

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В
ЕНЕРГЕТИЦІ ІМ. Г.Є. ПУХОВА**



**XXXIX
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА СПЕЦІАЛІСТІВ
ІНСТИТУТУ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В
ЕНЕРГЕТИЦІ ІМ. Г.Є. ПУХОВА НАН УКРАЇНИ**



Збірник тез конференції
12 травня 2021 р.

Київ – 2021

УДК 621.3 + 004 + 519.6 : 620.9

Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова НАН України
(протокол №7 від 27 травня 2021 р.)

Організаційний комітет:
В.В. Мохор, В.О. Артемчук, С.Ф. Гончар, А.В. Яцишин та ін.

Програмний комітет:
В.В. Мохор, В.О. Артемчук, С.Ф. Гончар, О.О. Попов та ін.

Відповідальні за випуск:
В.О. Артемчук, С.Ф. Гончар

Зб. тез XXXIX науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 12 травня 2021 р. / ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2021. – 147 с.

© Автори публікацій, 2021

© Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2021

ЗМІСТ

В.В. Шкарупило, І.В. Блінов ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПЕРЕВІРКИ НА МОДЕЛІ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ СУБ'ЄКТІВ РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	7
В.А. Євдокімов МУЛЬТИАГЕНТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ У НОВИХ УМОВАХ РОБОТИ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ	10
В.Є. Терехов, В.С. Подгуренко ОЦІНКА СПОСОБІВ ПЕРЕРАХУНКУ РОЗПОДІЛУ ШВИДКОСТЕЙ ВІТРУ ДО ВИСОТИ ОСІ ВІТРОКОЛЕСА ВЕУ	13
Ю.О. Кириленко, І.П. Каменева МОДЕЛЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПОДІЙ ІЗ РОЗЛИВОМ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ СЕРЕДОВИЩ В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	17
Я.П. Лукашевич ВИЗНАЧЕННЯ ПРОБЛЕМ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДПУСКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВИРОБНИКАМИ З АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	22
В.В. Горський ВИБІР МЕТОДУ РОЗПОДІЛУ СПІЛЬНИХ ПОВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ У КОМБІНОВАНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ЕНЕРГОНОСІВ НА ТЕЦ	26
S.S. Shevchenko CENTRIFUGAL MACHINES DYNAMIC SYSTEM "ROTOR – GROOVE SEALS" MATHEMATICAL MODEL DEVELOPMENT	29
Т.А. Узденов АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ В DESKTOP GRID	32
В.О. Березниченко ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЄМНІСНИХ СЕНСОРІВ	35
Д.О. Дімітрієва, І.П. Каменева АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ЗНАЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ ФАХІВЦІВ В СФЕРІ ЯДЕРНОЇ ТА РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ	39
А.В. Давидюк СПОСІБ АНАЛІЗУВАННЯ РИЗИКІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЇХ ЗВ'ЯЗКІВ	43
Є.В. Болтов R-CNN ДЕТЕКТОР ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИБІРКОВОГО ПОШУКУ	44
Г.В. Анфімова КАЛІБРУВАННЯ АПАРАТУРИ РЕЄСТРАЦІЇ МІКРОСЕЙСМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕМОНСТРАТОРА НИЗЬКОЧАСТОТНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВІБРОКАЛІБРУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	46

ОЦІНКА СПОСОБІВ ПЕРЕРАХУНКУ РОЗПОДІЛУ ШВИДКОСТЕЙ ВІТРУ ДО ВИСОТИ ОСІ ВІТРОКОЛЕСА ВЕУ

Вибір вітроелектричних установок (ВЕУ) під конкретні вітрові умови неможливий без визначення вітрового потенціалу на висоті осі вітроколеса (ВК), яка може не співпадати з висотами вітрових вимірювань. Для вирішення задач вітроенергетики необхідні: середньорічна швидкість вітру $\bar{v}$, повторюваності швидкостей вітру i -х градацій, типи та параметри функцій розподілу $f(v)$, найбільшого поширення серед яких у вітроенергетиці отримала відома двох параметрична диференціальна функція розподілу Вейбулла – Гніденко (РВГ):

$$f(v) = \frac{c}{b} \left(\frac{v-a}{b} \right)^{c-1} \exp \left[- \left(\frac{v-a}{b} \right)^c \right],$$

де: b, c – параметри масштабу та форми відповідно.

Постає задача перерахунку параметрів вітрового потенціалу на висоті вимірювань на довільну висоту приземного шару атмосфери.

