

Шифр : «Управління конкурентоспроможністю»

**Конкурентна позиція сонячної енергетики в сфері
енергозабезпечення в АПК («Енергосолар»)**

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1.Науково-практичні засади ефективного застосування сонячної енергії у агропромисловому виробництві.....	7
2.Конкурентноздатність виробництва сонячної енергії в галузі електропостачання в АПК.....	12
3.Економіко-математичне моделювання процесів комплектування складу енергетичних систем аграрних підприємств за критерієм мінімізації витрат на енергозабезпечення.....	15
4.Оптимальні параметри заміщення традиційної енергії сонячною у аграрних підприємствах різних виробничих напрямів	
4.1.Використання енергії Сонця для гарячого водопостачання у сільськогосподарському підприємстві.....	22
4.2.Використання енергії Сонця у молокопереробному підприємстві.....	25
4.3. Енергетичне забезпечення післяврожайної доробки зерна.....	31
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	38

ВСТУП

В умовах все більшого обмеження запасів традиційних ресурсів для одержання енергії на планеті та все зростаючих масштабів забруднення навколишнього середовища наслідками використання цих ресурсів, що в значній мірі спричиняє граничне наближення людства до одного з найкритичніших обмежень свого розвитку – екологічної ємності сфери життєдіяльності, актуальність ефективного використання сонячної енергії все більше зростає.

Питання удосконалення структури енергетичної бази шляхом розширення у ній частки альтернативних, екологічно безпечних джерел енергії є предметом інтенсивних наукових досліджень таких вчених, як Г.Башнянин, М.Безуглий, О. Варченко, М.Волков, В.Волошко, М. Ільчук, Г.Калетник, В.Клименко, А.Лоза, М.Варченко, І.Масло, О.Медведовський, А.Огінський, А.Редзюк, В.Руда, В.Федорейко, Г.Черевко, В.Шебанін, М.Шихайлов, В.Щербань, В.Ясенецький та низки інших. Однак, на сьогодні ситуація диктує необхідність проведення наукових досліджень у напрямі визначення оптимальних параметрів розвитку напрямів альтернативної енергетики на предмет їх балансування із традиційними і дотримання екологічних вимог при виробництві енергії, що створює широке поле для наукового пошуку у цьому напрямі. Надзвичайно важливим напрямом диверсифікації джерел енергетичних ресурсів є розвиток альтернативної енергетики шляхом одержання потрібної енергії в результаті конверсії енергії сонця, яка може бути ефективно використана у сільському господарстві та й у АПК в цілому. Україна об'єктивно має переважно сприятливі для розвитку сонячної енергетики умови, що в сукупності створює широке поле для наукових досліджень у напрямі пошуку і обґрунтування дальшого удосконалення державної енергетичної політики щодо підтримки процесу розвитку альтернативної енергетики в частині зростання ролі у ній сонячної енергетики і створення можливостей для її використання у АПК, який в

найбільшій мірі її потребує через обмеженість у коштах для придбання вже сьогодні традиційних ресурсів на енергетичні потреби і в силу особливостей застосування сонячної енергії, яке значною мірою відповідає потребам і умовам аграрного виробництва. В сукупності наведене вище й зумовлює актуальність даної теми дослідження та його мету і завдання.

1. НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Як найперспективніші у сонячній енергетиці на сьогодні визначено такі напрями: перетворення сонячної енергії у низькопотенційну теплову енергію без попередньої концентрації потоку сонячної радіації; безпосереднє перетворення сонячної енергії на електричну енергію постійного струму з допомогою фотоперетворювачів [5, с.20].

У агропромисловому виробництві пріоритетними напрямками застосування сонячної енергії є: забезпечення гарячою водою від сонячних установок тваринницьких форм і пасовищ – саме тут є можливість найбільшої економії паливно-енергетичних ресурсів, оскільки гаряча вода – невід’ємний атрибут тваринницької, особливо - молочнотоварної ферми; забезпечення гарячою водою від сонячних установок переробних підприємств; використання сонячної енергії у рільництві, тепличному вирощуванні овочів і у процесах їхньої переробки та сушіння; забезпечення комунально-побутових потреб населення.

У сільськогосподарському виробництві безпосередньо найширше використовується енергія сонячного випромінювання (ЕСВ) для сушіння об’ємних кормів, що є особливо доцільним з огляду на вимогу витримання відносно низького температурного режиму сушіння (біля 45°C) та відповідність періоду сушіння періоду максимального сонячного випромінювання [12, с.14]. Безпосереднє сонячне випромінювання часто використовується також в сонячних теплових колекторах (СТК) здебільшого - для підігріву односімейних і дачних будинків, води для побутових потреб та в басейнах, ті в електроенергетиці (через фотовольтаційні соти). В умовах нашого клімату з 1 м^2 поверхні теплового колектора можна одержати 300-500 кВт-год. (1080-1800 Мдж) енергії за рік, що є еквівалентом 70-100 кг вугілля. В річному балансі СТК можуть покрити до 60% енергії, потрібної для односімейного будинку [12, с.15].

