

В.М. Головка, д-р. техн. наук, пров. наук. співробітник;  
В.П. Коханевич, канд. техн. наук, ст. наук. співробітник;  
М.О Шихайлов; Н.В. Марченко  
Інститут відновлюваної енергетики НАН України

## ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО НАПРЯМКУ ІНВЕСТИВАННЯ В ГАЛУЗІ МАЛОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ

*Проведено аналіз стану галузі малої вітроенергетики в Україні та визначено чотири базові сегменти потужностей вітроелектричних установок, що враховують як певні конструкторські відмінності, так і значний діапазон за вартістю, затратами на монтаж та експлуатацію. Розроблена методика їх аналізу з використанням методу парних порівнянь та встановлені критерії, що враховують техніко-економічні показники установок і ринкові фактори, а саме: вартість 1 кВт установленої потужності; вартість 1 кВт·год виробленої електроенергії; витрати на монтажування та експлуатацію; попит населення; купівельну спроможність населення. Проведено аналіз базових сегментів потужностей вітроелектричних установок та визначено інтегральні оцінки для кожного сегменту. Найвищу інтегральну оцінку 8,01 отримав сегмент потужностей від 1 кВт до 10 кВт, а саму меншу інтегральну оцінку 4,46 отримав сегмент потужностей до 100 Вт. Пропонується зосередити інвестиції в галузі малої вітроенергетики на вітроелектричних установках горизонтально-осьової конструкції лопатевого типу в сегменті потужностей від 1 до 10 кВт.*

**Ключові слова:** вітроенергетика, вітроелектрична установка, вартість одного кВт установленої потужності, собівартість кВт·год електроенергії.

### Вступ

Сучасний розвиток світової енергетики неможливо уявити без використання відновлюваних джерел енергії. Значний вклад в загальний енерговидобуток від відновлюваних джерел енергії вносить вітроенергетична складова. За даними Всесвітньої вітроенергетичної асоціації (WWEA) на кінець грудня 2012 року загальна установлена потужність вітроенергетичних установок склала 282 ГВт [1].

Галузь вітрової енергетики в Україні також досягла в своєму розвитку значних успіхів, так загальна установлена потужність вітроелектричних станцій на кінець 2012 року склала 206,11 МВт, при цьому в 2012 році ними було вироблено 261069 тис. кВт·год електроенергії.

Всю вітроенергетику можна умовно поділити на:

- велику, де використовуються установки потужністю більше 100 кВт, які функціонально об'єднуються у вітроелектростанції;
- середню - потужність установок від 10 кВт до 100 кВт;
- малу - потужність установок до 10 кВт.

Сегмент вітроустановок середньої потужності в даний час в Україні практично не розвивається із-за відсутності попиту, і тому реально можна говорити про два напрямки інвестицій: про малу і велику вітроенергетику.

Велика вітроенергетика підтримується державними програмами та інвестується крупним капіталом. Мала вітроенергетика розвивається за рахунок малих інвесторів і не має значних спонсорських впливів. А так як для малих інвесторів є значний ризик втрати вкладених коштів, то саме мала вітроенергетика потребує більш точних і правильних напрямків інвестицій.

### Невирішені питання та постановка проблеми дослідження

Визначення ефективних напрямків інноваційної роботи необхідно проводити в два етапи.

Перший етап – це визначення типу конструкції вітроустановки. Результати роботи були наведені в [2], де розглянуті конструкції вітрових енергетичних установок та проведений аналіз конструкцій методом парних порівнянь на основі експертних оцінок з використанням наступних критеріїв: коефіцієнт використання енергії вітру, діапазон швидкохідності, розрахункова швидкість, швидкість початку генерування енергії, площа поверхні обмаху ротора. Найбільшу інтегральну оцінку отримали горизонтально-осьові вітроустановки лопатевого типу, які пропонуються для подальшого розроблення та використання в народному господарстві.

