

Лабораторна робота № 5 «Дослідження параметрів малої ВЕУ нової концепції»

Мета роботи Ознайомлення з елементами вітрової установки нової концепції, розрахунок підйомної сили крила.

У НВК «ВІЕРТ» ННЦ ХФТІ була розроблена експериментальна вітроенергетична установка.

Дані по ВЕУ НПК ВДЕРТ ННЦ ХФТІ.

Вхідний діаметр гондоли, м	0,525
Площа вхідного вікна, м ²	0,216
Площа турбіни, м ²	0,025

Гондола призначена для фокусування повітря в конфузорній частині, проведення повітря через перетин турбіни в центральній частині та ефективного відводу повітря дифузором. Гондола виготовлена з армованого пінопласту. Її внутрішня поверхня має гіперболічний профіль. Даний профіль був обраний для максимально ефективного проходження потоку повітря.

Для перетворення механічної енергії в електричну використовувався багатофазний генератор постійного струму. Особливістю даного генератора є відсутність феромагнітних сердечників в обмотках. Завдяки цьому отриманий практично нульовий пусковий момент і відсутність втрат на перемагнічування сердечників. Максимальна потужність генератора 130 Вт. Система кріплення призначена для установки гондоли з можливістю її орієнтації за напрямком вітру. Гондола (1) встановлена на двох підшипниках ковзання, виготовлених з піролітичного графіту (2), і виконують функцію рухливих струмознімачів. Каркас системи (4) виготовлений з пластикових труб діаметром 50 мм. Жорсткість каркаса забезпечується розтяжками (3) з металевого троса.

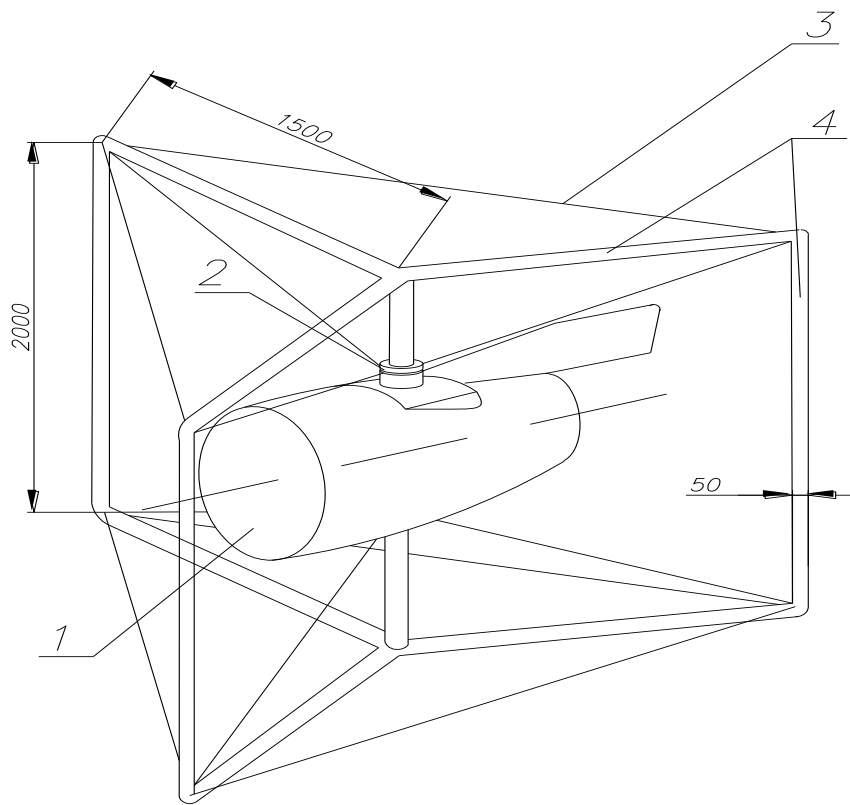


Рис.1. Схема кріплення БЕУ.

1. Опис методики вимірювань і розрахунків

1. Студентам пропонується провести модернізацію малої БЕУ. Одним із елементів удосконалення конструкції є крило, що дозволить використовувати БЕУ даного типу на найбільш оптимальних висотах поблизу поверхні Землі.

