определения технико-экономических показателей комбинированных систем гидроэнергетической утилизации предприятий металлургического профиля Запорожского региона, а также выполнен расчет оптимальной комбинированной системы гидроутилизации с целесообразным уровнем гидроаккумуляции для доменного цеха ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь».

Наведено методику визначення техніко-економічних показників комбінованих систем гідроенергетичної утилізації підприємств металургійного профілю Запорізького регіону, а також виконано розрахунок оптимальної комбінованої системи гідроутилізації з доцільним рівнем гідроаккумуляції для доменного цеху ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь».

It is presented the method of determination of techno-economic indexes of the combined systems of hydroenergetic utilization of plants of metallurgical type of the Zaporizhzhya region, and also it is realized calculation of the optimal combined system of hydroutilization with the economic expedient level of hydro accumulation for the blast shop of OSP the «Metallurgical combine « Zaporizhsteel».

Вступ. Для оцінки ефективності систем гідроенергетичної утилізації (СГЕУ) з оптимізованими параметрами [1], необхідно, в першу чергу, порівнювати базовий варіант із системою, де застосовуються засоби стабілізації потоку й акумуляції вторинної води [2]. Очевидно, що остаточний висновок щодо доцільності впровадження таких систем слід робити на основі їх основних показників ефективності, таких як собівартість електричної енергії, що вироблятиметься, термін окупності й економія коштів внаслідок реалізації проекту [3].

Постановка завдання. Метою даної роботи є створення методики розрахунку техніко-економічних показників комбінованих систем гідроенергетичної утилізації підприємств металургійного профілю та застосування її на прикладі промислового гіганта ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь».

Головна частина досліджень. Визначення остаточних параметрів СГЕУ без врахування динаміки потоку є недоцільним, тому що умовно постійна максимальна витрата вторинної води, за якої визначалися параметри базової СГЕУ є короткочасною. Кількість електричної енергії W_p , що виробляється мікро-ГЕС в p -му центрі збору на реальному потоці впродовж часу τ без засобів стабілізації потоку, очевидно, буде визначатися як сума відповідних енергій $W_{p\gamma}$ за проміжки τ_γ , тобто:

$$W_p = \sum_{\gamma=1}^L W_{p\gamma} \quad (1)$$

де $W_{pg} = N_{pg} \cdot \tau \cdot \mu_{mp} \cdot \mu_{gp}$, N_{pg} – потужність генератора в p -му центрі збору; μ_{mp} , μ_{gp} – ККД турбіни і генератора, відповідно.

Загальне вироблення електричної енергії для об'єкта гідроенергетичної утилізації визначають за формулою

$$W = \sum_{p=1}^q W_p, \quad (2)$$

де q – кількість центрів збору гідроресурсів.

Капітальні вкладення у систему, а також поточні витрати на обслуговування та амортизацію обладнання, при цьому будуть дорівнювати таким, як і на базову СГЕУ [4]. При цьому обсяги генерації електричної енергії та її економічні показники, в даному разі, будуть найнижчими внаслідок недовантаженості протягом більшості часу електрогенераторів і завищення діаметрів трубопроводів. Тоді, виходячи з вищезазначеного, собівартість електроенергії дорівнює [3], грн/кВт·год:

$$C_{EE} = \frac{K_{ncx}}{W}, \quad (3)$$

де K_{ncx} – поточні витрати на СГЕУ.

Розрахунок ефективності вкладень в реалізацію СГЕУ та терміну її окупності здійснюють наступним чином:

Обчислюють економію за рахунок вироблення власної електроенергії B_E , тобто річна вигоду, млн. грн./рік, як

$$B_E = W_p \cdot (C_m - C_{EE}), \quad (4)$$

де C_m – тариф на електричну енергію, $C_m = 0,74322$ грн./кВт·год.

Визначають розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних вкладень [3]:

$$E_p = \frac{B_E}{K_{Ck}}, \quad (5)$$

де K_{Ck} – капітальні витрати на СГЕУ з урахуванням динаміки потоку вторинної води.

