

cation *Electronics*. 2023. № 12 (7). С. 1550. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics12071550>

5. Liu H., Guo W. Effectiveness of AI-driven vocal art tools in enhancing student performance and creativity. *European Journal of Education*. 2025. № 60. e70037. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejed.70037>

6. Şakalar A., Gürel S. Academic perspectives on the use of digital platforms and mobile applications in vocal training. *Online Journal of Music Sciences*. 2024. № 9 (2). pp. 389–404. DOI: <https://doi.org/10.31811/ojomus.1564925>

7. Topsakal O., Topsakal E. Framework for a foreign language teaching software for children utilizing AR, Voicebots and ChatGPT (Large Language Models). *The Journal of Cognitive Systems*. 2022. № 7 (2), pp. 33–38. DOI: <https://doi.org/10.52876/jcs.1227392>

8. Yuhao C. Cross-dimensional integration and innovative applications of vocal music and piano sound assets in the AI era. *Humanities and Social Science Research*. 2025. № 8 (1). pp. 99–103. DOI: <https://doi.org/10.30560/hssr.v8n1p99>

REFERENCES

1. Kyshakevych, B.Yu., Kyshakevych, S.V. & Stets, G.V. (2024). Syntez teorii ta praktyky v interaktyvnykh metodakh navchannia estradnoho vokalu [Synthesis of theory and practice in interactive methods of teaching pop vocals]. *Academic visions*. No. 37. Available at: <https://academy-vision.org/in dex.php/av/article/view/1539> [in Ukrainian].

2. Kyshakevych, S. & Stets G. (2022). Saund yak individualna forma zvuchannia holosu [Sound as an individual form of voice sound]. *Youth & market*. No. 3–4 (201–202). pp. 78–82. [in Ukrainian].

3. De Notaris, D. & Savonardo, L. (2022). The digitalization of sound: How the consumption of music changed from vinyl to hybrid experiences. *Italian Sociological Review*. No. 12(1), pp. 159–183. DOI: <https://doi.org/10.13136/isr.v12 i1.523> [in English].

4. Garlinska, M., Osial, M., Proniewska, K. & Pregowska, A. (2023). The influence of emerging technologies on distance education. *Electronics*. No. 12(7). p. 1550. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics12071550> [in English].

5. Liu, H., & Guo, W. (2025). Effectiveness of AI-driven vocal art tools in enhancing student performance and creativity. *European Journal of Education*, No. 60. e70037. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejed.70037> [in English].

6. Şakalar, A. & Gürel S. (2024). Academic perspectives on the use of digital platforms and mobile applications in vocal training. *Online Journal of Music Sciences*. No. 9(2). pp. 389–404. DOI: <https://doi.org/10.31811/ojomus.1564925> [in English].

7. Topsakal, O. & Topsakal, E. (2022). Framework for a foreign language teaching software for children utilizing AR, Voicebots and ChatGPT (Large Language Models). *The Journal of Cognitive Systems*. No. 7(2). pp. 33–38. DOI: <https://doi.org/10.52876/jcs.1227392> [in English].

8. Yuhao, C. (2025). Cross-dimensional integration and innovative applications of vocal music and piano sound assets in the AI era. *Humanities and Social Science Research*. No. 8(1). pp. 99–103. DOI: <https://doi.org/10.30560/hssr.v8n1p99> [in English].

Стаття надійшла до редакції 26.03.2025

УДК 626.8:621.311.24

DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2025.325307>

Іван Трегуб, кандидат фізико-математичних наук,
професор кафедри інформаційних систем і технологій
Українського державного університету імені Михайла Драгоманова
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2252-4107>

Володимир Трегуб, аспірант
Українського державного університету імені Михайла Драгоманова
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6692-6215>

Свєнїїї Напара, аспірант
Українського державного університету імені Михайла Драгоманова
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1335-3950>

ПРИНЦИП РОБОТИ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ЗАМКНУТОГО ТИПУ

Стаття присвячена детальному розгляду принципів роботи гідроелектростанцій замкнутого типу, які є важливим елементом відновлювальної енергетики. Гідроелектростанції використовують кінетичну та потенційну енергію води, перетворюючи її на електричну енергію. На відміну від традиційних гідроелектростанцій, у яких вода забирається з річок або водойм, гідроелектростанції замкнутого типу функціонують в замкнутій системі, що дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечує стабільність енергетичного виходу.

