

РОЗДІЛ «Воєнні науки, національна безпека, безпека державного кордону»

УДК 623.6

[https://doi.org/10.52058/3041-1793-2024-3\(3\)-14-24](https://doi.org/10.52058/3041-1793-2024-3(3)-14-24)

Абрамов Сергій Олексійович кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії з підготовки військ, Київський інститут національної гвардії України, вул. Оборони Києва, 7, м. Київ, 03179, тел.: (098) 821-20-98, <https://orcid.org/0000-0003-0675-4850>

Синиціна Юлія Петрівна кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри економічної та інформаційної безпеки, Дніпровський державний університет внутрішніх справ, пр. Науки, 26, м. Дніпро, 49005, тел.: (050) 579-16-15, <https://orcid.org/0000-0002-6447-821X>

Титаренко Олексій Олексійович доктор юридичних наук, доцент, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії з підготовки військ, Київський інститут національної гвардії України, вул. Оборони Києва, 7, м. Київ, 03179, тел.: (097) 646-95-89, <https://orcid.org/0000-0002-3271-9402>

СУЧАСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ

Анотація. Пошук нових джерел енергії для забезпечення застосування енергетичних потреб бойових підрозділів оперативного призначення Національної гвардії України в умовах забезпечення національної безпеки і оборони є надзвичайно важливим. Сучасний світ стикається з великими викликами у сфері енергетики, серед яких ключовими є забезпечення енергетичної незалежності та сталий розвиток.

Енергетичні проблеми України полягають як у технічному оснащенні, так і в джерелах забезпечення енергоносіями. Паливно-енергетичний комплекс України характеризується негативними тенденціями, зокрема зростанням дефіцитності вітчизняних первинних енергоресурсів, у зв'язку з пошкодженнями ворогом масштабної кількості об'єктів енергетичної інфраструктури, підвищенням їх вартості та проблемами зовнішнього постачання, недостатньою ефективністю використання наявних паливно-енергетичних ресурсів.



Проблеми з забезпеченням традиційних енергоресурсів спонукають до прискореного впровадження нових видів енергетичних установок, що використовують відновлювані джерела енергії. Вітроенергетичні установки, як один з найефективніших видів відновлюваної енергетики, відіграють важливу роль у зниженні залежності від імпортованих енергоресурсів та підвищенні енергетичної безпеки держави. У контексті національної безпеки і оборони, диверсифікація джерел енергії є критично важливою.

Використання вітроенергетики дозволяє забезпечити стабільне енергопостачання військових об'єктів і критичної інфраструктури навіть у разі кризових ситуацій або конфліктів. Використання вітру та вітроенергетичних установок як джерела енергії наразі розглядається одним з пріоритетних. Застосування новітніх розробок вітроенергетичних установок малої потужності дасть позитивний результат та створить можливість використання в умовах виконання бойових завдань.

Ключові слова: вітер, установка, вітродвигун, потік, ротор.

Abramov Serhii Oleksiyovych candidate of technical sciences, associate professor, senior researcher of the research laboratory for military training, Kyiv Institute of the National Guard of Ukraine, St. Oborony Kyieva, 7, Kyiv, 03179, tel.: (098) 821-20-98, <https://orcid.org/0000-0003-0675-4850>

Synytsina Yuliya Petrivna candidate of technical sciences, associate professor, Associate Professor of the Department of Economic and Information Security, Dnipro State University of Internal Affairs, 49005, Dnipro, Ave. Nauky, 26, tel.: (050) 579-16-15, <https://orcid.org/0000-0002-6447-821X>

Tytarenko Oleksiy Oleksiyovych doctor of legal sciences, associate professor, senior researcher of the research laboratory for military training, Kyiv Institute of the National Guard of Ukraine, St. Oborony Kyieva, 7, Kyiv, 03179, tel.: (097) 646-95-89, <https://orcid.org/0000-0002-3271-9402>

MODERN USE OF WIND ENERGY INSTALLATIONS IN THE CONDITIONS OF ENSURING NATIONAL SECURITY AND DEFENSE

Abstract. The search for new energy sources to ensure the application the energy needs of the operational combat units of the National Guard of Ukraine in the context of national security and defence is extremely important. The modern world is facing major challenges in the energy sector, among which the key ones are energy independence and sustainable development.

