

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЭС СЕВЕРНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ УКРАИНЫ

В.С. Подгуренко¹, В. Е. Терехов²

¹*Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова,
пр. Героев Украины 9, г. Николаев, 54025, Украина, e-mail:*

[*vspodgurenko@gmail.com*](mailto:vspodgurenko@gmail.com)

²*Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН
Украины, ул. Генерала Наумова 15, г. Киев, 03164, Украина, e-mail:*

[*vl.terekhov86@gmail.com*](mailto:vl.terekhov86@gmail.com)

В работе представлена количественная оценка эффективности работы промышленной ветроэлектрической станции. В качестве критерия оценки использован коэффициент использования установленной мощности.

***Ключевые слова:** коэффициент использования установленной мощности, ветровая электрическая станция, ветровая электрическая установка*

OPERATING RESULTS OF THE INDUSTRIAL WIND POWER STATION OF THE NORTHERN BLACK SEA OF UKRAINE

V. Podgurenko¹, V. Terekhov²,

¹*Admiral Makarov National Shipbuilding University, 9, Heroyiv Ukrainy av.,
Mykolayiv, 54025, Ukraine*

²*Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering, National Academy of Science
of Ukraine, 5, General Naumov Str, Kyiv, 03164, Ukraine*

The article presents a quantitative assessment of the performance of an industrial wind power station. The capacity factor was used as an evaluation criterion.

***Keywords:** capacity factor, wind power station, wind turbine.*

ORCID: ¹0000-0001-8443-0160, ²0000-0003-1080-0119.

Введение. В Николаевской области, вблизи города Очакова работает одна из первых в Украине промышленная ветровая электрическая станция (ВЭС), названная по месту расположения Ветропарком Очаковским. Станция состоит из ветровых электрических установок (ВЭУ) производства немецкой компании Furhländer FL 2500-100 мощностью 2500 кВт каждая. Суммарная мощность первой очереди - Дмитровского ветрополя (ДВП) - 25 МВт, второй - Тузловского ветрополя (ТВП) - 12,5 МВт.

Насколько известно авторам, в ветроэнергетической литературе сведения о количественных (числовых) соотношениях критериев оценки эффективности работы промышленных ВЭС весьма ограничены. Зарубежные исследователи основное внимание уделяют анализу объемов вводимых мощностей и значительно меньше вопросу их эффективной работы. Такая информация, как правило, не предназначена для общего использования и к ней нет доступа [1]. Между тем, проблема это чрезвычайно актуальна и представляет несомненный научный и практический интерес.

Оценка эффективности работы промышленной ВЭС. В качестве критерия оценки эффективности работы ВЭС принят коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) ВЭУ или ВЭС.

В практике мировой ветроэнергетики установлено, что рентабельность эксплуатации достигается при показателе КИУМ = 23% (условное количество часов работы в номинальном режиме больше 2000 час/год) [2].

По результатам технико-экономических исследований института «Укрэнергосетьпроект» (г. Харьков), границей экономичности (окупаемости) ветротехники в условиях Украины есть коэффициент использования установленной мощности не ниже 25% [3].

Коэффициент использования установленной мощности является интегральным показателем, характеризующим как правильность выбора площадок для ВЭС, так и подбора ВЭУ в соответствии с их потенциалом, а в итоге – результативность работы той или иной очереди промышленной ВЭС. Отсюда вполне естественная заинтересованность в увеличении производства

«зеленой» электроэнергии и КИУМа. Именно поэтому он является главным и, по сути единственным показателем эффективности работы ветропарков.

Оценка эффективности работы промышленной ВЭС Очаковского ветропарка выполнена отдельно для каждого ветрополя и для каждого месяца генерации с последующим сопоставлением результатов и их объяснением.

Осредненные фактические значения КИУМ за шестилетний период промышленной эксплуатации ДВП и ТВП представлены в таблице 1. В посуточных расчетах фактические значения в отдельные дни работы достигали значений КИУМ > 50 и даже более 80%.