У статті розглядаються конструктивні особливості таких станцій. Особливу увагу приділено енергетичним циклам, які включають етапи перетворення, накопичення та споживання електричної енергії. Висвітлюється ефективність роботи таких систем, а також порівнюється їхня ефективність з традиційними методами виробництва електроенергії.

Ключові слова: гідроелектростанція; замкнутий тип; відновлювальна енергетика; потенційна енергія; кінетична енергія; енергетичний цикл; ефективність; екологічна стійкість; технології перетворення; споживання електроенергії; енергетичний вихід; природні ресурси; конкурентоспроможність.

Рис. 1. Літ. 12.

Ivan Ttrehub, Ph.D. (Physical and Mathematical Sciences),
Professor of the Information Systems and Technologies Department,
Mykhaylo Drahomanov Ukrainian State University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2252-4107>

Volodymyr Ttrehub, Postgraduate Student,
Mykhaylo Drahomanov Ukrainian State University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6692-6215>

Yevhenii Napara, Postgraduate Student,
Mykhaylo Drahomanov Ukrainian State University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1335-3950>

THE PRINCIPLE OF OPERATION OF A CLOSED-CYCLE HYDROELECTRIC STATION

The article is dedicated to a detailed examination of the principles of operation of closed-loop hydropower plants, which are an important element of renewable energy. Hydropower plants utilize the kinetic and potential energy of water, converting it into electrical energy. Unlike traditional hydropower stations, which draw water from rivers or bodies of water, closed-loop hydropower plants operate in a closed system, allowing for a reduction in negative environmental impacts and ensuring the stability of energy output.

The article discusses the design features of such plants, with special attention given to the energy cycles that encompass the stages of accumulation, conversion, and consumption of electrical energy. The efficiency of these systems is highlighted and compared to traditional methods of electricity generation.

The article is supplemented with analytical data on the advantages and disadvantages of using closed-loop hydropower plants, particularly in terms of energy security, economic feasibility, and ecological sustainability. The aim of the article is not only a theoretical analysis but also a practical overview of the possibilities for implementing such technologies in Ukraine and worldwide, especially in the context of climate change and increasing energy demand.

In conclusion, the article presents forecasts for the future development of closed-loop hydropower, emphasizing its potential within the framework of global efforts to reduce CO₂ emissions and ensure sustainable energy development. It also stresses the necessity for investments in research and the development of new technologies that would secure their competitiveness in the global market. This underscores the relevance of the topic and the importance of further research in this field. It is argued that closed-loop hydropower plants represent not only a source of energy but also a vital element in achieving sustainable development and improving the quality of life.

Keywords: hydropower plant; closed type; renewable energy; potential energy; kinetic energy; energy cycle; efficiency; ecological sustainability; transformation technologies; electricity consumption; energy output; natural resources; competitiveness.

Актуальність дослідження. Глобальна енергетична проблема, пов'язана із виснаженням традиційних джерел енергії та забрудненням навколишнього середовища, спонукає країни всього світу шукати нові, більш екологічні й ефективні рішення для виробництва енергії. В умовах постійного зростання населення та індустріалізації виникає потреба у стабільних і відновлювальних джерелах енергії, які здатні задовольнити попит без негативного впливу на екосистеми.

Гідроелектростанції замкнутого типу стають все більш популярними через численні переваги. По-перше, вони використовують водні ресурси, наявні в природі, без значного впливу на їхню кількість і якість. Це є особливо важливим у питаннях екологічних викликів, оскільки зменшення викидів парникових газів, забруднювальних речовин і збереження природних ресурсів є пріоритетами сучасного суспільства.

По-друге, використання замкнутого циклу дає змогу мінімізувати витрати води, а це означає, що навіть в умовах сухого клімату або обмежених водних ресурсів, такі станції можуть ефективно функціонувати. Коли традиційні гідроелектростанції часто потребують великих водосховищ, які

призводять до затоплення земель і зміни екосистем, гідроелектростанції замкнутого типу розвиваються як альтернативні.

Окрім того, технології, які лежать в основі роботи таких станцій, постійно вдосконалюються. Згідно з новими науковими дослідженнями та технологічними розробками, їхня ефективність і продуктивність зростають, що робить їх ще більш привабливими для інвестицій. Це, зі свого боку, спрямовує розвиток нових ринкових можливостей у сфері відновлювальної енергетики.