Розраховують термін їх окупності $\tau_{ок}$, років:

$$T_{ок} = \frac{K_{Ck}}{B_E}. \quad (6)$$

Визначають кількість електричної енергії, що генерується за прийнятий термін експлуатації обладнання, який становить n років), млн. кВт·год.:

$$W_n = W_p \cdot n. \quad (7)$$

Економію за рахунок вироблення такої кількості власної електроенергії на весь термін експлуатації, млн. грн.:

$$B_{E_n} = n \cdot B_E. \quad (8)$$

Витрати на систему з проміжними баками визначають залежно від місця їх встановлення (на кожному із джерел чи в загальних центрах збору води). У першому випадку, в зв'язку з осередненням витрати кожного з джерел $Q_{сер}$, характеристики основного обладнання (діаметри з'єднуючих трубопроводів і потужності мікро-ГЕС) зменшуються, а отже і вартість всієї СГЕУ в цілому знижується. Тому величину капітальних K_{Ck} і поточних K_{ncx} витрат у такому разі уточнюють шляхом перерахунку за новими умовами згідно алгоритму [1]. При встановленні баків у центрі збору – до вартості базової СГЕУ, що розраховували на максимальний водотік, додають затрати

на виготовлення та монтаж ємностей, без змінювання параметрів і вартості елементів системи збору та генеруючого обладнання.

Розрахунок сумарних капітальних вкладень на СГЕУ з проміжними баками, виконують з використанням формули:

$$K = K_{C_k} + k_2 \cdot K_B + k_m \cdot K_B, \quad (9)$$

де K_B – капітальні вкладення в засоби стабілізації; k_2 – коефіцієнт, що враховує зниження питомої вартості баку залежно від його габаритів; k_m – коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи щодо засобів стабілізації.

Поточні витрати СГЕУ K_n , що включають обслуговування й амортизацію засобів стабілізації K_{Bn} :

$$K_n = K_{nc_k} + K_{Bn}; \quad (10)$$

$$K_{Bn} = K_B \cdot H_B + K_B \cdot k_o; \quad (11)$$

де H_B – норма амортизаційних відрахувань даного виду обладнання, k_o – коефіцієнт, що враховує витрати на поточні ремонти й обслуговування.

Собівартість електроенергії, у такому разі обчислюють за формулою:

$$C_{EE} = \frac{K_n}{W_B}, \quad (12)$$

де W_B – кількість виробленої електричної енергії із застосуванням засобів стабілізації потоку.

Інші техніко-економічні показники СГЕУ із проміжними ємностями визначають аналогічно вищенаведеному алгоритму.

Для обчислення капітальних вкладень на систему з елементами гідроаккумуляції, окрім витрат на бак-акумулятор, необхідно також враховувати вартість додаткового насоса, вибраного з переліку стандартного обладнання. Параметри його повинні бути такими, щоб забезпечувати накопичення за відведений час необхідного об'єму води. Тому вартість такої системи складатиме:

$$K_A = K_{c_k} + K_{BA} + K_n, \quad (13)$$

де K_{BA} і K_n – вартість баку-акумулятора та насоса, відповідно.

Окрім того, кількість спожитої приводним двигуном електричної енергії з мережі W_n також слід брати до уваги при визначенні поточних витрат K_{An} :

$$W_n = P_n \cdot \tau_n, \quad (14)$$

а її вартість складає:

$$K_n = 0,22 \cdot W_n \cdot C_m. \quad (15)$$

де P_n – потужність електродвигуна, кВт, τ_n – тривалість роботи насоса, год.; 0,22 – коефіцієнт до нічного тарифу на електроенергію.