Однією із перших країн Європи, яка застосувала сонячні колектори в сільському господарстві та на селі, була Польща - наближені дані свідчать про площу цих колекторів для підігріву повітря тут біля 10 000 м², для підігріву води – біля 1500 м², що порівняно є досить мало: в Австрії ще у 1994 році сонячні колектори займали площу в 165 000 м², а в Голландії на сьогодні знаходиться в експлуатації біля 14 000 сонячних установок і до 2020 року тут планується мати їх 400 000 [12, с.14]. У Китаї (м. Орс) здійснюється будівництво 2-гігаватної сонячної електростанції площею біля 64 км², яка повністю ввійде в експлуатацію у 2019 році і буде єдиною у світі крупною сонячною електростанцією [1, с.44]. Лідером у сонячній енергетиці на сьогодні є Німеччина, що є наслідком виваженої і потужної державної підтримки цього напрямку енергетики в країні, яка проявляється у багатьох чинниках, зокрема у впровадженні так званих «зелених тарифів» на «сонячну» енергію. Щороку сонячні електростанції у Німеччині забезпечують зменшення викидів у атмосферу шкідливих речовин на 105 тис. т, що рівнозначно викидам вихлопів 6 тис. автомобілів. У Турції 80% дахів будинків вкриті сонячними колекторами і фотоелектричними батареями. В Іспанії завершується будівництво геліоелектростанції «Андасол» потужністю 50 МВт, яка займатиме площу у майже 2 км² і матиме загальний рівень конверсії сонячного світла у сонячну енергію у 2,6%. У багатьох країнах діють податкові пільги для геліоелектричних систем і станцій, що сприяє скороченню терміну їх окупності до 5-10 років [5, с.20].

Не дивлячись на відносну «вічність» і гігантський потенціал сонячної енергії, її застосування стримується певними чинниками.

Сонячна енергія є досить розпорошеною, що в значній мірі утруднює її ефективну акумуляцію та практичне використання, хоча методи і засоби залучення цієї енергії у господарський оборот все удосконалюються. Щоб генерувати 100 МВт, потрібно знімати електроенергію з площі в 1 км² [1, с.43]. Застосування сонячної енергії стримується також неритмічністю її одержання – її можна одержувати лише в ясний день, що вимагає наявності

нагромаджувачів енергії у вигляді відповідних батарей, зберігання яких пов'язане із потребою у великих площах.

В Україні використання геліоустановок для одержання енергії стримує також відсутність їх серійного вітчизняного виробництва, що обумовлюється відсутністю як виробничих потужностей, так і технологій виробництва устаткування, що в значній мірі є наслідком відсутності хоча б якоїсь стимулюючої державної політики у цій сфері. А вартість встановленого обладнання є досить висока. Із реальних розробок у фотоенергетиці слід відзначити сонячні колектори SintSolar виробництва ТОВ ПКК «Синтек» (Україна), використання яких дає можливість у цілому на 70-75% зменшити загальні витрати енергоносіїв на теплове забезпечення [10, с.113].

Не дивлячись на наявність різних стримуючих чинників, нові технології, що розробляються, років за 20 дозволять збільшити частку сонячної енергетики в структурі загальної в Україні до 7% [11]. Наразі в Україні сонячна енергія залишається найдорожчою (табл.1.1).

Таблиця 1.1.

Витрати на виробництво 1 кВт-год з різних відновлюваних джерел*	
Вид відновлюваного джерела енергії	Витрати на виробництво 1 кВт енергії, центи
Вітер	5,5-13
Вода	3-25
Фотоенергія	50-80
Сонячна та термальна енергія	10-25
Біомаса	5-30
Геотермальна енергія	7-15

* - складено на основі даних Інституту економічних досліджень та політичних консультацій в Україні [6, с.71].

За певних умов «енергію сонячного випромінювання можна успішно використовувати на всій території України» [3, с.11]. За приблизними розрахунками, сонячна енергія на Україні оцінюється еквівалентними ресурсами в 400 млрд. т. у.п. [8, с.27].

Шляхів вирішення цієї проблеми є кілька. І починати, очевидно, доцільно з того, з чого сонячна енергетика починалась у Німеччині, Ізраїлі та в Іспанії – з невеликих сонячних електростанцій на дахах будинків. Проте, як не дивно, але практика свідчить, що поки що в Україні більше шансів на

розвиток має власне крупна сонячна енергетика. «Зелений тариф» в Україні є вельми привабливий – 0,42-0,46 євро/кВт-год, що в 1,5 раза більше, ніж в тій же Німеччині [11]. Тому, попри те, що вартість сонячного кіловата установленної потужності в кілька разів вища, аніж у вітроенергетиці, і сонячна енергетика у нас залишається найдорожчою, сонячний сегмент в Україні розвивається таки швидше, ніж, наприклад, вітроенергетичний.