Таким чином, гідроелектростанції замкнутого типу є не тільки інноваційним рішенням для виробництва електричної енергії, але й відповідають сучасним вимогам екологічної безпеки, сталого розвитку і енергетичної незалежності. Зважаючи на ці фактори, вивчення принципів їх роботи та стратегії впровадження є надзвичайно актуальним у сучасному світі.

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом, у нашій країні, дослідженням енергоефективності гідротурбін займалися такі вчені: Д. Алексапольський, М. Зінь та ін. Але питанню та інтересу до гідроенергетики приділяється недостатньо досліджень. Це і визначило актуальність нашого дослідження з

підвищення енергоефективності гідроелектростанцій замкнутого типу, що дозволяє мінімізувати витрати води та зберігати екологію навколишнього середовища.

Метою цієї статті є всебічний аналіз принципу роботи гідроелектростанцій замкнутого типу, їх ключових складових та переваг у порівнянні з традиційними методами генерації електричної енергії. Таким чином, стаття спрямована на підвищення обізнаності про гідроелектростанції замкнутого типу як важливий і ефективний складник сучасної енергетики, що відповідає вимогам екологічної стійкості й ефективного використання ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Гідроелектростанція замкнутого типу – це спеціалізована установка для генерації електричної енергії, яка використовує потенціальну енергію води, зібраної у певному резервуарі і забезпечує її безперервну циркуляцію в замкнутому циклі [1]. Цей тип гідроелектростанцій вирізняється від традиційних гідроелектростанцій, які зазвичай використовують відкриті водосховища та потребують значних площ для затоплення і можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище.

Характеристики гідроелектростанцій замкнутого типу:

1. **Замкнута система.** У таких гідроелектростанціях вода не витрачається і не забирається з природного водного середовища. Вона постійно циркулює між водозабірником і турбіною через закриті трубопроводи, що дозволяє мінімізувати витрати та зміни в екосистемі.

2. **Потенціальна енергія.** Гідроелектростанції замкнутого типу використовують зміни висоти води (гідростатичний тиск, який зумовлений земним тяжінням), створюючи потоки, які обертають вал турбіни. Це забезпечує перетворення потенціальної енергії води на кінетичну, а потім – на електричну енергію, що генерується генератором.

3. **Ефективність.** Такі станції можуть працювати з високою ефективністю, оскільки система мінімізує втрати енергії під час транспортування води. Завдяки компактному розміщенню і оптимізації усіх процесів, вони можуть досягати високих коефіцієнтів корисної дії.

4. **Екологічна безпека.** Гідроелектростанції замкнутого типу мають менший негативний вплив на навколишнє середовище порівняно з традиційними. Відсутність великих водосховищ запобігає затопленню земель і змінам в екосистемах.

5. **Гнучкість використання.** Вони можуть бути інтегровані в різні енергетичні системи, забезпечуючи стабільний і надійний ресурс енергії, що особливо важливо для регіонів з обмеженими ресурсами або низькою доступністю води. При необхідності можна регулювати її потужність, або зупинити, заклавши тільки один кран [3].

Гідроелектростанції замкнутого типу можуть бути двох типів:

1. **Системи з поточним циклом.** Вода постійно циркулює і використовується для генерації енергії в безперервному потоці.

2. **Системи з накопиченням.** Вода зберігається в локальному резервуарі, звідки вона надходить на турбіну в певні моменти часу, що дозволяє компенсувати пікові навантаження та накопичувати енергію під час перетворення кінетичної на електричну, з використанням електричного акумулятора [2].

Гідроелектростанції замкнутого типу стають все більш популярними в умовах підвищеного попиту на чисті та відновлювальні джерела енергії. Завдяки новим технологіям та інноваційним рішенням, вони можуть стати важливим елементом у забезпеченні енергетичної незалежності і сталого розвитку в рамках глобальної енергетичної трансформації.

Таким чином, гідроелектростанції замкнутого типу – це перспективний напрям у сучасних енергетичних системах, що дозволяє ефективно використовувати водні ресурси та зменшувати вплив на навколишнє середовище.

Гідроелектростанції замкнутого типу функціонують за принципом використання потенціальної енергії води, яка циркулює у замкнутій системі. Це приводить до генерації електричної енергії з мінімізацією витрат ресурсу та впливу на навколишнє середовище. Розглянемо детально, як працює ця система, на прикладі її основних компонентів.