Поточні витрати на всю систему K_{An} з урахуванням додаткових засобів гідроаккумуляції K_{BA_n} :

$$K_{An} = K_{nc_k} + K_{BA_n}; \quad (16)$$

$$K_{BA_n} = K_{BA} \cdot H_{BA} + K_n \cdot H_n + K_{нк} + K_{нд} + K_{дБА}, \quad (17)$$

де H_{BA} , H_n – відповідні коефіцієнти амортизаційних відрахувань бака-акумулятора та насосної групи, $K_{нд}$, $K_{дБА}$ – додаткові витрати на обслуговування переліченого обладнання.

Собівартість електроенергії, у такому разі обчислюють за формулою:

$$C_{EE} = \frac{K_{An}}{W_{BA}}, \quad (18)$$

де W_{BA} – кількість виробленої електричної енергії СГЕУ з елементами гідроакумуляції.

Здійснюють розрахунок техніко-економічних показників системи гідроенергетичної утилізації вторинних водотоків на прикладі доменного цеху ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь». За допомогою алгоритму [1] було визначено, що для об'єкта, який розглядають, річна величина вироблення електричної енергії становить 1,421 млн. кВт·год. При цьому капітальні вкладення в оптимальну систему складають 2,1471 млн. грн., поточні вкладення на обслуговування й амортизаційні відрахування основних фондів – 0,568 млн. грн. Отже, собівартість електроенергії у такому разі дорівнює: $C_{EE} = 0,40$ грн./кВт·год..

Для того, щоб зробити висновок щодо доцільності впровадження оптимальної СГЕУ, необхідно визначити ряд техніко-економічних показників, а саме: річну вигоду від реалізації проекту, ефективність вкладень і термін її окупності.

Перший із зазначених показників, для об'єкта, що розглядають, буде дорівнювати: $B_E = 0,488$ млн. грн./рік; коефіцієнт ефективності капіталовкладень $E_p = 0,227$; термін окупності капітальних вкладень $T_{ок} = 4,4$ років.

Кількість електричної енергії, що генерується за прийнятий термін експлуатації обладнання, наприклад $n = 20$ років) складатиме $W_{20} = 28,42$ млн. кВт·год.

Економія, тобто вигода від вироблення такої кількості власної електроенергії за весь прийнятий термін дорівнюватиме $B_{E20} = 9,754$ млн. грн.

Для розрахунку капітальних вкладень на проміжні баки, за даними БМУ «Запоріжстальбуд-1» приймають що вартість виготовлення та установки конструкції баку визначається, виходячи із наступних значень: витрати на 1 м³ ємності - 986 грн.; відсоток монтажних робіт від вартості обладнання $k_m = 0,2$. При цьому коефіцієнт k_z , що враховує зниження питомої вартості баку залежно від габаритів приймають таким: до 50 м³ – 1; 50...100 м³ – 0,9; 100...500 м³ – 0,8. Для системи, що розглядають, сумарний об'єм регулюючих ємностей, розрахований за наведеним алгоритмом дорівнює 61,36 м³, при цьому об'єми окремих баків не перевищують 50 м³ (отже $k_z = 1$). Після осереднення витрат вторинної води змінилися і параметри елементів системи збору та потужності мікро-ГЕС, і, відповідно, вартість всієї СГЕУ. Тому уточнена величина капітальних витрат у таку систему без урахування засобів стабілізації потоку вторинної води $K_{ск} = 1,396$ млн. грн., поточних витрат - $K_{нск} = 0,5426$ млн. грн.

Тоді, загальні капітальні вкладення складають: $K = 1,4986$ млн. грн.

Норму амортизаційних відрахувань конструкції баку приймають $H_B = 8\%$ [5], при $k_0 = 0,06$ [5]. Загальні поточні витрати СГЕУ K_n та на обслуговування й амортизацію засобів стабілізації $K_{Бн}$, відповідно дорівнюють 8470,13 і 551070 грн.

