

Замула Христина Петрівна — здобувач, Інститут агроекології і природокористування, вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: h-zamula@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4712-7554>).

УДК 621.311.243:631(477)

DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2020.212601>

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ СОНЯЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

М.О. Тонюк,
кандидат економічних наук, старший науковий співробітник
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: toniukmaryna@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3810-8864>).

У статті висвітлено тенденції впровадження комплексних сонячних установок у сфері агропромислового виробництва, виокремлено основні завдання енергозабезпечення та енергозбереження в діяльності сільськогосподарських підприємств. Предметом дослідження є теоретичні, методичні та прикладні аспекти забезпечення енергоресурсами процесів виробництва сільськогосподарської продукції. Метою дослідження — обґрунтування доцільності застосування саме комплексних сонячних установок для енергозабезпечення підприємств агропромислового комплексу. Методичною основою дослідження стала система загальнонаукових і спеціальних методів, що включають діалектичний метод наукового пізнання, системне опрацювання розробок вітчизняних і зарубіжних дослідників, сучасної економічної теорії, теорії менеджменту, організації та систем, еволюційної теорії фірми, теорії інформації і комунікації. При систематизації теоретичних основ застосування комплексних сонячних установок використовувався метод наукової абстракції, при визначенні особливостей застосування комплексних сонячних установок в агропромисловому комплексі України використано метод системно-структурного аналізу, при дослідженні проблем застосування комплексних сонячних установок в агропромисловому комплексі України використано метод логічного узагальнення, а методи аналізу, синтезу й графічний застосовувався для розробки організаційних заходів використання комплексних сонячних установок в агропромисловому комплексі. В публікації визначено основні проблеми енергозабезпечення, без усунення яких сільськогосподарські споживачі, підключені до централізованої системи електропостачання, будуть істотно втрачати прибутки від власної діяльності. Запропоновано способи підвищення ефективності використання сонячних установок, серед яких: розробка прогресивних технологій виготовлення комплексних сонячних установок, спрямованих на зменшення їх вартості та збільшення коефіцієнта корисної дії (ККД); використання концентраторів сонячного випромінювання; застосування систем стеження за Сонцем. Розраховано економічні показники використання комплексних сонячних установок в агропромисловому комплексі. Наведено результати розрахунку економічної ефективності застосування систем сонячних установок для електропостачання агропромислових підприємств.

Ключові слова: альтернативна енергетика, сонячна енергія, агропромисловий комплекс, сонячні установки, економічна доцільність.

.....

ВСТУП

Сектор агробізнесу в Україні є одним з найбільших споживачів енергоресурсів. Для розвитку сільськогосподарського виробництва, завдання безперервного та у повному обсязі електропостачання споживачів цієї сфери бізнесу знаходиться в числі пріоритетних. Однак виконання цього завдання викликано істотни-

ми проблемами, що пов'язані з великою протяжністю електричних мереж, при відносно малій потужності електроустановок, сезонним характером навантаження, а також нетривалістю використання встановленої потужності, викликають значні втрати електроенергії і збільшують витрати на її передачу. Все це, насамперед, веде до зниження ефективнос-

ті виробництва сільськогосподарської продукції.

Одним із способів вирішення існуючих проблем електропостачання сільськогосподарських споживачів є збільшення масштабів застосування комплексних сонячних установок. Незважаючи на переваги використання сонячної енергії для продукування електрики, її практичне використання, як джерела електричної енергії в Україні не отримало ще помітного поширення. До перешкод розширення застосування сонячних установок відносять високу вартість і низький коефіцієнт корисної дії сонячних фотоелектричних елементів, нестабільність вироблюваної ними електричної енергії, пов'язаної з просторовою мінливістю надходження сонячної радіації, її неухвалюваністю, низькою щільністю. Серед способів підвищення ефективності роботи сонячних установок є максимізація використання сонячного потоку із застосуванням систем стеження, які дають можливість постійно змінювати просторову орієнтацію фотоелементів сонячної установки. При цьому, вплив застосування механізмів просторової орієнтації фотоелементів сонячних установок на ефективність роботи цих установок з урахуванням часових, географічних і кліматичних факторів досліджено недостатньо. Тому підвищення ефективності використання сонячних установок на основі застосування механізмів просторової орієнтації фотоелементів є актуальним завданням як для інженерів, так і для економістів.

Мета роботи — обґрунтувати доцільність застосування комплексних (з механізмами просторової орієнтації фотоелементів) сонячних і установок для енергозабезпечення підприємств агропромислового комплексу.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Останнє десятиліття характеризується активізацією інтересу науковців і практиків до проблем розвитку сонячної енергетики в аграрному секторі економіки з огляду на її значущість у контексті екології та енергобезпеки. Савченком Є.А. [1] узагальнено існуючі погляди щодо економічної та екологічної доцільності розвитку сонячної енергетики в сільському господарстві та надано рекомендації щодо створення умов для реалізації дії чинників розвитку сонячної енергетики в контексті вимог економіки природокористування і зрівноваженого розвитку агропромислового комплексу. Гнатів А.В. [2], надав загальну характеристику термоелектричного, термоємісійного і фотоелектричного перетворення сонячної енергії в електричну. Бацала Я.В. [3] провела аналіз

основних показників якості електроенергії, яка виробляється сонячними електростанціями Прикарпатського регіону і подається в електросистему, та навела критерії впливу сонячних електростанцій на електротехнічне обладнання, системи релейного захисту та автоматики і надійність елементів енергосистеми. Стадніком М.І. [4] запропоновано методіку вибору встановленої потужності сонячної електростанції не лише на основі перепадів рівня споживання електроенергії, а і на основі перепадів рівня генерації.

