

Віталій АДАМЧУК

магістрант

Науковий керівник:

канд. техн. наук, доцент

Петро КРАСНОЛУЦЬКИЙ

Подільський державний

аграрно-технічний університет

м. Кам'янець-Подільський

ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЬОВОГО ВІТРОДВИГУНА З ПОВОРОТНИМИ ЛОПАТЯМИ СКЛАДНОГО ПРОФІЛЮ

Вітродвигуни вертикально-роторного типу вважаються перспективним напрямом для конструювання вітроустановок малої потужності, оскільки порівняно з горизонтально-осьовими вітротурбінами вони мають просту будову, високий пусковий та робочий крутний момент, не потребують механізму орієнтації на вітер. Однак вони мають досить низький коефіцієнт використання енергії вітру (загальноприйнята аббревіатура КВЕВ), поступаючись за цим показником на 10...15 % крильчатим вітродвигунам [1]. Тому усунення або послаблення цього недоліку є метою чисельних теоретичних та емпіричних розробок, зокрема і наших досліджень.

Аеродинаміка вертикально-осьових вітродвигунів досліджувалась В. Кузьо, В. М. Корендій, Н. І. Прокопець, Н. І. Волковим. Важливі питання загального компонування вітроустановок малої потужності розкрито у працях Д. А. Морозова, А. П. Жогалева, багатьох інших вчених. Результати досліджень дозволили сформулювати прикладні методики розрахунку основних параметрів та режимів роботи вітроустановок, досить прості для використання конструкторами та практиками. Але моделювання аеродинамічного впливу на лопаті вертикально-осьового вітродвигуна досі не має загальної теоретичної платформи [2]. При обертанні ротора розташування лопаті щодо потоку повітря безперервно змінюється, що кардинально ускладнює дослідження аеродинаміки вертикально-осьового ротора порівняно з горизонтально-осьовим.

Під час розгляду відомих конструкцій вітроустановок карусельного типу нашу увагу привернула ідея інженера Ф. Бикова, у якій запропоновано шарнірне кріплення лопаті до лонжерону з обмеженням кута її повороту [3]. На думку автора ідеї, для такої конструкції зона холостого ходу лопаті (проти вітру) може становити лише 90°, а робочий хід 270° проти 120...180° для типових карусельних вітродвигунів. Але ні теоретичних, ні експериментальних досліджень такого вітродвигуна, судячи з доступних публікацій, не проводилося.

Проаналізуємо схему вітродвигуна рис. 1

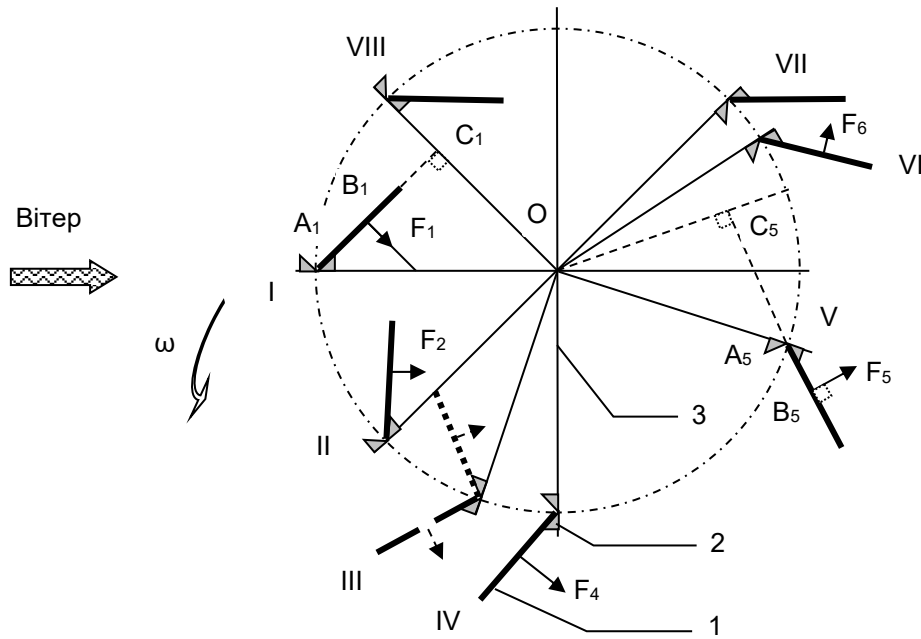


Рисунок 1 – Схема до кінематичного аналізу вітродвигуна
1 – лопать; 2 – обмежувач; 3 – лонжерон; I...VIII – характерні точки;
 $F_1...F_6$ – сила тиску вітру на лопать у характерних точках; OC_1, OC_5 –
плече дії сили F_i .