Ukraine's energy problems lie in both technical equipment and sources of energy supply. The fuel and energy sector of Ukraine is characterised by negative

trends, including a growing shortage of domestic primary energy resources due to the enemy's damage to a large number of energy infrastructure facilities, rising costs and problems with external supplies, and insufficient efficiency in the use of available fuel and energy resources.

Problems with the supply of traditional energy resources prompt the accelerated introduction of new types of energy facilities that use renewable energy sources. Wind power plants, as one of the most efficient types of renewable energy, play an important role in reducing dependence on imported energy resources and enhancing the country's energy security. In the context of national security and defence, diversification of energy sources is extremely important.

Wind power can provide a stable energy supply to military facilities and critical infrastructure even in the event of a crisis or conflict. The use of wind and wind power plants as a source of energy is currently considered a priority. The application of the latest developments of low-power wind turbines will give a positive result and create the possibility of using them in combat missions.

Keywords: wind, installation, wind turbine, flow, rotor.

Постановка проблеми. У даний час існуючі проблеми з забезпеченням традиційних енергоресурсів спонукають до прискореного впровадження нових видів енергетичних установок, що використовують відновлювані джерела енергії. Вітроенергетика є одним із головних і найперспективніших напрямів використання постійно поновлюваних джерел енергії та скорочення споживання палива, особливо в умовах збереження потрібного рівня шуму при виконанні бойових завдань. Існує чимало переваг вітроенергетики, включаючи енергетичні, екологічні, економічні. Особливо важливим є одержання електроенергії в умовах проведення бойових дій для забезпечення національної безпеки та оборони держави.

Об'єктом дослідження є можливість застосування малопотужної автономної вітроенергетичної установки в умовах бойових дій.

Предметом досліджень є процес перетворення механічної енергії вітру в електричну енергію та її використання для електрифікації потрібних процесів в умовах виконання завдань по забезпеченню національної безпеки та оборони держави.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основою дослідження стану застосування вітроенергетичних установок в умовах забезпечення національної безпеки і оборони стали роботи науковців, таких як: Бонаренко В.І., Варламов Г.Б., Власов В.С., Джеджула В.В., Коцюбинська С.С., Кудря С.О. Мацюк Д.В., Ратушняк Г.С. та інші.

Мета статті – аналіз застосування вітроенергетичних установок (ВЕУ) для нинішніх потреб електричною енергією у місцях виконання бойових завдань. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання: проаналізувати характеристики вітроколіс для вітроустановки в



конкретних вітрових умовах; визначити більш придатний для умов використання тип ВЕУ; в той же час, простоту виготовлення.

Методологічну основу наукової роботи становлять система, загальнонаукових та спеціальних методів аналізу: систематизації та узагальнення; монографічний та системно-структурний аналіз; розрахунково-конструктивний; оцінно-ситуаційний; графічний; факторний та експертний аналізи.

Виклад основного матеріалу. У загальному випадку ВЕУ представляє собою комплекс взаємопов'язаного обладнання та споруд, призначений для перетворення енергії вітру в інші види енергії (електричну, механічну, теплову та ін.) і включає в себе вітроагрегат і вітродвигун [1]. Вітроагрегат, будучи основною частиною ВЕУ, складається з вітродвигуна, системи передачі вітрової потужності на навантаження і самого споживача вітрової енергії. Вітродвигун є пристроєм для перетворення кінетичної енергії вітру в механічну енергію робочого руху вітродвигуна. Робочі рухи, які робить вітродвигун, можуть бути різними, на існуючих сьогодні вітродвигунах в якості робочого руху використовується круговий обертальний рух. Разом з тим відомі численні пропозиції по використанню інших видів робочого руху. Вітродвигун безпосередньо перетворює енергію вітрового потоку в механічну, яка в подальшому використовується для приводу різних механізмів і машин або трансформується в електричну енергію [2].

Вітродвигуни, використовувані в якості приводу електричного генератора ВЕУ, поділяють на два основних типи:

- горизонтально-осьові (ГО), що характеризуються колінеарністю вектору кутової швидкості обертання вітродвигуна і аксіальної складової вектора швидкості вітрового потоку;
- вертикально-осьові (ВО), що характеризуються ортогональністю векторів кутової швидкості обертання вітродвигуна і аксіальної складової вектора швидкості вітрового потоку.