Початкова точка роботи гідроелектростанції – ємність В, яка зазвичай розташовується на певній висоті. Рідина в ємності накопичується і має потенціальну енергію завдяки земному тяжінню. Використання рідини з цієї висоти забезпечує стійкий тиск, коли вона починає рухатися. При цьому у верхній частині ємності В утворюється вакуум, під дією якого рідина надходить із ємності А в ємність В, поповнюючи її рівень.

Рідина, що виходить із ємності, потрапляє в систему закритих *трубопроводів*, що відповідають за перенесення води до турбіни. Завдяки спеціальному розміщенню та матеріалу трубопроводів, система зменшує тертя і втрати енергії. Трубопроводи можуть бути різної конструкції залежно від вимог проекту, але їхня основна мета – забезпечити оптимальний потік води під потрібним тиском.

Коли рідина потрапляє в *турбіну*, її потенціальна енергія перетворюється на кінетичну. Турбіни можуть бути різних типів, але загалом вони мають лопаті, які обертаються під впливом потоку рідини. Це обертання призводить до руху ротора, що сполучений із генератором, у результаті чого генерується електрична енергія і подається до електричного акумулятора.

У гідроелектростанціях замкнутого типу важливо, щоб турбіна була оптимізована для роботи на

ПРИНЦИП РОБОТИ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ЗАМКНУТОГО ТИПУ

різних дебітах води, що забезпечує стабільну генерацію незалежно від коливань водяного потоку.

Генератор, сполучений з турбіною, трансформує кінетичну енергію, отриману від обертання

турбіни, в електричну. Принцип роботи генератора ґрунтується на законах електромагнетизму. Генератори можуть бути різних модифікацій, наприклад, асинхронні і синхронні.

