

УДК 535.2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АГРОВОЛЬТАЇКИ НА БАЗІ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ

Голуб Г. А., Цивенкова Н. М.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розробка системи агровольтаїки передбачає інтеграцію інноваційних технологій вироблення сонячної енергії і фермерство на одній і тій самій ділянці [1]. Проте, щоб використання сонячних панелей фотоелектричних модулів (ФЕМ) було ефективним, потрібно визначати раціональні варіанти їх трекінгу. Також, окрім генерації електроенергії з енергії Сонця, ФЕМ повинні виконувати захисні функції для агрокультур та ґрунтів [2]. Зокрема: контролювати рівень сонячної радіації, яка надходить рослинам; сприяти зменшенню випаровування ґрунтових вод; створювати затінення рослин для підвищення їх врожайності [3].

Метою дослідження було визначити варіанти трекінгу ФЕМ, що забезпечить максимальну ефективність їх установки та дозволить підвищити середньорічну ефективність виробництва електроенергії ФЕМ. Це також забезпечить належне виконання захисних функцій для агрокультур та ґрунтів

Річна ефективність установки ФЕМ визначалася як річне середньозважене значення косинуса кута падіння променів Сонця $\cos\theta_Z^{an}$ на площину фотопанелі:

$$\cos\theta_Z^{an} = \frac{\sum_{i=1}^{365} a_i \cos\theta_{Zi}^d}{\sum_{i=1}^{365} a_i}, \quad (1)$$

де a_i – кутова довжина i -го дня, град.; $\cos\theta_{Zi}^d$ – денна ефективність установки ФЕМ.

Денна ефективність встановлення ФЕМ визначалася як середньозважене денне значення косинуса кута падіння променів Сонця на площину фотопанелі:

$$\cos\theta_{Zi}^d = \frac{\sum_{j=0}^{a_j} a_j \cos\theta_j}{\sum_{j=0}^{a_j} a_j}, \quad (2)$$

де a_j – поточне значення кутової довжини j -го дня від сходу до заходу Сонця, град.; $\cos\theta_j$ – відповідне кутовій довжині j -го дня значення косинуса кута падіння сонячних променів.

Денне значення ККД встановлення ФЕМ визначалося як денне середньозважене значення косинуса кута падіння сонячних променів на площину сонячної панелі. Значення денної ефективності встановлення ФЕМ 21 червня на екваторі та на широті $\varphi=50^\circ$ наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Денна ефективність установки фотомодулів 21 червня

Спосіб установки панелі на широті $\varphi=50^\circ$				
Горизонтальна а нерухома	Нерухома а під кутом широти	Трекінг у вертикальній площині	Трекінг у горизонтальній площині під кутом широти	Повний трекінг
44,73	45,87	50	95,87	100
Спосіб установки панелі на екваторі				
Горизонтальна нерухома		Трекінг у вертикальній площині	Трекінг у горизонтальній площині	Повний трекінг
45,87		50	95,87	100

Визначивши денну ефективність установки ФЕМ для кожного дня року та для кожного виду їх установки, як на широті $\varphi=50^\circ$, так і на екваторі, отримано значення річної ефективності їх встановлення. Результати приведені на рис. 1, 2.

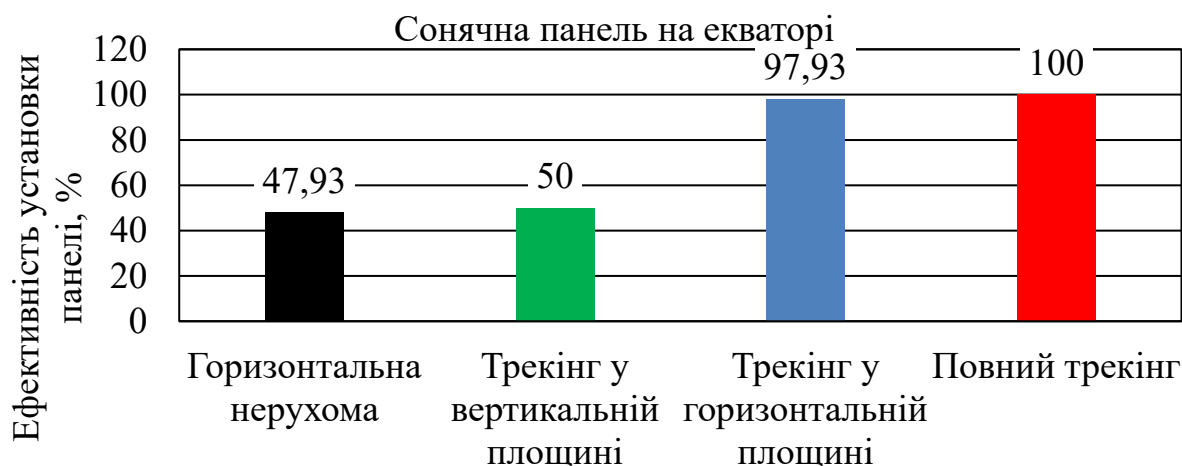


Рис. 1. Річна ефективність установки ФЕМ на екваторі

Результати досліджень щодо розрахунку ефективності установки ФЕМ показали, що трекінг у вертикальній площині для ФЕМ, встановлених на довільній широті, матиме ефективність установки 50 %. Це лише на 2,07 % більше, ніж для нерухомих ФЕМ. Зазначене свідчить про недоцільність використання ФЕМ із трекінгом у вертикальній площині.