До основних конструктивних складових вітроелектричної установки відносять: вітродвигун (ВД) 1, машинне відділення 2, опори 3 (рис. 1) [1].

Горизонтально-осьові вітродвигуни в порівнянні з вертикально-осьовими мають наступні переваги:

- можливість самостійного пуску без допоміжного приводу за рахунок зміни кута установки лопатей;
- більшого значення коефіцієнта використання енергії вітру;
- більшого значення коефіцієнта швидкохідності і велику частоту обертання вітродвигуна, що дозволяє зменшити масо габаритні показники електромеханічного обладнання;
- виключення необхідності в кутовій передачі обертального моменту.

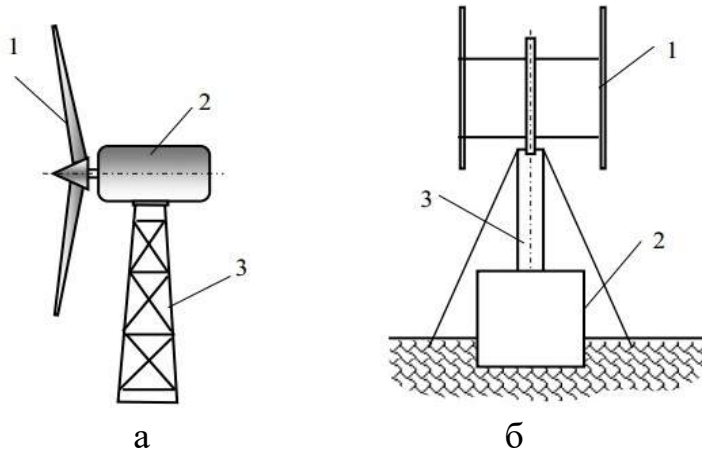


Рис. 1 Загальний вигляд вітроелектричної установки: а – з горизонтально-осьовим ротором; б – з вертикально-осьовим ротором.

Джерело: [1]

До основного недоліку горизонтально-осьових двигунів слід віднести необхідність в пристрої орієнтації на напрямок вітру.

Вертикально-осьові двигуни в порівнянні з горизонтально-осьовими мають наступні перевагами:

- незалежністю функціонування від напрямку вітрового потоку, що усуває необхідність орієнтування вітродвигуна на цей напрямок;
- вертикальним валом, що дозволяє розміщувати електромеханічне обладнання біля основи ВЕУ, що знижує вимоги до міцності та жорсткості опори, не обмежує масо габаритні показники обладнання, спрощує технічне обслуговування та ремонт;
- можливість кріплення лопатей до ротора в декількох місцях, що знижує вимоги по міцності і жорсткості лопаті;
- меншим значенням окружної швидкості лопаті за менших значень коефіцієнта швидкохідності;
- відносною простотою виготовлення лопатей.

До числа недоліків вертикально-осьових вітродвигунів слід віднести: менший коефіцієнт використання енергії вітру; меншу швидкохідність.

До основних вимог використання вітроенергетичних установок в умовах бойових дій. Потрібно віднести наступні:

1. Мобільність. Вітроенергетичні установки повинні мати можливість швидкого розгортання та демонтажу для переміщення на нові позиції.
2. Транспортувальність. Конструкція повинна дозволити легке транспортування установок різними транспортними засобами, включаючи автомобілі, вертольоти та вантажівки.
3. Енергоефективність. Установки повинні мати високу ефективність при низьких швидкостях вітру, щоб забезпечити постійне електропостачання навіть в умовах низької вітрової активності.



4. Акумуляція енергії. Наявність акумуляторних систем для зберігання надлишкової енергії та забезпечення стабільного енергопостачання під час відсутності вітру.

5. Надійність та ремонтпридатність. Установки повинні бути стійкими до впливу екстремальних погодних умов та механічних пошкоджень, а також можливість швидкого та простого ремонту установок з використанням доступних матеріалів та інструментів.

