Перспективи використання відновлювальних джерел енергії для гірськолижного курорту Драгобрат

Ілля Слісаренко, студент [1i] (ORCID: 0009-0003-2854-9011)

[1] *Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

АНОТАЦІЯ

У роботі розглядається використання відновлювальних джерел енергії для забезпечення потреб у енергопостачанні високогірного гірськолижного комплексу Драгобрат. Проаналізовано потенціал сонячної, вітрової, малої енергетики, а також теплових насосів, з урахуванням місцевих кліматичних та природніх умов. Розглянуто технічні особливості та переваги кожного джерела, їх можливості та обмеження для застосування на потреби автономного забезпечення систем опалення, вентиляції, кондиціонування, гарячого водопостачання та теплопостачання.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), міні ГЕС, сонячна енергія, теплові насоси, вітрові турбіни, автономне енергопостачання, енергоефективність, чиста енергетика.

1. ВСТУП

Гірськолижний комплекс Драгобрат, розташований у масиві Свидовець на висоті близько 1400 м. над рівнем моря, є найвисокогірнішим курортом України. Його інфраструктура включає готелі, витяги, ресторани та технічні споруди, що потребують постійного енергозабезпечення для підтримки комфорту відвідувачів. Високі енергетичні навантаження в холодний період року, складні логістичні умови та відсутність централізованого теплопостачання, та підвищений ризик пошкодження ліній електропередачі, тенденція зелений туризм створюють необхідність розгляду використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ).

2. МЕТА РОБОТИ

Проаналізувати можливість використання відновлювальних джерел енергії для інженерних систем енергопостачання курорту.

3. ОСНОВНА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз відновлювальних джерел енергії для гірської місцевості

Сонячна енергія має високий потенціал у Карпатському регіоні завдяки відкритим та помірній інсоляції. Сонячні панелі та колектор застосовують для генерації енергії на потреби як освітлення та систем опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування. Основними обмеженнями є зниження ефективності у зимовий період через короткий світловий день та сніговий покрив.

Вітрові ресурси обмежені через складний рельєф та густоту лісових насаджень, але на відкритих схилах та перевалах можлива ефективна робота малих турбін. Основними проблемами є монтаж на складному рельєфі та обмерзання лопатей у зимовий період, що потребує спеціальних конструкцій та технічного обслуговування.

Гірські річки та потоки дозволяють створювати міні ГЕС для стабільного енергопостачання протягом року. Через сезонність водного потоку та екологічним вимогам зменшується можливість їх використання.

Геотермальні ресурси Карпат дозволяють використовувати теплові насоси у комбінованих системах автономного теплопостачання. Вони особливо перспективні для котеджів та готелів, оскільки скорочують витрати на закупівлю твердого палива для місцевих котелень. Однак потребують високі початкові капітальні витрати та потребу у професійному проєктуванні та монтажі.

Біомасові котли та біогазові установки забезпечують автономне опалення, гаряче водопостачання. Викликами є дороге транспортування палива та утилізація газових відходів.

3.2. Визначення ефективності використання відновлювальних джерел енергії для даного об'єкту

Географічне розташування курорту у масиві Свидовець на висоті 1300-1400 м над рівнем моря. Територія вкрита ялинковими та буковими лісами, а також полонинами з гірською місцевістю на висоті вище 1500 м. Рельєф відноситься до гірсько-льодовикового типу з улоговинами та скелястим ґрунтом. На території є численні гірські струмки та малі водоспади, що формують притоки річок Чорна Тиса та Косівська.

Територія характеризується гірсько-помірним кліматом з вираженими ознаками альпійського типу. Частою зміною погодних умов протягом доби, особливо хмарності. Річна кількість опадів 1000 - 1200 мм.вод.ст. Переважають вітри західного та північно-західних напрямків.

Спостережувані історичні кліматичні та погодні дані для хребет Свидовець представлені на рис. 1.

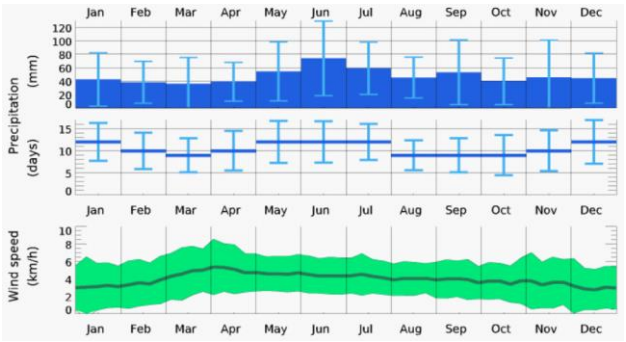
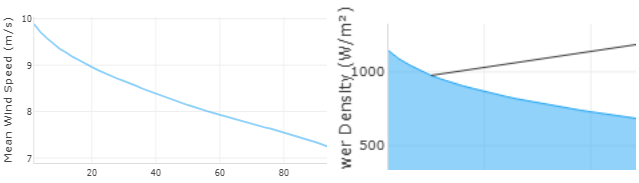


Рисунок 1. Спостережувані історичні кліматичні та погодні дані хребет Свидовець [1]

З врахуванням рельєфу та вітрових потоків можливе розміщення вітрових турбін на хребтах та вершинах гір: Свидовець, Стіг, Жандарми, Близниця. Графіки середньої потужності та швидкості вітрових потоків представлені на рис 2.



