

УДК 620.9

## USE OF TESLA TURBINES IN LIGHTING SYSTEMS OF MULTI-STORY RESIDENTIAL BUILDINGS

### ВИКОРИСТАННЯ ТУРБІН ТЕСЛА В СИСТЕМАХ ОСВІТЛЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Vashchyshak I. R. / Ващишак І.Р.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-9078-6726

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Vashchyshak S. P. / Ващишак С.П.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-1753-1540

Institution of higher education King Danylo University

Заклад вищої освіти Університет Короля Данила

**Анотація.** Проведено дослідження енергетичної ефективності турбіни Tesla різних конструкцій у системах піко гідро. Обґрунтовано реконструкцію системи водовідведення для встановлення системи піко гідро. Розроблено схему системи піко гідро для освітлення сходових маршів, коридорів та прибудинкової території багатоповерхових будинків. Розраховано енергетичну ефективність системи.

**Ключові слова:** турбіна Tesla, енергетична ефективність, пікогідроенергетична система, система освітлення

**Abstract.** The energy efficiency of the Tesla turbine of various designs in pico-hydro systems was studied. The reconstruction of the drainage system for the installation of a pico-hydro system is substantiated. The scheme of the pico-hydro system for lighting staircases, corridors and adjacent territory of multi-storey buildings is developed. The energy efficiency of the system is calculated.

**Key words:** Tesla turbine, energy efficiency, pico hydro energy system, lighting system

#### Вступ

Піко гідросистеми потужністю 5 кВт або менше можуть задовольнити енергетичну потребу системи освітлення будинку. Конструкція турбіни Tesla [1] добре підходить для цього, бо вона легко виготовляється та обслуговується на місці. Самі ж дискові ротори не чутливі до стирання і можуть працювати у засмічених джерелах води, що є значною перевагою для піко ГЕС.

#### Основний текст

Потужність, яку можна отримати з води, розраховують за формулою [1]:

$$P = \eta \cdot Q \cdot H \cdot \rho \cdot g, \quad (1)$$

де  $\eta$  – ефективність турбіни,  $Q$  – загальний об'ємний потік (витрата), м<sup>3</sup>/с;  $H$  – напір води, м;  $\rho$  – густина води, кг/м<sup>3</sup>,  $g$  – прискорення вільного падіння м/с<sup>2</sup>.

Об'ємна швидкість потоку рідини  $Q$  визначається з виразу [2]:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_d \cdot A \cdot \sqrt{2gh^{1.5}} = \frac{Vol}{t}, \quad (2)$$

де  $Q$  – витрата води, м<sup>3</sup>/с;  $C_d$  – коефіцієнт розряду = 0,60;  $A$  – площа поперечного перерізу джерела води, м<sup>2</sup>;  $g$  – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $h$  – напір переливу води, м;  $Vol$  – об'єм ємності, м<sup>3</sup>;  $t$  – час заповнення ємності, с.

Результати оцінки продуктивності турбіни Tesla, отримані при різних кутах входу води, зокрема  $0^\circ$ ,  $30^\circ$  і  $45^\circ$  показують, що кут входу води в турбіну більш ефективний при  $0^\circ$  [2]. Дослідження впливу геометрії наконечника диска на аеродинамічні характеристики та характеристики потоку турбін Tesla [3] показали, що кращою є турбіна Tesla з серією дисків і дискових каналів. Для роботи в неочищених стоках каналізаційних мереж найкращими є набори дисків з гострими наконечниками, які можуть розмелювати залишки сміття.

Для дослідження доцільності застосування мікрогідротурбін, інтегрованих в систему каналізації, вибрано стандартний 9-ти поверховий будинок з трьома під'їздами. У кожному під'їзді знаходиться 36 квартир, загальна кількість їх у будинку – 108. Кожен під'їзд обладнаний шістьма водяними стояками, діаметром 25 мм, та шістьма зливними стояками, діаметром 110 мм.