Витрати на систему з елементами гідроакумуляції K_A включають в себе також вартість додаткового насосу, вибраного з переліку стандартного обладнання. Так, для наповнення баку об'ємом 145 м^3 і підйому рідини на висоту близько 10 м за відведений час $\tau_n = 7$ годин знадобиться насос продуктивністю $20,7 \text{ м}^3/\text{год}$. Отже, для забезпечення вищезазначених умов знадобиться агрегат типу K45/30a продуктивністю $35 \text{ м}^3/\text{год}$ з висотою підйому до 23 м, потужністю приводного двигуна $P_n = 5,5 \text{ кВт}$ і вартістю $K_n = 2278 \text{ грн}$.

Кількість спожитої двигуном насосу електричної енергії (ЕЕ) із мережі дорівнює: $W_n = 17885 \text{ кВт}\cdot\text{год}$., а її вартість складає: $K_{EE_n} = 2924,35 \text{ грн}$.

Капітальні вкладення в оптимальну систему без елементів акумуляції такі ж, як і на базову СГЕУ, та складають $K_{c_k} = 2,1471 \text{ млн. грн}$., поточні витрати на обслуговування й амортизаційні відрахування основних фондів – $K_{nc_k} = 0,568 \text{ млн. грн}$. Оскільки всі баки виявилися більше 100 м^3 , то приймають $k_2 = 0,8$. Сумарний об'єм ємностей, що визначено за методикою, наведеною в [2], складає $1022,6 \text{ м}^3$. Загальні капітальні витрати на впровадження комбінованої СГЕУ, що розглядають при $k_m = 0,2$ дорівнюють: $K_A = 3,208 \text{ млн. грн}$.

Для визначення поточних витрат на комбіновану СГЕУ з урахуванням додаткових засобів гідроакумуляції приймають наступні коефіцієнти: $H_{\delta} = 8,0 \%$, $H_n = 12,0 \%$, $B_{нд} = 6,0 \%$, $B_{\delta d} = 6,5 \%$ від капітальних витрат) [6,7]. Тоді, з урахуванням вищезазначеного, одержують: $K_{An} = 0,7175 \text{ млн. грн}$., $K_{BA_n} = 0,1495 \text{ млн. грн}$.

Визначають собівартість електричної енергії: $C_{EE} = 0,41 \text{ грн}$.

Інші техніко-економічні показники комбінованої СГЕУ подано у порівняльній таблиці (табл. 1).

Таблиця 1 – Показники ефективності впровадження СГЕУ без та із застосуванням засобів стабілізації і акумуляції вторинної води

Показник	Базовий варіант	Стабілізація з розміщенням баків		Оптимальна гідроакумуляція з розміщенням баків	
	з урахуванням динаміки потоку	на окремих джерелах	в центрах збору	на окремих джерелах	в центрах збору
Капітальні витрати,	2,147	1,499	1,849	3,208	3,451
Кількість виробленої ЕЕ за весь термін експлуатації, млн. кВт·год.	28,42	28,26	28,4	35,84	35,82
Сумарна вигода, млн. грн.	9,757	9,985	10,034	11,946	11,223
Собівартість ЕЕ, грн.	0,40	0,39	0,39	0,41	0,43
Ефективність капітальних вкладень	0,23	0,33	0,27	0,19	0,16
Термін окупності, років	4,401	3,002	3,685	5,371	6,150

Економічне порівняння варіантів СГЕУ без та з використанням графічно із стабілізації потоку вторинної води, а також з елементами гідроенергоакумуляції (рис. 1,2).