У той же час, аналіз результатів досліджень свідчить, що ефективність установки ФЕМ із трекінгом у горизонтальній площині (поворот ФЕМ у горизонтальній площині для відслідковування Сонця по горизонту) для ФЕМ встановлених на довільній широті, матиме ефективність установки 97,93 %. Це на 2,07 % менше, ніж для ФЕМ, встановлених із можливістю

здійснення повного трекінгу (поворот ФЕМ у вертикальній та горизонтальній площинах для відслідковування Сонця по горизонту та висоті). Це свідчить про недоцільність використання ФЕМ із повним трекінгом та його заміною трекінгом у горизонтальній площині, що спрощує систему керування поворотом ФЕМ.

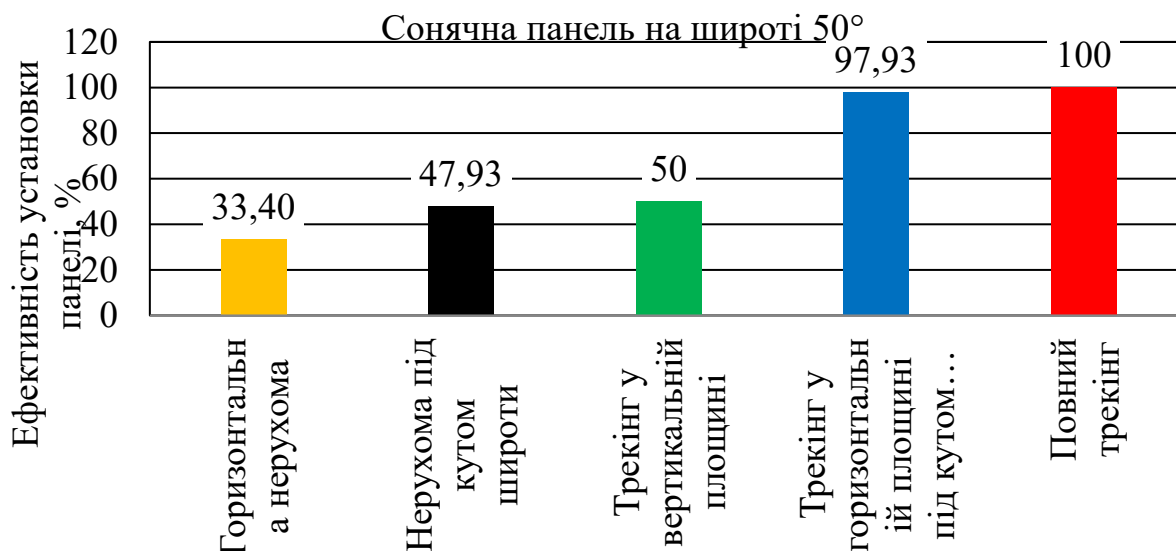


Рис. 2. Річна ефективність установки ФЕМ на широті $\varphi=50^\circ$

Слід зазначити, що дані результати мають багаточисельне експериментальне підтвердження в науковій літературі [14–20].

Обмеження дослідження: результати щодо ефективності установки ФЕМ дозволяють встановити взаємозв'язок між річною ефективністю установки ФЕМ та варіантом їх встановлення на земній поверхні від екватора до значення широти $66,55^\circ$.

Основним недоліком даного дослідження є те, воно не пояснює незначне відхилення оптимальних кутів встановлення ФЕМ, встановлених експериментально, від кутів установки, визначених за даною методикою, і які мають значення, що відповідають значенням широти місця установки ФЕМ.

Висновки. Ефективність установки ФЕМ на кожній широті може дорівнювати ефективності установки ФЕМ на екваторі, а саме 47,93 % у випадку встановлення ФЕМ під кутом нахилу до горизонту, який дорівнює широті. Трекінг ФЕМ у вертикальній площині дозволяє підвищити ефективність установки ФЕМ до 50 %. Порівняно із повним трекінгом, трекінг у горизонтальній площині під кутом широти дозволяє отримати ефективність установки ФЕМ на рівні 97,93 %. Також при зазначених кутах встановлення ФЕМ спостерігалася зростання врожайності сої на 12%. Дослідження проводилися в фермерському господарстві, розташованому в Київській області, на широті $\varphi=50^\circ$.

Подальший розвиток даного дослідження має полягати у визначенні оптимальних значень кутів встановлення ФЕМ, які б повністю співпадали із експериментальними даними. Також виконані дослідження можуть бути основою для подальшого проведення техніко-економічного обґрунтування способів установки ФЕМ на різних широтах.