6. Автоматизація та інтеграція з іншими системами. Використання автоматизованих систем контролю та управління для мінімізації участі людини та зниження ризиків. Установки повинні бути інтегровані з існуючими військовими електромережами для забезпечення безперебійного постачання енергії. Поєднання вітроустановок з іншими джерелами енергії, такими як сонячні панелі чи дизельні генератори, для забезпечення резервного постачання.

7. Економічність. Оптимальні витрати, а саме зниження вартості виробництва, транспортування та обслуговування установок.

8. Тривалий термін служби. Вибір матеріалів та конструкцій, що забезпечують довговічність та надійність установок.

9. Інше. Мінімізація екологічного впливу, використання технологій для дистанційного моніторингу та управління роботою вітроенергетичних установок, функції автоматичного відключення в разі виявлення пошкоджень або критичних умов експлуатації, мінімізація шуму від роботи установок, щоб уникнути додаткового психологічного стресу у військових та цивільних осіб, що перебувають у зоні бойових дій.

Врахування цих умов дозволить максимально ефективно та безпечно використовувати вітроенергетичні установки в умовах бойових дій, забезпечуючи безперервне енергопостачання та сприяючи підвищенню загальної боєздатності та автономності військових підрозділів. Із розглянутих вище типів вітроагрегатів для виконання наших завдань більш підходять вітроустановки з застосуванням вертикально-осьових вітропродвигунів.

У зв'язку з привабливістю інвестицій, та завдяки визначеності та обґрунтуванню вибору сегментів потужностей [3-5] у виготовленні ВЕУ і станом подій в нашій державі, велика кількість охочих підприємців з порозумінням допомагають у виготовленні необхідного обладнання для забезпечення національної безпеки і оборони. Проте, незважаючи на істотний прогрес у створенні вітротехніки, в Україні практично немає серійного випуску малих вітроагрегатів [4]. Серед причин такої ситуації можна відзначити недостатню увагу з боку держави до розвитку малої вітроенергетики та відсутність державного стимулювання виробників і споживачів малої вітротехніки, втрату повоєнного досвіду в галузі вітроенергетики та відчутну нестачу фахівців із вітропродвигунів, низьку купівельну спроможність споживачів і брак обігових коштів у виробників.

Для досягнення поставлених мети та завдання в роботі використано такі методи досліджень: аналіз науково-технічної літератури та інформаційних матеріалів із баз мережі Інтернет за тематикою роботи, порівняльний аналіз, методи експертної оцінки для ідентифікації перспективних напрямів виготовлення ВЕУ. Найважливіше значення для надійності і довговічності вітроенергетичної установки мають значення граничних швидкостей вітру в зоні зосередження установки. Вони визначають прийняті розрахункові нормативи при проектуванні вузлів і конструкцій установки на міцність, параметри регуляторів, аеродинамічні характеристики лопатей [6].

Підстильна поверхня і рельєф місцевості мають великий вплив на швидкість вітру. Встановлено, що на висоті 10 - 20 м у рівнинному степу швидкість вітру змінюється в залежності від рельєфу місцевості. Швидкість вітру над вершинами відкрито розташованих хребтів з правильними, добре обтічними схилами без різкої зміни рельєфу, збільшується в 1,5...2 рази. Якщо височина не представляє правильного схилу або рельєф спотворений обривом, ярмом і т. п., то швидкості вітру зазвичай малі. Пагорби з крутими, обривистими, кам'янистими схилами обумовлюють досить низькі швидкості вітру; тут вирішальний вплив належить висхідним і спадним потокам.

Рельєф місцевості створює так звані місцеві вітри. Якщо повітряний потік зустрічає вершину, яка стоїть окремо, то він за деяких умов може обійти її, прямуючи по долині, а не над її гребенем. У разі руху вітру між двома підвищеннями його швидкість значно зростає. У долині між підвищеннями утворюється рід коридору, в який з силою спрямовується повітряний потік. Таким чином, створюються місцеві вітри, що досягають іноді великої сили при порівняно малих швидкостях вітру в сусідніх відкритих ділянках. Швидкість вітру також підвищується при обтіканні пагорбів, що мають більш-менш правильний обрис поверхні. При взаємодії повітряного потоку з робочим органом вітроустановки на останній діє сила лобового тиску Q , яка направлена уздовж набігаючого потоку визначається за формулою [7]:

$$Q = \frac{C_x W^2 F}{2}, \text{ Н} \quad (1)$$

де C_x – коефіцієнт лобового тиску робочого органу;
 W – відносна швидкість вітру, м/с;

$$W = V - V_{p.o.}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

де $V_{p.o.}$ - швидкість руху робочого органу вздовж напрямку потоку, м/с;
 F – площа поверхні обмаху робочого органу, м².