Таблица 1

Фактические значения КИУМ (%)

Месяцы	ДВП		ТВП	
	средне-		средне-	
	месячные	сезонные	месячные	сезонные
I	44,2	45,8	44,7	44,3 (44,5)
II	44,4		40,6	
III	46,8	38,3	47,2	38,4
IV	40,2		40,1	
V	27,8		27,9	
VI	28,4	31,4	28,9	30,4 (30,0)
VII	28,9		27,4 (28,0)	
VIII	37,0		34,8 (33,2)	
IX	36,3	39,9	33,1 (35,3)	37,7 (39,5)
X	40,1		38,9 (39,4)	
XI	43,3		41,0 (43,7)	
XII	48,9		47,6 (48,3)	
средне- годовые	38,6 (38,8)	38,9	37,2 (38,1)	37,7 (38,1)
	В скобках – без 2012 г.			

Таблица 1 фиксирует работу летом со значением КИУМ больше 30%, зимой больше 44%, а осредненные за период эксплуатации обоих ветрополей значения превышают 38%.

На рис.1 представлены годовые за шестилетний период эксплуатации фактические объективные численные значения КИУМ, полученные при исследовании действительных режимов работы ветротурбин в конкретных

ветровых условиях Северного Причерноморья: для ДВП – 38,6, для ТВП – 37,2%.

