

УДК 621.311.4.031

### ВИБІР ПОТУЖНОСТЕЙ ВІТРОГЕНЕРАТОРНИХ МІНІЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ВИРОБОК ШАХТ

**О. М. Сінчук, С. М. Бойко**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: seem@kdu.edu.ua

Досліджено можливі потужності вітрогенераторів з різними типами вітрових коліс у підземних виробках шахт. Проаналізовано дані щодо роботи ортогональної вітроустановки за шахтних умов. Обґрунтовано застосування для шахт вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання. Доведено, що найбільш ефективними з розглянутих типів вітрогенераторів для умов шахт є використання вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання. Розраховано очікувану потужність вітрових мініелектростанцій для підземних гірничих виробок 0,5–4 кВт, що дозволить забезпечити живлення освітлення всієї шахти.

**Ключові слова:** електропостачання, електричні установки, вітрогенератор, альтернативні джерела енергії.

### ВЫБОР МОЩНОСТЕЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОРНЫХ МИКРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ВЫРАБОТОК ШАХТ

**О. Н. Синчук, С. Н. Бойко**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: seem@kdu.edu.ua

Исследованы возможные мощности ветрогенераторов с различными типами ветровых колес в подземных выработках шахт. Проанализированы данные о работе ортогональной ветроустановки в шахтных условиях. Обосновано применение для шахт ветрогенераторов с вертикальной осью вращения. Доказано, что наиболее эффективными из рассмотренных типов ветрогенераторов для условий шахт является использование ветрогенераторов с вертикальной осью вращения. Рассчитана ожидаемая мощность ветровых миниэлектростанций для подземных горных выработок 0,5–4 кВт, что разрешит обеспечить питание освещения всей шахты.

**Ключевые слова:** электроснабжение, электрические установки, ветрогенератор, альтернативные источники энергии.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Вітроенергетичні установки (ВЕУ) досягли рівня комерційної зрілості й у місцях зі сприятливими швидкостями вітру і тому можуть конкурувати з традиційними джерелами виробництва електроенергії [1].

Між тим, незважаючи на значний потенціал вітроенергетичних комплексів (ВЕК), достатньо розвинуто науково-технічну та промислову базу, велику кількість прийнятих нормативно-законодавчих актів, частка ВЕК в енергетичному балансі країни поки що залишається незначною.

Одним з можливих місць локального використання вітрогенераторних мініелектростанцій є підземні виробки шахт, де, згідно з технологією ведення робіт, постійна присутність повітряного потоку швидкістю 5–15 м/с [2, 3].

Метою роботи є аналіз можливостей та оцінка необхідних потужностей вітрогенераторних мініелектростанцій з різними типами вітрових коліс для підземних виробок рудних шахт.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Особливістю використання енергії вентиляційного повітря в підземних виробках шахт є обмеження розмірів вітроколеса, напрям та сила вентиляційного повітря. Виходячи з цих особливостей, при виборі вітроколеса для вітрогенератора треба враховувати низку суттєвих відмінностей від класичних [1, 3].

Так, потужність, яку буде виробляти вітрова установка, залежить не лише від швидкості потоку, але й від геометричних розмірів вітрового колеса, коефіцієнту використання енергії вітру, густини

середовища (у даному випадку шахтного повітря). Можлива величина потужності, вироблена вітроустановкою, визначиться за формулою, Вт:

$$N_{\text{vey}} = 0,5 \rho V^3 S E, \quad (1)$$

де  $E$  – коефіцієнт використання енергії вітру (КВЕВ), %;  $\rho$  – густина повітря,  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;  $V$  – швидкість вітру,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $S$  – площа, описана лопатями вітрового колеса,  $\text{м}^2$ .

Площа, описана лопатями вітрового колеса, визначається за формулою,  $\text{м}^2$ :

$$S = 2\pi Rb, \quad (2)$$

де  $R$  – радіус вітрового колеса,  $\text{м}$ ;  $b$  – висота вітрового колеса,  $\text{м}$ .

Коефіцієнт використання енергії вітру (КВЕВ) ідеального вітряка обчислюється за формулою Жуковського [2, 5] і становить 0,593. Для ортогональних вітряків КВЕВ цей коефіцієнт становить від 0,15 до 0,2. У даному випадку можна прийняти  $E = 0,2$ .

Як відомо [2, 4], густина повітря в шахтах відрізняється від густини атмосферного повітря. Такі чинники, як температура, тиск, вологість та в'язкість, визначають величину густини шахтного повітря на певній глибині шахти. У даному розрахунку за найменшу глибину шахти прийнята реальна – 500 м, а за найбільшу – 1500 м [3]. Це допомагає провести розрахунок потужності вітрових установок для різних глибин шахт.

Як показано вище, швидкість також є змінним параметром, що обумовлено правилами безпеки вентиляції шахт і має свій діапазон величин [2, 3].