Так як вітроенергетичні установки потужністю до 10 кВт мають як певні конструкторські відмінності, так і значний діапазон за вартістю, затратами на монтаж та експлуатацію, то на другому етапі необхідно визначити той сегмент потужностей, в який доцільно буде проводити інвестування. Тому

метою даної роботи є розробка методики, визначення критеріїв і проведення на її основі експертного порівняльного аналізу сегменту потужностей вітроустановок методом парних порівнянь на основі критеріїв, що будуть враховувати такі фактори як вартість установки та собівартість виробленої енергії, затрати на монтаж та експлуатацію, купівельну спроможність населення тощо.

Задачею дослідження є визначення на основі експертних оцінок та математичних розрахунків сегменту потужностей вітрових енергетичних установок з найбільшою інтегральною оцінкою для подальшого інвестування в їх розробку, виробництво та реалізацію населенню.

#### **Вибір методу дослідження**

Для вибору ефективного напрямку вкладання інвестицій та вибору об'єкта для інвестування існує ряд методів, а саме:

- метод ранжирування;
- метод парних порівнянь;
- метод абсолютної оцінки;
- метод аналізу ієрархій;
- метод вибору.

Кожен з вищезгаданих методів має як свої переваги так і недоліки. Як і при проведенні досліджень на першому етапі з визначення найбільш ефективної конструкції установки у нашому випадку також доцільно використати метод парних порівнянь, що наведений в роботах [2,3].

Вибір методу парних порівнянь обумовлений тими факторами, що він забезпечує можливість однозначно сформулювати основу ранжирування; має відносно простий математичний апарат, у порівнянні з методом ієрархій, що важливо для невеликої кількості досліджуваних параметрів. Крім того, в даному методі не існує залежності думки респондента (експерта) від набору параметрів, що пропонуються для порівняння.

#### **Визначення сегментів потужностей вітрових енергетичних установок**

При цьому необхідно зауважити, що за функціональними призначеннями існує два типи вітроустановок:

- вітроелектричні;
- вітромеханічні (в основному водопіднімальні).

Так як вітроелектричні установки (ВЕУ) мають більше розповсюдження і можуть бути оснащені електронасосними та іншими електромеханічними агрегатами, то зупинимо свій вибір саме на них.

Пропонується наступні сегменти потужностей ВЕУ у відповідності з їх конструктивними, функціональними та іншими особливостями.

#### **Сегмент потужностей вітроелектричних установок до 100 Вт**

До даного сегменту ВЕУ відносяться найбільш конструктивно прості вітроустановки. Серійно ВЕУ даної потужності в Україні не випускаються, а виготовляються окремими аматорами для власних потреб. В основному, вони використовуються для заряджання акумуляторів. За кордоном декілька фірм випускають їх серійно, але широкого розповсюдження вони не набули і, в основному знаходять застосування на великих яхтах, в кемпінгах тощо. Конструктивно вони рідко оснащуються системами захисту та регулювання, а також рідко комплектуються щоглами, тобто встановлюються на вже готові елементи, що знаходяться в розпорядженні покупця.

#### **Сегмент потужностей вітроелектричних установок від 100 Вт до 0,5 кВт**

Даний сегмент потужностей ВЕУ, як і попередній, в основному використовується для заряджання акумуляторних батарей. Конструктивно дані установки в загальному випадку оснащуються системами регулювання та захисту, щоглами і можуть бути як стаціонарними, так і пересувними.

Зазвичай, до їх комплектації крім акумуляторних батарей (АБ) входять: випрямляч напруги (в залежності від конструкції електрогенератора), контролер заряджання АБ (контролер) та, при необхідності, для споживачів змінної напруги 220 В, 50 Гц вводиться перетворювач постійного струму в змінний (інвертор). Дані установки призначаються, в основному, для освітлення, катодного захисту трубопроводів тощо. Монтаж та обслуговування виконується споживачем.

В Україні серійний випуск установок потужністю 150 Вт «Бджола» налагодило ПП «Світ вітру» (м. Харків).

#### **Сегмент потужностей вітроелектричних установок від 0,5 кВт до 1 кВт**

Установки даного сегменту потужностей, в основному, є установками стаціонарного виконання. Їх монтаж та обслуговування можуть виконуватись як власником, при наявності відповідних технічних знань та навичок, так і спеціалізованими установами.

В комплект установки, в загальному випадку, крім самої установи входять АБ та випрямляч напруги, інвертор, контролер, які можуть функціонально об'єднані в один блок керування.

