

**Обґрунтування вітрофотоелектричної установки для електропостачання  
об'єктів автодорожньої інфраструктури**

*М. І. Трезуб, доктор технічних наук, професор*

*Білоцерківський національний аграрний університет О. І.*

*Тарасюк, аспірант*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: [oleg535135@gmail.com](mailto:oleg535135@gmail.com)*

***Анотація.** У статті розглянуто питання застосування генеруючих установок електричної енергії на базі відновлювальних джерел енергії.*

*Застосування автономних децентралізованих систем електропостачання набуває надзвичайно важливого значення. Відновлювана енергетика дозволяє організувати самодостатнє і децентралізоване енергопостачання і підвищити цінність місцевих ресурсів без залежності від імпорту або необхідності створення дорогих електричних мереж чи модернізації застарілих мереж, що мають надзвичайно високий рівень технологічних втрат.*

*Вітрофотоелектрична установка може використовуватися для децентралізованого електрозабезпечення у різних галузях народного господарства, зокрема, і для автономного електроживлення автодорожньої інфраструктури. Запропонована вітрофотоелектрична установка є комбінованою та використовується для генерування електроенергії з енергії вітру і електромагнітного потоку сонячного випромінювання.*

*Приділена увага особливостям будови вітрових установок та запропоновано відмінність конструкції, завдяки чому досягається технічний результат, який полягає у підвищенні ефективності використання горизонтальних вітрових потоків одночасно з різних напрямів та вихідних теплових і відцентрових потоків, а також повною керованістю азимутальним поворотом і зенітним нахилом фотоелектричних панелей. Окремо забезпечуються технічні можливості використання повітряних потоків, створених рухом автотранспорту і одночасних горизонтальних вітрів.*

***Ключові слова:** децентралізоване енергозабезпечення, вітрові потоки автотранспорту, автодорожня вітроустановка, вітрові потоки, аеродинамічна сила, вихровий рух*

***Актуальність.** Перспективи впровадження електростанцій малої потужності для живлення об'єктів транспортної інфраструктури зумовлено необхідністю підвищення надійності електропостачання, зменшення втрат електроенергії та модернізації електричних мереж. Незважаючи на велику кількість критиків і*

прихильників розвитку нетрадиційних та поновлювальних джерел енергії, все більше країн-імпортерів традиційних енергоносіїв виділяють кошти на реалізацію цього напрямку. Відновлювана енергетика дозволяє організувати самодостатнє і децентралізоване енергопостачання і підвищити цінність місцевих ресурсів без залежності від імпорту або необхідності створення дорогих енергомереж. Це особливо актуально для тих місць споживання, де немає доступу до сучасних енергосистем, або для їх модернізації чи будівництва вартість робіт є досить значною, що ставить під питання доцільності впровадження проекту. Застосування автономних децентралізованих систем електропостачання набуває важливого значення. Власне незалежне електропостачання, без перебоїв, шуму і забруднень навколишнього середовища – ось неповний перелік переваг власних систем, що працюють на відновлюваних джерелах енергії. Для найкращого ефекту використання систем на основі відновлювальної енергетики варто, для найбільшої надійності електрозабезпечення, використовувати комбіновану установку для отримання енергії сонця та вітру одночасно.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У відомих вітроенергетичних установках з вертикальною віссю [1] головною перевагою перед вітровими турбінами з горизонтальною віссю є кінематична простота і незалежність потужності від напрямку вітру. Однак вітроустановки з вертикальною віссю мають суттєво нижчий енергетичний ККД ніж вітроустановки з горизонтальною віссю.

Найбільш поширеними типами вітроустановок з горизонтальною віссю є суттєво різні вітроустановки Савоніуса і Дар'є, а також багато інших проміжних конструкцій. Вітроустановки, наприклад, вітродвигун [2], які близькі за принципом до конструкції Дар'є, мають вищий аеромеханічний ККД, однак потребують для пуску досить високих швидкостей вітру, а вітроустановки, які близькі за будовою до конструкції Савоніуса навпаки легше запускаються за низьких швидкостей вітру, однак мають нижчий ККД.

