

**Яковець Т. А.,**

*кандидат економічних наук,*

*доцент кафедри фундаментальних та спеціальних дисциплін*

*Чортківський навчально-науковий*

*інститут підприємництва і бізнесу ТНЕУ*

**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 ВРАХУВАННЯМ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ**

***Анотація.** В статті окреслено основні фактори впливу на формування витрат будівництва та експлуатації малих ГЕС. Сформовано методичний підхід до оцінки 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 призвів до зростання обсягів використання природних ресурсів, що спричинює значне виснаження не відновлюваних ресурсів і забруднення довкілля. Питання ресурсозбереження є визначним для України, оскільки наша країна не забезпечена в повній мірі власними ресурсами, а валовий внутрішній продукт

за рівнем ресурсоемності в 1,5 – 8 разів перевищує показники розвинених країн. Ефективне природокористування та ресурсозбереження досягається шляхом введенні економічних механізмів управління природними ресурсами, використанню маловідходних і безвідходних технологій, систем і засобів контролю за використанням та збереженням ресурсів і захистом довкілля від забруднення. Гідроелектричні станції (ГЕС) на сьогоднішній день є одними з екологічно чистих джерел енергії, що виробляють дешеву електроенергію. Енергетичний потенціал гідроенергетики в світі складає 8100 млрд. кВт·год, в якому на частку малих ГЕС (МГЕС) припадає 10%. Через постійно зростаючі ціни на енергоносії вартість електроенергії на традиційних електростанціях постійно підвищується.

Використання енергії води, а в даному випадку гідроенергетичного потенціалу малих річок сприятиме децентралізації об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) і поліпшенню енергопостачання віддалених і важкодоступних районів сільської місцевості. Проте, на 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.** На сьогодні популярним є наукові дослідження в напрямку пошуку альтернативних джерел енергії та збереження екосистеми. Серед наукових праць, спрямованих на проблематику функціонування МГЕС та ресурсозбереження варто виокремити Васько П.Ф., Ібрагімова М. Р., які описували енергетичну ефективність гідроагрегатів у складі малої гідроелектростанції [1], Вітка Н. Є. щодо процесів ресурсозбереження промислових підприємств в сучасних умовах [2], дослідження Кривенко С. В. відносно еколого-економічних особливостей розвитку ресурсозбереження та вторинного ресурсовикористання в Україні [3], наукова праця групи авторів Маценко, О. М., Німко, С. І., Овчаренко, Д. М., про методичні засади оцінки еколого-економічної ефективності функціонування малих гідроелектростанцій [4].

Попри вагомий внесок науковців у розвиток гідроенергетики в напрямку енергозбереження, детального дослідження потребує 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. Важливим 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. Разом з тим, враховуючи специфіку будівництва та експлуатації гідроелектростанцій нагальним є питання оцінки та прогнозування витрат, з метою зниження економічних та екологічних ризиків.

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

#### **Результати дослідження.**

Фактори формування витрат трактують як будь-які рушійні сили, що виникають у будь-якій сфері і впливають на величину та структуру таких витрат. У практичній діяльності суб'єктів підприємницької діяльності знання і розуміння зазначених факторів сприяє раціональному вибору тої 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 і обмеження екологічного/експлуатаційного характеру визначатимуть річний коефіцієнт використання виробничих потужностей. Належне визначення необхідних розмірів об'єкту в процесі його будівництва або реконструкції дозволить значно покращити значення коефіцієнту використання виробничих потужностей і річні обсяги виробництва енергії. Більшість малих ГЕС функціонують головним чином для того, щоб продавати вироблену енергію, не маючи при цьому значних потужностей. Тому для

забезпечення максимальної прибутковості на цих ГЕС збільшується тривалість роботи обладнання, результатом чого є збільшення обсягів виробництва енергії і підвищення коефіцієнту використання робочих потужностей [5].