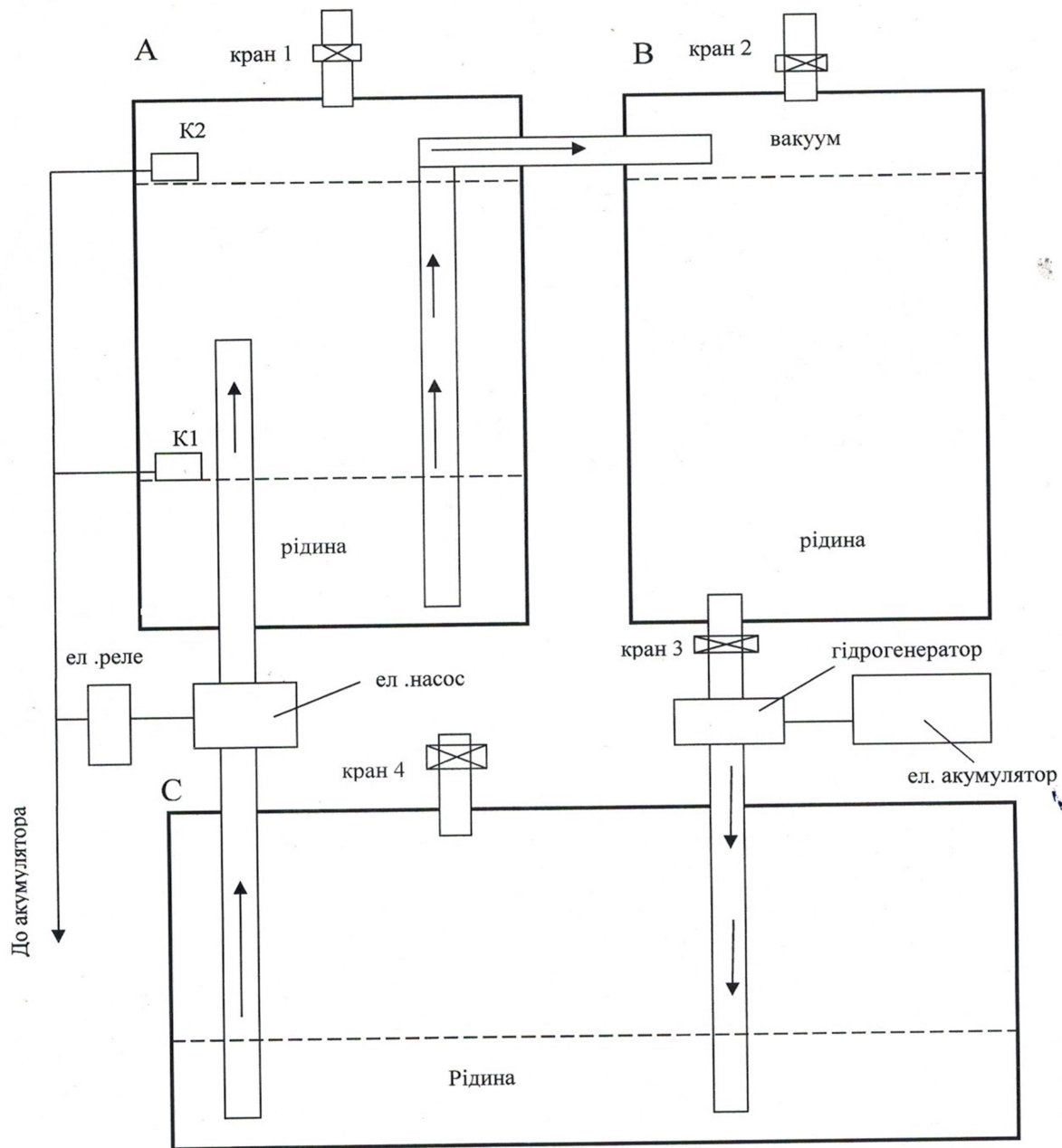


Рис. 1. Принципова схема гідроелектростанції замкнутого типу: A,B,C – ємності; K1 і K2 – контакти рівнів рідини; крани 1,2,4 – для заповнення ємності рідиною; кран 3 – для регулювання та зупини потоку рідини

Після проходження через турбіну рідина періодично повертається назад до ємності A з ємності C розміщеної, як показано на рис. 1. Це повернення забезпечує ел. насос, який через реле і контакти K1

і K2 підключені до ел. акумулятора, в якому накопичується електроенергія. Цей замкнутий цикл означає, що рідина повторно використовується, зберігаючи ресурс. Важливо зауважити, що система

забезпечує ефективне *охолодження*, оскільки більша частина енергії, яка перетворюється під час проходження рідини через турбіну, зберігається у вигляді потоку, що дозволяє уникнути значних температурних впливів.

Системи автоматизації та управління контролюють і регулюють потік рідини, забезпечуючи оптимальні умови для генерації. Це включає моніторинг тиску, температури і рівня рідини, що дає змогу підтримувати стабільну роботу станції і максимізувати її продуктивність.

Згенерована електрична енергія передається у загальну електричну мережу або може використовуватися на місці для забезпечення енергетичних потреб. Гідроелектростанції замкнутого типу можуть також взаємодіяти з іншими джерелами енергії, такими як вітрові або сонячні електростанції, забезпечуючи баланс між попитом та пропозицією.

Принцип роботи гідроелектростанцій базується на безперервній циркуляції рідини, що дає можливість з максимальною ефективністю перетворювати потенціальну енергію на електричну. Ця система, яка знижує втрати і мінімізує екологічний вплив, надає стабільний ресурс електричної енергії, що робить її важливим компонентом сучасної енергетики.

Гідроелектростанції замкнутого типу набирають популярності завдяки низці ключових переваг, які роблять їх привабливими для використання в сучасних енергетичних системах. Вони мають значні переваги, оскільки здатні мінімізувати вплив на навколишнє середовище. На відміну від традиційних гідроелектростанцій, які потребують великих водосховищ і можуть затоплювати великі території, замкнуті системи використовують рідину без її постійного відбору з природних водойм. Рідина в таких станціях циркулює в замкнутому циклі, що зменшує ризики забруднення водойм і пригнічення локальних екосистем. Це забезпечує збереження природної біорізноманітності, оскільки затоплення земель та руйнування природних середовищ існування є значно меншими [5].

Крім того, завдяки оптимізації використання водних ресурсів і зменшенню втрат енергії під час експлуатації, гідроелектростанції замкнутого типу допомагають знизити викиди парникових газів і зменшити залежність від викопних видів пального. Переходячи на відновлювальні джерела енергії, такі станції сприяють боротьбі зі змінами клімату, завдяки чому спостерігається зростання інтересу до їх впровадження у рамках глобальних екологічних ініціатив. Враховуючи законодавчі ініціативи та суспільні запити на чисту енергію, ці технології мають можливість відігравати ключову роль у сталому розвитку енергетичних систем.

Такі гідроелектростанції демонструють високу економічну ефективність завдяки зменшенню вит-

рат на виготовлення, експлуатацію та обслуговування.

По-перше, їхній конструктивний дизайн дозволяє зменшити витрати на забір води, оскільки система працює в замкнутому циклі, що виключає необхідність викачування великої кількості води з природних водойм чи значних витрат на інфраструктуру для водопостачання. Це означає, що такі станції можуть бути більш фінансово доцільними, особливо в регіонах з обмеженими водними ресурсами [7].