Це також допомагає обчислювати потужність встановленої вітрової енергетичної установки для різної швидкості вентиляційних потоків.

Вітрова установка з горизонтальною віссю обертання:

- довжина лопаті – 0,8 м;
- швидкість повітря – 5...15 м/с;
- коефіцієнт використання енергії вітру – 20 %;
- площа, описана лопатами, – 2,0096;
- ККД генератора – 85 %;
- ККД редуктора – 90 %;
- густина середовища – 1,22 кг/м<sup>3</sup>.

Потужність вітрової установки в заданому діапазоні швидкостей вітру розраховується за формулою, Вт:

$$P_{vey} = 0,5\rho SV^3 E\eta_g \eta_r. \quad (3)$$

Результати розрахунку відображено на рис. 1 (Pha).

Вітровий генератор з вертикальною віссю обертання першого типу (бочка):

- ширина лопаті – 0,8 м;
- висота лопаті – 1,5 м;
- описана площа – 9,891 м<sup>2</sup>;
- швидкість повітря – 5...15 м/с;
- коефіцієнт використання енергії вітру – 20 %;
- ККД генератора – 85 %;
- густина середовища – 1,22 кг/м<sup>3</sup>.

Потужність вітрової установки в заданому діапазоні швидкостей вітру визначиться за формулою, Вт:

$$P_{vey} = 0,5\rho SV^3 E\eta_g. \quad (4)$$

Результати розрахунку відображено на рис. 1 (Pva).

Вітровий генератор з вертикальною віссю обертання другого типу:

- ширина лопаті – 0,8 м;
- висота лопаті – 1,5 м;
- описана площа – 7,54 м<sup>2</sup>;
- швидкість повітря – 5...15 м/с;
- коефіцієнт використання енергії вітру – 20 %;
- ККД генератора – 85 %;
- густина середовища – 1,22 кг/м<sup>3</sup>.

Потужність вітрової установки в заданому діапазоні швидкостей вітру визначиться за формулою (4).

Результати розрахунку відображено на рис. 1 (Nvret).

Аналіз отриманих графіків (рис. 1) залежностей потужностей розглянутих вітрогенераторів від швидкості вітру показує, що потужність горизонтально-осьового генератора зі зміною швидкості вітру змінюється неінтенсивно. Найінтенсивнішу зміну величини потужності зі зміною швидкості вітру можна простежити при використанні вітрового генератора з вертикальною віссю обертання першого типу. Це пов'язано з тим, що описана площа вертикального генератора у декілька разів перевищує площу горизонтально-осьового.

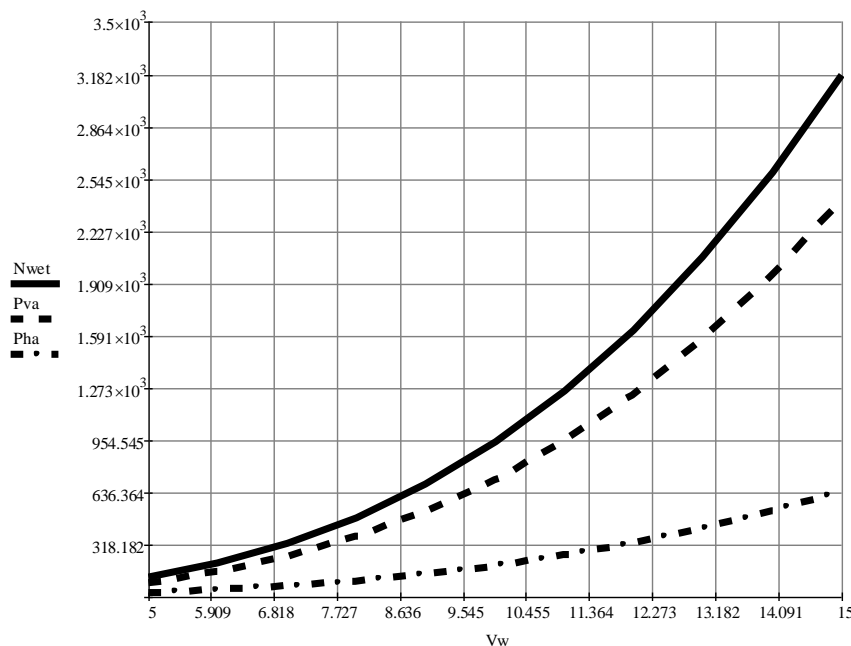


Рисунок 1 – Графік залежності потужностей вітрогенераторів від швидкості вітру: Pha – з горизонтальною віссю обертання, Pva – з вертикальною віссю обертання типу «бочка»; Nvret – з вертикальною віссю обертання

Проте постає питання про вибір між горизонтально- та вертикально-осьовими ВЕУ. У даній роботі пропонується використання роторної (вертикальної) вітрової установки з огляду на те, що в даній сфері застосування вона має більші переваги, ніж пропелерна ВЕУ.