Для освітлення сходових маршів кожного поверху в будинку використовуємо LED-лампи, потужністю  $P_{cx}=12$  Вт. Для освітлення коридорів, яких є по два на поверх, застосуємо LED-лампи, потужністю  $P_{кор}=10$  Вт. Для освітлення входів до під'їздів у будинку використовуємо 3 лампи, потужністю  $P_{ex\ n}=12$  Вт. Повна потужність внутрішнього освітлення будинку становить:

$$P_{вн} = P_{cx} \cdot n_{нов} \cdot n_{під} + P_{кор} \cdot 2 \cdot n_{нов} \cdot n_{під} + P_{ex\ n} = 12 \cdot 9 \cdot 3 + 10 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 3 + 3 \cdot 12 = 900 \text{ Вт,}$$

де  $n_{нов}$  – кількість поверхів у будинку, шт.;  $n_{під}$  – кількість під'їздів у будинку, шт.

Розрахована потужність цілком підходить для застосування піко ГЕС. Для визначення одночасно необхідної потужності освітленням можна прийняти, що працюють усі лампи освітлення сходових маршів і приблизно п'ята частина ламп освітлення коридорів, отже:

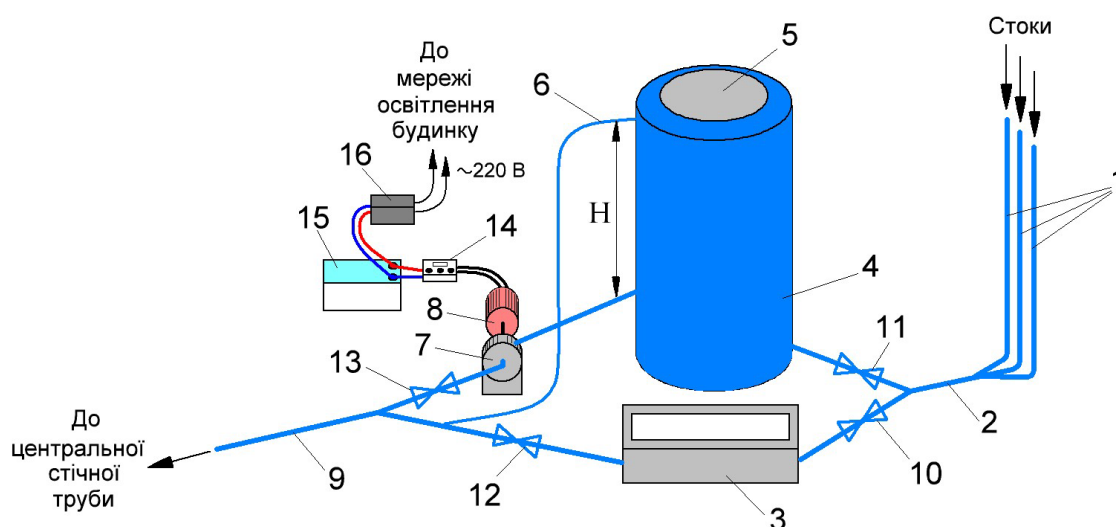
$$P_{од} = P_{cx} \cdot n_{нов} \cdot n_{під} + \frac{P_{кор} \cdot 2 \cdot n_{нов} \cdot n_{під}}{3} = 12 \cdot 9 \cdot 3 + \frac{10 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 3}{5} = 324 + 108 = 432 \approx 450 \text{ Вт.}$$

З добового графіку роботи мереж освітлення видно, що максимальна тривалість будинкового освітлення буде в січні і становитиме біля 12 годин. Тобто потрібно, щоб протягом 12 год. забезпечувалась неперервна потужність 450 Вт. Для цього підійде акумулятор типу EUROSTART Truck 190A. Цей акумулятор не зможе забезпечити розраховану потужність освітлення протягом вказаного періоду, тому йому необхідне регулярне підзарядження, що повинна забезпечити піко гідросистема з турбіною Tesla.

Піко ГЕС доцільно розмістити у підвальному приміщенні будинку, де знаходиться центральна стічна труба, яка виходить в каналізаційну систему міста. До центральної стічної труби приєднуються збірні колектори з усіх стояків будинку [5]. У цих колекторах є ревізійні шахти для прочищення труб та видалення сміття. Однак, для створення необхідного напору та зменшення впливу забруднення зливний колектор необхідно реконструювати шляхом перетворення його в напірний (рисунок 1).