Однак, у роботах цих вчених, не розглянуті проблеми економічної ефективності та особливостей державного регулювання безперервного енергопостачання сільськогосподарських підприємств з урахуванням впливу різних ризиків у цій сфері в останні роки. Крім того, вкрай мало наукових і прикладних розробок з економічного аналізу та запровадження механізмів розвитку сонячної енергетики в агропромисловому комплексі України. Статистика використання сонячних установок залишається вельми фрагментарною і різномірною за набором показників і методик їх обчислення. Найвні дослідження про розвиток сонячних установок, як інструменту енергоефективності, найчастіше не зачіпають питання їх порівняної вартості і строків впровадження нових технологій.

Наукові дослідження українських і зарубіжних вчених переважно спрямовані на вивчення окремих складових та чинників, необхідних для ефективного впровадження відновлювальних джерел енергії в Україні, але не мають цілісності й системності стосовно проблем і перспектив застосування автономних джерел електропостачання підприємств агропромислового комплексу на базі вітрової та сонячної енергії.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

При проведенні дослідження, зважаючи на поставлені завдання, застосовувались загальнонаукові та специфічні методи дослідження. Серед них: метод наукової абстракції — при систематизації теоретичних основ застосування комплексних сонячних установок, метод системно-структурного аналізу — при визначенні особливостей застосування комплексних сонячних установок в агропромисловому комплексі України; метод логічного узагальнення — при дослідженні проблем застосування комплексних сонячних установок в агропромисловому комплексі України; метод аналізу і синтезу, графічний метод для розробки організаційних заходів застосування комплексних сонячних установок в агропромисловому комплексі.

На основі аналізу наукових джерел розглянуто теоретичні основи сонячної енергетики, узагальнено переваги та недоліки генерації електроенергії з сонячного випромінювання, окреслено тенденції розвитку ринку сонячної енергетики. Вірогідність та обґрунтованість одержаних результатів обумовлено використанням загальнонаукових і спеціальних статистичних методів. Статистичну обробку отриманих результатів досліджень здійснено з використанням універсальних пакетів комп'ютерних програм.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сонячне світло є не лише одним з основ життя на землі, а й досить унікальним, екологічно чистим і невичерпним джерелом енергії. Через деякий час людині доведеться відмовитися від використання викопного палива на користь відновлювальних джерел енергії. Одним з основних способів отримання поновлюваного тепла і електрики в майбутньому буде перетворення сонячного випромінювання, що приведе, швидше за все, до їх поліпшеної модернізації, дасть поштовх розвитку їх виробництва і не тільки. Повсюдне впровадження в життя людини сонячної енергії допоможе розвитку нових галузей науки, виробництва, матиме позитивний вплив на якість життя на планеті.

Сільськогосподарське виробництво є одним з найпотужніших серед споживачів енергетичних ресурсів в Україні. Однак, енергетична безпека нашої країни загалом забезпечується в сфері електроенергетики, яка має істотні

проблеми: високу спрацьованість основних виробничих засобів (майже 70% обладнання в розподільному електромережевому комплексі), високі втрати в електричних мережах, багаторазове протягом короткого проміжку часу зростання витрат на виробництво і розподіл електроенергії. Без усунення цих проблем в електроенергетиці, споживачі, у тому числі і в агросекторі, підключені до централізованої системи електропостачання, зіткнуться з проблемами значного зниження надійності електропостачання. Це, своєю чергою, призведе до матеріальних збитків через зменшення обсягів виробництва і псування сільськогосподарської продукції [5, с. 15].

Розглянемо динаміку та структуру джерел електроенергії в Україні (табл. 1).

Таку структуру виробництва зумовлено специфікою структури генеруючих потужностей української електроенергетики, яку переобтяжено базовими потужностями і характеризується гострим дефіцитом маневрених потужностей. У 2019 р. за фактичними даними обсяг виробництва електроенергії електростанціями України, які входять до Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України, загалом становив 153 964,8 млн кВт/г, що на 5 385,8 млн кВт/г, або на 3,4% менше, ніж у 2018 р.

Світовий досвід застосування технологій вітрової та сонячної енергетики малої потужності, що можуть бути використані для підвищення енергетичної автономії агропромислових підприємств, свідчить про те, що основні переваги цих енергосистем будуть найкращим чи-

Таблиця 1

Динаміка і структура виробництва електроенергії в ОЕС України у 2014–2019 рр.

Виробіток електроенергії	2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	млрд кВт/год	%	млрд кВт/год	%	млрд кВт/год	%	млрд кВт/год	%	млрд кВт/год	%	млрд кВт/год	%
ТЕС та ТЕЦ	75,0	41,2	55,2	35,1	56,6	35,6	55,8	35,9	58,81	36,9	55,79	36,2
ГЕС та ГАЕС	9,1	5,0	6,8	4,3	9,1	6,0	10,6	6,8	12,01	7,5	7,87	5,1
АЕС	88,4	48,6	87,6	55,7	80,9	52,3	85,6	55,1	84,39	53,0	83,00	53,9
Альтернативні джерела (ВЕС, СЕС, біомаса)	1,7	0,9	1,5	0,9	1,5	1,0	1,9	1,2	2,63	1,7	5,5	3,6
Блок-станціями та іншими джерелами	7,8	4,3	6,1	3,9	5,6	3,7	1,5	1,0	1,51	0,9	1,77	1,1
Всього	181,9	100	157,3	100	154,8	100	155,4	100	159,35	100,0	153,97	100,0

Джерело: розроблено автором на основі [6].