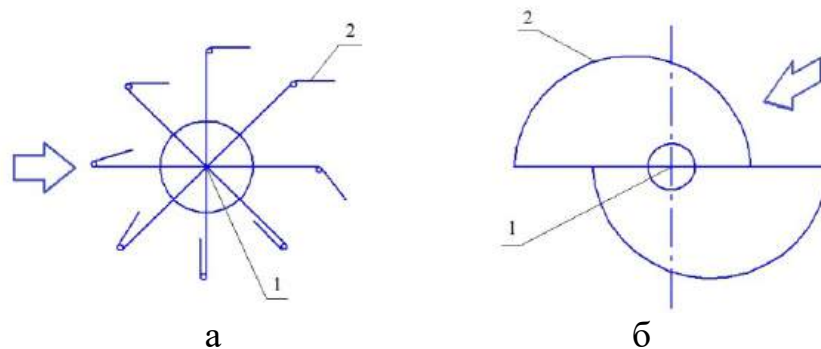


Рис. 2 Вітроустановки: а – карусельного типу; б – типу ротор Савоніуса; на яких 1 – вісь обертання, 2 – лопать.

Джерело: [7]

Через низьку швидкохідність і низький коефіцієнт використання енергії вітру (КВЕВ) приблизно 0,148 [7], вітроустановки карусельного типу (рис. 2а) не знаходять широкого застосування, їх відрізняє ненадійність при шквальних посиленнях вітру, для них не розроблені механізми обмеження частоти обертання, висока парусність. Ці причини привели до того, що зразки карусельних вітроустановок мають потужність до 1кВт, і практично не конкурентоздатні з установками, що працюють на підйомній аеродинамічній силі.

На вітроустановках ротор Савоніуса (рис. 2, б) величина КВЕВ досягає 0,18 і пояснюється тим що, крім сил лобового тиску, на лопаті ротора діє також і підйомна сила. Обертальний момент виникає при обтіканні ротора Савоніуса потоком повітря за рахунок різного опору опуклою і увігнутою частиною ротора.

Перевагами вітроенергетичної установки цього типу є низький рівень шуму, невелика площа, відмінна робота на малих вітрах (3-5 м/сек). Вітроколесо відрізняється винятковою простотою, проте витрати на матеріали пропорційні ККД. Ця турбіна є найтихохіднішою, і як наслідок, має дуже низький коефіцієнт використання енергії вітру - всього 0,18 - 0,24 і ККД 17-18%. Застосування цих турбін економічно та технічно недоцільне. Також розглянемо виконання вітродвигунів у вигляді вертикально розташованих лопатей у спеціальному виконанні – ротори типу Дар'є (рис. 3) [8-11].

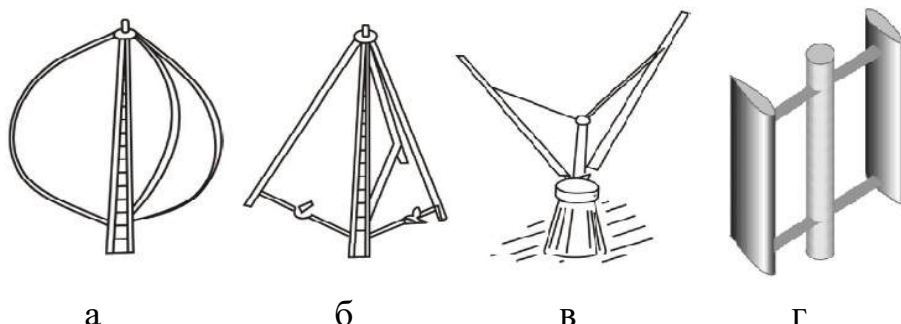


Рис. 3 Види роторів Дар'є: а – Φ подібний; б - Δ подібний; в – V подібний; г – H подібний.

