



УДК 621.548

**Гель П.В.***(Вінницький національний аграрний університет)***Дмитрієв Ю.О.****Коц І.В.***(Вінницький національний технічний університет)*

## **ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА ІЗ ПОВОРОТНИМИ ВІТРИЛАМИ**

*Запропонована конструкція вертикально-осьової вітроенергетичної установки із поворотними вітрилами, а також наведені розрахункові залежності для оцінювання і вибору основних конструктивних параметрів і силових характеристик установки при проектуванні.*

*The design of vertical-axis wind power station with rotating sails, and also shows the calculated for the evaluation and selection of basic design parameters and strength characteristics of the unit in the design.*

### **Вступ**

Вітроенергетика є одним із найбільш перспективних напрямків серед нетрадиційних методів одержання енергії. В останні роки вона бурхливо розвивається в Європі, США, Канаді, Японії, Австралії та інших країнах. В Україні, що відчуває значну потребу додаткових енергетичних ресурсів, також прийнята комплексна програма будівництва вітроелектростанцій (ВЕС) до 2010 року. У рамках цієї програми будується ряд станцій, серед яких Новоазовська, Донузлавська, Трускавецька та інші.

Для традиційних ВЕУ недостатній вітер зі швидкістю 5-6 м / с, а тому існує переконання, що якщо немає вітру зі швидкістю більше 10 м / с, то вітроенергетика не може претендувати на альтернативу традиційним постачальникам електроенергії. Однак інноваційні технічні рішення все ж таки дозволяють використовувати слабкий вітер і ефективно генерувати електроенергію без шкоди для навколишнього середовища [1-3].

### **Аналіз останніх досліджень**

Як показали проведені нами пошукові дослідження серед відомих технічних рішень найбільш ефективними і придатними для практичного застосування навіть при відносно малих швидкостях вітру в межах 4-6 м/с є переважно вертикально-осьові вітродвигуни, зокрема, парусного типу [1-4], які можуть працювати незалежно від напрямків вітру. У порівнянні із традиційними відомими вітроагрегатами лопастного типу із горизонтальною віссю обертання такі вітродвигуни мають можливість забезпечити кінцевий загальний ККД, який споживатиметься користувачем, в межах 60...65%.

### **Формулювання мети і задач**

З метою розробки досконалої вітроенергетичної установки було поставлено задачу створення конструктивного виконання її вітрильного двигуна, в якому за рахунок введення нових конструктивних елементів і зворотних зв'язків між виконавчими механізмами досягається підвищення його надійності і поліпшення аеродинамічних якостей.

### **Виклад основного матеріалу**

На рисунку представлена конструктивна схема вітрильного двигуна вітроенергетичної установки [ 5 ].





Причому, кількість вітрил 1 є непарною, а сумарна довжина спиць і вісей вітрил прийнята у співвідношенні до ширини окремого вітрила, як:  $K=L/B>2,5$ , де:  $L$  - сумарна довжина спиць і вісей вітрила, а  $B$  - ширина вітрила.

Вітрильний двигун працює так. Сила тиску вітру, що діє на вітрила 1, поверхня яких встановлена перпендикулярно до напрямку вітру (Рисунок, б), переміщує спиці 2 із закріпленими на них підпружиненими коромислами 5 і колесами 7, обертаючи при цьому вертикальний вал потужності 3. Колеса 7 обкочуються по поверхні дорожки-сліду 9 і досягнувши похилої площини 10 піднімаються з нижньої поверхні дорожки-сліду 9 на верхню. При цьому коромисла 5 повертають спиці 2 на кут 90 градусів. При досягненні похилої площини 11 колеса 7 скочуються з верхньої поверхні дорожки-сліду 9 на нижню і повертають спиці 2 в початкове положення. Спиці 2, що з'єднані із вісями 14 вітрил 1 через пружинні фланці 15 з тарированими пружинами, переміщують вітрила 1 в двох взаємноперпендикулярних площинах, відповідно, перпендикулярно і паралельно до напрямку вітру.

Потужність вітрильного двигуна визначається за відомою формулою:

$$P=0,59F \cdot R,$$

де:  $F$  - сила вітру;  $R$  - радіус повороту.

Сила тиску створювана вітром дорівнює:

$$F=0,5K_n \cdot K_e \cdot \rho \cdot S \cdot V^3,$$

де:  $K_n$  - коефіцієнт вітрильності,  $K_n=K_{np} \cdot K_{nl}$ ;  $K_{np}$  - коефіцієнт прогину вітрила;  $K_{nl}$  - коефіцієнт усередненої площі робочих вітрил;  $K_e$  - коефіцієнт сили вітру по висоті;  $\rho$  - густина повітря;  $S$  - площа вітрила;  $V$  - швидкість вітру.

Коефіцієнт усередненої площі робочих вітрил  $K_{nl}$  залежить від конструктивних особливостей вітрильного двигуна. В основному він залежить від кількості вітрил 1 встановлених на вітрильному двигуні і їх розташування на спицях 2. У вітрильному двигуні кількість вітрил 1 встановлюється непарною, що забезпечує хорошу рівномірність обертання вала потужності 3 при практичному збереженні  $K_{nl}$  на рівні 1,2 при установці п'яти вітрил і збереженні  $K_{nl}$  на рівні 1,4 при установці семи вітрил.

Окрім того, у вітрильному двигуні сумарна довжина спиць 2 і вісей вітрил 14 встановлюється у співвідношенні до ширини окремого вітрила 1 як:

$$K=L/B>2,5,$$

де:  $L$  - сумарна довжина спиць і вісей вітрила;  $B$  - ширина вітрила.

При цьому співвідношенні  $K_{nl}$  збільшується в середньому до 1,35 при п'яти вітрилах і до 1,6 при семи вітрилах.

Проведені випробування дослідних зразків запропонованої вітроенергетичної установки, які підтвердили високу ефективність та працездатність устаткування.

### Висновки

Проведено аналіз відомих принципів та конструктивних схем вітроенергетичних установок різного конструктивного виконання. Встановлено, що досить ефективними є установки із вертикальною віссю обертання вітрильного типу. Запропоновано конструктивне рішення вітроенергетичної установки із поворотними вітрилами, яка має підвищену надійність і поліпшені аеродинамічні характеристики. Найбільш ефективно такі установки можуть бути застосовані в зонах із відносно малими швидкостями вітру.

### Література

1. Киртичникова И.М., Мартьянов А.С., Соломин Е.В. Преобразование энергии в ветроэнергетических установках // *Альтерн. энерг. и экол.* - 2010. - N 1(81). - С.93-97.
2. Михеев А.А. Ветроэнергетическая парусная установка - природный концентратор ветровой энергии // *Альтерн. энерг. и экол.* - 2010. - N 1(81). - С.16-19.
3. Лятхер В.М. Ветроагрегаты нового поколения // // *Энергия: экон., техн., экол.* - 2009. - N 8. - С.30-33; N 9. - С.7-14.
4. Патент України 20371 А, F03D 5/00. Вітрильний двигун Білоуса / Е.Ф. Білоус – 94128279. Заявл.:15.07.1997; Одерж.: 28.12.1994.
- Патент України 43268 А, F03D 3/06. Вітрильний двигун / Ю.О. Дмитрієв, Ю.В. Косенко, І.В. Коц, В.М. Шишко. – 200902370. Заявл.:17.03.2009; Одерж.: 10.08.2009.