ном реалізовані в агропромисловому комплексі шляхом монтажу та введення в експлуатацію вітрових установок (ВЕС), сонячних електростанцій (СЕС) і геліоколекторів для нагріву води (ГКВ). До цих переваг належать:

- зниження екологічного навантаження на довкілля порівняно з традиційними способами отримання електричної енергії, за рахунок уникнення викидів шкідливих речовин (діоксиду сірки, оксидів азоту, пилу, парникових газів), а також майже повної відсутності відходів;

- стабільність та прогнозованість витрат на 1 кВт/год електроенергії незалежно від зовнішніх макроекономічних чинників та геополітичної ситуації у світі;

- вітровий потік та енергія сонячного випромінювання є невичерпними на відміну від традиційних джерел вироблення електричної енергії;

- повна автономність вітрогенераторів та геліоколекторів, що виключає необхідність використання інших джерел енергії для забезпечення їхнього функціонування;

- висока ергономічність, що зумовлена незначною трудомісткістю монтажних робіт та обслуговування обладнання малої потужності, компактність площі розміщення вітрових енергетичних установок, можливість встановлення сонячних панелей та геліоколекторів на поверхнях, що не використовуються для виробничих цілей (дахи будівель і споруд, земельні ділянки, непридатні для здійснення господарської діяльності тощо).

Використання цих переваг дало поштовх до динамічної розбудови об'єктів сонячної енергетики України (рис. 1).

Розбудова сонячної енергетики є одним із ключових векторів реформування енергетичного сектору України, що задекларовано в Енергетичній стратегії України до 2035 р. та Національному плані дій з відновлювальної енергетики до 2020 р. Так, у період з 2014 по 2019 рр. кількість сонячних електростанцій в Україні збільшилась у понад 5 разів. Загальна встановлена потужність об'єктів сонячної енергетики також має стабільну тенденцію до збільшення. За період, що аналізується, вона зросла в 3,4 раза (рис. 2).

На сьогодні темпи розвитку сонячної енергетики не відповідають світовим тенденціям і потребам України. Основною причиною такої ситуації є відсутність довгострокового кредитування, яке б дало змогу залучати фінансові ресурси для реалізації інвестиційних проєктів «зеленої» енергетики за доступними відсотковими ставками. Обсяг генерації електроенергії

сонячними електростанціями у 2019 р. становив 1312 млн кВт/год, що більше ніж у 2 рази перевищило показник 2014 р. (рис. 3), хоча істотне зростання почалося лише у 2017 р.

Варто зазначити, що станом на кінець 2019 р. у загальному балансі електроенергії з відновлювальних енергетичних ресурсів частка електроенергії, згенерованої сонячними електростанціями займала провідну позицію порівняно з іншими технологіями відновлювальної енергетики, і становила 47%. Водночас у загальному балансі електричної енергії цей показник становив лише 0,89%, оскільки загальна частка електроенергії з усіх відновлювальних енергетичних ресурсів в Україні станом на кінець 2019 р. сягала лише 1,9%.

Енергетика сільського господарства має ряд специфічних особливостей: мала одинична потужність; велика протяжність електричних, теплових, газових мереж; наявність великих територій (малонаселених), де ведеться сільськогосподарське виробництво, але не мають централізованого енергопостачання. Ці особливості накладають додаткові вимоги до систем енергозабезпечення. До основних завдань енергозабезпечення та енергозбереження в сільському господарстві України відносяться:

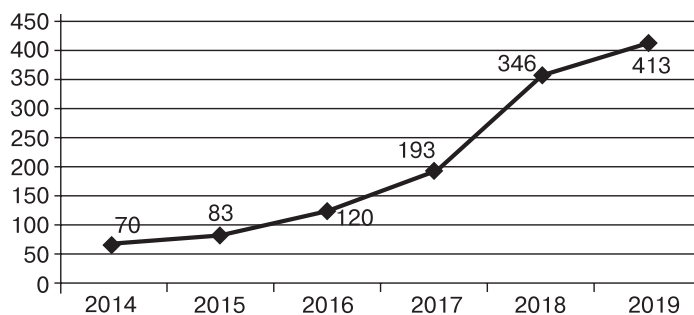


Рис. 1. Кількість сонячних електростанцій в Україні у 2014–2019 рр.

Джерело: розроблено автором на основі [6].

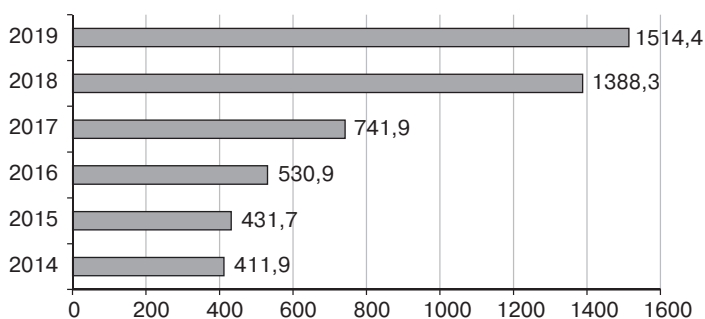


Рис. 2. Загальна встановлена потужність сонячних електростанцій в Україні у 2014–2019 рр., МВт

Джерело: розроблено автором на основі [6].

