

Яковець Т. А.
кандидат економічних наук,
доцент кафедри фундаментальних та спеціальних дисциплін
Чортківського навчально-наукового інституту
підприємництва і бізнесу
Тернопільського національного економічного університету

Yakovets' T. A.
Ph.D. (Economics), Associate Professor,
Chortkiv Educational and Scientific Institute
of Entrepreneurship and Business TNEU

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ СПОРУД З УРАХУВАННЯМ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ

Анотація. У статті окреслено основні фактори впливу на формування витрат будівництва та експлуатації малих ГЕС. Сформовано методичний підхід до оцінювання еколого-економічної ефективності будівництва та функціонування малих ГЕС, що враховував би визначені фактори шляхом застосування динамічного рівняння зі змінними. На основі проведеного дослідження розроблено алгоритмічну модель оптимізації витрат будівництва та експлуатації ресурсозберігаючих споруд.

Ключові слова: мала ГЕС, витрати, ресурсозбереження, динамічне моделювання, модель оптимізації витрат.

Вступ та постановка проблеми. Динамічний розвиток виробництва привів до зростання обсягів використання природних ресурсів, що спричинює значне виснаження невідновлюваних ресурсів і забруднення довкілля. Питання ресурсозбереження є визначним для України, оскільки наша країна не забезпечена повністю власними ресурсами, а валовий внутрішній продукт за рівнем ресурсоемності у 1,5–8 разів перевищує показники розвинених країн. Ефективне природокористування та ресурсозбереження досягається шляхом введення економічних механізмів управління природними ресурсами, використання маловідходних та безвідходних технологій, систем і засобів контролю за використанням та збереженням ресурсів, а також захисту довкілля від забруднення. Гідроелектричні станції (ГЕС) сьогодні є одними з екологічно чистих джерел енергії, що виробляють дешеву електроенергію. Енергетичний потенціал гідроенергетики у світі складає 8 100 млрд. кВт/год., в якому на частку малих ГЕС (МГЕС) припадають 10%. Через постійно зростаючі ціни на енергоносії вартість електроенергії на традиційних електростанціях постійно підвищується.

Використання енергії води, а в цьому разі – гідроенергетичного потенціалу малих річок, сприятиме децентралізації об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) і поліпшенню енергопостачання віддалених та важкодоступних районів сільської місцевості. Проте сьогодні вирують дискусії щодо негативного впливу на довкілля та рентабельність використання МГЕС. Таким чином, потребують обґрунтування шляхи оптимізації економіко-екологічних витрат на будівництво та експлуатацію МГЕС в контексті ресурсозбереження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні популярними є наукові дослідження щодо пошуку альтернативних джерел енергії та збереження екосистеми. Серед науковців, чий праці спрямовані на проблематику функціонування МГЕС та ресурсозбереження, варто виокремити таких, як П.Ф. Васько, М.Р. Ібрагімова, що описували енергетичну ефективність гідроагрегатів у складі малої гідроелектростанції [1]; Н.Є. Вітка, чий дослідження присвячені процесам ресурсозбереження промислових підприємств у сучасних умовах [2]; С.В. Кривенко,

чий роботи спрямовані на еколого-економічні особливості розвитку ресурсозбереження та вторинного ресурсовикористання в Україні [3]; О.М. Маценко, С.І. Німко, Д.М. Овчаренко, що вивчали методичні засади оцінювання еколого-економічної ефективності функціонування малих гідроелектростанцій [4].

Попри вагомий внесок науковців у розвиток гідроенергетики щодо енергозбереження, детального дослідження потреби проблема оптимізації витрат будівництва та експлуатації гідроспоруд. Управління та досконалий облік витрат дає можливість отримувати реальну інформацію про їх структуру та динаміку. Це дає можливість підприємству проаналізувати свої можливості, скорегувати слабкі сторони діяльності. Важливою є побудова ефективної політики формування витрат, що сприятиме зниженню збитків та уникненню нерациональних витрат. Для цього обов'язково потрібно планувати собівартість будівельно-монтажних робіт, здійснювати відповідні розрахунки. Водночас з огляду на специфіку будівництва та експлуатації гідроелектростанцій нагальним є питання оцінювання та прогнозування витрат з метою зниження економічних та екологічних ризиків.

Метою роботи є розробка моделі оптимізації витрат будівництва та експлуатації ресурсозберігаючих споруд на прикладі МГЕС з урахуванням факторів впливу.