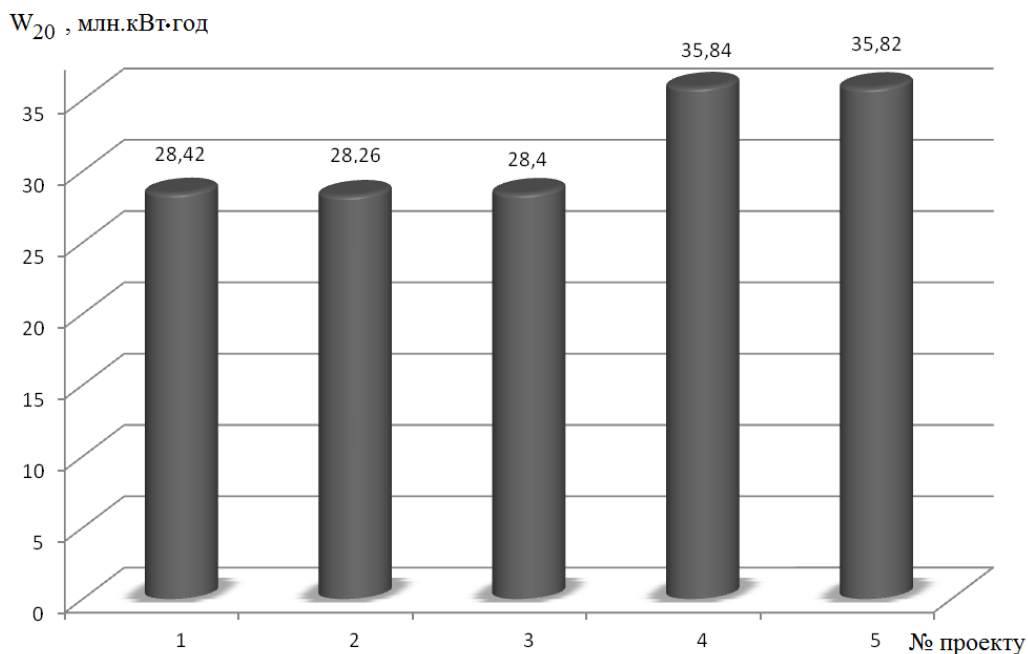


Рисунок 1 – Економічне порівняння різних варіантів СГЕУ, виходячи із кількості виробленої електричної енергії за весь термін експлуатації

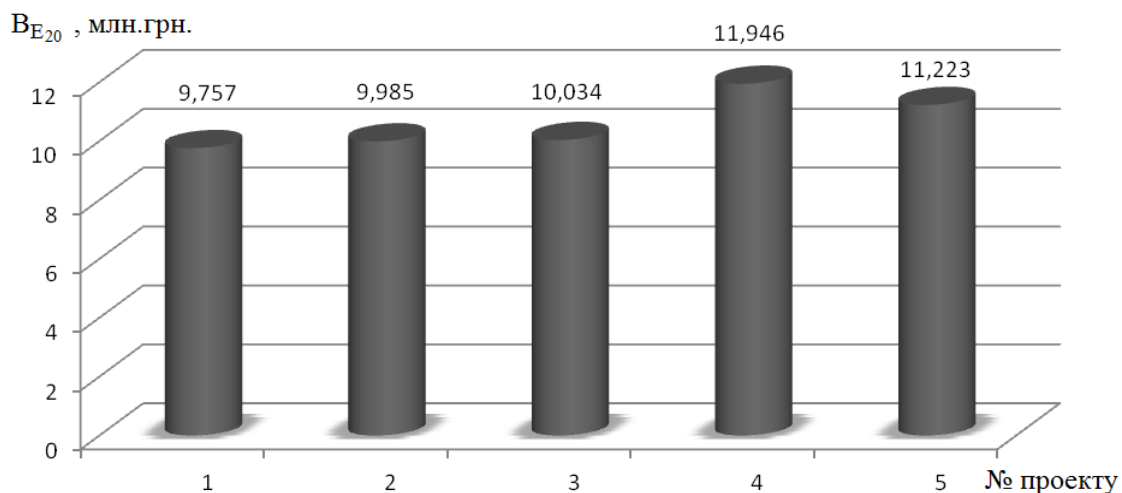


Рисунок 2 – Економічне порівняння різних варіантів СГЕУ, виходячи із отриманої вигоди їх впровадження за весь термін експлуатації

Економічне порівняння варіантів системи утилізації гідроенергетичних ресурсів промислових підприємств без та з застосуванням засобів стабілізації водотоку й акумуляції води показало, що СГЕУ з елементами економічно доцільної гідроаккумуляції приблизно на 20 % вигідніше порівняно з системою без застосування відповідних технічних вирішень. При цьому кількість виробленої електроенергії збільшується на 26 %. Сумарна вигода за весь період експлуатації (20 років) складає у найбільш вигідному варіанті майже 12 млн. грн. Строк окупності СГЕУ, розрахований за цінами на обладнання 2010 р. коливається у межах від 3 до 6 років, що не перевищує нормативний [8,9].