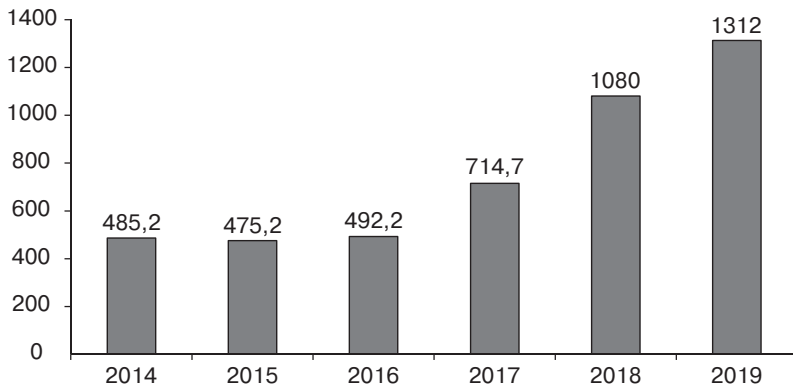


Рис. 3. Обсяг згенерованої електроенергії сонячними електростанціями в Україні у 2014–2019 рр., млн кВт/год

Джерело: розроблено автором на основі [6].

- забезпечення зростаючих потреб сільського господарства в енергоресурсах;
- забезпечення економічного, надійного та сталого енергопостачання сільських об'єктів при зниженні аварійних відключень і перерв в енергопостачанні агропромислового комплексу в 2–3 рази, підвищення рівня безпечної експлуатації енергетичного обладнання;
- раціоналізацію структури паливно-енергетичного балансу з широким використанням поновлюваних та місцевих енергоресурсів;
- зниження залежності від централізованого енергопостачання ряду сільських споживачів за допомогою самозабезпечення енергією на базі власних та нетрадиційних енергоресурсів з виробленням енергії на місцях відповідно до ресурсів регіонів.

У вирішенні кожного з цих завдань — створення і широке впровадження систем енергозабезпечення, які використовують відновлювані джерела енергії, мають відіграти істотну роль. Одним із перспективних шляхів вирішення енергетичних та екологічних проблем є розвиток відновлювальних джерел енергії, яким в останні роки приділяється дедалі більша увага. З усіх видів ВДЕ найшвидше зростання (до 50% в рік) характерне для розвитку фотоенергетики, незважаючи на відносно високу вартість [7, с. 46]. При існуючих темпах розвитку і впровадженні нових технологій, вартість електричних теплосистем до 2025 р. знизиться в 2–3 рази. Сонце як ресурс є повсюдно. Сонячні батареї володіють найбільшим потенціалом зі швидкого поліпшення економічних і технічних характеристик і збільшення обсягів випуску, найбільшою дробністю встановленої потужності і є найбільш жорстким варіантом за вартістю при визначенні показників та індикаторів впровадження ВДЕ. Зокрема, ведуться роботи з розвитку комплексних сонячних установок, що безпосередньо перетворюють сонячне випро-

мінювання в електричну енергію [8, с. 58]. Застосування комплексних сонячних установок обумовлено рядом переваг: можливістю забезпечення електропостачання автономних споживачів різної потужності, необмеженістю запасів сонячної енергії, відносною надійністю і довговічністю, можливістю повної автоматизації, відсутністю шуму, екологічною чистотою у використанні тощо. Для сільських об'єктів обрана встановлена потужність таких систем 0,2 ÷ 10 кВт. Вони можуть забезпечити 1–30 будинків залежно від регіону і споживаної потужності [9].

Незважаючи на розробку різних типів сонячних елементів, кристалічні кремнієві комплекси сонячні установки домінували з самого початку розвитку фотоелектричних технологій і займають наразі понад 85% ринку [10]. Це пояснюється високою поширеністю кремнію в природі, відносно його дешевизною і розвиненістю індустрії з виробництва напівпровідникових приладів на основі кремнію, що впливають на вартість кремнієвих комплексних сонячних установок, яка залишається відносно низькою порівняно з різними типами існуючих сьогодні комплексних сонячних установок, наприклад, арсенід галієвих [11, с. 105].

Комплексна сонячна установка складається з ряду функціональних частин, якими є фотогальванічні елементи, акумулятори, інвертори та контролери заряду (рис. 4).

Водночас одним із ключових ланок всієї системи є саме акумуляторна батарея, тому що найчастіше вона має найнижчий термін експлуатації. Ця батарея швидше, ніж інші компоненти, приходить у непридатність, а також вельми вимоглива до умов експлуатації. Для забезпечення безперервної роботи акумуляторів, спільно з іншими компонентами, крім забезпечення необхідних експлуатаційних умов необхідно також забезпечити оптимальний режим його заряду і розряду. Від правильно обраної ємності акумуляторних батарей, струму заряду, а також параметрів перемикачів залежить остаточний термін служби акумуляторів і ефективність всієї системи загалом. Існує кілька способів заряду акумуляторних батарей. Вибір способу залежить від умов роботи акумулятора, потрібного числа циклів перезарядження, потужності, температури середовища і багатьох інших параметрів. Найпростіший і безпечний метод зарядки акумулятора — це метод I-U (метод струму — напруги) [8, с. 89]. Для зарядки акумулятора цим способом спо-