По-друге, висока ефективність перетворення потенціальної енергії рідини на електричну, зумовлена мінімізацією втрат під час транспортування, дозволяє максимізувати обсяги виробленої енергії. Це забезпечує більш стабільний дохід від продажу електроенергії, особливо в умовах ринку з конкурентними цінами. Оскільки гідроелектростанції замкнутого типу користуються певними перевагами у порівнянні з традиційними джерелами енергії, вони можуть пропонувати більш стабільні ціни на електрику, а також знижувати витрати споживачів завдяки зменшенню енергетичної залежності від імпортованих ресурсів. Це створює сприятливе економічне середовище, яке підтримує інвестиції в зелену енергетику та стійкий розвиток [7].

Ба більше, гідроелектростанції замкнутого типу можуть оперативно підлаштовуватися під зміни в споживанні електроенергії завдяки своїй гнучкості. Вони можуть забезпечувати додаткову потужність у пікові години, коли попит на електрику є найвищим, що ще більше підвищує їхню ефективність. Завдяки цій здатності до швидкої адаптації, такі станції стають важливою складовою частиною енергетичних систем, що дозволяє стабільно підтримувати баланс між виробництвом і споживанням енергії. Тому висока ефективність гідроелектростанцій замкнутого типу виявляється не лише в їхньому енергетичному виході, але й у загальному впливі на енергетичний баланс і стійкість регіональних та національних енергомереж [9].

Гнучкість гідроелектростанцій замкнутого типу дозволяє їм ефективно впроваджуватися у енергетичні мережі в поєднанні з іншими джерелами відновлювальної енергії, такими як вітрові і сонячні електростанції. Це забезпечує кращу інтеграцію і підтримання стабільності в енергетичних системах, оскільки гідроелектростанції можуть компенсувати тимчасові коливання виробництва енергії від цих змінних джерел. Таким чином, їхня можливість варіюватися під різні умови експлуатації робить їх важливим елементом у міру переходу до більш динамічних і екологічно чистих енергетичних систем.

Гідроелектростанції замкнутого типу дійсно мають низку переваг, які роблять їх важливими елементами енергетичних систем сучасності. Одна із них – здатність до стабільного та надійного ви-

робництва електричної енергії завдяки існуванню земного тяжіння. Це досягається завдяки здатності регулювати потік рідини й оптимізувати виробництво електрики відповідно до попиту [10]. У випадку, коли спостерігається підвищений попит на електроенергію, оператори можуть збільшити обсяги виробництва, управляючи подачею води з резервуарів. Це особливо важливо в пікові години споживання, коли електросистеми потребують додаткових потужностей.

Такі електростанції також володіють додатковими перевагами, зокрема, можливістю накопичення енергії. За допомогою насосних станцій, які використовують надлишкову електроенергію під час низького попиту для нагнітання рідини у верхні резервуари, можна зберігати енергію, яку потім можна використовувати у пікові години. Це робить гідроелектростанції основними перехідниками до більш стійкої енергетичної системи, що базується на відновлювальних джерелах. У цьому контексті, вони не лише сприяють стабільному постачанню електроенергії, але й допомагають інтегрувати інші відновлювальні енергетичні рішення у загальну систему енергозабезпечення [4].

Підвищення енергетичної незалежності є важливим аспектом розвитку сучасних держав, оскільки дозволяє зменшити залежність від імпортованих енергоресурсів та забезпечити стійкість економіки. Це стає особливо актуальним в умовах глобальної політичної нестабільності, коли зміни на ринку енергії можуть суттєво вплинути на ціну нафти і газ.

Дослідження показують, що підвищення енергетичної незалежності також може сприяти розвитку нових технологій та інновацій у секторі енергетики. Впровадження сучасних технологій забезпечує ефективне використання ресурсів, зменшуючи витрати та підвищуючи надійність енергопостачання. Таким чином, енергетична незалежність не лише зміцнює економіку, а й сприяє соціальному розвитку і поліпшенню життя населення.

Будівництво й експлуатація гідроелектростанцій замкнутого типу створюють значну кількість робочих місць, як безпосередньо на самих станціях, так і в супутніх секторах, таких як будівництво, обслуговування та ремонт. Такі проєкти сприяють залученню місцевого населення до процесу, що підвищує їхню кваліфікацію та надає можливості для набуття нових навичок. Унаслідок цього місцеві громади отримують можливість не лише працевлаштуватись, але й підвищити свій життєвий рівень.