Задача перерахунку середніх швидкостей вітру $\bar{v}_\phi$ з висоти флюгеру h_ϕ на висоту осі ВК h_0 часто вирішується застосуванням відомого закону Хеллмана у ступеневій формі з безрозмірним показником ступеню m , значення якого залежить від стійкості атмосфери, температурної стратифікації і шорсткості підстильної поверхні.

Якщо наявний розподіл швидкостей вітру представлений у вигляді таблиць дискретних градацій, найбільш простим та надійним способом визначення параметрів вітрового потенціалу на висоті h_0 є перерахунок швидкостей вітру i -х градацій v_i на задану висоту на підставі визначеного показника m :

$$v_{0i} = v_{\phi i} \left(\frac{h_0}{h_\phi} \right)^m, \quad (1)$$

де: v_{0i} та $v_{\phi i}$ – швидкості вітру i -х градацій на висоті h_0 та h_ϕ відповідно.

У зв'язку із значною поширеністю застосування у вітроенергетиці РВГ, постала задача встановлення взаємозв'язку між ступеневим законом та параметрами РВГ, яка була вперше вирішена Justus та Mikhail [1] шляхом визначення наступних емпіричних залежностей:

$$c_0 = c_\phi \frac{1 - 0,088 \ln \left(\frac{h_\phi}{10} \right)}{1 - 0,088 \ln \left(\frac{h_0}{10} \right)}, \quad b_0 = b_\phi \left(\frac{h_0}{h_\phi} \right)^{m_j}, \quad m_j = \frac{0,37 - 0,0881 \ln b_\phi}{1 - 0,0881 \ln \left(\frac{h_\phi}{10} \right)}, \quad (2)$$

де: c_ϕ , b_ϕ , c_0 , b_0 – параметри РВГ на висоті h_0 та h_ϕ відповідно.

Суттєвою перевагою способу Justus та Mikhail є достатність проведення вітрових вимірювань тільки на одній висоті h_ϕ , але додаткова перевірка цього методу виявила досить низьку його точність.

Врахувати особливості зміни параметрів РВГ з висотою для конкретної місцевості можливо за результатами вимірювань на декількох висотах (не менше трьох) h_{a1} , h_{a2} , ..., h_{an} шляхом застосування апроксимації параметрів РВГ ступеневою залежністю [2]:

$$c_0 = c_a \left(\frac{h_0}{h_a} \right)^{m_c}, \quad b_0 = b_a \left(\frac{h_0}{h_a} \right)^{m_b}, \quad (3)$$

де: m_c , m_b – апроксимаційні ступеневі показники.

В задачах вітроенергетики параметри РВГ найчастіше використовуються для визначення річного виробітку ВЕУ, отже доцільно спочатку визначити умовні річні виробітки Q_a або середні потужності $\bar{P}_a$ ВЕУ на висотах проведених вимірювань, з подальшим застосуванням апроксимації ступеневою залежністю [3]:

$$\bar{P}_0 = \bar{P}_a \left(\frac{h_0}{h_a} \right)^{m_p}, \quad (4)$$

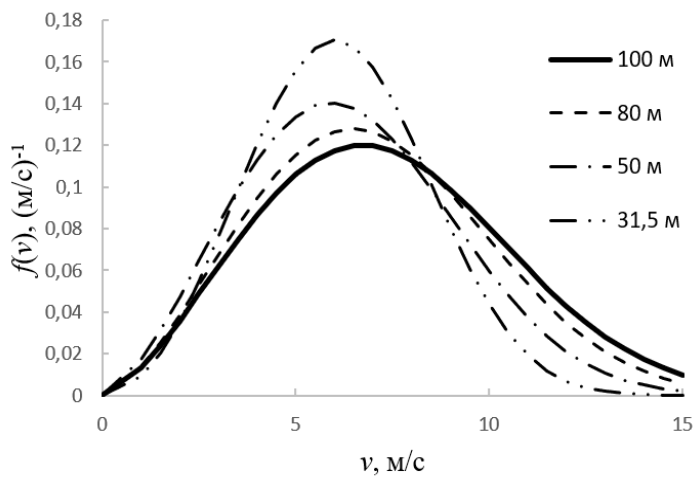
де $\bar{P}_0$ – обчислена потужність на висоті h_0 ; m_p – апроксимаційний ступеневий показник.

За результатами синхронних висотних вимірювань біля с. Іванівка та с. Шостакове Миколаївської області на висотах 50, 80 та 100 м (рис.1) та обчислення річного виробітку Q ВЕУ FL 2500–100 було складено рейтинг розглянутих способів за критерієм середньої похибки апроксимації відповідних математичних моделей (рис. 2).