Потужність даних установок вже дозволяє забезпечити не тільки освітлення, а також роботу побутових приладів, таких як холодильник, телевізор, радіоприймач, комп'ютер тощо. Так установка ВЕУ-0,8 виробництва ПП «Світ вітру» номінальною потужністю 0,8 кВт виробляє 200...250 кВт·год електроенергії в місяць в залежності від пори року та місця встановлення, що відповідає середньостатистичному споживанню приватного будинку.

Крім продукції ПП «Світ вітру» в даному сегменті ринку реалізуються установки китайських виробників.

#### **Сегмент потужностей вітроелектричних установок від 1 кВт до 10 кВт**

Установки потужністю більше 1 кВт конструктивно виконуються тільки стаціонарними і, відповідно, монтаж, обслуговування та інші роботи проводять спеціалізованими установками.

Потужність даних установок крім роботи на АБ дозволяє приєднувати нагрівальні пристрої, що дозволяє економити ресурси на опалення, нагрівання води тощо. Розробляються проекти для агрегування даного класу вітроустановок з тепловими насосами, дизель - генераторами, асинхронними та синхронними електродвигунами, що суттєво дозволить розширити діапазон їх використання.

В даному сегменті потужностей наявна продукція ПП «Світ вітру» (1,6 кВт, 4 кВт), ТОВ «Телефан» (м. Дніпропетровськ) (5 кВт) та широкий асортимент китайських виробників.

#### **Визначення критеріїв для порівняльного аналізу вітрових енергетичних установок**

Для виконання порівняльного аналізу були прийняті вихідні критерії, в яких враховано як технічні та економічні показники вітроелектричних установок так і потреби населення, а саме:

- вартість 1 кВт установленної потужності;
- вартість 1 кВт·год виробленої електроенергії;
- витрати на монтажування та експлуатацію;
- попит населення;
- купівельна спроможність населення.

Розглянемо більш детально вищенаведені критерії.

X1 – вартість 1 кВт установленної потужності. Даний коефіцієнт широко використовується у вітроенергетиці і, на перший погляд, дозволяє легко провести порівняння вітроустановок. Але установлена потужність визначається при номінальній (розрахунковій) швидкості вітру, яку виробники в багатьох випадках свідомо завищують за наступної причини. Так як потужність пропорційна кубу швидкості вітру, то для ВЕУ зі співмірними геометричними параметрами (в першу чергу діаметр ротора або площа обмаху ротора) установлена потужність значно відрізняється. Для території України обґрунтовано є номінальна швидкість вітру ~ 8 м/с, яка встановлюється в залежності від середньорічної швидкості вітру [4,5,6]. Зарубіжні зразки розраховані на 10...12 м/с і вище, що дозволяє занижувати реальну вартість одного кіловата установленної потужності.

Крім цього, даний коефіцієнт не враховує, в якому районі буде встановлена вітроустановка, тобто наявну середньорічну швидкість вітру, різницю в монтажних експлуатаційних витратах тощо.

X2 – вартість 1 кВт·год виробленої електроенергії. За суттю, даний коефіцієнт можна визначити як найбільш об'єктивний серед техніко-економічних коефіцієнтів, якщо не враховувати ряд наступних факторів. Якщо проаналізувати собівартість однієї кВт·год виробленої електроенергії, то вона буде знижуватись відповідно до збільшення потужності вітроустановки, що обумовлено тим фактором, що ВЕУ малої потужності комплектуються акумуляторами, системами управління (контролер, інвертор тощо), а ВЕУ потужністю більше 10 кВт, в основному, працюють паралельно з мережею, тобто відповідає необхідності в акумуляторах, інверторах та інших системах.

Крім цього, для населення даний коефіцієнт не є пріоритетним, так як в загальному випадку покупця цікавить вартість установки і її потужність (тобто перший коефіцієнт) і тому не має необхідності в придбанні установок більшої потужності.