Результати дослідження. Фактори формування витрат трактуються як будь-які рушійні сили, що виникають у будь-якій сфері та впливають на величину й структуру таких витрат. У практичній діяльності суб'єктів підприємницької діяльності знання й розуміння зазначених факторів сприяють раціональному вибору тієї чи іншої моделі поведінки під час реалізації кожного етапу діяльності. Існує кілька факторів, які визначають ефективність роботи гідроелектростанції. Комплекс умов, які існують на виробничому майданчику (рівень стоку, напір тощо), проектні рішення та обмеження екологічного/експлуатаційного характеру визначатимуть річний коефіцієнт використання виробничих потужностей. Належне визначення необхідних розмірів об'єкта в процесі його будівництва або реконструкції дасть змогу покращити значення коефіцієнта використання виробничих потужностей та річні

обсяги виробництва енергії. Більшість малих ГЕС функціонує перш за все для того, щоби продавати вироблену енергію, не маючи значних потужностей. Тому для забезпечення максимальної прибутковості на цих ГЕС збільшується тривалість роботи обладнання, результатом чого є збільшення обсягів виробництва енергії та підвищення коефіцієнта використання робочих потужностей [5].

Крім того, станції з греблями або іншими гідротехнічними спорудами для регулювання всього обсягу чи частини річкового стоку мають певний рівень експлуатаційної гнучкості. Ця гнучкість може використовуватись для забезпечення максимальної прибутковості процесу виробництва енергії в періоди пікової потреби, оптимізації використання ємності водосховища (в разі його наявності), задовольняючи екологічні вимоги до режиму експлуатації станції. Якщо гідроелектростанція має власне водосховище, режим використання його ємності може бути орієнтований на досягнення певних виробничих цілей, які мають бути відповідним чином збалансовані задля забезпечення успішної роботи станції. До таких цілей можна віднести виробництво енергії, контроль посух і паводків, дотримання стандартів якості води, дотримання вимог до режимів меженого стоку, забезпечення потреб рибного господарства в річці та водосховищі, підтримку належних умов існування живих організмів, забезпечення потреб рекреації, зрошувальних систем та водопостачання.

На відміну від станцій з водосховищами, робота руслових ГЕС регулюється або встановленими нормативами, або режимами річкового стоку, або поєднанням цих факторів. Русловий режим роботи станції означає, що обсяги річкового стоку, який надходить до її установок та скидається з них, будуть однаковими. Робота руслової ГЕС не передбачає накопичення річкового стоку або зміну умов його проходження. Руслові ГЕС можуть включати кілька генераторних установок для того, щоби пропускати різні обсяги стоку. Отже, за умови належного врахування особливостей річкового створу та режимів стоку на стадії проектування можна забезпечити досягнення вищих рівнів використання виробничих потужностей (від 50% до 80%) [5].

Гідроелектростанції потужністю до 10 МВт зазвичай підключаються до низьковольтних розподільчих мереж. Підключення до мереж вищої напруги вимагає значних фінансових витрат, але будь-яких технічних перешкод для цього не існує. Під час підключення до низьковольтних мереж більш надійним рішенням буде під'єднання до підстанції, а не безпосередньо до мережі, оскільки це дасть можливість уникнути утворення струму пошкодження в системі. Для підключення до підстанції необхідно передбачити прокладання з'єднувальної лінії між проектним майданчиком і підстанцією, а вибір маршруту проходження траси цієї лінії може бути пов'язаний з певними проблемами.

Існує багато факторів, які визначають доцільність використання потенційної ділянки для будівництва нових гідроелектростанцій та допомагають визначити, який тип станції найбільше підходить до умов конкретної ділянки. Найголовнішими з цих факторів є характеристики напору й витрат стоку в конкретному створі, оскільки вони визначають потужність і пропускну спроможність планованого об'єкта. Наявність відповідних даних також має велике значення для вибору відповідного майданчика.

Ще одним важливим питанням є геотехнічні умови в районі розташування майданчика. Нова гребля має зводитись на підмурку з відповідного матеріалу, що також стокується турбінного водоводу та будівлі ГЕС. Верхні частини схилів на території будівельного майданчика також

повинні мати належний геотехнічний стан для того, щоби виключити ризик впливу таких явищ, як осипання породи й ерозія, на технічний стан споруд і під'їзних шляхів, а також на умови їхнього технічного огляду й обслуговування. Екологічні та соціально-економічні питання відіграватимуть важливу роль в процесі прийняття рішення щодо перекриття певної ділянки річки греблею, оскільки заповнення водосховища приведе до розкладання рослинного матеріалу на затопленій ділянці (це буде пов'язане з надходженням CO₂ в атмосферу в процесі розкладання органіки протягом одного-двох десятиліть), трансформації природного стану місць існування живих організмів, а також потребуватиме попереднього вилучення наявних об'єктів історичної та архітектурної спадщини. Близькість розташування проектного майданчика до наявних ліній електропередачі матиме вирішальне значення для економічної життєздатності проекту, як і тривалість будівельних робіт, що буде залежати від ступеня доступності майданчика та наявності ресурсів, необхідних для виготовлення залізобетонних конструкцій.