Для підвищення ефективності використання вітрового потоку вертикально-осьові вітроустановки пропонують виконувати із провисаючими лопатями без зміни моменту інерції, наприклад, віротурбіна [3]. При рухові за вітром провисаюча

лопать опирається на обмежувач і стає повною плоскою поверхнею перпендикулярно до напрямку вітру, а після повороту під час руху назустріч вітру обмежувач відсутній і лопатева поверхня встановлюється ребром проти вітру з мінімальною площею опору. Це дійсно дозволяє значно підвищити потужність, однак знижується надійність і ресурс за наявності рухомих вузлів на осі повороту лопатей і зростають шуми та вібрації за рахунок флатерних рухів. Крім того принципово неможливо використати радіальну аеродинамічну силу, створену обтіканням повітряного потоку випуклої поверхні лопаті.

**Мета дослідження** – обґрунтування типів вітрових установок і методів побудови установки з підвищеною ефективністю використання горизонтальних вітрових потоків одночасно з різних напрямів.

**Матеріали та методи дослідження.** При дослідженнях застосовувався графічний аналіз, теоретичні розрахунки, конструкторські дослідження, експериментальні дослідження, графічне моделювання.

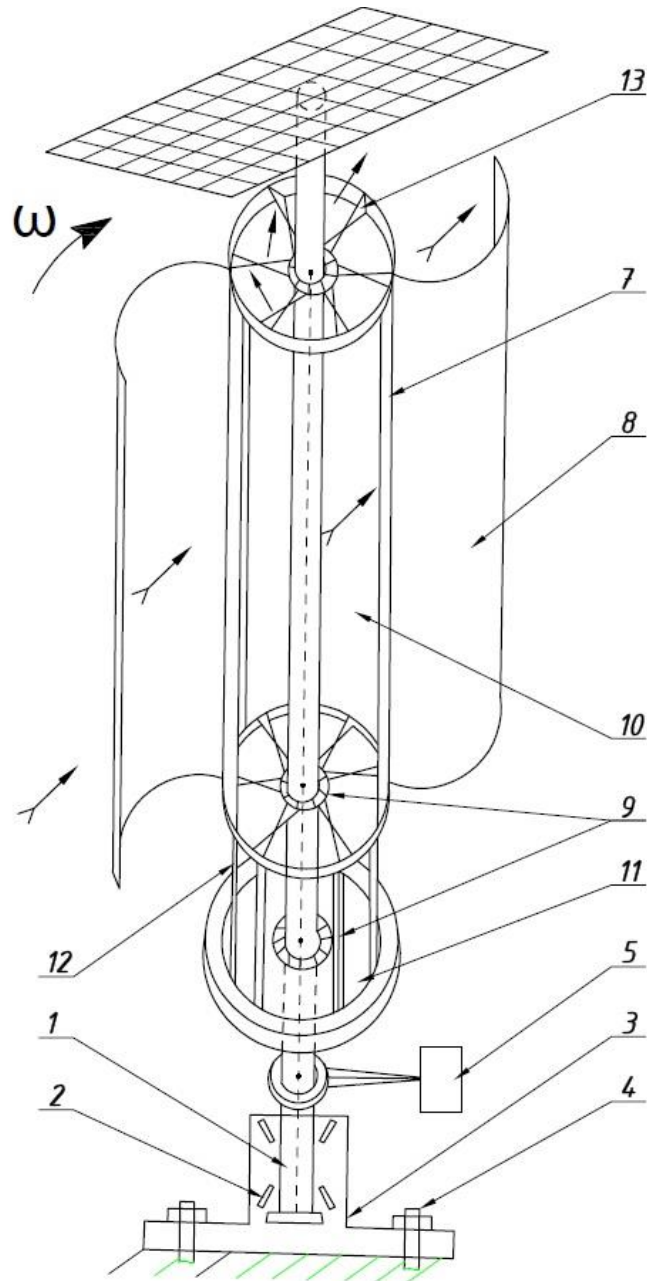
**Результати досліджень та їх обговорення.** Аналогом запропонованої вітроустановки є вітроустановка з вертикальною віссю [4], де лопаті виконані на поверхні циліндричної оболонки, закритої зверху і знизу дисковими кришками. Лопатеві поверхні розташовані всередині циліндричної оболонки і отримують додаткові повітряні потоки з окремих напрямних лопаток. У такій вітроустановці дійсно ефективно використовуються потоки вітру, які проходять всередині циліндричного ротора, однак принципово неможливо використати енергію висхідних повітряних потоків через суцільну верхню дискову кришку. Крім того лопаті виконані всередині циліндричної оболонки, що не дозволяє ефективно використовувати горизонтальні потоки вітру з різних напрямів.

