

## ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ВІТРОВИХ ТУРБІН ТА ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ

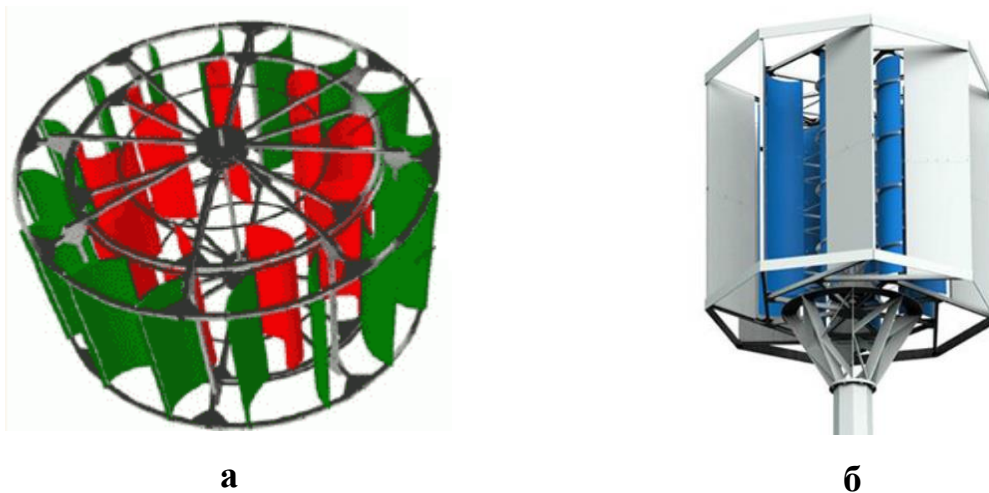
**Дурас Марія Володимирівна,  
Новосилецький Юрій Леонідович,  
Логвінов Геннадій Степанович,  
Лавріщев Олександр Олександрович,**  
викладачі спеціальних дисциплін кафедри  
електроенергетики, електротехніки та електромеханіки  
Житомирського агротехнічного коледжу,  
м. Житомир, Україна

**Вступ.** Застосування вітрових електростанцій, як доповнення для забезпечення електропостачання, вітряні турбіни з горизонтальною віссю (HAWT) малої потужності та вітрові турбіни з вертикальною віссю (VAWT) викликали широкий інтерес, а особливо їх можливість працювати протягом 15-20 років без втрати ефективності.

**Мета роботи.** Дослідження вертикально-осьових вітрогенераторів з подальшим визначенням принципу роботи установок, виявлення особливостей установок, особливостей їх застосування для вироблення необхідної кількості електроенергії.

**Матеріали та методи.** Електропостачання віддалених житлових районів, ферм, малих промислових виробничих підприємств, систем радіозв'язку та інших об'єктів у стабільних вітрових районах, де середньорічна швидкість вітру перевищує (4,0-5,0) метрів. Згідно з даними Всесвітньої вітроенергетичної асоціації (WWEA) за 2017 рік, у 2011 році серед 327 компаній, що виробляють вітрові турбіни малої потужності, 74% виробляли HAWT, 18% виробляли VAWT і 6% виробляли VAWT. Виробляються дві конструкції вітрових турбін [1]. Середня потужність VAWT становить 7,4 кВт, при цьому найбільш часто використовувана турбіна виробляє 2,5 кВт. Серед 157 моделей вітрових турбін з вертикальною віссю 88% моделей мають потужність менше 10 кВт, а 75% моделей мають потужність менше 5 кВт або більше, що досить надійно відображає ринковий попит на вітрові турбіни з вертикальною віссю. Середня

потужність ВАВТ у 2011 році становила 1,6 кВт [1]. Останніми роками зростає інтерес до VAWT, типу спрямованої лопаті (GV), як за кордоном, так і в Україні, через дещо складну конструкцію та збільшення вартості через використання GV. Іноземні компанії бельгійська GUAL Industrie [2] (рис. 1а) та німецька Bioplan [3] (рис. 1б) нещодавно почали виробництво та продаж таких вітрових турбін і займають провідні позиції.



**Рисунок 1. Вертикальні вітряні турбіни з направляючою лопаткою а) від GUAL Industrie, Бельгія, б) від TE 20 від Bioplan, Німеччина.**

Вітрогенератор (вітрогенератор, вітряний млин) — пристрій, що перетворює механічну енергію вітру в електричну. Вітряна електростанція – це система з кількох вітрових турбін, які об’єднані в мережу за допомогою спеціального обладнання. У спрощеному вигляді принцип роботи вітрогенератора може бути наступним. Сила вітру приводить в рух лопаті, які за допомогою спеціального приводу обертають ротор. Завдяки наявності обмоток статора механічна енергія перетворюється в електричний струм. Аеродинамічні властивості гвинта дозволяють турбіні генератора обертатися швидко. Крім того, сила обертання перетворюється на електрику та накопичується в акумуляторі. Чим сильніший потік повітря, тим швидше обертаються лопаті та виробляється більше енергії. Щоб запобігти поломці установки під сильним тиском повітря, вона оснащена спеціальною гальмівною системою. Гальма автоматично сповільнюють обертання ротора, коли швидкість вітру перевищує

50 км/год. Якщо швидкість повітря досягає 80 км/год, гальмівна система повністю зупиняє лопаті. Усі частини турбіни сконструйовані таким чином, щоб максимально використовувати енергію повітря [4].