Щодо обладнання для відродження та будівництва малих ГЕС, то тут склалась така ситуація: серійне багатонаменклатурне обладнання (гідротурбіни, генератори) виробляється тільки за кордоном, і вартість його, звісно, також європейська. Українські підприємства виробляють одиничні типи обладнання для малих ГЕС і можуть як розширити його номенклатуру, так і поставити його виробництво на потік, але для цього потрібно мати цільову програму, підтримку держави та обумовлений портфель замовлень, а головне, час, якого, як відомо, завжди не вистачає.

Отже, інвестора, який виявив бажання вкласти кошти в малу гідроенергетику, очікує велика кількість специфічних проблем. Від того, наскільки наші пропозиції будуть ефективними, зрозумілими та почутими, буде залежати інтенсивність розвитку зазначеної галузі енергетики в нашій країні.

З огляду на вищевказане доцільним є формування методичного підходу до оцінювання еколого-економічної ефективності будівництва та функціонування малих ГЕС, що враховував би перелічені вище фактори. До того ж досі не розроблено такої методики, а під час експертного оцінювання найчастіше користуються методиками, розробленими для великих ГЕС.

Визначити ефективність реалізації проекту спорудження малої гідроелектростанції можна за допомогою такої формули [4]:

$$k_{\text{еф.}} = \frac{D_{\text{ен.}}}{B_{\text{в.з.}}} \geq 1, \quad (1)$$

де $k_{\text{еф.}}$ – коефіцієнт еколого-економічної ефективності функціонування МГЕС;

$D_{\text{ен.}}$ – сумарний дохід від виробництва електроенергії за весь період функціонування малої гідроелектростанції, грн.;

$B_{\text{в.з.}}$ – сумарні витрати на будівництво та експлуатацію гідроспоруд, а також витрати, пов'язані з компенсацією збитків природним об'єктам та господарській діяльності, млн грн.

Наведену формулу доцільно використовувати для оцінювання стану та здійснення прогнозу еколого-економічної ефективності функціонування МГЕС. Для її застосування щодо оптимізації витрат необхідно визначити вплив факторів на мінімізацію тих чи інших статей витрат на будівництво та експлуатацію МГЕС (рис 1).

У зв'язку з цим пропонуємо емпіричну матрицю факторів впливу на структуру витрат будівництва та експлуа-

тації малих ГЕС, визначену засобами імітаційного моделювання табличного процесора Microsoft Excel 2010.

Таким чином, застосовувати модель ефективності реалізації проекту спорудження малої гідроелектростанції, поданої у вигляді формули (1), доцільно з використанням динамічного програмування та врахування інтегрального показника впливу чинників щодо стану ($j=\alpha, \beta, \gamma, \lambda$). Динамічне програмування є математичним методом, який можна використати для вирішення досить широкого кола завдань, включаючи завдання розподілу ресурсів, заміни запасів та керування ними, завдання про завантаження. Характерним для динамічного програмування є підхід до вирішення завдання по етапах, з кожним з яких асоційована одна керована змінна. Набір рекурентних обчислювальних процедур, що поєднують різні етапи, забезпечує одержання припустимого оптимального вирішення завдання загалом під час досягнення останнього етапу.

Під час побудови динамічної моделі прогнозування ефективності будівництва та експлуатації гідропороди використаємо змінні моделі: t – термін дії моделі; z_t – розмір витрат на одиницю виробленої енергії у визначеному часовому відрізку; k – термін експлуатації гідропороди; A_j – інтегральний показник впливу чинників щодо стану ($j=\alpha, \beta, \gamma, \lambda$); V_t – обсяг виробленої енергії; P_t – обсяг приросту виробленої енергії на 1 год; R_t – вартість виробленої енергії; E_t – ефект використання гідропороди; S_t – площа водозбору. Складаємо динамічне рівняння:

$$V_t = \left(\frac{V_{t-1}}{S_t} + p_t \right) \cdot S_t; R_t = z_t A_j V_t; E_t = \frac{z_t V_t}{(1+k)^k}. \quad (2)$$

З урахуванням пропозицій сформуємо поетапну модель оптимізації витрат будівництва малих ГЕС.