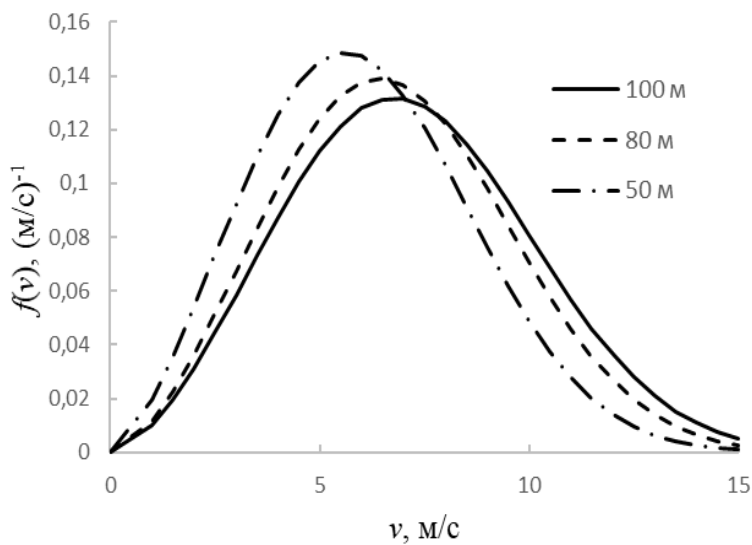
Обчислення річного виробітку Q FL 2500–100 проводилося за формулою:

$$Q = \int_3^{25} p(v) f(v) dv, \quad (5)$$

де: $p(v)$ – крива потужності ВЕУ в вигляді поліному 5-го ступеню [4].

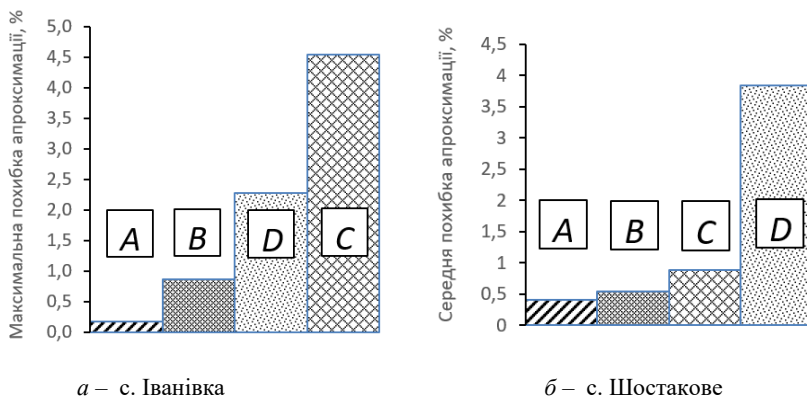


a – с. Іванівка



δ – с. Шостакове

Рис. 1. Розподіл повторюваності швидкостей вітру



де, A – ступенева залежність середньої потужності (4); B – ступенева залежність параметрів ПВГ (3); C – метод Justus & Mikhail (2); D – перерахунок градації швидкостей вітру (1)

Рис. 2. Оцінка способів за результатами визначення вітрового потенціалу на заданій висоті

Висновки

1. Вперше узагальнено та досліджено відомі способи перерахунку розподілу швидкостей вітру до висоти осі ВК БЕУ.
2. Виявлено залежність точності досліджених способів від параметрів конкретного розподілу швидкостей вітру.
3. За результатами синхронних висотних вимірювань вітрових потоків Північного Причорномор'я виявлено найкращу точність перерахунку у способу ступеневої залежності середньої потужності генерації БЕУ.

- [1] Justus C., Mikhail A. Height variation of wind speed and wind distributions statistics. Geophysical Research Letters, vol. 3, No. 5, 1976, pp. 261-264.
- [2] Bezrukovs V.P., Bezrukovs V.V., Zacepins A. J. Comparative efficiency of wind turbines with different heights of rotor hubs: performance evaluation for Latvia. Journal of Physics: Conference Series 524, 2014, 9 p. doi:10.1088/1742-6596/524/1/012113
- [3] Патент на корисну модель №135302 Укр., F03 1/00 GOIP 5/00. Спосіб оцінювання виробітку вітряної електричної турбіни / Подгуренко В.С., Терехов В.С., Гетманець О.М., Черепанов А.І., опубл. 25.06.2019р., Бюл. №12.
- [4] Podhurenko V., Kovshova I., Terekhov V., Dubovyk N. Evaluation of efficiency of wind power plants operation in wind conditions of the Northern Black Sea region of Ukraine. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Volume 628, 2021, p. 1-8.