По-перше, для ефективної роботи горизонтальної вітроустановки необхідна орієнтація її лопатей на вітер, а отже, і побудова керуючого пристрою, який буде розгортати цю ВЕУ до вітру, що викликає складність конструкції лопаті (необхідне її скручування), складність обслуговування генератора, роз-

міщеного у гондолі. Крім того, часто у таких установках необхідною є наявність механізму повороту лопатей та системи керування ним. Така велика і складна механічна система знижує надійність, підвищує періодичність технічного обслуговування, знижує термін роботи вітроустановки.

Для вертикально-осьової вітрової установки орієнтація на вітер не потрібна, а отже вона позбавлена вищезазначених недоліків. Такі ВЕУ можна використовувати без механічного регулювання кутів нахилу лопатей. Вони не потребують штормового захисту, мають більш безпечну та надійну конструкцію, не потребують системи орієнтації на вітер, спрощується механічна трансмісія.

По-друге, усі вітрові установки мають такий суттєвий недолік: у процесі роботи, внаслідок тертя лопатей об повітря, виникають ультразвукові шуми. Проте, якщо порівняти приблизно однакові за своїми технічними та геометричними параметрами горизонтальну та вертикальну ВЕУ, то рівень шумів, які створює перша значно більший за рівень другої. Це пояснюється конструктивними особливостями цих установок.

По-третє, внаслідок роботи будь-якого типу ВЕУ, за рахунок діючих на них сил та моментів, виникають вібрації різної сили (залежить від габаритів ВЕУ). Проте коливання, створювані роторною ВЕУ, хоча і відчутні, проте менші за ті, які створює горизонтальна вітрова установка. Це є наслідком того, що зі зростанням швидкості обертання в процесі роботи горизонтальної установки створюється ефект вовчка [1, 5].

Отже, зваживши всі переваги та недоліки існуючих вітрових установок, можна стверджувати, що для роботи в умовах шахт вітрова установка з вер-

тикальною віссю обертання є найбільш оптимальним варіантом.

Для освітлення підземних виробок шахт необхідна електрична енергія коливается в діапазоні 1,6–4 кВт, залежно від протяжності виробок шахти та освітлювальних пристроїв.

**ВИСНОВКИ.** Найбільш ефективними з усіх розглянутих типів вітрогенераторів для умов шахт є використання вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання. Очікувана потужність вітрових мініелектростанцій для підземних гірничих виробок – 0,5–3 кВт, залежно від типу вітроустановки та швидкості вітру, що дозволить забезпечити живлення освітлення всієї шахти.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. До питання вибору вітрових двигунів і електричних генераторів вітрових електричних станцій / Б.І. Мокін, О.Б. Мокін, О.А. Жуков // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 6. – С. 27–31.
2. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв / А.А. Азарян, Ю.Г. Вілкул та ін. – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.
3. Правила безпеки в угольних шахтах. – Київ, 2005. – 398 с.
4. Сборник инструкций к Правилам безопасности в угольных шахтах. – Том 1. – К., 2003. – С. 4–6.
5. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К., 1994. – 311 с.

#### SELECT POWER AIRGENERATOR MINI ELECTRIC STATIONS BECAUSE OF THEIR CHARACTERISTICS FOR EXCAVATION MINING

**O. Sinchyk, S. Boyko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: seem@kdu.edu.ua

Possible power turbines with different wind wheels in underground excavation mining. The data regarding the orthogonal wind turbine for mine conditions. The applications for mines? Wind generators with vertical rotation axis. It is shown that the most effective in terms of mine is wind turbines with vertical axis rotation. Calculated the expected wind power mini power stations for underground mining.

**Key words:** power supply, electrical installations, wind turbine, alternative energy sources.

#### REFERENCES

1. On the question of choice of engines and wind power generators wind power / B.I. Mokin, O.B. Mokin, O.A. Zhukov // *Bulletin of the Vinnitsa Polytechnic Institute*. – 2007. – № 6. – PP. 27–31. [in Ukrainian]
2. *Complex and resource-saving production of geotechnology and mineral processing, hardware monitoring of system management and optimization of mining industry* / A. Azaryan, Y. Vilkul and oth. – Kriviy Rih: Mineral, 2006. – 219 p. [in Ukrainian]
3. *Terms of safety in coal mine*. – K., 2005. – 398 p. [in Russian]
4. *Collection of instructions for Rules of Safety in Coal Mines*. – Vol. 1. – K., 2003. – PP. 4–6. [in Russian]
5. *Manual the design of ventilation of coal mines*. – K., 1994. – 311 p. [in Russian]

Стаття надійшла 13.02.2012.  
Рекомендована до друку  
к.т.н., доц. Сергіємком С.А.