

освітлювальних систем до загальної стратегії енергоефективності будівлі включають впровадження централізованих контролерів, модулів збору даних та аналітики.

Проектування енергоефективної автоматизованої системи керування освітленням сьогодні є комплексним процесом, що поєднує світлотехнічні, інженерні, інформаційні та цифрові технології [2-3]. Інноваційні розробки у сфері інтелектуального керування, інтеграція аналітики та штучного інтелекту, а також стандартизація протоколів і вимог до обладнання визначають вектор розвитку даної галузі.

Література

1. Khemakhem S., Krichen L. A comprehensive survey on an IoT-based smart public street lighting system application for smart cities // Franklin Open. 2024. Vol. 8. Article 100142 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773186324000720>
2. DALI Alliance. EPBD Requirements for Lighting Management Systems. 2023. URL: <https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/4/4/6/cdiiaak002a-eu-epbd-req.pdf> (дата звернення: 29.11.2025)
3. Legrand Integrated Solutions. Lighting Management Solutions. Brochure EXB25018 2025. URL: https://www.legrandintegratedsolutions.com/content/uploads/2025/07/EXB25018_Brochure-Lighting-management.pdf (дата звернення: 29.11.2025).

УДК 621.43

В.Б. Жук ЕА-324

Науковий керівник: Недошитко Л.М., викладач-методист

(Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя", Україна)

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ ТА ВДОСКОНАЛЕНІ ГЕОТЕРМАЛЬНІ СИСТЕМИ(EGS)

Zhuk.V.B student of group EA-324

Scientific supervisor: Nedoshytko L.M., teacher-methodologist

GEOTHERMALENERGYANDENHANCEDGEOTHERMALSYSTEMS (EGS)

Геотермальна енергія — це тепло всередині Землі, яке можна використати для опалення та виробництва електроенергії. Її добувають через свердловини, куди надходить гаряча вода або пара. Якщо природних гарячих вод немає, застосовують EGS-технологію: воду закачують у гарячі породи під землею, вона нагрівається й повертається на поверхню, віддаючи тепло.

Сучасні технології дозволяють використовувати тепло землі для виробництва електро- та теплової енергії. Нагріта рідина піднімається на поверхню, віддає тепло установці і повертається в надра, створюючи замкнений цикл. Це дозволяє ефективно використовувати низькотемпературні ресурси навіть там, де немає природних гарячих вод.



Рисунок 1 - Зовнішній вигляд видобувної геотермальної станції

Геотермальна енергія отримується через свердловини, по яких циркулює робочий теплоносіє. У вдосконалених геотермальних системах (Enhanced Geothermal Systems, EGS) рідина під високим тиском закачується на глибину близько 4 км, утворюючи штучну мережу тріщин у гірських породах. Дана енергія може обігрівати будівлі або випаровувати робоче тіло, що обертає турбіну і виробляє електроенергію. Основні обмеження — висока вартість буріння, корозія металевих деталей і відкладення мінералів у теплообмінниках

Дійсно, геотермальна енергія має ряд суттєвих переваг. Вона здатна виробляти енергію постійно, 24/7, незалежно від погодних умов, що робить її ідеальною для забезпечення базового навантаження. Оскільки тепло Землі практично не виснажується, це довготривалий та поновлюваний ресурс. Крім того, такі системи вирізняються низькими експлуатаційними витратами після початкового етапу буріння та монтажу, забезпечуючи високу віддачу енергії при малих витратах на роботу. Важливо й те, що технології розвиваються: можливість використання системи EGS (Engineered Geothermal Systems) дозволяє отримувати тепло навіть у регіонах без природних джерел гарячої води. А замкнений цикл роботи, коли вода повертається назад у надра, підвищує безпеку та зменшує втрати, одночасно сприяючи зменшенню енергозалежності країн від імпортованого палива.

