

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-293-7-40-45>

УДК 621.311.24

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ З АЕРОДИНАМІЧНИМ МУЛЬТИПЛІКУВАННЯМ ТГ-750 ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Стрункін Г.М.

EFFICIENCY OF WIND POWER PLANT WITH AERODYNAMIC MULTIPLICATION TG-750 ACCORDING TO THE RESULTS OF EXPERIMENTAL OPERATION

Strunkin H.M.

У статті вказано про необхідність покращення ефективності перетворення енергії вітру в електричну енергію. Наводяться відомості про те, що механічний мультиплікатор займає друге місце по фактору ненадійності серед обладнання вітроенергетичної установки. Через необхідність регламентних робіт, заміну мастила, погані екологічні та шумові характеристики розробники шукають альтернативні варіанти. Вказано, що тихохідні генератори, не зважаючи на великий досвід експлуатації, мають погані масогабаритні показники. Альтернативним та перспективним рішенням є застосування аеродинамічного мультиплікування. Порівняння вітроенергетичних установок з аеродинамічним мультиплікуванням з установками на базі тихохідного генератора дозволяє зробити висновок про їх кращі масогабаритні показники. Наведено історичні відомості про розробку та вивчення вітроенергетичних установок з аеродинамічним мультиплікуванням. Описано принцип дії вітроенергетичних установок з аеродинамічним мультиплікуванням та дано пояснення, як при цьому відбувається узгодження швидкості генератора. Наведено історичні помилки при оцінюванні ефективності аеродинамічного мультиплікування, виходячи з критерію Бетца. Показано, що Голубенко М.С. та його послідовники довели, що ефективність аеродинамічного мультиплікування не залежить від первинної вітротурбіни, а визначається лише параметрами вторинної вітротурбіни. Ккд при цьому розраховується як відношення коефіцієнту потужності вторинної вітротурбіни до її коефіцієнту гальмування. Приведено теоретичне значення ккд установки ТГ-750, яку Голубенко М.С. отримав на етапі проектування. За отриманими в

процесі дослідної експлуатації вітроенергетичної установки ТГ-750 даними побудовано графіки залежностей коефіцієнта потужності первинної та вторинної вітротурбіни та їх коефіцієнта гальмування. Розраховано залежність ефективності аеродинамічного мультиплікування від швидкохідності та виконано порівняння отриманих результатів з теоретичними значеннями. Реальний ккд виявився дещо нижчим від теоретичного, що пояснюється наявністю в установці, крім аеродинамічних процесів, суто механічних – тертя, вібрації тощо. Ефективність перетворення вітрової енергії в електричну в установках з аеродинамічним мультиплікуванням виявляється вищою, ніж у класичних вітротурбінах. Зроблено висновки про підтвердження теоретичних результатів результатами, отриманими в процесі дослідної експлуатації ТГ-750 та перспективність вивчення та впровадження установок подібного типу.

Ключові слова: вітроенергетична установка, аеродинамічне мультиплікування, ккд, коефіцієнт потужності, коефіцієнт гальмування.

Вступ. Вітроенергетики шукають способи підвищення ефективності перетворення вітрової енергії в електричну. Відомо, що мультиплікатор займає друге місце після лопатей за показниками ненадійності. За статистикою [1], 24% відмов серед парку німецьких вітроенергетичних установок (ВЕУ) припадала саме на несправності мультиплікатора. Якщо додати до цього необхідність періодичних регламентних робіт,

заміну мастила кожного року, погіршення екологічних характеристик через його витік, неабияке шумове випромінювання, то намагання відмовитися від механічного мультиплікування є оправданим [2].