Підйомна сила крила розраховується відповідно до теореми Жуковського: величина підйомної сили пропорційна щільності середовища, швидкості потоку і циркуляції швидкості потоку. Підйомна сила завжди спрямована перпендикулярно потоку, що набігає.

Коефіцієнт підйомної сили - безрозмірна величина, що характеризує підйомну силу крила певного профілю при відомому куті атаки. Він визначається по теоремі Жуковського. Формула має вигляд:

$$F_{\gamma} = C_{\gamma} \rho v^2 S,$$

де

F_{γ} - підйомна сила крила;

C_γ - коефіцієнт підйомні сили;

ρ - щільність повітря на висоті польоту;

v - швидкість потоку, що набігає;

S - характерна площа.

Вагова щільність при стандартних атмосферних умовах дорівнює:

$$\rho = 1.225 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

2. Ознайомитися з конструктивними особливостями малої ВЕУ.



Експериментальна вітроустановка складається з:

- Гондоли (призначеної для фокусування і оптимального використання вітрового потоку);
- Низько спритної турбіни (призначеної для ефективного перетворення енергії вітру під обертальну енергію ротора);
- Метеостанції (призначеної для збору інформації про силу вітру);
- Персонального комп'ютера (призначеного для автоматичного запису отриманих даних);
- Пристроїв для кріплення гондоли;
- Пристроїв для повороту гондоли за напрямком вітру.

Підсилювач (конфузор) являє собою профільовану внутрішню частину

несучої гондоли і призначений для фокусування вітрового потоку.

Далі, сформований конфузорний потік потрапляє на турбіну, розташовану в центральній частині гондоли, віддає їй частину своєї кінетичної енергії і виводиться в навколишній простір через дифузор. Несуча гондола виготовлена з будівельної піни, що зумовлює її дешевизну і невелику вагу.

Внутрішня поверхня гондоли має гіперболічний профіль, який повинен забезпечувати максимально ефективне проходження потоку повітря через турбіну.

3. Оцінювання швидкості витрат повітря.

Із закону збереження маси і умови нерозривності можна припустити, що витрата повітря в одиницю часу є величина постійна:

$$G_0 = G_1,$$

$$(F_0 \cdot C_0) / V_0 = (F_1 \cdot C_1) / V_1, \quad (1)$$

де G_0, G_1 - витрата повітря;

F_0, F_1 - площа поперечного перерізу на вході в гондолу і на турбіні, відповідно;

C_0, C_1 - швидкість вітру на вході в гондолу і на турбіні, відповідно;

V_0, V_1 - об'єм повітря на вході в гондолу і на турбіні, відповідно.

Так як тиск, що створює повітря, не може суттєво змінити об'єм, то

$$P_0 \cdot V_0^{1.4} = P_1 \cdot V_1^{1.4}.$$

Отримуємо $V_0 \approx V_1$.

Це означає, що $F_0 \cdot C_0 = F_1 \cdot C_1$.

Маємо залежність: $C_1 = (C_0 \cdot F_0) / F_1$.

Звідси випливає, що при зменшенні діаметра, по якому проходить потік повітря, його швидкість зростає.

Турбіна розташована в центральній частині гондоли. Вона закріплена на двох кулькових підшипниках. Турбіна складається з осі, маточини і 20 лопатей, що мають скручений вид. Нижній зріз має нахил 25° до осі турбіни, верхній - 38° . Кількість лопатей і їх форма були обрані емпірично, за основу була взята турбіна відцентрового компресора, що була чисельно

промодельована А.М. Левченем.

Спереду маточина турбіни прикрита носовим обтічником. За турбіною перебуває генератор. Для перетворення механічної енергії в електричну був виготовлений багатофазний генератор постійного струму.

Особливостями даного генератора є практично нульовий пусковий момент, обумовлений відсутністю феромагнітних сердечників в обмотках, а також висока плавність ходу, що була отримана завдяки використаному співвідношенню числа котушок до числа магнітних полюсів 8/9.