Крім того, станції з греблями або іншими гідротехнічними спорудами для регулювання всього обсягу або 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 (у разі його наявності), задовольняючи при цьому 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 числа 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 і у водосховищі, підтримка 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 обох факторів. Русловий режим роботи станції означає, що обсяги річкового стоку, який надходить до її установок і скидається з них, будуть однаковими. Робота руслової ГЕС не передбачає накопичення річкового стоку або змінення умов його проходження. Руслові ГЕС можуть включати кілька генераторних установок для того, щоб пропускати різні обсяги стоку. Таким чином і за умови належного врахування особливостей річкового створу і режимів стоку на стадії проектування можна забезпечити досягнення більш високих рівнів використання виробничих потужностей - в межах 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. При підключенні 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, і 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 і допомагають визначити, який тип станції найбільш підходить до умов конкретної ділянки. Найголовнішими з цих факторів є характеристики напору і витрат стоку в конкретному створі, оскільки вони визначають потужність і пропускну спроможність планованого об'єкту. 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, і це так само стосується турбінного водоводу і будівлі ГЕС. Верхні частини схилів на території будівельного майданчика також повинні мати належний геотехнічний стан для того, щоб виключити ризик впливу таких явищ як осипання породи і ерозія на технічний стан споруд і під'їзних шляхів, а також на умови їхнього технічного огляду і обслуговування. Екологічні і соціально-економічні питання відіграватимуть важливу роль в процесі прийняття рішення щодо перекриття певної ділянки річки греблею, оскільки заповнення водосховища призведе до розкладання рослинного матеріалу на затопленій ділянці (це буде пов'язане з надходженням  $\text{CO}_2$  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 або архітектурної спадщини. Близькість розташування проектного майданчика відносно існуючих ліній електропередачі матиме вирішальне значення для економічної життєздатності проекту - так само, як і тривалість будівельних робіт, яка залежатиме від ступеню доступності майданчика і наявності ресурсів, необхідних для виготовлення залізобетонних конструкцій.

Що ж стосується обладнання для відродження та будівництва малих ГЕС, то тут склалася така ситуація: серійне багатомономенклатурне обладнання (гідротурбіни, генератори) виробляється тільки за кордоном. І вартість його звісно теж європейська. Українські підприємства виробляють одиничні типи обладнання для малих ГЕС і, зрозуміло, 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.

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

З огляду на вище вказане, доцільним є формування методичного підходу до оцінки еколого-економічної ефективності будівництва та функціонування малих ГЕС, що враховував би перелічені вище фактори. Тим паче, що до теперішнього часу не розроблено такої методики, а при експертній оцінці найчастіше користуються методиками розробленими для великих ГЕС.

Визначення ефективності реалізації проекту спорудження малої гідроелектростанції можна за допомогою формули 1[4]:

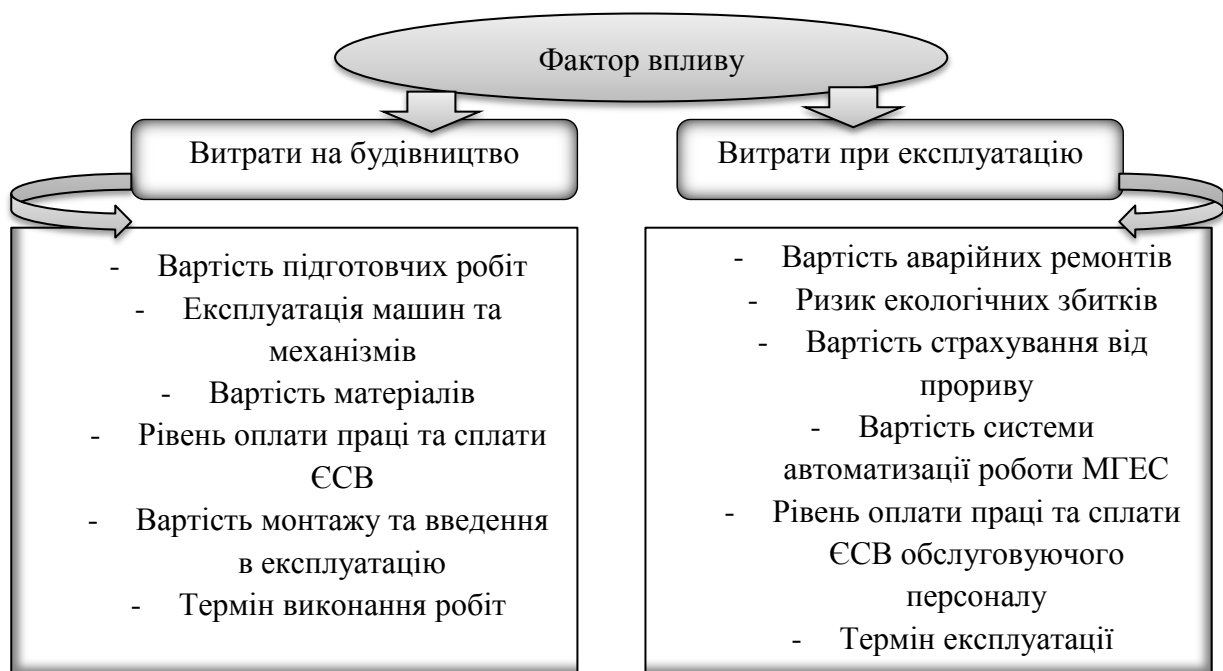
$$k_{\text{еф.}} = \frac{D_{\text{ен.}}}{B_{\text{в.з.}}} \geq 1, \quad (1)$$