X3 – витрати на монтажування та експлуатацію вітроустановки. При покупці установки і при розрахунку її показників даний фактор залишається найбільш непрогнозованим. Адже, практично неможливо точно врахувати транспортні витрати, витрати на облаштування фундаментів і саме головне - це обслуговування установки в процесі експлуатації. Європейські установки, які мають відповідні сертифікати (наприклад Germanischen Loid) повинні забезпечувати роботоздатність протягом 20...25 років, в той час як китайські виробники взагалі не дають ніяких гарантій і, як показує досвід експлуатації, вже в перший рік необхідна заміна лопатей та проведення інших робіт.

X4 – попит населення. Фактор, який можна визначити тільки на основі статистичних даних експертів, які працюють в даній галузі.

X5 – купівельна спроможність населення. Як і попередній фактор визначається на основі багаторічного досвіду експертів.

Останні два коефіцієнти є взаємно «протилежними», тобто попит населення зростає в напрямку збільшення потужності БЕУ, а купівельна спроможність населення, відповідно, зменшується.

Як бачимо, жоден з вищенаведених коефіцієнтів не може бути використаний як однозначний критерій для виявлення сегменту потужностей, в який доцільно вкладати інвестиції.

### Визначення найбільш ефективного сегменту потужностей БЕУ

Позначимо існуючі варіанти сегментів потужностей БЕУ, а саме:

P1 – вітроелектричні установки потужністю до 100 Вт;

P2 – вітроелектричні установки потужністю від 100 Вт до 0,5 кВт;

P3 – вітроелектричні установки потужністю від 0,5 кВт до 1 кВт;

P4 – вітроелектричні установки потужністю від 1 кВт до 10 кВт.

Як експерти були залучені провідні фахівці Інституту відновлюваної енергетики НАН України, які мають багатий досвід в проектуванні і дослідженні вітроустановок малої потужності та фахівці ПП «Адмірал-сервіс», що мають досвід монтування, обслуговування та реалізації БЕУ даних типів.

Для визначення максимально ефективного, за вказаними вище параметрами, сегменту потужностей вітроелектричних установок проведено порівняльний аналіз базових сегментів потужностей методом парних порівнянь, використовуючи рекомендації [7] та, відповідно, методику наведену в [3].

В таблиці 1 наведені числові значення критеріїв порівняння у відповідності з [8]. Попит населення та купівельну спроможність було визначено на основі оцінок експертів.

Таблиця 1

Вхідні дані для проведення аналізу

Критерії	Одиниці вимірювання	Індекс параметру	Сегмент потужності БЕУ			
			БЕУ потужністю до 100 Вт	БЕУ потужністю від 100 Вт до 0,5 кВт	БЕУ потужністю від 0,5 кВт до 1 кВт	БЕУ потужністю від 1 кВт до 10 кВт
			P1	P2	P3	P4
Вартість 1 кВт установленної потужності	тис. грн. кВт	X1	40-80	20-40	15-30	8-20
Вартість 1 кВт·год виробленої енергії	грн.	X2	12,0-16,0	8,0-12,0	4,0-6,0	2,0-3,6
Витрати на монтування та експлуатацію	тис. грн. кВт	X3	0	1,5-2,5	2,5-4,0	1,0-2,5
Попит населення*	бали	X4	1	1,5	3	9
Купівельна спроможність*	бали	X5	9	6	4	3

\* Оцінка проводилась за 10-бальною шкалою

Метод парних порівнянь передбачає процес ранжирування обраних критеріїв за ступенем важливості. Для цього кожному з обраних параметрів присвоєно індекс у відповідності до їх розташування у таблиці 1. Маючи кількість критеріїв  $n$ , розраховується необхідна кількість порівнянь  $p$  за формулою

$$p = \frac{n(n-1)}{2}, \text{ штук.} \quad (1)$$

Для кількості критеріїв  $n = 5$  будемо мати необхідну кількість порівнянь  $p = 10$ .

При парному порівнянні обраних критеріїв використано три ступені їх вагомості: більш вагомий – оцінка 1,5, менш вагомий – оцінка 0,5, та рівнозначні між собою – оцінка 1. Відповідно до методики опитано 4 незалежних респондента, кожному з яких запропоновано порівняти попарно критерії X1–X5 та обрати з кожної пари більш вагомий параметр для вітрових установок. Число експертів було визначено

за умови, щоб їх кількість відповідала числу досліджуваних критеріїв. Збільшення кількості респондентів не приведе до суттєвої загальної інтегральної оцінки обраних конструктивних рішень БЕУ.