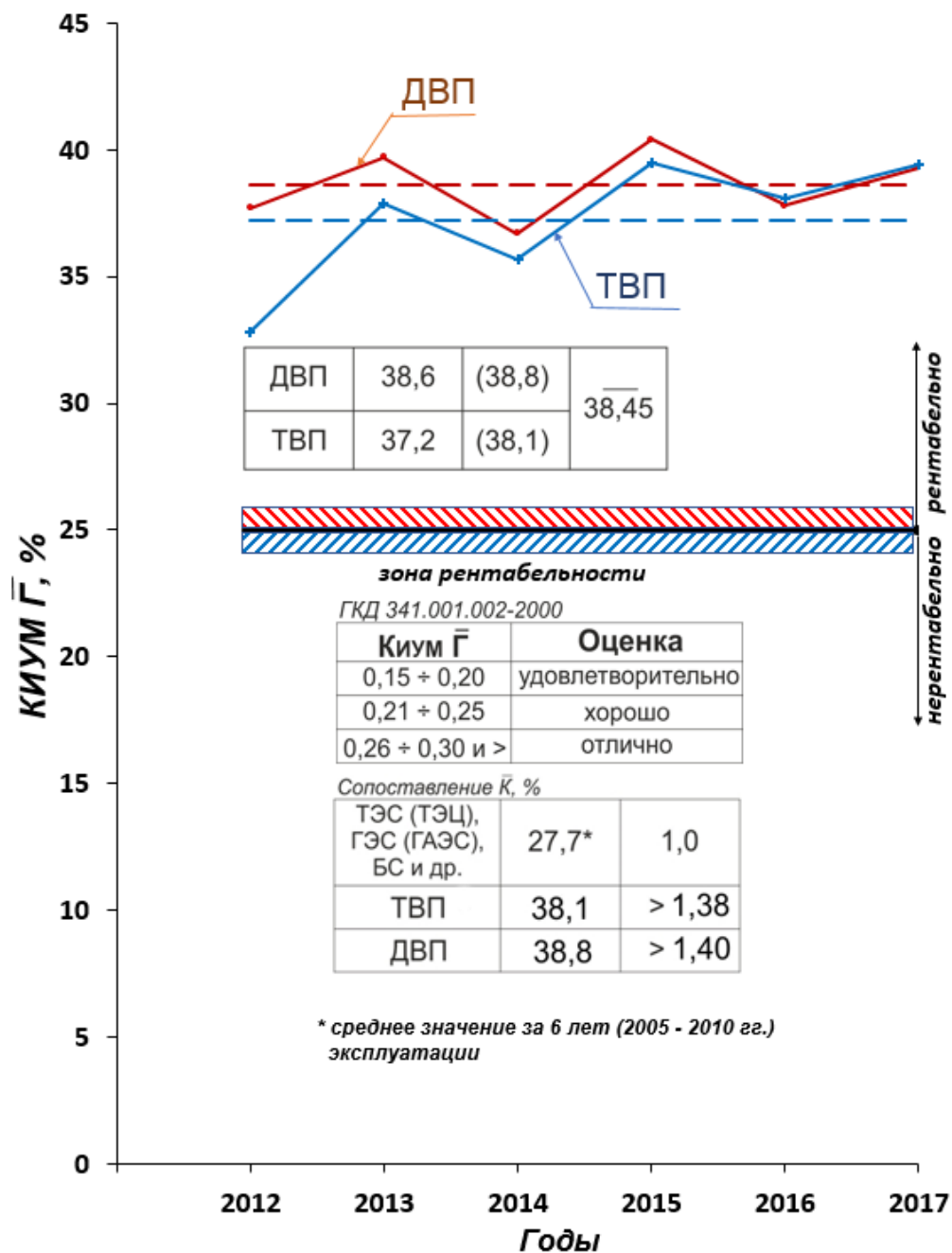


Рис. 1. Фактические значения КИУМ Очаковского ветропарка

Хотелось бы подчеркнуть, что впервые представляемые значения КИУМ определялись на конкретных экспериментальных данных производительности ветротурбин в составе Очаковского ветропарка. Поэтому их значения являются более реальными, чем встречающиеся в литературе.

Как оценить полученные результаты?.. Эти значения хорошие или так

себе, средние?..

Обратимся к сравнительному методу, который корифеи науки (Карл Линей, Д.И. Менделеев, А.А. Любищев и другие) считали ядром естественно научной деятельности, альфой и омегой любого знания – за возможность самостоятельно решать все научные задачи.

Если сравнивать полученные результаты с оценкой Минтопэнерго Украины (см. ГКД 341.001.002-2000 на рис.1) – промышленная ВЭС Северного Причерноморья устойчиво и рентабельно работает с отличной оценкой.

А какова эффективность работы промышленной ВЭС в сравнении с другими электрическими станциями? Сравнительный метод отвечает и на этот вопрос: в сопоставлении с ТЭС (ТЭЦ), ГЭС (ГАЭС), БС и другими источниками эффективность работы ВЭС в 1,4 раза больше.

Продолжим сопоставление. В 2005 г. КИУМ всех электростанций России составил 50%, что всего лишь в 1,3 раза больше осредненного показателя промышленной ВЭС.

КИУМ, например, всех дизельных электростанций России 18%, что более чем в 2 раза меньше показателя ВЭС [4].

В 2000 г. осредненный КИУМ ВЭС мира составил 23%. Первенец украинской ветроиндустрии превысил мировое значение в 1,7 раза. Современные ВЭУ мира, подключенные к энергосистемам, работают с КИУМ от 0,15 до 0,30. Показатели ВЭС Северного Причерноморья превышают эти цифры.

Впервые в ветроэнергетической литературе появились сведения о численных значениях КИУМ промышленных ВЭС лидирующих в ветроэнергетике стран. На рис. 2 представлено сопоставление значений Очаковского и американских [5] ветропарков, из которого видно превышение в 13% осреднённых значений КИУМов промышленной ВЭС Северного Причерноморья.