а) б)

Рисунок 2. Графіки середньої потужножності (а) та швидкості вітрових потоків(б) [2]

Прогнозована ефективність від впровадження вітрової енергетики в гірській місцевості залежить також від типу та радіусу ротора турбіни. Річний виробіток однієї турбіни при швидкості вітру 7 м/с з діаметром 80 м становить 2890 МВт·год. При номінальній тепловій потужності 2 МВт коефіцієнт використання 16,5 %. При швидкості 8 м/с він досягне значення 23,5%.

Для даної місцевості середньорічний показник прямого нормального опромінення становить 946,1 кВт·год/м^2, що підходить ефективному використанню сонячної енергетики (рис. 3). Встановлення сонячних панелей можливе на дахах готелей та технічних будівель, а також на лугових територіях східних схилів гір Велика Близниця та Стіг та Жандарм.

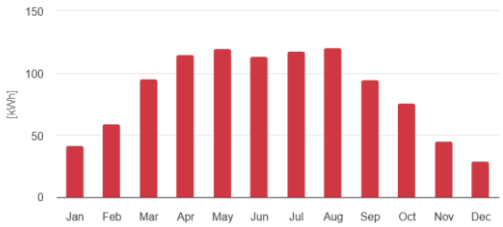


Рисунок 3. Середньомісячні показники сумарної фотоелектричної вихідної потужності малої побутової системи (кВт) [3]

Туристичний комплекс Драгобрат розміщений у реально перспективній території для використання геотермальних ресурсів з тепловими потоками 60 - 70 мВт/м^2 [4]. Проте через скелястий ґрунт та ускладнене транспортування спеціальної техніки підвищує капітальні вкладення та терміни виконання робіт.

Використання біопалива (дров, пелетів, брикетів) зменшує залежність від газу та електроенергії, особливо в умовах нестабільності. Карпатському регіоні, зокрема в районі Драгобрату, дрова залишаються основним джерелом тепла, особливо для приватних садиб і туристичних баз. Однак, на зміну традиційним дровам дедалі активніше приходять пелети та брикети. Вони вирізняються вищою теплотворною здатністю, яка досягає до 6000 ккал/кг порівняно з 4000–4700 ккал/кг у звичайних дров. Серед основних переваг використання брикетів можна назвати компактність у зберіганні, зменшення утворення сажі, екологічність та триваліший процес горіння. Розвинена первинна деревообробна промисловість у регіоні туристичного курорту Драгобрат дає змогу використовувати біопаливо для опалення готелів, садиб, баз відпочинку [4].

3.3. Соціально-економічні переваги для місцевої територіальної громади

Використання відновлювальних джерел енергії може значно стимулювати економічну активність території. Адже розробка, встановлення та обслуговування цих систем створює широкий спектр робочих місць. Крім того, інтеграція відновлювальних джерел енергетики можуть залучити інвестиції та підтримувати місцевий бізнес, який орієнтований на туризм.

За попередніми розрахунками економічний ефект від використання ВДЕ на курорті Драгобрат представлено на рис.4.

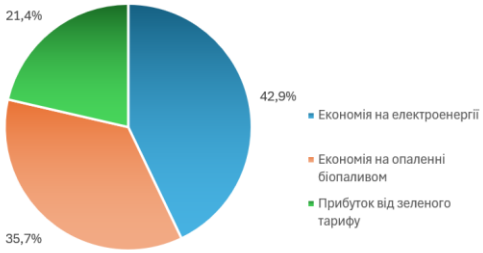


Рисунок 4. Діаграма економічного ефекту ВДЕ для курорту Драгобрат

4. ВИСНОВКИ

Використання ВДЕ на туристичних об'єктах має еколого-економічну доцільність, наприклад, на курорті Драгобрат за попередніми розрахунками можливо щорічно економити до 70 000 грн, з яких найбільшу частку становить економія на електроенергії. Крім фінансової вигоди, це сприяє скороченню викидів CO_2 на понад 38 тонн на рік, що еквівалентно посадці понад 1000 дерев.

Перехід на відновлювальні джерела енергії сприятиме формуванню більш стійкої та диверсифікованої економіки даної території, забезпечуючи довгострокові соціально економічні вигоди для місцевого населення та бізнесу.

Список літератури

[1] Observed historical climate & weather data for Khrebet Svydovets - meteoblue. *meteoblue*. URL: https://www.meteoblue.com/en/weather/historyclimate/climateobserved/khrebet-svydovets_ukraine_692069 (date of access: 24.09.2025).

[2] Global Wind Atlas. *Global Wind Atlas*. URL: https://globalwindatlas.info/en (date of access: 24.09.2025).

[3] Global Solar Atlas. *Global Solar Atlas*. URL: https://globalsolaratlas.info/detail?c=48.246168,24.2379,11&m=site&s=48.246268,24.238109&pv=small,180,37,1 (date of access: 24.09.2025).

[4] Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.

[i] *Робота виконана під керівництвом канд. техн. наук, доц. Наталії Чепурної*