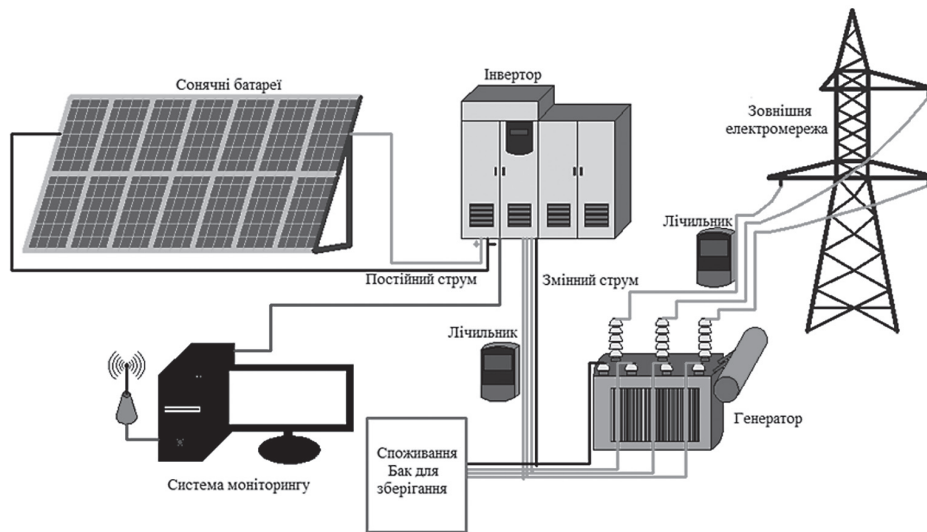


Рис. 4. Схема комплексної сонячної установки

Джерело: [18].

чатку його заряджають постійним струмом, а після досягнення певного значення напруги заряджають акумулятор, підтримуючи на ньому постійну напругу. При цьому початковий струм заряду вибирають, орієнтуючись на ємність акумулятора, за таким правилом: значення струму заряду рекомендується встановлювати близько 10% від чисельного значення ємності акумулятора в ампер-годинах. При більш високих значеннях струму (особливо при значенні понад 30%) може призвести до пошкодження акумулятора через нагрівання електроліту [12, с. 52]. Максимальне значення струму заряду, зазвичай встановлюється виробником, становить 20% або 30% від номінального значення ємності в ампер-годинах [13, с. 234].

На рис. 5. представлено фото комплексної сонячної установки.

Економічна доцільність монтажу та введення в експлуатацію комплексної сонячної установки для підприємства агропромислового комплексу визначається за критеріями економічної ефективності її функціонування. Методи визначення економічної ефективності поділяються на статистичні, які не враховують фактор часу і динамічні, що враховують його. Динамічний метод розрахунку застосовується у випадках, коли термін реалізації проєкту великий і розглядається весь період його використання [14]. Як показники економічної ефективності в цьому методі використовується чистий дисконтований дохід, індекс прибутковості тощо. При невеликих термінах реалізації (окупності) проєкту для визначення економічної ефективності у вітчизняній і зарубіжній практиці найчастіше застосовуються статистичні методи, пов'язані з розрахунком

терміну окупності. Термін окупності, являє собою період часу, упродовж якого капітальні вкладення окупаються за рахунок зниження поточних витрат.

Необхідні початкові витрати для монтажу та введення в експлуатацію комплексної сонячної установки наведені в табл. 2.

З даних табл. 2 видно, що основна частина інвестицій іде на покупку і установку сонячних батарей і генераторів. Крім того, слід врахувати, що генератор має високі експлуатаційні витрати. Сонячні батареї не вимагають постійного обслуговування, але час від часу, вони потребують уваги протягом усього терміну служби приблизно 25 років. Залежно від розташування сонячних панелей можуть накопичуватися листя з дерев або бруд, тоді необхідно час від часу очищати їх від листя дерев і бруду. Щорічне технічне обслуговування сонячних панелей, в тому числі профілактичні та аварійно-екзаменаційні роботи будуть коштувати 80 000 грн в рік. Заробітна плата розраховується з використанням середнього значення заробітної плати для даної галузі і з урахуванням зміни заробітної плати по регіону (Київська область). Зарплата для галузі і персоналу з 3 чоловік становитиме 798 240 грн щороку.

Витрати на експлуатаційне і технічне обслуговування в перший рік наведені в табл. 3.

З даних табл. 3 видно, що частка витрат на обслуговування сонячних батарей дуже мала, і залишиться невеликою упродовж усього терміну служби обладнання. Основна частина — це витрати на паливо для генератора. Всього в перший рік буде витрачено 173914 тис. грн.