Відмова від мультиплікатора можлива або при використанні тихохідних генераторів, що пов'язано з суттєвим збільшенням масогабаритних показників ВЕУ [3], або за допомогою заміни механічного мультиплікування аеродинамічним (АДМ) [4]. Тихохідні генератори використовуються досить давно. Їх експлуатація накопичила великий досвід. Але, як показано в [5], маса генератора потужністю 750 кВт для роботи безпосередньо з вітроколесом становить 15 тон, в той час, як маса традиційного синхронного генератора складає 5,2 тони, що разом з вагою мультиплікатора 8 тон сумарно дає деякий виграш (13,2 проти 15). ВЕУ з АДМ ТГ-750, яку було введено у дослідну експлуатацію фірмою «Конкорд» на полігоні у м. Дніпро мала масу синхронних генераторів 10,65 тон. Подальше зниження маси генераторів можливо шляхом застосування асинхронних генераторів. Розрахунки, проведені в [6], оцінюють масу електрообладнання перспективної ВЕУ в 6,2 тони, тобто намітилася подальша перспектива по зниженню маси електрообладнання ВЕУ з АДМ.

На території України вперше в історії було як запропоновано, так і реалізовано інноваційний тип вітроенергетичної установки з аеродинамічним мультиплікуванням.

Використовуючи теоретичні розробки А.Г. Уфимцева, Н.В. Красовський [7, 8] створив першу в світі установку з АДМ. Вона використовувала маленькі вітротурбіни, розташовані на лопатях великої турбіни, для узгодження обертання вітротурбіни з генератором. На жаль, тогочасний рівень технологій не дозволяв виготовляти достатньо міцні лопаті, тому ідея надовго забулася. Окрім кількох патентів у Німеччині та США, технологія АДМ не знайшла широкого застосування.

Проте, у 2002 році команда М.С. Голубенка з фірми «Конкорд» (Дніпро) запатентувала, спроектувала та побудувала дослідний зразок ВЕУ з АДМ ТГ-750 потужністю 750 кВт [9].

Відтоді розпочалися теоретичні дослідження вітроенергетичних установок цього типу. Сьогодні більшість досліджень все ще проводяться в Україні: М.С. Голубенко розробив більш потужні установки [10]; В.Ф.

Миргород [11] та Д.Г. Алексієвський [12] започаткували та розвинули створення математичних моделей ВЕУ з АДМ; П.Д. Андрієнко [13] запропонував новий підхід до керування потужністю таких установок за допомогою перетворювачів частоти; а автор (посилаючись на попередні публікації) досліджує поведінку ВЕУ з АДМ в автономних режимах [14-16]. З інших країн варто відзначити роботи команди Morgan L. (Глазго, Велика Британія) щодо застосування аеродинамічного мультиплікування в офшорній енергетиці [17, 18].

Дискусійне питання ефективності методів АДМ теоретично вирішив Голубенко М.С. [19]. Практичного підтвердження його розрахунків досьогодення опубліковано не було: на жаль, Голубенко М.С. пішов у засвіти, не встигши опрацювати накопичений емпіричний матеріал.

Метою роботи є аналіз ефективності перетворення вітрової енергії в електричну в вітроенергетичній установці ТГ-750 та перевірка отриманих раніше теоретичних засад.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вітротурбіна з аеродинамічним мультиплікуванням складається з великого вітрового ротора 1 (первинна вітротурбіна). На його лопатях розташовані гондоли 2, в яких знаходяться генератори (див. рис. 1). До осей генераторів прикріплені невеликі, але швидкісні вторинні вітротурбіни 3.