Реконструйована система складається з каналізаційних стояків кожного під'їзду 1, які заведені в колектор 2. В колекторі 2 є розгалуження, яке йде у ревізійну шахту 3 та у герметичну ємність 4. В ємності 4 є люк для видалення

сміття 5 та труба переливу 6. Герметична ємність 4 служить для створення напору  $H$ , який забезпечуватиме необхідну потужність турбіни Tesla. Залив стоків у ємність 4 здійснюється в нижню її частину. Забір робочої рідини для турбіни Tesla 7 здійснюється в точці, вищій від заливу. На валу турбіни Tesla розміщений генератор 8 з редуктором. У збірний колектор 9 направляються стоки або з ємності 4, або з ревізійної шахти 3. Перемикання між каналами подачі стоків здійснюється кранами 10 – 13. Коли працює турбіна Tesla, то крани 11 та 13 відкриті, а крани 12 та 10 – закриті. Коли ж вона знаходиться на обслуговуванні, чи ємність 4 очищається від твердих відходів, то крани 11 та 13 закриваються, а 10 і 12 відкриваються і стоки йдуть через ревізійну шахту 3. Змінна напруга з генератора 8 надходить на контролер 14, який заряджає акумулятор 15. Постійна напруга з акумулятора надходить на інвертор 16, а звідти, перетворена у змінну 220 В, 50 Гц – в мережу освітлення будинку.



**Рисунок 1 – Схема застосування піко гідросистеми у системі водовідведення будинку**

Згідно з [4] рівномірні стоки відбуваються приблизно з 10 до 23 год. Цього цілком достатньо для генерації електроенергії піко гідросистемою з підзарядкою акумулятора, бо система освітлення будинку працює біля 10 год.

Основні параметри турбіни Tesla для піко гідросистеми розраховано з врахуванням, що ККД турбіни становить 60%, електрогенератора – 90%, напір води у герметичній ємності  $H = 1,5$  м, напір води до переливу  $h = 1,5$  м, а діаметр трубопроводу 250 мм.

Тоді, згідно виразу (2), отримаємо:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot 0,6 \cdot \frac{0,25^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,5^{1,5}} = 0,118 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Звідси, згідно виразу (1):

$$P_e = 0,6 \cdot 0,118 \cdot 1,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 1041,82 \text{ Вт}.$$

Потужність електрогенератора визначиться з виразу:

$$P_e = P_e \cdot \eta_e = 1041,82 \cdot 0,9 = 937,638 \approx 940 \text{ Вт}.$$

Протягом 12 годин піко гідросистема згенерує:

$$P_{\text{об}} = P_e \cdot 12 = 940 \cdot 12 = 11280 \text{ Вт}\cdot\text{год. електроенергії.}$$

Для освітлення будинку за добу використовується:

$$P_{\text{ос}} = P_{\text{оо}} \cdot 12 = 450 \cdot 12 = 5400 \text{ Вт}\cdot\text{год. електроенергії.}$$

Отже, запропонована піко гідросистема згенерує необхідну для освітлення кількість електроенергії з майже подвійним запасом. Це дозволить не лише підзаряджати акумулятор, а й додатково освітити територію перед будинком.

### **Висновки.**

На основі реалізованих проєктів застосування систем піко гідро та турбін Tesla обґрунтовано вибір такої системи з використанням турбіни Tesla для застосування в системах освітлення багатоповерхових будинків та підтверджено її енергетичну ефективність.

### **Література:**

1. Ho-Yan, Bryan P. Tesla turbine for pico hydro applications. *Guelph Engineering Journal*. 2011. No. 4. p. 1-8.
2. Andres, Jibsam F., Loretero, Michael E. Performance of tesla turbine using open flow water source. *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2019. Vol. 12. No 12. p. 2191-2199.
3. Qi, Wenjiao, et al. Influence of disc tip geometry on the aerodynamic performance and flow characteristics of multichannel Tesla turbines. *Energies*. 2019. No 12.3. p. 572.
4. Punys, Petras; Jurevičius, Linas. Assessment of Hydropower Potential in Wastewater Systems and Application in a Lowland Country, Lithuania. *Energies*. 2022. No 15.14. p. 5173.
5. Монтаж каналізації в будинку. URL: <https://napravisam.net/?p=27143>.