Інвестування у такий проєкт може здійснюватися за рахунок власних коштів підпри-

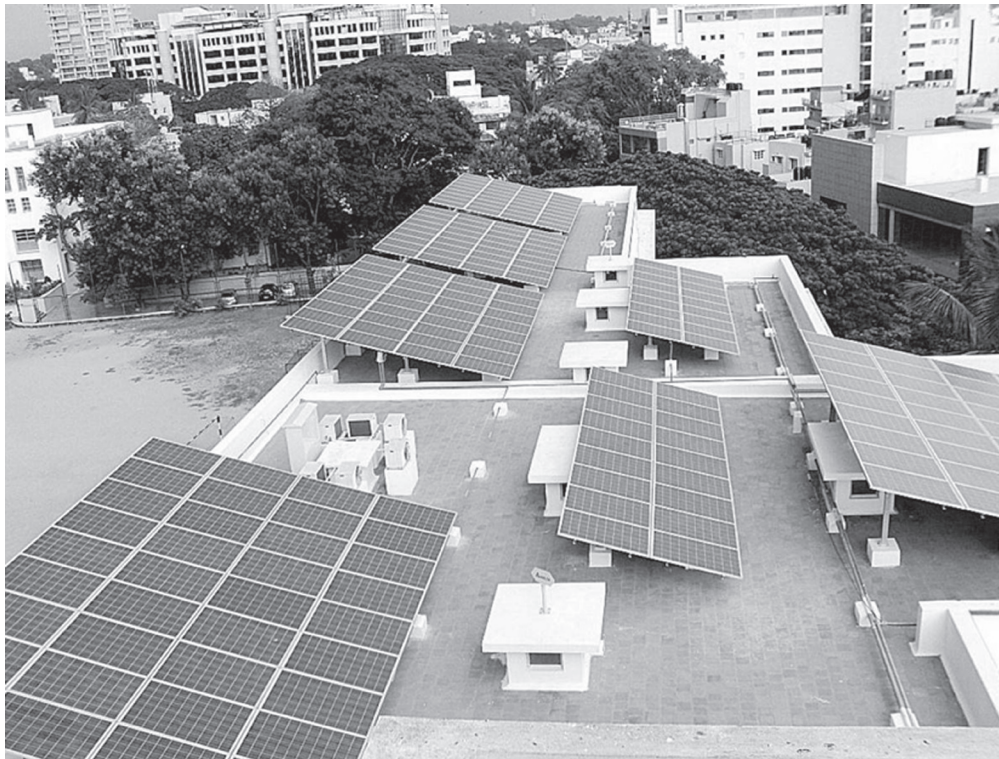


Рис. 5. Фото комплексної сонячної установки
Джерело: [18].

Таблиця 2

Початкові витрати на монтаж та введення комплексної сонячної установки для підприємства агропромислового комплексу

Елемент витрат	Кількість одиниць, од.	Загальна вартість, тис. грн
Придбання генератора (з урахуванням монтажного обладнання і кабелів)	4	77 700
Придбання сонячних модулів (з урахуванням монтажного обладнання і кабелів)	1600	36 864
Придбання інвертора (з урахуванням монтажного обладнання і кабелів)	16	7 427
Придбання баку для зберігання (з урахуванням монтажного обладнання і кабелів)	1	420
Транспортування придбаного обладнання і його монтаж		12 199
Інші витрати		10 287
Всього		144 898

Джерело: розроблено автором на основі [15].

емства або за рахунок банківського кредиту. Найбільш впливовим чинником при виборі типу інвестування є величина ставки дисконтування порівняно із рівнем прибутковості агропромислового підприємства. Ця ставка враховує зміну вартості грошей і ризик або невизначеність майбутніх грошових потоків. Для оцінки очікуваної ставки дисконтування для наших інвестицій було обрано облікову ставку НБУ у

6% з коригуванням на річний показник інфляції у 2,4% [16], загалом 8,4%.

У якості базової ціни для порівняння витрат на постачання електроенергії обрана ціна на такі послуги від «Київської обласної енергопостачальної компанії», яка становить 168 коп./кВт·год [16]. Виробнича потужність запропонованої комплексної сонячної установки для підприємства агропромислового комплексу

Витрати на експлуатаційне і технічне обслуговування

Експлуатаційні витрати	Вартість (тис. грн)
Технічне обслуговування сонячних панелей	80
Технічне обслуговування генератора	176
Транспортування палива	870
Зарплата	798
Паливо для генератора	27 091
Всього	29 016

Джерело: розроблено автором на основі [15].

становить 188 000 тис. кВт/рік [15]. Таким чином, річна економія впровадження комплексної сонячної установки становить 248 640 тис. грн. Як бачимо, витрати на впровадження пропонуваної комплексної сонячної установки для підприємства агропромислового комплексу покриваються менше, ніж за рік, що підтверджує економічну ефективність її впровадження.

Перешкодою активному впровадженню комплексних сонячних установок, поряд із високою вартістю, є нестабільність виробленої ними електричної енергії, що пов'язано з тимчасовою мінливістю приходу сонячної радіації, її низькою щільністю і залежністю від кліматичних і географічних умов. Основними відомими способами підвищення ефективності комплексних сонячних установок є: розробка прогресивних технологій виготовлення комплексних сонячних установок, спрямованих на зменшення їх вартості та збільшення ККД; використання концентраторів сонячного випромінювання; застосування систем стеження за Сонцем.