Каскадні проєкти, які поєднують кілька гідроелектростанцій, можуть мати ще більш значний вплив на соціально-економічний розвиток регіону. Завдяки стабільному виробництву електричної енергії вони забезпечують енергетичну автономію для населених пунктів, що зазвичай призводить до зростання інвестицій у місцеву інфраструктуру –

від доріг до шкіл і лікарень [11]. Крім того, зростання доступності електрики відкриває нові можливості для бізнесу, сприяючи розвитку малого та середнього підприємництва. Назагал, гідроелектростанції замкнутого типу не лише забезпечують енергію, а й стають каталізаторами економічного розвитку і соціального прогресу в регіонах, де вони розташовані.

Висновок. Гідроелектростанції замкнутого типу мають великий потенціал у забезпеченні ефективного, стійкого та економічно вигідного виробництва електричної енергії, що робить їх незамінними у сучасному енергетичному ландшафті.

Крім того, вони забезпечують стабільні та надійні електропостачання, незважаючи на коливання попиту або погодні умови, адже їхня енергетична продуктивність легко регулюється. Це робить їх особливо важливими в умовах, коли інші відновлювальні джерела, такі як сонячна і вітрова енергія, можуть бути менш стабільними.

Отже, їх впровадження та розвиток є головними не лише для енергетичної безпеки, але й для соціальної стабільності та економічного зростання в усьому світі.

У перспективі подальших досліджень з цієї теми плануємо ширше вивчення новітніх технологій, які можуть підвищити ефективність роботи гідроелектростанцій замкнутого типу. Це включає впровадження інноваційних матеріалів, вдосконалення систем моніторингу та управління, а також потенціал для інтеграції з іншими компонентами відновлювальної енергетики, такими як сонячні чи вітрові електростанції. Дослідження в цих сферах дозволить не лише підвищити продуктивність таких станцій, але й сприятиме їхньому широкому впровадженню в енергетичні системи сучасності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Будько В.І., Васько П.Ф. Пазич С.Т. Гідроенергетика: курс лекцій: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / уклад.: В.І. Будько, П.Ф. Васько, С.Т. Пазич; КПІ імені Ігоря Сікорського. Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2023. 205 с.
2. Вовчак В., Тесленко О., Самченко О. Мала гідроенергетика України / Інститут проблем екології та енергозбереження. Київ, 2018. Т. 1. Аналітичний огляд. 181 с.
3. Корець М.С., Трегуб В.І. Опір матеріалів: навч. посіб. для вищих пед. закладів освіти / М.С. Корець, В.І. Трегуб. Київ: Національний пед. ун-т імені М. П. Драгоманова, 1999. 312 с.: іл., схеми.
4. Кудря С.О., Головкин В.М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії. Київ, 2009. 202 с.
5. Ландау Ю.А. та ін. Гідроенергетика і навколишнє середовище. Київ, 2004.
6. Лежнюк П.Д., Нікіторович О.В., Кулик В.В. Малі гідроелектростанції з асинхронними генераторами. Вінниця: ВНТУ, 2011. 142 с.

7. Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Київ, 2018. Том I. 181 с. URL: <https://energyukraine.org/wp-content/uploads/2018/05/Otchet-MGES1.pdf>

8. Ободовський О.Г., Рахматулліна Е.Р., Тимуляк Л.М. Коротка історія розвитку та сучасний стан малої гідроенергетики на рівнинних річках України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2016. Т. 4 (43). С. 94–106.

9. Принципи збалансованого розвитку гідроенергетики : Аналітичний документ / Г.К. Веремійчик, Р.Б. Гаврилюк та ін. Київ : Видавництво “Фенікс”, 2018. 20 с.

10. Програма розвитку нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики, складова частина Національної енергетичної програми України до 2010 р. Держкоменергрозбереження. Київ, 1997.

11. Сидоров В.І. Технології гідро- та вітроенергетики. Черкаси : Вертикаль, видавець Кандич С.Г., 2016. 166 с.