Генератор закріплений в диффузорній частини гондоли в області, яка не обдувається потоком, що виходить.

Хвостова лопать закріплена у верхній частині гондоли. Призначена для орієнтування гондоли за напрямком вітру.

Гондола кріпиться до опорної системі за допомогою струмопровідних підшипників, виготовлених з піролітичного графіту.

4. Розрахувати підйомну силу крила.

Для цього спочатку порахуємо, як змінюється швидкість частинок.

$$\Delta v = v' - v = 2v \cdot \sin \alpha,$$

де:

Δv - зміна швидкості;

v, v' - початкова і кінцева швидкості;

α - кут атаки.

Розрахувати зміни імпульсу повітря.

$$m = V \cdot \rho, \text{ де } V = Q \cdot \Delta t.$$

де:

m - маса, V - об'єм, ρ - густина, Q - потік, Δt - час.

Потік $Q = S' \cdot v$, де $S' = S \cdot \sin \alpha$.

Маса повітря $m = \rho \cdot v \cdot S \cdot \sin \alpha \cdot \Delta t$.

Зміна імпульсу повітря: $\Delta p = m \cdot \Delta v$.

Отримаємо: $\Delta p = \rho \cdot v \cdot S \cdot \sin \alpha \cdot \Delta t \cdot 2v \cdot \sin \alpha$.

$F = 2\rho v^2 S \sin^2 \alpha$ – сила, протилежна щільності до площі крила і квадрату

синуса кута атаки.

Представимо цю силу у вигляді суми двох взаємозамінних перпендикулярних сил.

Отримаємо дві компоненти: F_x та F_y .

$F_x = F \cdot \sin \alpha$ - сила лобового опору;

$F_y = F \cdot \cos \alpha$ – підйомна сила.

$$F_x = 2\rho v^2 S \cdot \sin^3 \alpha;$$

$$F_y = 2\rho v^2 S \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha;$$

$$F_x = C_x \rho v^2 S;$$

$$F_y = C_y \rho v^2 S;$$

де $C_x = 2\sin^3 \alpha$, $C_y = 2\sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha$.

5. Використати отримані результати для аналізу комп'ютерної моделі.