ВИСНОВКИ

Використання комплексних сонячних установок у системах енергозабезпечення виробників сільськогосподарської продукції є актуальним, перспективним та реалізованим завданням. Сучасний агросектор України має найбільший потенціал для реалізації переваг застосування комплексних сонячних установок при одночасному вирішенні найбільш гострих проблем енергопостачання сіл і віддалених міст. Впровадження комплексних енерго-ефективних систем автономного та змішаного енергозабезпечення, що використовують поновлювані і місцеві енергоресурси, дасть змогу: підвищити рівень і якість електро-, тепло- і водопостачання сільських населених пунктів, будівель і споруд; знизити втрати ресурсів, забезпечити енергозбереження; підвищити енергоефективність; підвищити рівень енергозабезпеченості віддалених, розосереджених сільських об'єктів малої і середньої потужності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савченко Є.А. Застосування сонячної енергії у сільському господарстві України: можливості і проблеми їх збереження та охорони. Аграрна економіка. 2012. Т. 5. № 1–2. С. 128–135.
2. Гнатюк А.В. та ін. Сонячна енергія — основні види та типи сонячних електростанцій. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. 2017. Вип. 12. С. 12–21.
3. Бацала Я.В., Николин І.В., Гладь У.М. Аналіз показників якості електроенергії сонячної електростанції. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2013. № 4. С. 81–90.
4. Стадник М.І., Рубаненко О.О., Бондаренко С.В. Вибір встановленої потужності сонячної електростанції та її елементів. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. № 1. С. 166–175.
5. Литовченко В.Г., Стріха М.В. Сонячна енергетика: порядок денний для світу й України; Укр. фіз. т-во, Наук. рада «Фізика напівпровідників та діелектриків» НАН України. Київ: К.І.С., 2015. 37 с.
6. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг у 2019: постанова № 440 від 29.03.2020 р. URL: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi_zvit_NKREKP_2019.pdf.
7. Лежнюк П.Д., Комар В.О., Собчук Д.С. Оцінювання впливу джерел відновлювальної енергії на забезпечення балансової надійності в електричній мережі. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2013. № 6. С. 45–47.
8. Бурбело М.Й., Мельничук С. М. Пульсуюча потужність як критерій аварійного режиму ліній зв'язку між електроенергетичною системою та сонячними електростанціями. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2013. № 2. С. 57–60.

9. Скришевський В.А. Що таке сонячна енергетика і чи потрібна вона сьогодні Україні? URL: <http://iht.univ.kiev.ua/Ukraine-Solarcells-article>.
10. Поворотні трекеми для сонячних батарей. URL: <http://greenchip.com.ua/26-0-0-1.html>
11. Лисенко Л.І., Махотіло К.В., Косатий Д.М. Фактори впливу на ефективність сонячних колекторів та фотоелектричних панелей в Харківській області. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2013. № 59 (1032). С. 101–111.
12. Стадник М.І., Рубаненко О.О., Бондаренко С.В. Аналіз ефективності генерації електроенергії на основі сонячної енергії в Вінницькій області. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2016. № 2 (94). С. 87–97.
13. Могилко О.В. Аналіз перспектив розвитку сонячної енергетики і інших альтернативних джерел енергії України. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2010. №30. С. 51–53.
14. Алексеев І.Г., Оленець А.Г. Стратегічні напрямки інноваційного розвитку підприємств в Україні. *Вісн. НУ «Львівська політехніка». Менеджмент і підприємництво в Україні: Етапи становлення і проблеми розвитку*. 2005. № 527. С. 232–236.
15. Офіційний ресурс магазину GreenChip. URL: <http://greenchip.com.ua>
16. Національний банк України. URL: <https://bank.gov.ua/>
17. Рівні ціни на універсальні послуги для побутових та малих непобутових споживачів, у тому числі для побутових та малих непобутових споживачів, які є користувачами малої системи розподілу, що вводяться в дію з 01 серпня 2020 року. URL: <https://koec.com.ua/page?root=23>.
18. Ukrsolar. URL: <http://ukrsolar.com/>.

THE USE OF COMPLEX SOLAR INSTALLATIONS FOR POWER SUPPLY OF ENTERPRISES OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF UKRAINE.

Toniuk M.,

Candidate of Economic Sciences

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail tonyukkneu@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3810-8864>

The article highlights the trends of introduction of integrated solar installations in the field of agro-industrial production, highlights the main tasks of energy supply and energy saving in the activities of agricultural enterprises. The subject of research is theoretical, methodological and applied aspects of energy supply of agricultural production processes. The purpose of the study is to substantiate the feasibility of using complex solar installations for energy supply of agro-industrial enterprises. The methodological basis of the study was a system of general and special methods, including the dialectical method of scientific knowledge, systematic elaboration of domestic and foreign researchers, modern economic theory, management theory, organization and systems, evolutionary theory of firm, theory of information and communication. The method of scientific abstraction was used in systematization of theoretical bases of application of complex solar installations, the method of system-structural analysis was used in determining the peculiarities of application of complex solar installations in the agro-industrial complex of Ukraine, the method of logical generalization was used and synthesis and the graphical method was used to develop organizational measures for the use of integrated solar installations in the agro-industrial complex. The publication identifies the main problems of energy supply, without the elimination of which, agricultural consumers connected to the centralized power supply system will significantly lose profits from their own activities. Ways to increase the efficiency of solar installations are proposed, including: development of advanced technologies for the manufacture of integrated solar installations, aimed at reducing their cost and increasing the efficiency (efficiency); use of solar concentrators; application of solar tracking systems. The economic indicators of the use of complex solar installations in the agro-industrial complex are calculated. The results of calculation of economic efficiency of application of systems of solar installations for power supply of the agro-industrial enterprises are resulted.