Запропонований алгоритм дасть змогу розрахувати найоптимальнішу структуру витрат для будівництва та експлуатації ресурсозберігаючих споруд, за якої будуть досягатись основні цілі, зокрема впровадження інформаційно-управлінських систем; покращення методів організації праці; економне витрачання матеріалів; впровадження нових виробничих процесів; скорочення кількості дорогих матеріалів; скорочення кількості відходів; зменшення ризиків екологічних збитків.

Висновки. Отже, гідроенергетика відіграє все важливішу роль у розвитку поновлюваних систем енергопостачання та становить близько 76% усіх світових відновлюваних джерел енергії. Світова гідроенергетика демонструє стале зростання, збільшуючи щорічно встановлені потужності приблизно на 2–3%. Згідно з прогнозом Всесвітньої енергетичної ради до 2050 р. потенціал встановленої потужності ГЕС може подвоїтись до 2 000 ГВт. Аналіз світового досвіду демонструє паралельно зі сталим розвитком великої та середньої гідроенергетики бурхливий розвиток малих ГЕС, що також має бути перспективним напрямом розвитку малої гідроенергетики в Україні, що особливо стосується мікро- та міні-ГЕС потужністю менше 1 МВт. В цьому контексті запропонована модель оптимізації витрат сприятиме підвищенню ефективності функціонування МГЕС, адже дасть змогу спрогнозувати розмір витрат з урахуванням основних факторів впливу та вибрати найбільш раціональну модель експлуатації щодо ресурсозбереження.



Рис. 1. Система основних факторів впливу на оптимізацію витрат будівництва та експлуатації малих ГЕС

Таблиця 1

Ступінь впливу факторів на оптимізацію витрат будівництва малих ГЕС

Чинники	Ступінь впливу	Низький (α)	Середній (β)	Достатній (γ)	Високий (λ)
Вартість підготовчих робіт	0,15	0,2	0,4	0,6	0,8
Експлуатація машин та механізмів	0,1	0,8	0,6	0,4	0,2
Вартість матеріалів	0,45	0,9	0,7	0,5	0,3
Термін виконання робіт	0,05	0,1	0,3	0,5	0,9
Інші витрати	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9
Прийнятний рівень ризику	0,05	0,9	0,7	0,5	0,3
Інтегральний показник	1	0,625	0,585	0,545	0,515



Рис. 2. Модель оптимізації витрат будівництва та експлуатації ресурсозберігаючих споруд

Список використаних джерел:

1. Васько П.Ф., Ібрагімова М.Р. Енергетична ефективність гідроагрегатів у складі малої гідроелектростанції за регулювання її потужності по водотоку. Вісник Львівського університету. 2015. № 4. С. 44–49.
2. Вітка Н.Є. Процеси ресурсозбереження промислових підприємств в сучасних умовах. Глобальні та національні проблеми економіки. 2016. Вип. 10. С. 284–287.
3. Кривенко С.В. Еколого-економічні особливості розвитку ресурсозбереження та вторинного ресурсовикористання в Україні. Економічний вісник Національного гірничого університету. 2015. № 1. С. 167–173.
4. Маценко О.М., Німко С.І., Овчаренко Д.М. Методичні засади оцінки еколого-економічної ефективності функціонування малих гідроелектростанцій. Вісник СумДУ. 2013. № 4. С. 26–34.
5. Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: малі ГЕС. URL: file:///D:/наукови%20роботи/ГЕС/для%20витрат.pdf.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ

Анотація. В статті обозначены основные факторы влияния на формирование расходов строительства и эксплуатации малых ГЭС. Сформирован методический подход к оцениванию эколого-экономической эффективности строительства и функционирования малых ГЭС, который учитывал бы определенные факторы путем применения динамического уравнения с переменными. На основе проведенного исследования разработана алгоритмическая модель оптимизации затрат строительства и эксплуатации ресурсосберегающих сооружений.

Ключевые слова: малая ГЭС, расходы, ресурсосбережение, динамическое моделирование, модель оптимизации расходов.

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION EXPENSES AND USE OF RESOURCE SAVING BUILDINGS CONSIDERING FACTORS OF INFLUENCE

Summary. The article outlines the main factors influencing on the formation of the costs of construction and operation of small hydropower plants. The methodical approach to the assessment of the ecological and economic efficiency of the construction and operation of small hydroelectric power stations, which takes into account certain factors by applying a dynamic equation with variables, is formed. On the basis of this research, an algorithmic model for optimizing the costs of building and operating resource saving constructions was developed.

Key words: small HPP, costs, resource saving, dynamic modeling, cost optimization model.