Остаточну (середню) оцінку ступеню важливості кожного з обраних критеріїв отримано як результат співставлення оцінок кожного з експертів згідно виразів:

для  $K_1$  – середня оцінка першого з двох порівнюваних критеріїв

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^m B_i}{m}, \text{ балів} \quad (2)$$

де  $B_i$  – числове значення ступеня вагомості критерію, визначене кожним експертом;

$m$  – кількість експертів;

для  $K_2$  – середня оцінка другого з двох порівнюваних критеріїв

$$K_2 = 2 - K_1, \quad (3)$$

Остаточні середні оцінки ступенів важливості кожного з критеріїв наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Визначення вагомості критеріїв експертами

Порівнювані критерії	Експертна оцінка				Середня оцінка порівнюваних критеріїв	
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	$K_1$	$K_2$
X1–X2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5
X1–X3	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
X1–X4	1,0	0,5	0,5	1,0	0,75	1,25
X1–X5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,0	1,0
X2–X3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5
X2–X4	1,5	1,0	1,0	1,5	1,25	0,75
X2–X5	1,5	1,5	1,0	1,5	1,375	0,625
X3–X4	1,0	0,5	1,0	0,5	0,75	1,25
X3–X5	0,5	1,0	0,5	1,0	0,75	1,25
X4–X5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,25	0,75

На основі даних експертної оцінки заповнено таблицю пріоритетів критеріїв (таблиця 3). Значення, що розташовуються вище головної діагоналі матриці в таблиці 3, відповідають середнім оцінкам  $K_1$  в таблиці 2, значення, що розташовані нижче головної діагоналі – оцінкам  $K_2$ . Коефіцієнт пріоритету розраховано для кожного рядка таблиці згідно формули:

$$K_{np} = \frac{\left( \sum_{i=1}^{m-1} K_i \right)}{n \cdot (n-1)}, \text{ балів} \quad (4)$$

де  $\sum_{i=1}^{m-1} K_i$  – сума рядку в таблиці.

Таблиця 3

Визначення пріоритету критеріїв

Індекс критерію	X1	X2	X3	X4	X5	Визначення пріоритету		Пріоритет критерію
						Сума рядку	$K_{np}$	
X1	X	1,5	1,0	0,75	1,0	4,25	0,21	3
X2	0,5	X	1,5	1,25	1,375	4,625	0,23	1
X3	1,0	0,5	X	0,75	0,75	3,0	0,15	5
X4	1,25	0,75	1,25	X	1,25	4,5	0,22	2
X5	1,0	0,625	1,25	0,75	X	3,625	0,18	4

На основі таблиці 1 вхідних даних виконано бальне оцінювання кожного критерію, що відповідає ступеню їх вагомості у процесі визначення сегменту потужностей ВЕУ. Критеріям, що найкраще відповідають техніко-економічним вимогам та потребам населення, присвоюється значення 10 балів; близьким до найкращих 8 – 9 балів; достатнім 4 – 7 балів; близьким до достатніх 2 – 3 бали; недостатнім значенням 0 – 1 бал. Результати бальної оцінки наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Сегмент потужності ВЕУ		Бальна оцінка критерію				
		X1	X2	X3	X4	X5
ВЕУ потужністю до 100 Вт	P1	2	7	1	3	9
ВЕУ потужністю від 100 Вт до 0,5 кВт	P2	3	10	5	6	8
ВЕУ потужністю від 0,5 кВт до 1 кВт	P3	5	10	9	8	4
ВЕУ потужністю від 1 кВт до 10 кВт	P4	7	10	10	10	3