Зважаючи на те, що вартість електроенергії для промислових підприємств постійно збільшується, вигода від реалізації проекту гідроенергоутилізації також, від-

повідно, зростатиме. До того ж, прийнята для розрахунку вартість обладнання може бути змінена в сторону зменшення шляхом використання вітчизняних аналогів мікро-ГЕС, що значно скоротить шуканий термін. Отже, економічні характеристики СГЕУ можуть коливатися в значних межах залежно від виду обладнання, що застосовують, та ситуації на ринку електроенергетики.

Висновок. Техніко-економічні показники, одержані як результат розрахунків, свідчать, що виробництво власної електричної енергії дає значну економію коштів на придбання енергоресурсів промисловими підприємствами й електроенергії зокрема. Всі запропоновані проекти виявилися економічно вигідними, оскільки строк окупності капітальних вкладень ледь перевищує 6 років, а коефіцієнт ефективності капітальних вкладень більше за нормативний 0,15. Прийнявши до уваги дотримання обраного критерію $C_{EE} \leq C_m$, останнє підтверджує економічну доцільність впровадження таких систем.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко, В. Л. Алгоритм синтезу оптимальної системи утилізації вторинного гідроенергетичного ресурсу [Текст] / В. Л. Коваленко, Ю. Г. Качан // Меліорація та гідротехнічне будівництво : міжвід. наук.-техн. зб. – Рівне : НУВГП, 2010. – Вип. 34. – С. 72-77.
2. Коваленко, В. Л. Щодо методики вибору способу стабілізації параметрів вторинних водотоків промислових підприємств [Текст] / В. Л. Коваленко, Ю. Г. Качан // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2010. – № 4. – С. 45-51.
3. Ковалев, В. В. Методы оценки инвестиционных проектов [Текст]: учеб. для вузов / В. В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 249 с. – Библиогр. : с. 248 – ISBN 966-574-311-4.
4. Національна комісія регулювання електроенергетики України. Щодо затвердження на листопад роздрібних тарифів на електроенергію: [Електронний ресурс] / Постанова № 1267 від 22.10.2011. – Режим доступу до ресурсу : \ www / necr.gov.ua/control/uk/-publish/article. –
5. Віхорєв, Ю. О. Перспективи використання енергії водотоків технічних систем водопостачання і водовідведення [Текст] / Ю. О. Віхорєв, А. П. Ільяшенко // Проблеми загальної енергетики. – 2002. – № 7. – С. 29-33.
6. Грібова, Н. М. Бухгалтерський облік в виробничих і торгових підприємствах [Текст]: учеб. посіб. для студентів вузів / Н. М. Грібова, В. Н. Добровський. – Київ : Економіст, 2000. – 197 с. – Бібліогр. : с. 195-196. – ISBN 966-574-53=25-5.
7. Тишкова, Н. Є. Бухгалтерський облік [Текст] : підруч. для вузів / Н. Є. Тишкова. – Київ : Вища школа, 1994. – 688 с. – Бібліогр. : с. 682-685. – ISBN 966-574-379-1.
8. Мезенцев, А. В. Гидравлика с основами гидротехники [Текст]: учебн. пособие / А. В. Мезенцев, В. Н. Петрова. – Киев : Техника, 2007. – 234 с. – Библиогр. : с. 230-232. – ISBN 952-513-16-3.
9. Гидроэнергетика [Текст]: учебн. пособ. / Под ред. В. И. Обрезкова. – М. : Энергоиздат, 1981. – 608 с. – Библиогр. : с. 605-607.