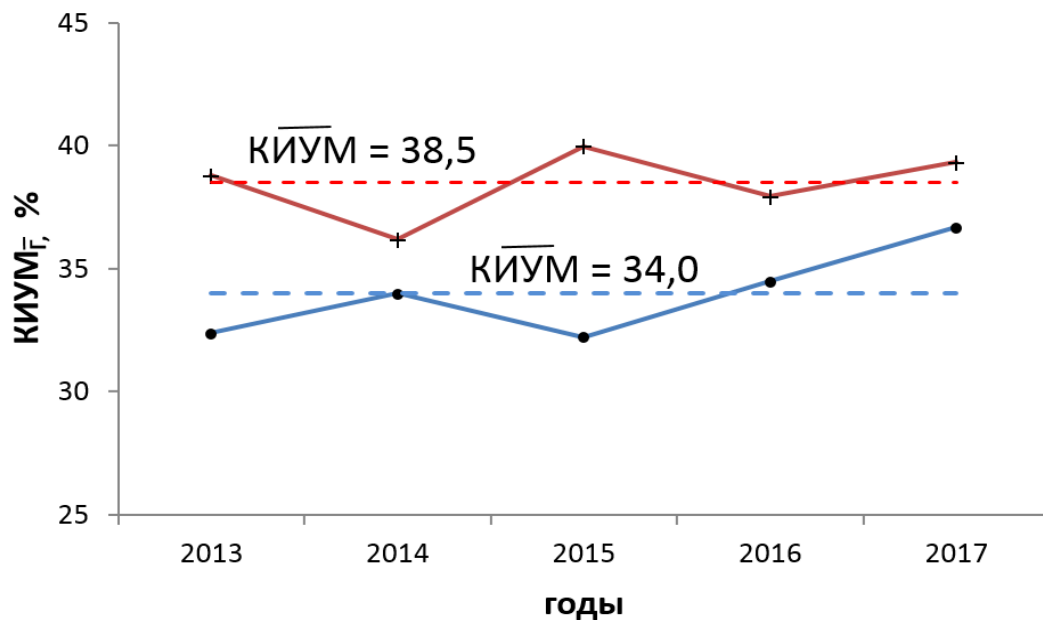


Рис. 2. Сопоставление фактических значений КИУМ Очаковского (+) и американских (●) ветропарков

На рис.3 сопоставлены среднемесячные значения КИУМов сравниваемых ветропарков в течении годового хода.

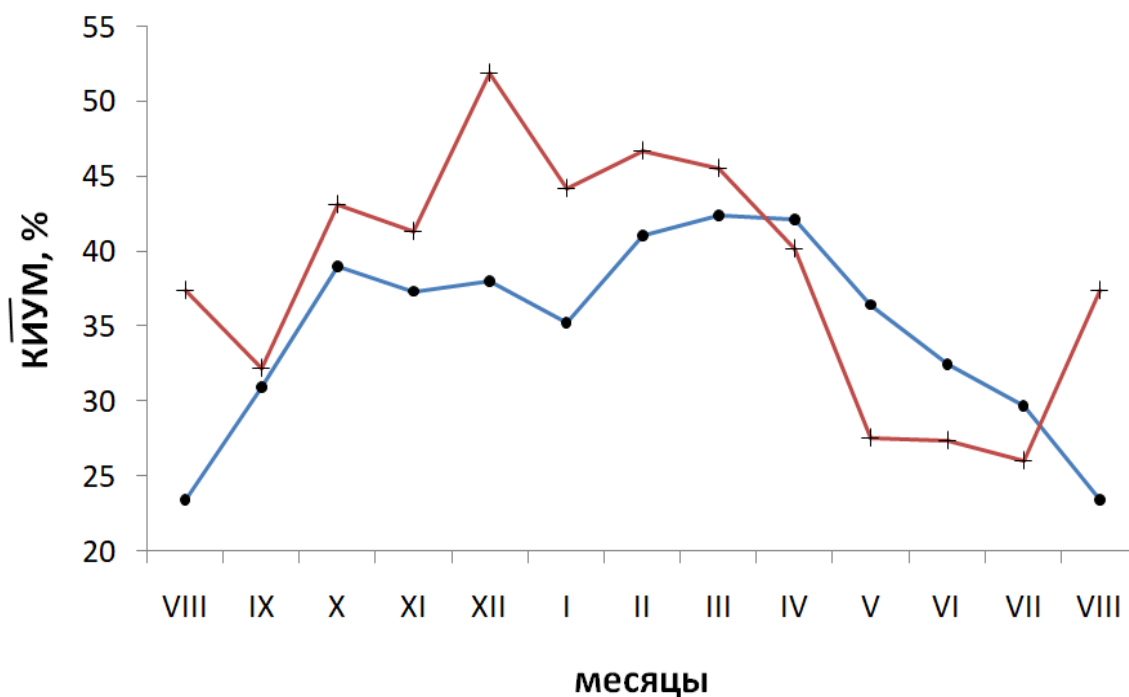


Рис.3. Годовой ход среднемесячных значений КИУМ Очаковского (+) и американских (●) ветропарков