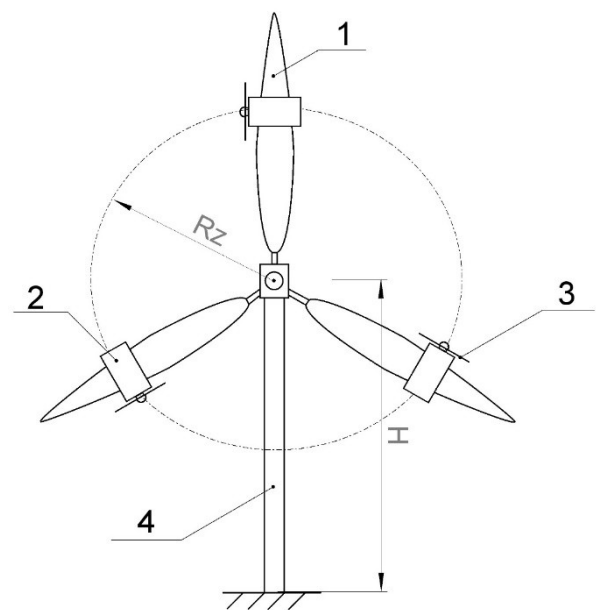


Рис. 1. Схема вітротурбіни з АДМ

Основна вітротурбіна не має власного генератора, а її вісь закріплена на опорі 4. Коли вітер (первинний вітровий потік) впливає на первинну турбіну, вона починає обертатися. Це обертання створює для гондоли з вторинною вітротурбіною вторинний вітровий потік. Швидкість цього вторинного потоку залежить від радіуса (R_z), на якому гондола закріплена на лопаті основної турбіни.

Наприклад, якщо основна вітротурбіна обертається зі швидкістю 16 обертів на хвилину (1,68 рад/с), а радіус R_z становить 13 метрів, то вторинний вітровий потік буде $1,68 \text{ рад/с} \times 13 \text{ м} = 21 \text{ м/с}$. Завдяки цьому вторинна вітротурбіна може бути невеликою, але при цьому обертатися дуже швидко – 400-600 обертів на хвилину або більше. Така швидкість обертання дозволяє відмовитися від використання механічного мультиплікатора (редуктора).

Отже, хоча вітротурбіна з АДМ складніша за звичайну, вона дозволяє збільшити обerti генераторів без механічного мультиплікатора. Цей метод збільшення швидкості обертання й називається аеродинамічним мультиплікуванням [4].

На етапі проектування ТГ-750 Голубенко М.С. теоретично обґрунтував [19], що загальна ефективність вітроенергетичної установки з АДМ становить не добуток коефіцієнтів потужності первинної та вторинної вітротурбін, як вважалося раніше (тобто не $0,593 \times 0,593 = 0,35$, відповідно до теоретичного значення критерію Бетца, чи $0,48 \times 0,48 = 0,23$ – відповідно до експериментального обмеження критерію Бетца), а відношення коефіцієнту потужності вторинної вітротурбіни C_{p2} до коефіцієнту її гальмування C_{t2} .

$$\eta = \frac{C_{p2}}{C_{t2}}. \quad (1)$$

Пізніше ці результати отримав і Morgan L. [17]. Аналізуючи (1), можна помітити, що ккд ВЕУ з АДМ залежить лише від параметрів вторинної вітротурбіни, та може бути суттєво вище за межу, яку встановлює критерій Бетца для традиційних вітротурбін [20, 21].

Голубенко М.С. для ТГ-750 на етапі проектування отримав максимальне теоретичне значення ккд ВЕУ $\eta = 0,82$ при швидкохідності вторинної вітротурбіни $Z_2 \approx 4$ [19].

Вимірювання C_{p2} та C_{t2} в процесі дослідної експлуатації приведено на графіку (Рис. 2).

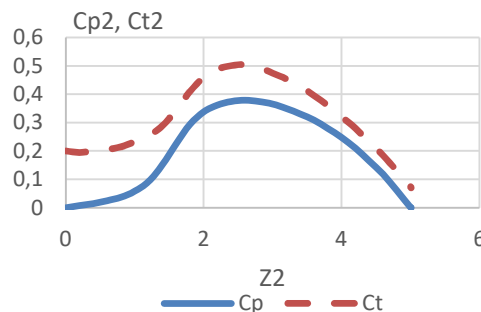


Рис. 2. Графік залежності C_{p2} та C_{t2} від швидкохідності вторинної вітротурбіни

За формулою (1) можна розрахувати та побудувати графік залежності ккд ТГ-750 від швидкохідності вторинної вітротурбіни (Рис. 3).