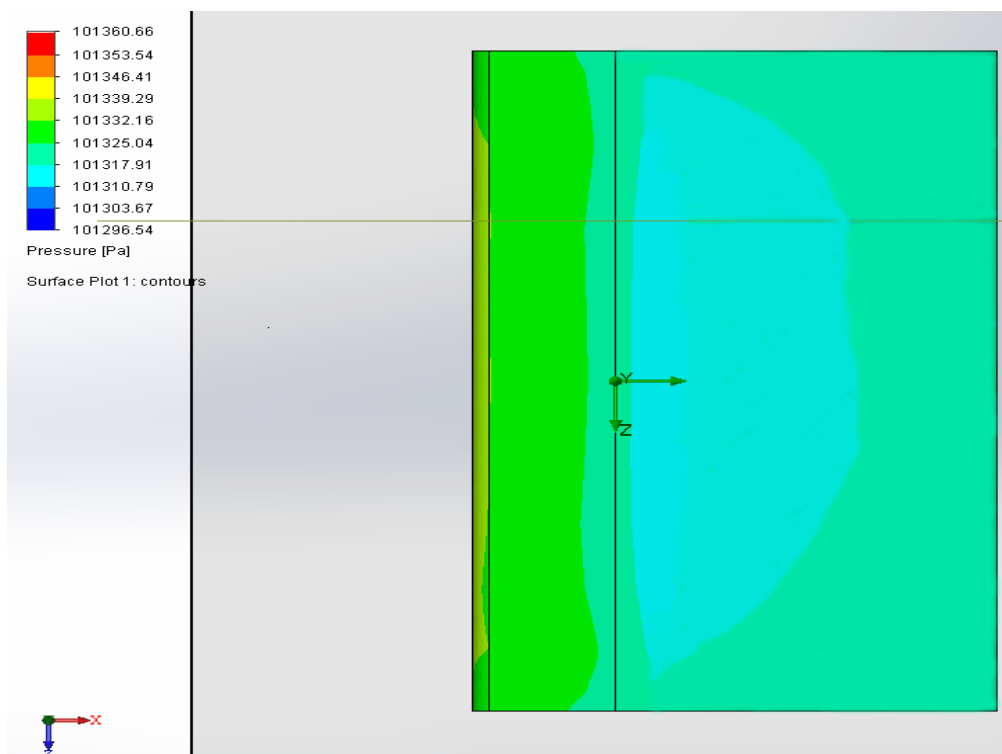


Рис. 2 Тиск на крило зверху

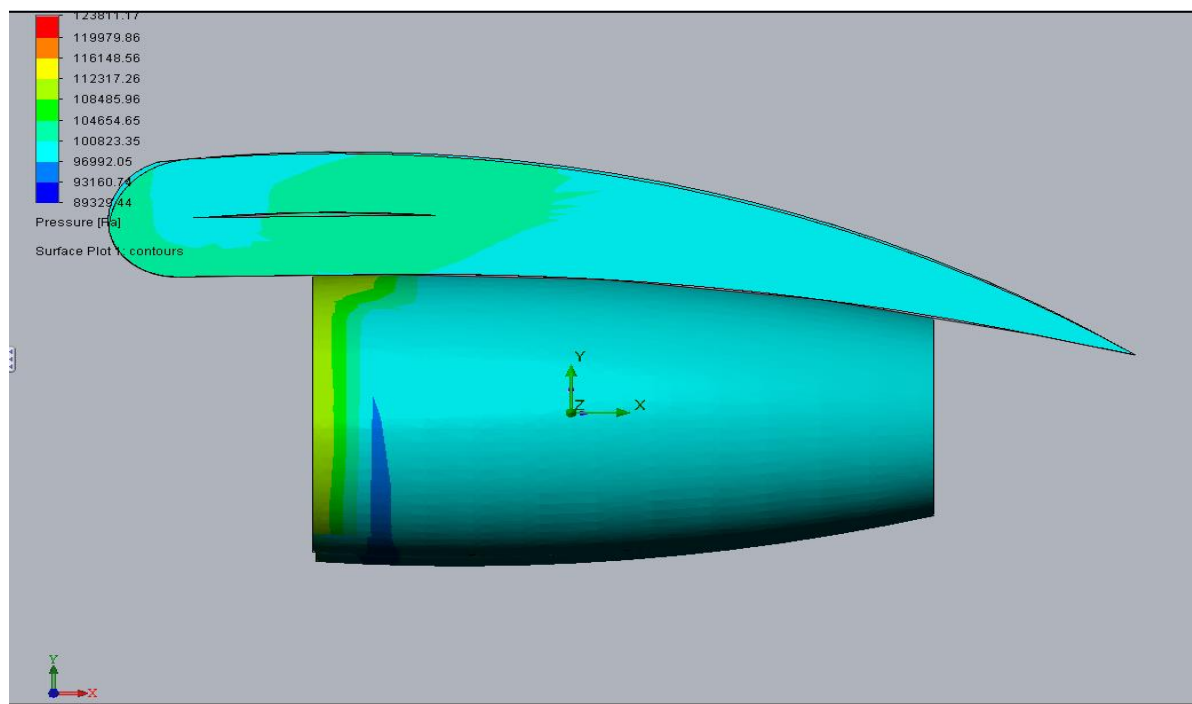


Рис.3 Вид установки збоку

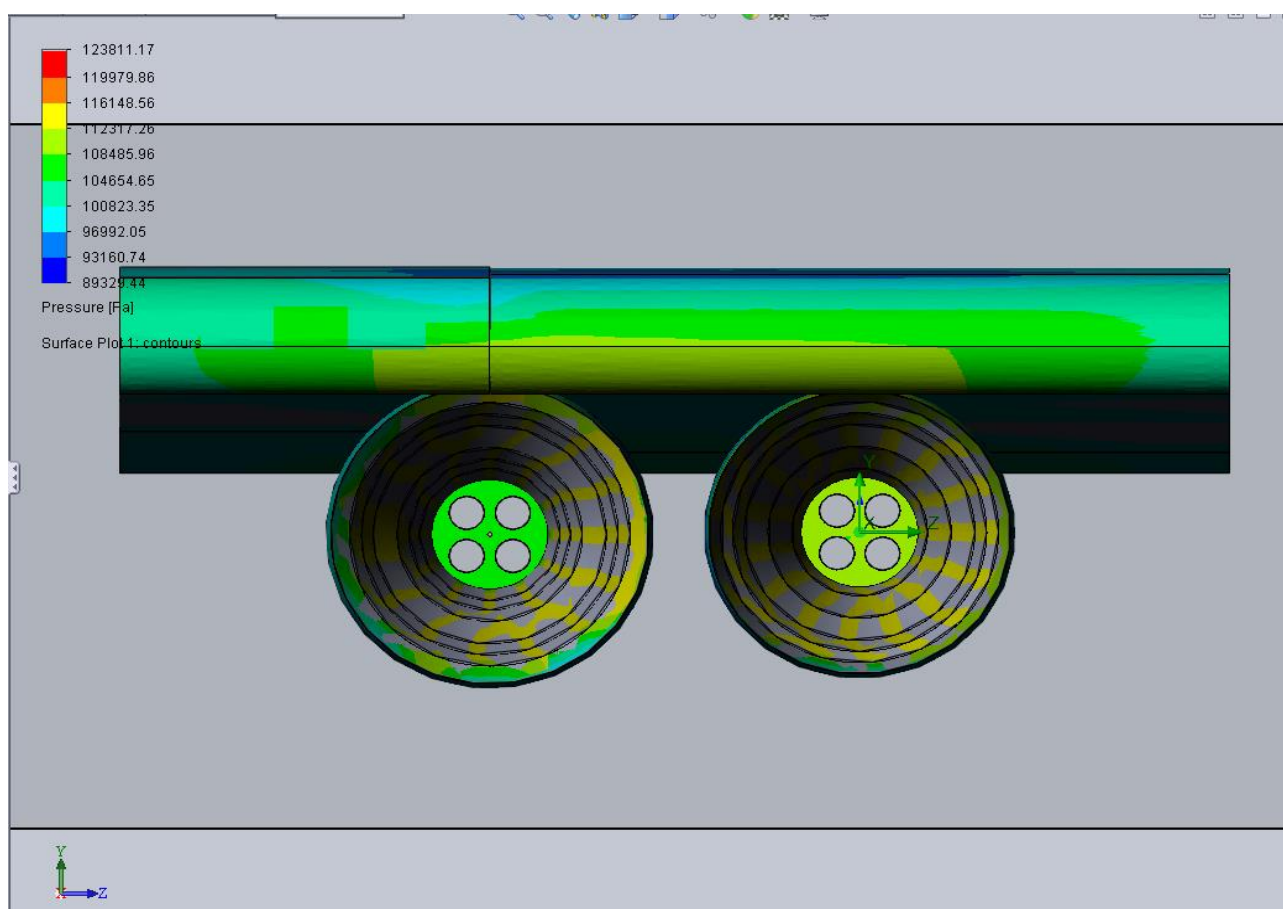


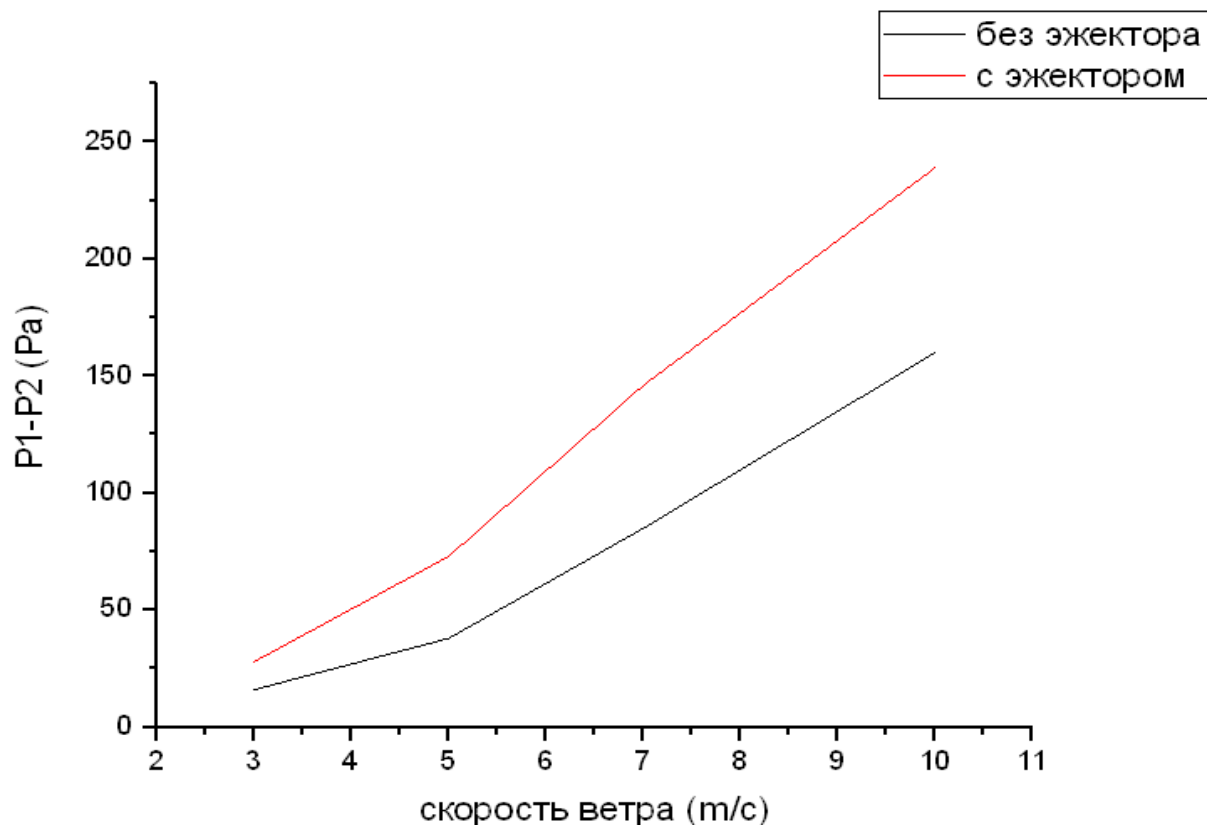
Рис.4 Вид установки спереду

6. Проаналізувати отримані результати.

Швидкість вітру зростає зі збільшенням висоти. Тому всі типові БЕУ намагаються підняти на максимально можливу висоту. В якості підйомної сили пропонується використовувати крило. При цьому вітроустановка повинна мати мінімальну вагу. Застосування легких композиційних матеріалів та створення генератора на постійних магнітах дозволило створити експериментальну вітроустановку з мінімальними ваго-габаритними параметрами.

Отримані комп'ютерні дані були використані для створення Віртуальної БЕУ (ВБЕУ), що відображає всі особливості експериментальної установки. У програмі SOLIDWORKS створена БЕУ дозволяє оптимізувати зовнішній профіль гондоли. Був побудований графік залежності потужності від перепаду тисків і швидкості вітру.

1



7. За результатами проведеного аналізу зробити висновки і скласти звіт.

Контрольні питання

1. Якого типу вітрова енергетична установка досліджується в роботі?
2. З яких основних елементів складається досліджувана вітрова енергетична установка?
3. У чому полягає новизна концептуального вирішення щодо модернізації даної вітрової енергетичної установки?
4. Проведіть розрахунок підйомної сили крила.
5. Які комп'ютерні дані були використані для створення Віртуальної ВЕУ?
6. На що вказує графік залежності потужності від перепаду тисків і швидкості вітру?
7. Назвіть основні переваги запропонованої вітрової енергетичної установки над традиційними.