Іншим аналогом є конструкція сонячної фотоелектричної установки [5], де вертикальний стояк виконаний стаціонарним з фотоелектричними панелями на верхньому кінці, а механізми азимутального повороту і зенітного нахилу розташовані під панелями. Така фотоелектрична установка дозволяє ефективно регулювати азимутальне та зенітне положення фотоелектричних панелей. Однак у випадку комбінованої вітрофотоелектричної установки таке розташування

приводних механізмів регулювання положення фотоелектричних панелей є недоцільним, оскільки знизу встановлена вертикальна вітрова турбіна унеможлиблює доступ для обслуговування без зупинки, а ще крім того корпуси механізмів за верхнього розташування перешкоджають рухові висхідних повітряних потоків.

Підвищення загальної енергетичної ефективності досягається за рахунок виконання верхньої частини лопатевих поверхонь вигнутими в протилежний від напрямку руху бік та напрямної оболонки з флюгерним рухом навколо ротора [6]. Це дозволяє використовувати сумарну енергію горизонтальних вітрових потоків та висхідних потоків від нагрітої сонцем поверхні. Дійсно, така конструкція дозволяє поєднати в одному пристрої кілька новацій, які спрямовані на одночасне використання енергії горизонтального потоку вітру та висхідного потоку, створеного нагрітою сонцем поверхнею. Однак рухома направляюча оболонка з флюгерним рухом не дозволяє використовувати одночасно горизонтальні вітрові потоки з кількох напрямів. Крім того, така установка не дозволяє отримувати електроенергію одночасно з механічної енергії вітру і електромагнітної енергії сонячного випромінювання.

При розробці запропонованої установки було поставлене завдання одночасного отримання електроенергії з горизонтальних вітрових потоків та електромагнітної енергії сонячного випромінювання. Воно виконується за рахунок того, що лопатеві поверхні виготовлені на циліндричній оболонці, встановленій на підшипниках на вертикальній поворотній стійці, на якій знизу під лопатевим ротором встановлений аксіальний генератор, нижче під яким закріплений механізм азимутального повороту і зенітного нахилу фотоелектричних панелей, які встановлені зверху над лопатевим ротором. На верхній і нижній основах циліндричної оболонки ротора виконані крильчасті лопаті з викрученою поверхнею пропорційно відстані від осі обертання. За такої будови підвищується ефективність використання горизонтальних вітрових потоків одночасно з різних напрямів та висхідних теплових і відцентрових потоків, а також повною керованістю азимутальним поворотом і зенітним нахилом фотоелектричних панелей.



**Рис. Вітрофотоелектрична установка**

Запропонована вітрофотоелектрична установка (рисунок) має вертикальну стійку 1, встановлену на підшипниках 2 у маточині 3, яка знизу закріплена до фундаменту анкерами 4. Вертикальна стійка 1 сполучена з механізмом 5 азимутального повороту і зенітного нахилу фотоелектричної панелі 6, встановленої на верхньому кінці вертикальної стійки 1. Циліндрична оболонка 7 з лопатями 8 встановлена на підшипниках 9 на вертикальній стійці. Між лопатями 8 в циліндричній оболонці 7 виконані наскрізні радіальні прорізи 10. Під лопатевим

ротором на вертикальній стійці на підшипниках 9 встановлений ротор електрогенератора 11, який сполучений з циліндричною оболонкою вітродвигуна за допомогою вертикальних тяг 12. На верхній і нижній основах циліндричної оболонки 7 виконані крильчасті лопаті 13 з поверхнею, викрученою пропорційно відстані від вертикальної осі. За допомогою цих лопатей 13 циліндрична оболонка 7 жорстко закріплена на підшипниках на вертикальній стійці. Напрямок обертання лопатей позначений стрілкою.