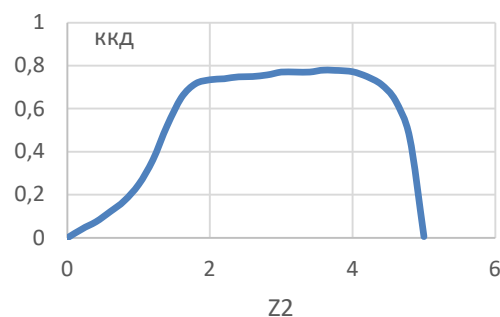


Рис. 3. Графік залежності ккд ТГ-750 від швидкохідності вторинної вітротурбіни

Значення реального ккд трохи нижче за теоретичний і при $Z_2 \approx 4$ сягає 0,78, що вище, ніж значення для класичних ВЕУ. Відмінність реального значення від значення, отриманого теоретично (0,78 замість 0,82) пояснюється впливом на ккд інших, неаеродинамічних, факторів – тертям вісі генератора, вібраціями, втрати на звукове випромінювання тощо.

Також було отримано характеристики C_{p1} та C_{t1} первинної вітротурбіни, які наведено на Рис. 4.

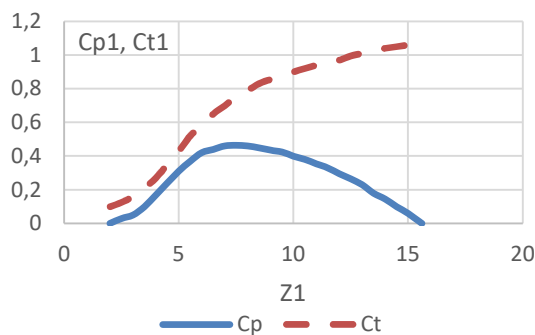


Рис. 4. Графік залежності C_{p1} та C_{t1} від швидкохідності вторинної вітротурбіни

Як можна бачити, первинна вітротурбіна має максимальне значення коефіцієнта потужності близько теоретичног значення критерія Бетца для реальних вітротурбін – 0,44.

Висновки. Розрахунки ефективності вітроенергетичної установки з аеродинамічним мультиплікуванням ТГ-750 за результатами дослідної експлуатації дозволили отримати значення 0,78, що є близьким до теоретичного значення 0,82. Відмінність результатів пояснюється впливом механічних факторів. В цілому, можна вважати теоретичне твердження про визначеність ккд ВЕУ з АДМ параметрами лише вторинної вітротурбіни підтвердженням експериментально. Високе значення ефективності ВЕУ з АДМ відносно ВЕУ класичної схеми дозволяє висловити тезу про перспективність подальшого вивчення

Література

1. Zheng R, Song Y, Fang H. Reliability analysis of wind turbines considering seasonal weather effects. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*. 2024;239(2):289-297. DOI:https://doi.org/10.1177/1748006X241235727
2. Ranjan R, Kumar S, Ghosh SK, Kumar M. Experimental and statistical analysis of wear on gear material. *Lubrication Science*. 2023;1-11. DOI:https://doi.org/10.1002/lis.1650.
3. W. Wu, V. S. Ramsden, T. Crawford and G. Hill, "A low speed, high-torque, direct-drive permanent magnet generator for wind turbines," *Conference Record of the 2000 IEEE Industry Applications Conference. Thirty-Fifth IAS Annual Meeting and World Conference on Industrial Applications of Electrical Energy (Cat. No.00CH37129)*, Rome, Italy, 2000, pp. 147-154 vol.1, DOI:https://doi.org/10.1109/IAS.2000.881049.
4. Голубенко Н.С. Ветровая электрическая турбогенераторная установка ТГ-750 / Н.С.