Список використаних джерел

1. Satpathy, R. K., Pamuru, V. Solar PV Power: Design, Manufacturing and Applications from Sand to Systems, 1st Edition. Academic Press, 2020. 520. ISBN-13:978-0128176269

2. Golub, G., Tsyvenkova, N., Nadykto, V., Marus, O., Yaremenko, O., Omarov, I., Holubenko, A., Sukmaniuk, O., & Medvedskyi, O. (2024). Determining the influence of mounting angle on the average annual efficiency of fixed solar photovoltaic modules. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(8 (128)), 26–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300485>

3. Wang, G., Zhang, Zh., Lin J. (2024). Multi-energy complementary power systems based on solar energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 199, 114464. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114464>

ISBN 978-617-8102-06-7

Міністерство освіти і науки України
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
Механіко-технологічний факультет
Кафедра сільськогосподарських машин
та системотехніки імені академіка П. М. Василенка

ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XXV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"Сучасні проблеми землеробської механіки"
(17–19 жовтня 2024 року)

*присвяченій 124-й річниці з дня народження академіка
Петра Мефодійовича Василенка, 95-й річниці з дня заснування
механіко-технологічного факультету НУБіП України*



Київ – 2024

ББК40.7

УДК 631.17+62-52-631.3

JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42

З 38

Рекомендовано до друку збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" вченою радою механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України від 15 жовтня 2024 року протокол № 3.

Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. 527 с.

ISBN 978-617-8102-06-7

В збірнику тез представлено анотований зміст доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок з: розвитку сучасної землеробської механіки; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для рослинництва; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для тваринництва; смарт-технологій машиновикористання, інженерного менеджменту, технічного сервісу; транспортних технологій та логістики; історії аграрної освіти і науки; будівництва сільських територій; надійності машин для сільського, лісового і водного господарств та харчових технологій; удосконалення та нові розробки біотехнологічних процесів і технічних засобів.

Організаційний комітет:

Ткачук В.А. – д.е.н., проф., ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), голова.

Ніколаєнко С.М. – д.п.н., проф., академік НАПН, академік НААН, президент НУБіП, співголова.

Тонха О.Л. – д.с.-г.н., проф., проректорка з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП, співголова.

Братішко В.В. – д.т.н., проф., декан НУБіП, співголова.

Войтюк Д.Г. – к.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри НУБіП, співголова.

Адамчук В.В. – д.т.н., проф., академік НААН, директор ІМА АПВ.

Аулін В.В. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.

Барановський В.М. – д.т.н., проф., ТНТУ імені Івана Пулюя.

Борак К.В. – д.т.н., проф., заступник директора ЖАТФК.

Бредихін В.В. – д.т.н., доц., декан ДБУ.

Вергунов В.А. – д.с.-г.н., д.і.н., проф., академік НААН, директор ННСГБ НААН.

Вечера О.М. – ст. викл. кафедри НУБіП, секретар оргкомітету конференції.

Гуменюк Ю.О. – к.т.н., доц., завідувач кафедри НУБіП.

Гуцол О.П. – к.т.н., доц., керівник приватного підприємства.

Зубко В.М. – д.т.н., проф., декан СНАУ.

Іванишин В.В. – д.е.н., проф., академік НААН, ректор ЗВО «ПДУ».

Іценко Т.Д. – к.п.н., проф., директор ДУ «НМЦВФПО».

Калетнік Г.М. – д.е.н., проф., академік НААН, президент ВНАУ.

Кірчук Р.В. – к.т.н., проф., декан ЛНТУ.

Кобець А.С. – д.н. з держ. упр., проф., ректор ДДАЕУ.

Ковалишин С.Й. – к.т.н., проф., декан ЛНУП.

Гуцол О.П. – к.т.н., власник і бенефіціар аграрних компаній.

Козаченко Л.П. – президент Української аграрної конфедерації.

Кравчук В.І. – д.т.н., проф., академік НААН, директор УМІ АПІ.

Кропівний В.М. – к.т.н., проф., ректор ЦНТУ.

Кульгавий В.Ф. – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів».

Кюрчев В.М. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, радник ректора ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Кюрчев С.В. – д.т.н., проф., ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Лавріненко О.Т. – к.т.н., доц. кафедри НУБіП.

Лукач В.С. – к.п.н., проф., директор ВП НУБіП «НАТІ».

Маруцак П.О. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ імені Івана Пулюя.

Мельник В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ДБУ.

Мироненко В.Г. – д.т.н., проф., ІМА АПВ.

Мороз О.О. – Голова Верховної Ради України двох скликань.

Надикто В.Т. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Панцир Ю.І. – к.т.н., доц., декан ЗВО «ПДУ».

Пастухов В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.

Пилипака С.Ф. – д.т.н., проф., завідувач кафедри НУБіП України.

Пугач А.М. – д.н. з держ. упр., проф., декан ДДАЕУ.

Пушка О.С. – к.т.н., доц., проректор УНУС.

Ребенко В.І. – к.т.н., доц., доцент кафедри НУБіП.