12. Українська гідроенергетика: перспективи розвитку: опубліковано 21.11.2019. URL: <https://sies.gov.ua/news/ukrayinska-gidroenergetika-perspektivi-rozvitku>

REFERENCES

1. Budko, V.I., Vasko, P.F. & Pazich, S.T. (2023). Hidroenerhetyka: kurs lektsii: navchalnyi posibnyk dlia stud. spetsialnosti 141 “Elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika” [Hydropower: Lecture Course: A Study Guide for Students of Specialty 141 “Energy Engineering, Electrical Engineering, and Electromechanics”]. compiled by: V.I. Budko, P.F. Vasko, S.T. Pazich. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. Kyiv, 205 p. [in Ukrainian].

2. Vovchak, V., Teslenko, O., Samchenko, O. (2018). Mala hidroenerhetyka Ukrainy [Small Hydropower in Ukraine]. *Institute of Environmental Problems and Energy Conservation*. Kyiv, Vol. 1. Analytical Overview. 181 p. [in Ukrainian].

3. Korets, M.S. & Trehub, V.I. (1999). Opir materialiv: navch. posib. dlia vyshchykh ped. zakladiv osvity [Strength of Materials: A Study Guide for Higher Educational Pedagogical Institutions]. Kyiv, 312 p.: ill., diagrams. [in Ukrainian].

4. Kudria, S.O. & Holovko, V.M. (2009). Osnovy konstruiuvannia enerhustanovok z vidnovliuvannyu dzherelamy

enerhii [Fundamentals of Designing Energy Installations with Renewable Energy Sources]. Kyiv, 202 p. [in Ukrainian].

5. Landau, Yu.A. et al. (2004). Hidroenerhetyka i navkolishnie seredovyshche [Hydropower and the Environment]. Kyiv. [in Ukrainian].

6. Lezhniuk, P.D., Nikitorovych, O.V. & Kulyk, V.V. (2011). Mali hidroelektrostantsii z asynkhronnymy heneratoramy [Small Hydroelectric Power Plants with Asynchronous Generators]. Vinnytsia, 142 p. [in Ukrainian].

7. Mala hidroenerhetyka Ukrainy [Small Hydropower in Ukraine]. Analytical Overview. Vol. I. Kyiv, 2018. 181 p. Available at: <https://energyukraine.org/wp-content/uploads/2018/05/Otchet-MGES1.pdf> [in Ukrainian].

8. Obodovsky, O.H., Rakhmatullina, E.R. & Tymuliak, L.M. (2016). Korotka istoriia rozvytku ta suchasnyi stan maloi hidroenerhetyky na rivnyynykh richkakh Ukrainy [A Brief History of Development and Current State of Small Hydropower on Flat Rivers in Ukraine]. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, Vol. 4 (43). pp. 94–106. [in Ukrainian].

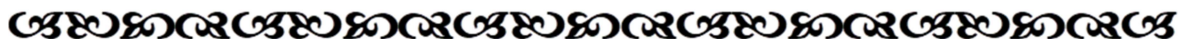
9. Pryntsypy zbalansovanoho rozvytku hidroenerhetyky: Analichnyi dokument [Principles of Balanced Development of Hydropower: Analytical Document]. H.K. Veremiychik, R.B. Havryliuk, et al. Kyiv, 2018. 20 p. [in Ukrainian].

10. Prohrama rozvytku netradytsiinykh i vidnovliuvannykh dzherel enerhii ta maloi hidro- i teploenerhetyky, skladova chastyna Natsionalnoi enerhetychnoi prohramy Ukrainy do 2010 r. [Program for the Development of Alternative and Renewable Energy Sources and Small Hydropower and Heat Power, a Component of the National Energy Program of Ukraine until 2010]. *State Committee for Energy Conservation*. Kyiv, 1997. [in Ukrainian].

11. Sydorov, V.I. (2016). Tekhnolohii hidro- ta vitroenerhetyky [Technologies of Hydro and Wind Energy]. Cherkasy, 166 p. [in Ukrainian].

12. Ukrainska hidroenerhetyka: perspektyvy rozvytku: opublikovano 21.11.2019 [Ukrainian Hydropower: Development Prospects: published on 21.11.2019]. Available at: <https://sies.gov.ua/news/ukrayinska-gidroenergetika-perspektivi-rozvitku> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 23.03.2025



“З усіх творінь найпрекрасніше – людина, що отримала прекрасне виховання”.

Епіктет
давньогрецький філософ

“Значно легше помилитись цілком, ніж наполовину”.

Йоганн Вольфганг фон Гете
німецький поет, прозаїк, драматург

“Немає іншої моралі, крім тієї, яка ґрунтується на принципах розуму і впливає з природної схильності людини до добра”.

П’єр Бейль
французький філософ, літератор