По-перше, холостий хід лопаті справді може становити теоретично близько 90° (зона повороту VII-VIII), про що свідчить напрямок вектора аеродинамічної сили.

По-друге, скориставшись певною аналогією, пропонуємо доповнити лопату підсилюючим елементом на кшталт закрилка крила літака з кутом відхилення від площини лопаті $\xi = 15...30^\circ$ і площею $15...20\%$. За даними продувок крил, при таких співвідношеннях і певних кутах атаки основний лопаті ефект від закрилка по підйомній силі може зрости на $20...30\%$. У більшості випадків цей кут для монопланної поверхні становить $10...15^\circ$ наявність закрилка може послаблювати зрив потоку повітря з краю лопаті [4].

Важливим моментом є те, що слід виділити особливу зону повороту ротора в діапазоні $45-90^\circ$. Припустимо, ротор має 24 лопаті, розташованих у характерних точках (через 15° повороту лонжерона навколо осі) і рух здійснюється в ідеальних умовах (без урахування стробоскопічного ефекту, аеродинамічної тіні від суміжних лопатей). В такому випадку можна вважати, що центр сили тиску вітру не переміщається по профілю лопатки, а зафіксований по її центру. Як впливає з рис. 1, при кутах повороту $60...75^\circ$ орієнтація лопаті невизначена, може займати будь-яке положення щодо обмежувача. Очевидно, що для посилення моменту, що крутить, необхідно забезпечити швидкий розворот лопатки з положення III-A в положення III-B, що можна зробити за допомогою додаткового флюгерного елемента. В результаті запропонованої конструкції лопаті можна зобразити схематично рис. 2.

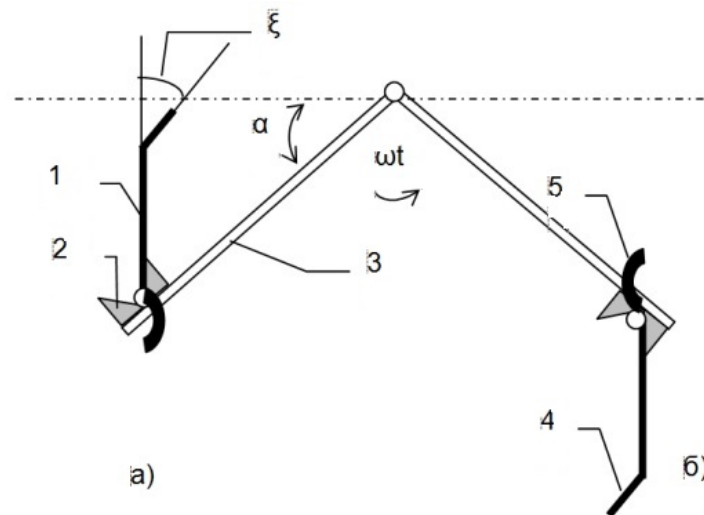


Рисунок 2 – Схема до опису будови лопаті:

1 – лопать; 2 – обмежувач; 3 – лонжерон; 4 – закрилок; 5 – флюгер;
положення лопаті при куті повороту лонжерону $\alpha = \omega t$: а) $\alpha = 45^\circ$; б) $\alpha = 135^\circ$

Проведені нами аналітичні дослідження схеми цієї установки та експериментальна перевірка на макетному зразку дозволили зробити такі висновки:

1) зона холостого ходу лопаті (проти вітру) на ділянці VII...VIII може становити лише 90° , відповідно робочий хід 270° проти 120° ... 180° для типових карусельних вітродвигунів. Однак для посилення цього ефекту на кутах повороту 180° ... 225° та 315° ... 360° лопаті повинні мати криволінійну поверхню;

2) для прискорення розвороту лопаті на ділянці II...IV лопаті доцільно додатковим флюгеруючим елементом.

Список використаних джерел

1. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк та ін. Дніпропетровськ: НГУ, 2015. 335 с.
2. Кузьо І. В., Корендій В. М., Прокопець Н.І. Оптимізація геометрії лопатей тихохідного вітроколеса з метою максимізації відбору потужності з потоків повітря // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 2011. Вип. 702. С. 59–68.
3. Быков Ф. Форсированный ветряк // Изобретатель и рационализатор. 1990. №8. С.11
4. Котельніков Г. Н., Мамлюк О. В. Аеродинаміка літальних апаратів: підручник. Київ: Вища школа, 2002. 719 с.