Джерело: [8]

Який є симетричною конструкцією, що складається з двох і більше аеродинамічних крил, закріплених на радіальних балках. На кожне з крил, що рухаються щодо потоку, діє підйомна сила, величина якої залежить від кута між векторами швидкості потоку та миттєвої швидкості крила. Максимального значення підйомна сила досягає при ортогональності даних векторів. Зважаючи на те, що вектор миттєвої швидкості крила циклічно змінюється в процесі обертання ротора, момент сили, що розвивається ротором, також є змінним.

Ротор Дар'є відноситься до вітроприймальних пристроїв, що використовують підйомну силу, що виникає на вигнутих лопатях, що мають у поперечному перерізі профіль крила. Ротор має порівняно невеликий початковий момент, але велику швидкохідність, тому – відносно велику питому потужність.

Робота ротора Дар'ї залежить від напрямку потоку, турбіна на його основі не вимагає пристрою орієнтації та характеризується високим коефіцієнтом швидкохідності при малих швидкостях потоку і високим коефіцієнтом використання енергії потоку. Найбільш технологічним рахується є Н-подібний ротор Дар'є (рис. 3, г), установка такого типу є швидкохідною (коефіцієнт швидкохідності ≥ 3), ККД досягає 0,38 і відрізняється зниженим рівнем шуму та повною відсутністю інфразвуку [11-13]. Вітроенергетична установка цього типу має просту конструкцію та високу надійність. Однією з головних переваг ротора є те, що він абсолютно не залежить від напрямку вітру, тому вітротурбіни, які оснащені ротором не потребують пристроїв орієнтації, що відбивається на вартості вітрогенератора. Ротор Дар'є навіть за мінімального потоку вітру досить швидкохідний і має великий коефіцієнт використання енергії вітру.

Висновки. За результатами проведеного порівняльного аналізу застосування вітроенергетичних установок в умовах забезпечення національної безпеки і оборони визначено наступне: вертикально-осьові вітроустановки мають ряд переваг перед горизонтально-осьовими вітроустановками, а саме: простота конструкції та встановлення; найменший коефіцієнт використання потужності вітру та ККД компенсуються відсутністю втрат енергії при зміні напрямку вітру; менше шумове забруднення; компактність та естетика; стійкість до сильних вітрів і т.д., що є перевагою для їх ефективного використання військовими формуваннями в зоні проведення бойових дій для забезпечення автономності та енергоефективності.

До перспектив подальшого наукового дослідження обрано вітроенергетичну установку малої потужності з використанням вертикально-осьового ротора. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення більш потрібних видів та конфігурацій для поставлених завдань вітроенергетичних турбін, які будуть задовольняти всім потребам забезпечення підрозділів на даний час в умовах виконання бойових завдань. Буде проведено розрахунок і визначення розмірів та матеріалів, для впровадження оптимальних вітроенергетичних турбін.

**Література:**

1. Основи вітроенергетики: підручник / Г.Г. Півняк та ін. Дніпро: НГУ. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/146557?show=full> (дата звернення: 20.06.2024).
2. Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Історія становлення, сучасність та перспективи / за ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 108 с.
3. Організація експлуатації та технічного обслуговування. Норми та вимоги. Відновлювана енергетика вітрові електростанції / за ред. І.В. Плачкова та А.Є. Конеченкова, Київ: Всеукраїнська енергетична асамблея «Нормативне та технічне забезпечення енергетичної галузі», 2020. 92 с
4. Гелич Н., Панасюк Ю., Оніщук В. Альтернативна енергетика в Україні: стан та перспективи розвитку Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2020. № 2 С. 143-151 DOI:10.29038/2411-4014-2020-02-143-151
5. Головка В.М., Коханевич В.П., Шихайлов М.О, Марченко Н.В. До питання визначення ефективного напрямку інвестування в галузі малої вітроенергетики. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2013. № 2. С. 96 - 103.
6. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Одеса: ТЕС, 2018. 228 с.
7. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Київ: КПІ, 2012. 492 с.
8. Паховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энерго-снабжения. Київ: Освіта України, 2007. 464 с.
9. Жлобич В. Шляхи забезпечення альтернативною енергією сільськогосподарського виробництва Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2008. № 2 (45). С. 208 – 213.
10. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 82 с.
11. Кузьо І.В., Корендій В.М. Теоретичні аспекти моделювання вітроенергетичних установок Вісник Тернопільського національного технічного університету. 2011. № 3. С. 85 –94.
12. Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Історія становлення, сучасність та перспективи / за ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2018. 94 с.
13. Шихайлов М.О. Проблеми та розвиток малої вітроенергетики в Україні. Промелектро. 2004. №5. С. 51 - 56.