Если с апреля по июль значения Очаковского ветропарка меньше американских (различие между майскими показателями в 1,3 раза), то с августа по март они больше в 1,4 – 1,6 раза.

Таким образом, сравнительный метод по многим срезам констатирует факт круглогодичной хорошей устойчивой работы промышленной ВЭС Северного Причерноморья по критерию оценки КИУМ. Несмотря на существующие ограничения в генерации, изношенности ЛЭП и оборудования [7] и неизбежных от них потерь в выработке электроэнергии.

Результативная шестилетняя эксплуатация ВЭС Северного Причерноморья даёт основание развивать дальнейшее строительство промышленных ВЭС в этом районе, в том числе оффшорных ВЭС.

Ветроэнергетику Украины можно привести к уровню передовых государств мира путем строительства оффшорных ВЭС. Мировая и особенно европейская ветроэнергетика уверенно осваивает оффшорные станции, в том числе и на больших глубинах. Анализом показателей эффективности работы ветроэнергетики по отдельным странам установлено, что среди первой пятерки лидеров присутствуют страны, которые активно используют оффшорную ветроэнергетику (Великобритания, Норвегия, Дания). Хотя сумма начальных инвестиций превышает аналогичные по мощности наземные ВЭС, оффшорные ВЭС вырабатывают значительно больше электроэнергии на единицу установленной мощности [1].

По площади мелководных акваторий, пригодных для строительства ВЭС водного базирования, Украина находится на втором месте в мире после Норвегии.

Так, на Азовском море доступна вся площадь акватории – 60000 кв. км, на Черном – Одесская банка с прибрежной полосой близко 20000 кв. км, а также внутренние водоемы Днепровского каскада ГЭС – 10000 кв. км, и Сиваша.

Прибрежные морские воды Черного и Азовского морей – в первом ветровом районе. Если вопрос о перспективах Сиваша и побережья Азовского моря требует дополнительного изучения, то наиболее перспективными районами для размещения оффшорных ВЭС является побережье Кинбурнской

косы и Одесская банка (рис.4)