- Голубенко, В.Е. Олишевская, С.Д. Курдюков, Г.С. Олишевский, С.С. Курдюков // *Наука та інновації*. 2008. 4, №6: 71-77. DOI:https://doi.org/10.15407/scin4.06.071.
5. Son, Yoon-Gyu, and all. Test results of an inverter system for 750kW gearless wind turbine. *Proceedings of the Korean Society for New and Renewable Energy Conference, 2005, Spring Conference of the Korean Society for New and Renewable Energy 2005.6* p.59-63.
6. Стрункін Г.М. Оцінювання маси основного обладнання вітроенергетичної установки з аеродинамічним мультиплікуванням на базі асинхронного генератора з фазним ротором. // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2025. №2. С.49-55. DOI:https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-288-2-49-55.
7. Ветроэлектрический генератор: Пат. 1457, Класс 88-с. СССР; заявл. 14.01.1924; опубл. 31.07.1926.
8. Красовский Н.В. Схема ветряного двигателя с аэродинамической передачей для мощностей 100-3.000 кв / Н.В. Красовский // *Известия ОГИН. Москва. Ан СССР*. 1939. №5: 15.
9. Вітродвигун: Патент 49970 Україна, МПК F03D 1/00; заявл. 30.03.2002; опубл. 15.10.2002, Бюл. № 10.
10. Голубенко Н.С. Тенденции развития ветроэнергетики и безмультипликаторные ветровые установки / Голубенко Н.С., Довгалюк С.М., Фельдман А.М., Цыганов В.А. // *Нетрадиционная энергетика XXI века: Материалы IV международной конференции (Крым, Гурзуф, 2003)*. 2003: 68-74.
11. Миргород В.Ф., Ранченко Г.С., Голубенко Н.С. Моделирование динамических режимов ветроэнергетической установки большой мощности. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2006. № 4(30). С. 96–99.
12. Alekseevskiy, Dmitriy, *et al.* "Procedure for the Synthesis of Models of Electrotechnical Complexes." *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 9, 2018: 48-54, DOI:https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150483.
13. Андриенко П.Д. Повышение единичной мощности и эффективности ВЭУ с аэродинамической мультипликацией/П. Д. Андриенко, В. П. Метельская, И. Ю. Немудрый // *Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ": сб. науч. тр. Темат. вып.: проблемы автоматизированного электропривода*. Харьков: НТУ "ХПИ". 2013. № 36 (1009): С. 394-395.
14. Strunkin, H. (2024). Simulation of the operation of a voltage inverter as part of an autonomous wind power plant with aerodynamic multiplication based on an asynchronous generator with a phase rotor. *Technologies and Engineering*, 25(6): 69-79. DOI:https://doi.org/10.30857/2786-5371.2024.6.7.