References:

1. Pivnyak H.G. (2015) *Osnovy` vitroenergety`ky` [Basics of wind energy]*. Dnipro: Dnipro University of Technology [in Ukrainian].
2. Kudry S.O. (2020) *Insty`tut vidnovlyuvanoyi energety`ky` NAN Ukrayiny`. Istoriya stanovlennya, suchasnist` ta perspekty`vy` [Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine. History of formation, modernity and prospects]*. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine [in Ukrainian].
3. Plachkova I.V., Konechenkov A.E. (2020) *Organizaciya ekspluataciyi ta texnichnogo obslugovuvannya. Normy` ta vy`mogy`. Vidnovlyuvana energety`ka vitrovi elektrostanciyi [Organization of operation and maintenance. Norms and requirements. Renewable energy wind power plants]* Kyiv: All-Ukrainian Energy Assembly "Regulatory and Technical Support of the Energy Industry" [in Ukrainian]
4. Gelych N., Panasyuk Yu., Onishchuk V. (2020) *Al`ternaty`vna energety`ka v Ukrayini: stan ta perspekty`vy` rozvy`tku [Alternative energy in Ukraine: state and prospects of development]*. Economic journal of Lesya Ukrainka East European National University. no. 2, pp. [in Ukrainian].

5. Golovko V.M., Kokhanevich V.P., Shikhaylov M.O, Marchenko N.V. (2013) Do py`tannya vy`znachennya efekty`vnogo napryamku investuvannya v galuzi maloyi vitroenergety`ky` [On the question of determining the effective direction of investment in the field of small wind energy]. Energy: economy, technologies, ecology. 2013. no. 2. pp. 96 - 103. [in Ukrainian]
6. Gerasimov O.I. (2018) Teorety`chni osnovy` texnologij zaxy`stu navkoly`shn`ogo seredovy`shha [Theoretical foundations of environmental protection technologies]. Odesa: TES [in Ukrainian]
7. Kudrya S.O. (2012) Netrady`cijni ta vidnovlyuvani dzherela energiyi [Non-traditional and renewable energy sources]. Kyiv: KPI [in Ukrainian]
8. Pakhovnyk A.V. (2007) Malaya energety`ka: raspredeleonnaya generacy`ya v sy`stemax energosnabzheny`ya [Small energy: distributed generation in energy supply systems]. Kyiv: Education of Ukraine [in Ukrainian].
9. Zhlobich, V. (2008) Shlyaxy` zabezpechennya al`ternaty`vnoyu energiyeyu sil`s`kogospodars`kogo vy`robny`ctva [Ways to provide alternative energy for agricultural production]. Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region. no. 2 (45), pp. 208 - 213. [in Ukrainian].
10. Kudrya S.O. (2020) Atlas energety`chnogo potencialu vidnovlyuvany`x dzherel energiyi Ukrayiny` [Atlas of the energy potential of renewable energy sources of Ukraine] Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine [in Ukrainian].
11. Kuzio I.V., Korendii V.M. (2011) Teorety`chni aspekty` modelyuvannya vitroenergety`chny`x ustanovok [Theoretical aspects of modeling of wind energy installations]. Bulletin of the Ternopil National Technical University. no. 3, pp. 85-94. [in Ukrainian].
12. Kudrya S.O. (2018) Insty`tut vidnovlyuvanoyi energety`ky` NAN Ukrayiny`. [Istoriya stanovlennya, suchasnist` ta perspekty`vy`. Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine]. History of formation, modernity and prospects. Kudrya S.O. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences, [in Ukrainian].
13. Shikhaylov M.O. (2004) Problemy` ta rozvy`tok maloyi vitroenergety`ky` v Ukrayini. [Problems and development of small wind energy in Ukraine]. Promelectro. 2004. no. 5. pp. 51 - 56. [in Ukrainian].