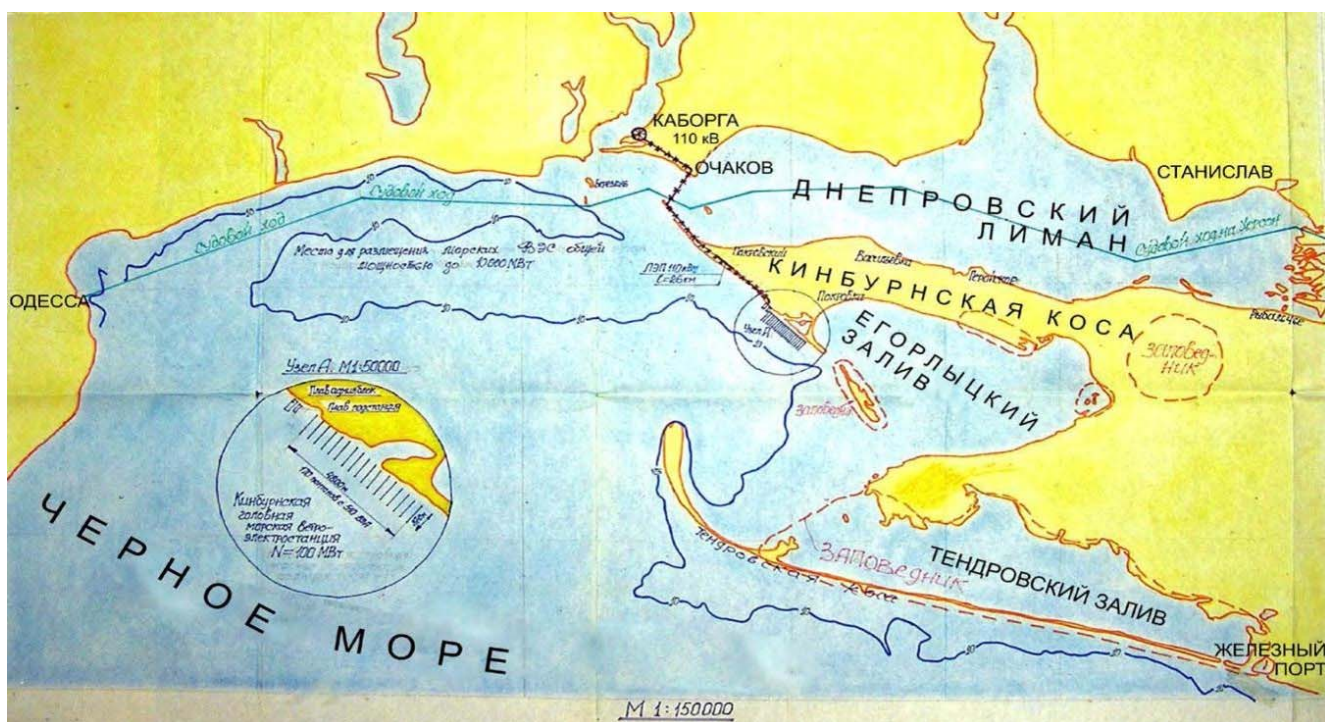


Рис.4. Район размещения Кинбурнской ВЭС на Одесской банке

В северной части Чёрного моря от Одессы до Крыма морское дно в мелкой части состоит из подвижных песков мощностью от 0,5 до нескольких метров, глины мощностью от нескольких десятков метров с подстилающими залежами известняка. Одесская банка, примыкающая к северной части Кинбурнской косы, с глубинами меньше 10 м, и должна стать местом размещения первой украинской оффшорной ВЭС с ВЭУ мегаватного класса. В 1994 году было подготовлено техническое предложение по созданию опытной Кинбурнской ВЭС. Выполненные нами расчёты показали весьма эффективные значения КИУМ[6].

Оффшорная ВЭС на Одесской банке может стать центром по реализации и совершенствованию ветер-водородных технологий с привлечением к сотрудничеству потенциальных инвесторов.

Литература

1. **Нараєвський С.В.** Порівняльний аналіз ефективності роботи вітрової енергетики у провідних країнах світу та Україні / С.В. Нараєвський // Ефективна економіка. – 2017. – №5.
<http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5587>
2. **Petersen E.L.** Estimation of wind Resovrees /E.L.Petersen, I.Troen// Windenergy in Denmark.Research and Technological development. - Copenhagen: Ministry of Energy. Danish Energgy Agency, 1990 – 64p. - P.30-37.
3. **Нейман В.О.** Економічна ефективність інвестування у ВЕС: вплив прямих та непрямих чинників /В.О.Нейман, Р.Е.Кануннікова, М.М.Жовмір// Енергетика і електрифікація. - 2000. - №12. - С. 39-43.
4. **Безруких П.** Возобновляемая энергетика: сегодня-реальность, завтра — необходимость /П.Безруких. - М.: Лесная страна, 2007. - 120с. - С.51-52.
5. U.S. Energy Information Administration (EIA). Electric Power Monthly with Data for May 2019, – 270p. – P.175.
https://www.eia.gov/electricity/monthly/current_month/epm.pdf
6. **Куцан Ю.Г.** Вітроенергетика України: початкові кроки до стійкої моделі цивілізації /Ю.Г. Куцан, В.С. Подгуренко// Вісник паливно-енергетичного комплексу України. - 2016. - №1,2. - С.4-12.
7. Енергетична стратегія України на період до 2030 р.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13>