Принцип дії запропонованої вітрофотоелектричної установки полягає в тому, що горизонтальні вітрові потоки з будь-яких напрямів створюють більший аеродинамічний тиск на увігнуту робочу поверхню лопатей ніж на випуклу і в результаті цього лопатевий ротор обертається лише в одному напрямі навколо вертикальної стійки. Крім того вітрові потоки з різних напрямів, потрапляючи через наскрізні прорізи 10 всередину циліндричної оболонки 7 створюють вихровий рух і додаткові сили у напрямі обертання. Висхідні теплові потоки всередині циліндричної оболонки створені за рахунок нагрівання її сонцем, а також за рахунок нагрівання фотоелектричних панелей, встановлених над лопатевим ротором і діють на крильчасті лопаті 13, викликаючи додаткові сили в напрямі обертання. Вертикальні повітряні потоки крім того охолоджують фотоелектричні панелі 6, що підвищує їх потужність та ресурс. Механічна енергія обертального руху від корпусу циліндричної оболонки 7 передається через вертикальні тяги 12 на ротор електрогенератора 11, виробляючи електричну енергію. У фотоелектричних панелях 6 енергія сонячного випромінювання перетворюється в електричну енергію постійного струму.

**Висновки і перспективи.** Розроблена вітрофотоелектрична установка, яка може використовуватися для децентралізованого електрозабезпечення у різних галузях народного господарства, зокрема для автономного електроживлення автодорожньої інфраструктури. Її особливістю є те, що лопатеві поверхні виготовлені на циліндричній оболонці, встановленій на підшипниках на вертикальній поворотній стійці, на якій знизу під лопатевим ротором встановлений аксіальний генератор, нижче під яким закріплений механізм азимутального

повороту і зенітного нахилу фотоелектричних панелей, які встановлені зверху над лопатевим ротором. На верхній і нижній основах циліндричної оболонки ротора виконані крильчасті лопаті з викрученою поверхнею пропорційно відстані від осі обертання.

За такої будови досягається технічний результат, який полягає у підвищенні ефективності використання горизонтальних вітрових потоків одночасно з різних напрямів та висхідних теплових і відцентрових потоків, а також повною керованістю азимутальним поворотом і зенітним нахилом фотоелектричних панелей. Забезпечуються технічні можливості використання повітряних потоків, створених рухом автотранспорту і одночасних горизонтальних вітрів.

#### Список використаних джерел

1. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн.2. Ветроэнергетика. Харьков: 2004. 519 с.
2. Франц. заявка №2452008, F03D3/00, 21.01.80
3. ФРН, заявка №2952657, F03 D7/06, 02.07.81
4. Франц. заявка №2449209, F03 D3/02, 17.10.82
5. Патент на кор. мод. UA № 12663, F 24J 2/02, 15.02.2006
6. Патент на винахід UA 21977, F03D 1/04, F03G 7/00. 10.04.2007, бюл. № 4

#### References

1. Kryvtsov, V.S., Oleinikov, A. M., Yakovlev, A. I. Inexhaustible energy. Book 2. Wind energy Kharkov: 2004. –519 p.
2. Franz. application No. 2452008, F03D3/00, 21.01.80
3. Federal Republic of Germany, application No. 2952657, F03 D7/06, 07.02.81
4. Franz. application No. 2449209, F03 D3/02, 17.10.82
5. Patent on cor. fashion UA No. 12663, F 24J 2/02, 15.02.2006
6. Patent for the invention UA 21977, F03D 1/04, F03G 7/00. 10.04.2007, Bull. No.4

### **SUBSTANTIATION OF A WIND PHOTOELECTRIC INSTALLATION FOR POWER SUPPLY OF ROAD INFRASTRUCTURE OBJECTS**

*M. Tregub, O. Tarasyuk*

**Abstract.** *The article deals with the issue of the use of electric energy generating units based on renewable energy sources.*

*The use of autonomous decentralized power supply systems is becoming extremely important. Renewable energy makes it possible to organize a self-sufficient and decentralized energy supply and increase the value of local resources without dependence on imports or the need to create expensive electrical networks or modernize outdated networks with an extremely high level of technological losses.*

*A wind photovoltaic installation that can be used for decentralized power supply in various sectors of the national economy, in particular, for autonomous power supply of road infrastructure. The proposed wind photovoltaic installation is combined and is used to generate electricity from wind energy and the electromagnetic flow of solar radiation.*

*Attention is paid to the features of the structure of wind turbines and a design difference is proposed, thanks to which a technical result is achieved, which consists in increasing the efficiency of using horizontal wind flows simultaneously from different directions and outgoing thermal and centrifugal flows, as well as full controllability of azimuthal rotation and zenith tilt of photovoltaic panels. The technical possibilities of using air flows created by the movement of motor vehicles and simultaneous horizontal winds are provided separately.*

**Key words:** *decentralized energy supply, wind flows of motor vehicles, road wind turbine, wind flows, aerodynamic force, vortex motion*