Після виконання бального оцінювання та знаючи вагомості критеріїв, визначені інтегральні оцінки кожного критерію. Отримані результати наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Інтегральна оцінка сегменту потужностей ВЕУ							
Сегмент потужності ВЕУ	Інтегральна оцінка					Сума інтегральних оцінок	Пріоритет сегменту потужності
	X1	X2	X3	X4	X5		
ВЕУ потужністю до 100 Вт	0,21×2	0,23×7	0,15×1	0,22×3	0,18×9	4,46	4
ВЕУ потужністю від 100 Вт до 0,5 кВт	0,21×3	0,23×10	0,15×5	0,22×6	0,18×8	6,44	3
ВЕУ потужністю від 0,5 кВт до 1 кВт	0,21×5	0,23×10	0,15×9	0,22×8	0,18×4	7,18	2
ВЕУ потужністю від 1 кВт до 10 кВт	0,21×7	0,23×10	0,15×10	0,22×10	0,18×3	8,01	1

Узагальнюючи проведені дослідження можна констатувати, що головна увага інвесторів в галузі розвитку малої вітроенергетики повинна бути зосереджена на вітроелектричних установках горизонтально-осьової конструкції лопатевого типу і, відповідно, в сегменті потужностей від 1 до 10 кВт.

### Висновки

1 Запропонована методика для визначення ефективних напрямків інвестицій у галузі малої вітроенергетики з використанням методу парних порівнянь.

2. Визначені сегменти потужностей вітроустановок малої потужності та запропоновані критерії для методу парних порівнянь, в яких враховувались як техніко-економічні показники установок так і ринкові фактори:

- вартість 1 кВт установленної потужності;
- вартість 1 кВт виробленої електроенергії;
- витрати на монтажування та експлуатацію;
- попит населення;
- купівельна спроможність населення.

3 Виконаний порівняльний аналіз сегментів потужностей вітроелектричних установок та отримані інтегральні оцінки кожного. Найбільшу інтегральну оцінку 8,01 отримав сегмент потужностей від 1 кВт до 10 кВт, а саму меншу інтегральну оцінку 4,46 отримав сегмент потужностей ВЕУ до 100 Вт.

4. Для ефективного інвестування у галузі малої вітроенергетики інвестиції повинні бути зосереджені на вітроелектричних установках горизонтально-осьової конструкції лопатевого типу та, відповідно, в сегменті потужностей від 1 до 10 кВт.

**Список літератури**

- 1 Word Wind Energy Association – режим доступу до матеріалу: <http://www.wwindea.org/home/index.php>.
- 2 Аналіз конструкцій вітрових енергетичних установок / В.П. Коханевич, Г.П. Душина, Н.В. Марченко, Д.С. Романченко // Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». – 2012. – № 2. – С. 61–66.
- 3 Розен В.П. Методические указания для работы студентов по лабораторному практикуму по курсам «Модели и методы оптимизации систем электроснабжения», «Автоматизированные системы управления и переработки информации» и «Энергетический менеджмент» / Розен В.П., Соловей А.И., Белашев А.А. ; – К. : 1999. – 27 с.
- 4 Фатеев Е.М. Ветро двигатели. / Е.М. Фатеев – М. : Государственно энергетическое издательство, 1946. — 293 с.
- 5 Вплив номінальної швидкості вітру на економічні та технічні характеристики вітрових електричних установок при експлуатації у вітрових умовах України / В.П. Коханевич, Г.П. Душина, Д.С. Романченко // Науково-прикладний журнал «Відновлювана енергетика». – 2010. – № 4(23). – С. 48–59.
- 6 Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / [наук. кер. проекту. : С.О. Кудря та ін.]; Вчена рада Інституту відновлюваної енергетики НАН України. – К. : «БіолПринт», 2008. – 55 с.
- 7 Г.Г. Татарова. Методология анализа данных в социологии. Условие транзитивности – режим доступу до матеріалу: [http://society.polbu.ru/tatarova\\_sociology/ch33\\_all.html](http://society.polbu.ru/tatarova_sociology/ch33_all.html).
- 8 B. Jansen, Dr. V. Buddensiek. Windkraftanlagen markt. Typen, Technik, Preise. – Hahn Druckerei GmbH & Co. : – 2002. – 70 с.