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.

Наведено формулу доцільно використовувати для оцінки стану та здійснення прогнозу еколого-економічної ефективності функціонування МГЕС. Для її застосування в напрямку оптимізації витрат, необхідним є визначення впливу факторів на мінімізацію тих чи інших статей витрат на будівництво та експлуатацію МГЕС (рис 1.).



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

У зв’язку із цим пропонуємо емпіричну матрицю факторів впливу на структуру витрат будівництва та експлуатації малих ГЕС, визначену засобами імітаційного моделювання табличного процесора Microsoft Excel 2010.

Таблиця.1

**Ступінь впливу факторів на оптимізацію витрат будівництва малих ГЕС**

Чинники	Ступінь впливу	Низький $\alpha$	Середній $\beta$	Достатній $\gamma$	Високий $\lambda$
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

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 відносно стану ( $j=\alpha,\beta,\gamma,\lambda$ ). Динамічне програмування являє собою математичний метод, який можна використати для рішення досить широкого кола завдань, включаючи завдання розподілу ресурсів, заміни й керування запасами, завдання про завантаження. Характерним для динамічного програмування є підхід до рішення завдання по етапах, з кожним з яких асоційована одна керована змінна. Набір рекурентних обчислювальних процедур, що поєднують різні етапи, забезпечує одержання припустимого оптимального рішення завдання в цілому при досягненні останнього етапу.

При побудові динамічної моделі прогнозування ефективності будівництва та експлуатації гідроспороди використаємо змінні моделі:  $t$  – термін дії моделі;  $z_t$  – розмір витрат на одиницю виробленої енергії у визначеному часовому відрізку;  $k$  – термін експлуатації гідроспороди;  $A_j$  – інтегральний показник впливу чинників відносно 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 від використання гідроспороди;  $S_t$  – площа водозбору. Складаємо динамічне рівняння:

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

З врахуванням пропозицій, формуємо поетапну модель оптимізації витрат будівництва малих ГЕС.





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

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

**Висновки.** Отже, гідроенергетика займає все важливішу роль у розвитку поновлюваних систем енергопостачання і становить близько 76% всіх світових відновлюваних джерел енергії. Світова гідроенергетика демонструє досить суттєве стає зростання, збільшуючи щорічно встановлені потужності

приблизно на 2-3 %. За прогнозом Всесвітньої енергетичної ради до 2050 р. потенціал встановленої потужності ГЕС може подвоїтися до 2000 ГВт. Аналіз світового досвіду демонструє паралельно з сталим розвитком великої та середньої гідроенергетики бурхливий розвиток малих ГЕС, що також має бути перспективним напрямком розвитку малої гідроенергетики в Україні, особливо це стосується мікро- та міні- ГЕС потужністю менше 1 МВт. В цьому контексті, запропонована модель оптимізації витрат спрятиме підвищенню ефективності функціонування МГЕС, адже дає змогу спрогнозувати розмір витрат з врахуванням основних факторів впливу та обрати найбільш раціональну модель експлуатації в напрямку ресурсозбереження.

### **Список використаних джерел**

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

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

*Аннотация.* В статье обозначены основные факторы влияния на формирование расходов строительства и эксплуатации малых ГЭС. Сформирован методический подход к оценке эколого-экономической эффективности строительства и функционирования малых ГЭС, учитывающий определенные факторы путем применения динамического уравнения с переменными. На основе проведенного исследования разработаны алгоритмический модель оптимизации затрат строительства и эксплуатации ресурсосберегающих сооружений.

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

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

*Annotation.* 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.