**Результати та обговорення.** Багатьом цікаво, як влаштований вітрогенератор саме з точки зору його конструкції, тому ми звернімо окрему увагу на це питання. Такі установки включають такі функціональні вузли: установка, що перетворює вітрову силу в енергію; акумуляторна батарея; інвертор; контролер заряду. Обладнання, що перетворює вітрову енергію в електричну, включає в себе: турбіну, тобто ротор, який здійснює перетворення енергії вітрового потоку генератор, що здійснює перетворення механічної енергії в електричну; систему управління турбіною; мультиплікатор (в залежності від моделі); випрямляч, який необхідний при використанні генераторів змінного струму для правильної зарядки акумулятора. З точки зору потужності все вітрове генераторне обладнання класифікується як побутове, яке характеризується потужністю 1-10 кВт і промислове – від 500 кВт [5].

Пристрій вітрогенератора може відрізнитися наявністю або відсутністю мультиплікатора на роторі. Якщо він передбачений, енергія від турбіни передається йому. Призначенням мультиплікатора є прискорення обертання осі. Установки без цього обладнання є більш ефективними, оскільки в них не відбуваються генерації додаткової енергії (для прискорення обертання осі), а значить, і її витрати. Такому обладнанню цілком достатньо вітрової енергії для повноцінного функціонування. [5]

VAWT містить статор з направляючими лопатевими пластинами та вітроколесо (WW), яке складається з лопатей приєднаний до валу, що обертається в двох торцевих щитах статора. Основними перевагами VAWT є відсутність системи вітрової орієнтації та течії збірний пристрій для передачі енергії від генератора до навантаження, двоточкове кріплення вал для усунення деформації вала WW (ротора) навіть при високих швидкостях вітру, підвищена енергія вітру коефіцієнт перетворення за рахунок концентрації повітряного потоку по ГВ і низький рівень шуму (менше 25 дБА). Крім того, турбіни є

орнітологічно безпечними, що є дуже важливим екологічним фактором для даного ВТ.

VAWT дозволяє аеродинамічно керувати швидкістю обертання шляхом зміни швидкості повітряного потоку до лопатей шляхом регулювання зміни кутового положення напрямних лопаток [6].

Представлені на рис. 1 і 2 вітрові турбіни відрізняються конструкцією, зокрема кількістю лопатей, розміром і кількістю пластин. У [2] була проаналізована спрощена модель подібної ВЕ з плоскими лопатями ВВ і плоскими пластинами ГВ, і було показано, що максимальний коефіцієнт перетворення енергії вітру цієї спрощеної конструкції становить  $\xi=0,19$ . Результати експериментального та теоретичного дослідження моделі VAWT з криволінійними лопатками та напрямними лопатками наведені в [7].

Принцип роботи вертикальних вітрогенераторів полягає в тому, що вони перетворюють кінетичну енергію вітру в механічну. Конструкція складається з вітрової турбіни яка з'єднана з ротором, що працює в вертикальному положенні. В нижній частині конструкції розташований ротор і генератор. До центральної вісі, як з'єднана з ротором генератора приєднані лопаті вітряка.

Генератор починає рухатися при обертанні лопатей гвинта і завдяки цьому з'являється можливість вироблення електроенергії [5].

Види вертикальних вітрогенераторів [5]:

1. Генератор з ротором Савоуніса. Складається з двох циліндрів (рис. 2).

Перевагою є відсутність впливу вітру на швидкість обертання.

Недоліком є те що він використовує силу вітру на 1/3 від всієї потужності.

2. Генератор з ротором Дар'є. Складається з двох або трьох лопатей (рис. 3). Перевагою є простота конструкції, легкий монтаж. Недоліком є високий шум, мала потужність роботи.

3. Ортогональний ротор. Складається з вертикальної вісі та лопатей. Перевагою низький шум та тривалий термін служби. Основним недоліком є розмір.



**Рис. 2. Ротор Савоуніса [5]**



**Рис. 3. Ротор Дар'є [5]**

**Висновки.** Енергія вітру поновлювана й невичерпна. Вітроенергетична установка технічна конструкція, яка перетворює енергію рухомих повітряних мас в електричну. Найбільшого поширення в світі набула конструкція вітрогенератора із трьома лопатями і горизонтальною віссю обертання, але ця конструкція не є ефективною і має ряд недоліків. На зміну традиційних вітряків з трьома лопатями та з горизонтальною віссю обертання, приходять нові вітрогенератори з новим принципом роботи такі як Vortex Bladeless. Вони є більш екологічними і економічними.

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Pitteloud J-D, Gsänger S 2017 SMALL WIND. СВІТОВИЙ ДОПОВІДЬ. Дані. Джерело: WWEA's Member Survey p. 16.
2. Довідник: Gual Industrie StatoEolien Vertical-Axis Wind Turbine. Доступно за адресою: <https://peswiki.com/directory:gual-industrie-statoeolien-vertical-axis-wind-turbine>
3. Вітрогенератор Turbina TE20. Режим доступу: <https://syenergy.com.ua/vetrogenerator/317-windturbine-turbina-te20.html>
4. Вітрогенератори - все про енергія вітру. <https://www.led.paytex.com.ua/post/vetrogenerator-vse-pro-energiyu-vitru>
5. Принцип роботи вітрогенератора. Детальніше: <https://vencon.ua.ua/articles/printsip-raboty-vetrogeneratora>
6. Вітрогенератор Turbina TE20. Режим доступу: <https://syenergy.com.ua/>

vetrogenerator/317-windturbine-turbina-te20.html

7. Gribkov S V, Pavlikhin D S 2014 Machinery and equipment for village № 10 40–45

8. Вертикальный ветрогенератор – особенности конструкций разного типа и самостоятельное изготовление — Режим доступа: <https://elektrika.ru/elektrooborudovanie/generator/vertikalnyj-vetrogenerator-1796>