**V. Golovko, V. Kokhanyievych, N. Shyhaylov, N. Marchenko**  
**Institute for Renewable Energy at NAS of Ukraine**

**DETERMINATION OF THE EFFECTIVE INVESTMENT AREAS AT THE SECTOR OF LOW WIND ENERGY**

*There was held an analysis of a low wind energy industry in Ukraine and identified four basic segments of wind power plants capacity that taking into account how certain design differences and significant range in value inputs of installation and operation. Was developed technique of analysis using the method of paired comparisons and established criteria that taking into account technical and economic performance units as well as market factors that are: cost of 1 kW of installed capacity; cost of 1 kW • h of produced electricity; expenses for installation and operation; consumer demand; purchasing power of the population. Was held analysis of the basic capacity segments for low wind power installations and defined the integrated assessment for each segment. The highest integrated assessment 8,01 received segment with capacity from 1 kW to 10 kW, and the smaller integrated assessment was 4.46 received segment with capacity up to 100 watts. We proposed to concentrate investments in low wind energy for wind power plants horizontal-axis design blade type with the segment capacity from 1 to 10 kW.*

**Key words:** wind power, wind power facility, the cost one kW of installed capacity, the cost of electricity kW•h.

1. Word Wind Energy Association – режим доступу до матеріалу: <http://www.wwindea.org/home/index.php>.
2. Analiz konstrukcij witrowuch energetycznych ustanowok / V.P. Kochanewich, G.P. Duschina, N.W. Marchenko, D.S. Romanchenko // Naukowyj zurnal «Energetika: ekonomika, technologii, ekologija» – 2012. – № 2. – S. 61–66.
3. Rozen W.P. Metodicheskie ukasanija dlja raboti studentow po laboratornomu praktikumu po kursam «Modeli I metodi optimisaziji system elektrosnabgenija», «Awtomatizirovannije sistemi uprawlenija I pererabotki informaziji» i «Energeticheskij menedgment» / Rozen W.P., Solowej A.I., Belaschew A.A. ; – K. : 1999. – 27 s.
4. Fateew E.M. Wetrodwigateli. / E.M. Fateew – M. : Gosudarstwennoe energeticheskoe izdatelstwo, 1946. – 293 s.
5. Wpliw nominalnoji schwidkosti witr na ekonomichni ta technichni charakteristiki witrowich elektrichnych ustanowok pri ekspluataziji u witrowich umowach Ukraini / V.P. Kochanewich, G.P. Duschina, D.S. Romanchenko // Naukowo-prikladnij zurnal «Widnowljuwana energetika». – 2010. – № 4(23). – S. 48–59.
6. Atlas energetycznego potencjalu widnowluwanich dgerel energii Ukraini / [nauk.ker.proektu.: S.O. Kudrja ta in.]; Wchena rada Institutu widnowluwanoji energetiki NAN Ukraini. – K. : «WiolPrint», 2008. – 55 s.
7. G.T. Tatarowa. Metodologija analiza dannich w soziologii. Uslowije tranzitiwnosti – режим доступу до матеріалу: [http://society.polbu.ru/tatarova\\_sociology/ch33\\_all.html](http://society.polbu.ru/tatarova_sociology/ch33_all.html).

8. B. Jansen, Dr. V. Buddensiek. Windkraftanlagen markt. Typen, Technik, Preise. – Hahn Druckerei GmbH & Co. : – 2002. – 70 с.

УДК 621.548.

**В.М. Головки**, д-р. техн. наук, вед. науч. сотрудник;  
**В.П. Коханевич**, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник;  
**Н.А. Шихайлов; Н.В. Марченко**

**Институт возобновляемой энергетики НАН Украины**

**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИНВЕСТИРОВАНИЯ  
В ОТРАСЛЬ МАЛОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ**

*Проведен анализ состояния отрасли малой ветроэнергетики в Украине и определено четыре базовых сегмента мощностей ветроэлектрических установок, что учитывают как определенные конструкторские отличия, так и значительный диапазон по стоимости, затратам на монтаж и эксплуатацию. Разработана методика их анализа с использованием метода парных сравнений и установлены критерии анализа, которые учитывают технико-экономические показатели установок и рыночные факторы, а именно: стоимость 1 кВт установленной мощности; стоимость 1 кВт·часа произведенной электроэнергии; затраты на монтаж и эксплуатацию; спрос населения; покупательную способность населения. Проведен анализ базовых сегментов мощностей ветроэлектрических установок та определены интегральные оценки для каждого сегмента. Наибольшую интегральную оценку 8,01 получил сегмент мощностей от 1 кВт до 10 кВт, а самую меньшую интегральную оценку 4,46 получил сегмент мощностей до 100 Вт. Предлагается сосредоточить инвестиции в отрасли малой ветроэнергетики на ветроэлектрических установках горизонтально-осевой конструкции лопастного типа в сегменте мощностей от 1 до 10 кВт.*

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, ветроэлектрическая установка, стоимость одного кВт установленной мощности, себестоимость кВт·ч электроэнергии.