15. Strunkin H., "Simulation of the operation of an autonomous wind power plant with aerodynamic multiplication based on an asynchronous generator with a phase rotor with excitation from a voltage-source inverter," *Turk J Electr Power Energy Syst.*, 2025; 5(2), 142-151. DOI:<https://doi.org/10.5152/tepes.2025.24034>.
16. Strunkin G. Wind turbines with aerodynamic multiplication. Retrospective review. // *Śląskie Wiadomości Elektryczne*, 2.2025, p. 9-12.
17. Morgan, L. and Leithead, W.: Aerodynamic modelling of a novel vertical axis wind turbine concept, *Journal of Physics: Conference Series*, 2257. DOI:<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2257/1/012001>, 2022.
18. Morgan, L., Leithead, W., & Carroll, J. (2024). On the use of secondary rotors for vertical axis wind turbine power take off. *Wind Energy*, 27(6): 569-582. DOI:<https://doi.org/10.1002/we.2901>.
19. Голубенко Н.С. Аэродинамические особенности безмультипликаторной турбогенераторной схемы ветроэлектрической установки большой мощности // *Нетрадиционная энергетика XXI века: материалы IV междунар. конф., Крым, Гурзуф*. 2003. С. 125–132.
20. Anderson, C. (2020). *Wind Turbines: Theory and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
21. Стрункін Г.М. Застосування пристроїв силової електроніки. Дніпро. Середняк Т. К., 2024: 408. ISBN 978-617-8139-59-9. DOI:<https://doi.org/10.5281/zenodo.15256472>.
2. Zheng R, Song Y, Fang H. Reliability analysis of wind turbines considering seasonal weather effects. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*. 2024;239(2):289-297. DOI:<https://doi.org/10.1177/1748006X241235727>
2. Ranjan R, Kumar S, Ghosh SK, Kumar M. Experimental and statistical analysis of wear on gear material. *Lubrication Science*. 2023;1-11. DOI:<https://doi.org/10.1002/ls.1650>.
3. W. Wu, V. S. Ramsden, T. Crawford and G. Hill, "A low speed, high-torque, direct-drive permanent magnet generator for wind turbines," *Conference Record of the 2000 IEEE Industry Applications Conference. Thirty-Fifth IAS Annual Meeting and World Conference on Industrial Applications of Electrical Energy (Cat. No.00CH37129)*, Rome, Italy, 2000, pp. 147-154 vol.1, DOI:<https://doi.org/10.1109/IAS.2000.881049>.
4. Golubenko N.S. Vetrovaya elektricheskaya turbogenera-tornaya ustanovka TG-750 / N.S. Golubenko, V E. Olishevskaya, S.D. Kurdyukov, G.S. Olishevskij, S.S. Kurdyukov // *Nauka ta innovaciyi*. 2008. 4, №6: 71-77. DOI:<https://doi.org/10.15407/scin4.06.071>.
5. Son, Yoon-Gyu, and all. Test results of an inverter system for 750kW gearless wind turbine. *Proceedings of the Korean Society for New and Renewable Energy Conference, 2005, Spring Conference of the Korean Society for New and Renewable Energy 2005.6* p.59-63.
6. Strunkin H.M. Ocinyuvannya masi osnovnogo obladnannya vitroenergetichnoyi ustanovki z aerodinamichnim multiplikuvannyam na bazi asinhronnogo generatora z faznim rotorom. // *Visnik Shidnoukrayinskogo nacionalnogo universitetu imeni Volodimira Dalya*. 2025 №2. p.49-55. DOI:<https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-288-2-49-55>.
7. Vetroelektricheskij generator: Pat. 1457, Klass 88-s. SSSR; zayavl. 14.01.1924; opubl. 31.07.1926.
8. Krasovskij N.V. Shema vetryanogo dvigatelya s aerodinamicheskoy peredachej dlya moshnostej 100-3.000 kv / N.V. Krasovskij // *Izvestiya OGIN*. Moskva. An SSSR. 1939. №5: 15.
9. Vitrodvigun: Patent 49970 Ukrayina, MPK F03D 1/00; zayavl. 30.03.2002; opubl. 15.10.2002, Byul. № 10.
10. Golubenko N.S. Tendencii razvitiya vetroenergetiki i bezmultiplikatornye vetrovye ustanovki / Golubenko N.S., Dovgalyuk S.M., Feldman A.M., Cyganov V.A. // *Netradicionnaya energetika XXI veka: Materialy IV mezhdunarodnoj konferencii (Krym, Gurzuf, 2003)*. 2003: 68-74.
11. Mirgorod V.F., Ranchenko G.S., Golubenko N.S. Modelirovanie dinamicheskikh rezhimov vitroenergeticheskoy ustanovki bolshoj mo-shnosti. *Aviacijno-kosmichna tehnika i tehnolo-giya*. 2006. № 4(30). S. 96–99.
12. Alekseevskiy, Dmitriy, *et al.* "Procedure for the Synthesis of Models of Electrotechnical Complexes." *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 9, 2018: 48-54, DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150483>.
13. Andrienko P.D. Povyshenie edinichnoj mo-shnosti i effektivnosti VEU s aerodinami-cheskoj multiplikaciej/P. D. Andrienko, V. P. Metelskaya, I. Yu. Nemudryj // *Vestnik Nac. tehn. un-ta "HPI": sb. nauch. tr. Temat. vyp.: problemy avtomatizirovannogo elekt-roprivoda*. Harkov: NTU "HPI". 2013. № 36 (1009): S. 394-395.
14. Strunkin, H. (2024). Simulation of the operation of a voltage inverter as part of an autonomous wind power plant with aerodynamic multiplication based on an asynchronous generator with a phase rotor. *Technologies and Engineering*, 25(6): 69-79. DOI:<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2024.6.7>.
15. Strunkin H., "Simulation of the operation of an autonomous wind power plant with aerodynamic multiplication based on asynchronous generator with a phase rotor with excitation from a voltage-source inverter," *Turk J Electr Power Energy Syst.*,