Keywords: *alternative energy, solar energy, agro-industrial complex, solar installations, economic expediency.*

REFERENCES

1. Savchenko E. (2012). Zastosuvannya sonyachnoyi enerhiyi u sil' s'komu hospodarstvi Ukrayiny: mozhlyvosti i problemy yikh zberezheniya ta okhorony [Usage of Solar Energy in Agriculture of Ukraine: opportunities and problems of their preservation and protection]. *Ahrarna ekonomika*, 5, 1–2, 128–135 [in Ukrainian].
2. Hnatov A.V. et al. (2017). Sonyachna enerhiya — osnovni vydy ta typy sonyachnykh elektrostantsiy [Solar energy: basic kinds and types of the solar power plants]. *Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnologiyi*, 12, 12–21 [in Ukrainian].
3. Batsala Y.A. et al. (2013). Analiz pokaznykiv yakosti elektroenerhiyi sonyachnoyi elektrostantsiyi [Analy-

- sis of indices of electrical energy of the solar electro station]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch*, 4, 81–90 [in Ukrainian].
4. Stadnik M.I. et al. (2017). Vybir vstanovlenoyi potuzhnosti sonyachnoyi elektrostantsiyi ta yiyi elementiv [Selection of the installed capacity of the solar power plant and its elements]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 1, 166–175 [in Ukrainian].
 5. Lytovchenko, V.H., & Strikha, M.V. (2015). Soniachna enerhetyka: poriadok denni dlia svitu i Ukrainy [Solar energetics: Agenda for the world and Ukraine]. Kyiv: K.I.S. [in Ukrainian].
 6. Zvit pro rezul'taty diyal'nosti Natsional'noyi komisiyi, shcho zdiysnyuye derzhavne rehulyuvannya u sferakh enerhetyky ta komunalnykh posluh u 2019 [Report on the results of the National Commission for State Regulation of Energy and Utilities in 2019]: postanova № 440 vid 29.03.2020 r. URL: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/Catalog3/Richnyi_zvit_NKREKP_2019.pdf [in Ukrainian].
 7. Lezhniuk P.D. et al.(2013). Otsinyuvannya vplyvu dzherel vidnovlyuvalnoyi enerhiyi na zabezpechennya balansovoyi nadiynosti v elektrychniy merezhi. [Estimation of influence of renewable energy sources on ensuring balance reliability in the electric network]. *Visnyk Vinnytskoho politechnichnoho instytutu*, 6, 45–47 [in Ukrainian].
 8. Burbelo M.I., Melnychuk S.M. (2013). Pulsuyucha potuzhnist yak kryteriy avariynoho rezhymu liniy zv'yazku mizh elektroenerhetychnoyu systemoyu ta sonyachnymy elektrostantsiyamy [Pulsating power as a criterion for the emergency mode of communication lines between the power system and solar power plants]. *Visnyk Vinnytskoho politechnichnoho instytutu*, 2, 57–60 [in Ukrainian].
 9. Skryshevskiy, V.A. (n.d.). Shcho take soniachna enerhetyka i chy potribna vona sohodni Ukraini [What is solar energy and whether it is needed nowadays for Ukraine]. URL: <http://iht.univ.kiev.ua/Ukraine-Solar-cells-article> [in Ukrainian].
 10. Povorotni trekery dlya sonyachnykh batarey [Rotary trackers for solar panels]. URL: <http://greenchip.com.ua/26-0-0-1.html> [in Ukrainian].
 11. Lysenko L.I. et al. (2013). Faktory vplyvu na efektyvnist Sonyachnykh kolektoriv ta fotoelektrichnykh paneley v Kharkivskiy oblasti [Factors influencing the efficiency of solar collectors and photovoltaic panels in the Kharkiv region]. Kharkiv: *Visnyk NTU «KHPI»*, 59 (1032), 101–111 [in Ukrainian].
 12. Stadnik M.I., Rubanenko O.O., Bondarenko S.V. (2016). Analiz efektyvnosti heneratsiyi elektroenerhiyi na osnove Sonyachnoyi enerhiyi v Vinnytskiy oblasti [Analysis of the efficiency of electricity generation based on solar energy in Vinnytsia region]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 2 (94), 87–97 [in Ukrainian].
 13. Mogylyko O.V. (2010). Analiz perspektiv rozvitku sonyachnoyi enerhetyky ta inshchych alternatyvnykh dzherel energii Ukrainy [Analysis of prospects for the development of solar energy and other alternative energy sources in Ukraine]. *Visnyk ekonomiky transportu ta promyslovosti*, 30, 51–53 [in Ukrainian].
 14. Alekseyev I.H., Olenets' A.H.(2005). Stratehichni napryamky innovatsiynoho rozvytku pidpryyemstv v Ukrayini [Strategic directions of innovative development of enterprises in Ukraine]. *Visn. NU «L'vivs'ka politekhnika»*. *Menedzhment i pidpryyemnytstvo v Ukrayini: Etapy stanovlennya i problemy rozvytku*, 527, 232–236 [in Ukrainian].
 15. Ofitsiyyny resurs mahazynu Green Chip [The official resource of the GreenChip store]. URL: <http://greenchip.com.ua>. Nazva z ekranu [in Ukrainian].
 16. Natsional'nyy bank Ukrayiny [National Bank of Ukraine]. URL: <https://bank.gov.ua/> [in Ukrainian].
 17. Rivni tsin na universal'ni posluhy dlya pobutovykh ta malykh nepobutovykh spozhyvachiv, u tomu chysli dlya pobutovykh ta malykh nepobutovykh spozhyvachiv, yaki ye korystuvachamy maloyi systemy rozpodilu, shcho vvodyat'sya v diyu z 01 serpnya. [Price levels for universal services for household and small non-household consumers, including for household and small non-household consumers who are users of the small distribution system, effective from August 1, 2020]. URL: <https://koec.com.ua/page?root=23> [in Ukrainian].
 18. Ukrsolar. URL: <http://ukrsolar.com/> [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Тонюк Марина Олександрівна — кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: toniukmaryna@ukrnet; тел.: +380631943334; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3810-8864>).