Надійшла 15.05.2013

Received 15.05.2013



## ЕКОЛОГІЯ ECOLOGY

УДК 628.33

М.Ю. Козар; Л.А. Саблій, д-р техн. наук, професор  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

### ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕБУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД В БІОРЕАКТОРАХ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ВІД ФОСФАТІВ

*Присутність у воді біогенних елементів сприяє бурхливому розвитку водоростей у водоймі і призводить до вторинного забруднення води, зміни кольоровості, температури, зниження концентрації розчиненого кисню і погіршення органолептичних показників води. Все це не тільки ускладнює використання води для водопостачання населених місць і промислових підприємств, а й порушує природні процеси, які у водоймах. Проблема видалення фосфатів із стічних вод не має оптимального вирішення на даний час та потребує додаткових досліджень. В роботі представлено вплив кисневих умов на ефективність видалення фосфатів із виробничих стічних вод. Представлено залежність ефективності видалення фосфатів від часу перебування в аеробних умовах. Досліджено вплив тривалості перебування суміші стічної води та активного мулу в нерозділеному стані на виділення фосфатів з клітини мікроорганізмів. Встановлено оптимальний діапазон тривалості перебування стічної води в кожному з біореакторів. Перспективними для подальших досліджень є біологічні методи очищення стічних вод.*

**Ключові слова:** стічна вода, активний мул, очищення від фосфатів, доочищення, біореактор.

#### Вступ

Проблема глибокого очищення стічних вод підприємств харчової промисловості від біогенних компонентів (сполук азоту та фосфору), що сприяють евтрофікації водних екосистем безумовно заслуговує на увагу. Евтрофікація може відбуватися природним шляхом і в результаті діяльності людини. Процес евтрофікації водойм супроводжується надмірним розвитком водоростей, особливо зелених, синьо-зелених і діатомових; переважанням небажаних видів планктону; зниженням, аж до повного зникнення, розчиненого кисню; порушенням життєдіяльності риб; подорожчанням і ускладненням водопідготовки; заростанням берегової зони річок, тобто погіршенням умов рекреації та, слід додати, зниження естетичних переваг водних об'єктів.

Для видалення фосфатів із стічних вод можуть застосовуватися різні методи (фізико-хімічні, біологічні), але біологічний метод очищення стічних вод від фосфатів має відносно низьку вартість та достатньо високу ефективність.

#### Постановка задачі

**Мета статті** – дослідити вплив тривалості перебування в біореакторах на ефективність очищення виробничих стічних вод від фосфатів.

#### Актуальність

Високий рівень вмісту фосфатів в стічних водах та недосконалість систем очищення на підприємствах харчової промисловості не забезпечує необхідної якості очищеної води, і як наслідок потрапляння забруднюючих речовин з нею до водойм. При надмірному потрапленні біогенних елементів (азот, фосфор) у водоймі порушуються природні процеси, спостерігається евтрофікація водойми, надмірний розвиток водоростей, та пригнічення через їх життєдіяльність (виділення токсичних речовин) інших видів гідробіонтів. Існуючі біологічні методи не дозволяють досягти необхідного ступеню очищення від фосфатів, а фізико-хімічні методи попри високу якість очищеної води потребують значних витрат та додатково створюють проблему необхідності обробки осадів, що утворюються при реагентній обробці. Проблема видалення фосфатів із промислових стічних вод біологічним методом не має оптимального вирішення на даний час та потребує додаткових досліджень.

#### Дослідження і результати

Дослідження очищення стічних вод від фосфатів проводили як на модельних розчинах так і на виробничих стічних водах. Слід зауважити, що в залежності від складу стічних вод та режимів