Геотермальна енергія має і недоліки, наприклад, геотермальні ресурси є географічно обмеженими, оскільки вони зосереджені переважно у тектонічно активних зонах, що ускладнює їх широке застосування. Незважаючи на низькі експлуатаційні витрати, початкові інвестиції на буріння глибоких свердловин є вкрай високими і несуть ризик фінансової втрати, якщо потрібне джерело тепла не буде знайдене. Хоча викиди мінімальні, під час роботи можуть виділятися шкідливі гази, такі як сірководень, і мінералізована вода, що вимагає ретельної утилізації для захисту довкілля. Існує також ризик, що інтенсивний відбір тепла може призвести до локального виснаження резервуару, знижуючи довгострокову продуктивність електростанції. Крім того, деякі процеси, як-от закачування води під землю, можуть спричинити невелику мікросейсмічну активність або землетруси.

Приклад успішного застосування — система теплопостачання Рейк'явіка, де гаряча вода з глибини 80–130 °С обігрівас близько 95 % будівель міста. Високий коефіцієнт корисної дії досягається завдяки мінімальному споживанню електроенергії для насосів. Це демонструє, що геотермальна енергія ефективна навіть для великого міста.

Отже геотермальна енергія є стабільним, екологічно чистим і ефективним джерелом тепла та електроенергії. Сучасні технології, включно з EGS, дозволяють

використовувати її навіть у регіонах без природних гарячих вод, забезпечуючи постійне енергопостачання, замкнений цикл роботи та низькі експлуатаційні витрати. Приклади, як система теплопостачання Рейк'явіка, демонструють, що геотермальна енергія здатна живити великі міста, зменшувати залежність від імпорту палива і сприяти сталому розвитку енергетики.

Література

1. Геотермальна енергія переваги та перспективи URL: <https://ecotech.news/energy/117-geotermalna-energetika-perevagi-ta-perspektivi.html>
2. Геотермальна станція URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0
3. Удосконалені геотермальні системи URL: https://www.energy.gov/eere/geothermal/enhanced-geothermal-systems?utm_source=chatgpt.com
4. Удосконалені геотермальні системи для виробництва чистої енергії на твердих породах URL: <https://www.nature.com/articles/s44359-024-00019-9>

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

М.М. Зінь¹, канд. техн. наук, доц.; Ю.Б. Підгайний²

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

² Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ПАРАМЕТРИ ГЕОМЕТРИЧНО ПОДІБНИХ ГІДРОТУРБІН НИЗЬКОНАПІРНИХ МАЛИХ ГЕС

M.M. Zin, Ph.D., Assoc. Prof.; Y.B. Pidhainyi

PARAMETERS OF GEOMETRICALLY SIMILAR HYDROTURBINES OF LOW-PRESSURE SMALL HYDROPOWER PLANTS

Відновлювана енергетика (ВЕ) продовжує стрімко розвиватися. Тим самим вона заміщає традиційну енергетику, яка заснована на спалюванні кам'яного вугілля і вуглеводнів викопного походження. Однією з найважливіших галузей ВЕ є мала гідроенергетика, яка також впевнено рухається вперед.

Сучасний етап розвитку малої гідроенергетики України полягає у відновленні недіючих (законсервованих або таких, що перебувають на різних стадіях демонтажу) і спорудженні нових малих ГЕС. Майже всі нові малі ГЕС у нашій країні є низьконапірними (напір води не перевищує 10 метрів), малопотужними (потужність до 100÷200 кВт) і економічно ризикованими (термін окупності знаходиться у межах 5 – 10 років), що разом з економічною нестабільністю та військовим станом відштовхує потенційних інвесторів від капіталовкладень у відповідні об'єкти. Відтак питання мінімізації капіталовкладень у малу гідроенергетику залишається актуальним завданням, вирішення якого дає змогу вводити в експлуатацію нові малі ГЕС і робити їх прибутковими.

У випадку низьких напорів (до 10 метрів) з огляду економіки (у переважній більшості випадків) найбільш доцільно застосовувати трубні пропелерні гідротурбіни. Вони є простими, надійними, високоефективними і відносно дешевими. Їх основний