- Published online January 27, 2025.
DOI:<https://doi.org/10.5152/tepes.2025.24034>.
16. Strunkin G. Wind turbines with aerodynamic multiplication. Retrospective review. // *Śląskie Wiadomości Elektryczne*, 2.2025, p. 9-12.
 17. Morgan, L. and Leithead, W.: Aerodynamic modelling of a novel vertical axis wind turbine concept, *Journal of Physics: Conference Series*, 2257. DOI:<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2257/1/012001>, 2022.
 18. Morgan, L., Leithead, W., & Carroll, J. (2024). On the use of secondary rotors for vertical axis wind turbine power take off. *Wind Energy*, 27(6): 569-582. DOI:<https://doi.org/10.1002/we.2901>.
 19. Golubenko N.S. Aerodinamicheskie osobennosti bezmultiplikatornoj turbogeneratornoj shemy vetroelektricheskoy ustanovki bolshoj moshnosti // *Netradicionnaya energetika XXI veka: materialy IV mezhdunar. konf., Krym, Gurzuf. 2003.* – p. 125–132.
 20. Anderson, C. (2020). *Wind Turbines: Theory and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
 21. Strunkin G.M. Zastosuvannya pristroyiv silovoyi elektroniki. *Dnipro. Serednyak T. K.*, 2024: 408. ISBN 978-617-8139-59-9. DOI:<https://doi.org/10.5281/zenodo.15256472>.

Strunkin H.M. Efficiency of wind power plant with aerodynamic multiplication tg-750 according to the results of experimental operation

The article indicates the need to improve the efficiency of converting wind energy into electrical energy. Information is provided that the mechanical multiplier ranks second in terms of unreliability among the equipment of a wind power plant. Due to the need for routine maintenance, oil replacement, poor environmental and noise characteristics, developers are looking for alternative options. It is indicated that low-speed generators, despite extensive operating experience, have poor weight-and-dimensions. An alternative and promising solution is the use of aerodynamic multiplication. A comparison of wind power plants with aerodynamic multiplication with plants based on a low-speed generator allows us to conclude that they have better weight-and-dimensions.

Historical information is provided on the development and study of wind power plants with aerodynamic multiplication. The principle of operation of wind power plants with aerodynamic multiplication is described and an explanation is given of how the generator speed is matched. Historical errors in assessing the efficiency of aerodynamic multiplication based on the Betz criterion are presented. It is shown that Golubenko M.S. and his followers proved that the efficiency of aerodynamic multiplication does not depend on the primary wind turbine, but is determined only by the parameters of the secondary wind turbine. The efficiency is calculated as the ratio of the power coefficient of the secondary wind turbine to its braking coefficient. The theoretical value of the efficiency of the TG-750 plant, which Golubenko M.S. obtained at the design stage, is given. According to the data obtained during the experimental operation of the TG-750 wind power plant, graphs of the dependences of the power coefficient of the primary and secondary wind turbines and their braking coefficients are constructed. The dependence of the efficiency of aerodynamic multiplication on speed was calculated and the results obtained were compared with theoretical values. The real efficiency turned out to be somewhat lower than the theoretical one, which is explained by the presence in the installation, in addition to aerodynamic processes, of purely mechanical ones - friction, vibration, etc. The efficiency of converting wind energy into electricity in installations with aerodynamic multiplication is higher than in classical wind turbines. Conclusions were drawn about the confirmation of the theoretical results by the results obtained in the process of experimental operation of the TG-750 and the prospects for studying and implementing installations of this type.

Key words: wind power plant, aerodynamic multiplication, efficiency, power factor, braking factor.

Стрункін Гліб Миколайович – магістр, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії «Промислова електроніка», Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету. 69006, Запоріжжя, проспект Соборний, 226, e-mail: strunkingleb@gmail.com.

Стаття подана 09.08.2025.