Найефективніше використання сонячної енергії та стабільне енергопостачання споживачів у аграрних підприємствах є можливими за комбінованого застосування геліоенергетичних установок у поєднанні із традиційними джерелами енергії та їх комплексного акумулювання [9, с.105]. Оптимальним варіантом такого комплексного використання сонячної енергетичної установки може бути комбінована система енергозабезпечення житлових та виробничих об'єктів сільськогосподарського підприємства, яка б включала, крім традиційного підключення до централізованої електромережі, ще й саму сонячну енергетичну установку, біореактор, вітроелектричну установку та електричний і тепловий акумулятори. Проведені розрахунки свідчать, що експлуатація такої комбінованої системи може забезпечити економію близько третини органічного палива, що потрібне для енергозабезпечення приватного фермерського господарства [9, с.105]. При цьому системи акумулювання підвищують коефіцієнт корисного використання сонячних установок на 30-50%, тому вони можуть мати меншу потужність. Оптимальним підходом до вирішення проблеми енергозабезпечення аграрних підприємств електроенергією із геліоустановки реально може бути застосування модульного принципу у розробці та створенні енергоустановок, що дасть можливість не лише варіювати величину вихідної потужності у потрібному діапазоні, але й вираховувати оптимальне поєднання різних установок, що використовують енергію різних альтернативних джерел, в т.ч. і сонячну енергію, а також матричного принципу, який дозволить розробляти типові проекти для характерних

сполучень потужностей споживачів, кліматичних та виробничих умов, розміру підприємства.

Вагомим чинником розвитку сонячної енергетики об'єктивно може бути державна підтримка і стимулювання. В системах використання сонячної енергії значні капітальні і експлуатаційні затрати припадають на акумулювання як теплової, так і електричної енергії, і для того, щоб скористатися державними дотаціями у вигляді “зеленого тарифу”, сонячна електрична система повинна працювати на мережу, тому не слід планувати використання електричних акумуляторів для накопичення електричної енергії на нічний період та періоди значної хмарності (на підприємствах значної потужності). Поки що на державному рівні немає розуміння того, яким чином можливо простимулювати невеликі домогосподарства щодо установки ними невеликих сонячних панелей на дахах будинків, під'єднання до мережі та продажі електроенергії, як дозволити для них застосовувати «зелений тариф» тощо. Позитивним в цьому плані є досвід Німеччини, де діє програма відповідних компенсацій чи пільгового кредитування, які скорочують термін окупності сонячних модулів до 10 років і менше [11]. Як свідчить досвід країн Європи та України, лиш єдина та послідовна державна політика з використанням законодавчих і економічних засобів може гарантувати реальне впровадження альтернативної енергії в практику господарювання.

2. КОНКУРЕНТНОЗДАТНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В АПК

Сільськогосподарський сектор економіки України є одним з найбільших споживачів енергоресурсів. Для стійкості розвитку сільськогосподарського виробництва, особливо, в умовах прискореного імпортозаміщення, електропостачання сільськогосподарських споживачів знаходиться в числі пріоритетних завдань.

Особливості електропостачання сільськогосподарських споживачів, пов'язані з великою протяжністю електричних мереж, сезонним характером навантаження, а також нетривалістю використання встановленої потужності, викликають значні втрати електроенергії і збільшують витрати на її передачу. Крім того, через великий знос електричних мереж існує проблема щодо забезпечення надійності електропостачання даних споживачів. Все це, в свою чергу, веде до зниження ефективності виробництва сільськогосподарської продукції.

Конкурентне місце серед можливих до використання джерел альтернативної енергії займає сонячна енергія.

Основні напрями застосування сонячної енергії у АПК є такі, а саме:

- безпосереднє використання сонячної енергії для одержання тепла
- перетворення сонячної енергії на електричну з використанням перетворювачів
- забезпечення гарячою водою від сонячних установ тваринницьких ферм і пасовищ
- використання сонячної енергії у рільництві, кормо виробництві, тепличному вирощуванні овочів і в процесах переробки та сушіння
- забезпечення комунально-побутових потреб працівників сільськогосподарських підприємств та сільського населення

Тому, слід відзначити, що в перспективних планах розвитку електроенергетики України, пов'язаних зі створенням інтелектуальної

активно-адаптивної мережі і місцевих мікросіток, збільшення масштабів використання відновлюваних джерел енергії, енергії Сонця, приділяється особлива увага.

Позитивні сторони застосування сонячної енергетики в сільськогосподарських підприємствах :

- Екологічність (нульовий баланс двоокису вуглецю)
- Відновлюваність
- Можливість використання невідновлюваних
- Децентралізація виробництва енергії
- Сприяння диверсифікації підприємництва
- Створення нових місць праці
- Економічна активізація сільських регіонів
- Одноразовість інвестицій
- Простота в обслуговуванні
- Подільність і можливість акумуляції
- Можливість використання сонячної енергії в промислових

масштабах через її перетворення у хімічну енергію

Застосування сонячної енергії у забезпеченні енергетичних потреб України має необхідні передумови , які формують відповідні перспективи розвитку сонячної енергії. Сонячна енергія може використовуватись у господарських процесах, у тому числі і в сільських територіях, як безпосередньо для нагрівання, так і перетворення її в електричну.

Оптимальним підходом до вирішення проблеми енергозабезпечення сільськогосподарських підприємств альтернативною енергією із застосуванням геліоустановки реально може бути застосування модульного принципу в розробці та створенні енергоустановок, що дасть змогу не лише варіювати значення вихідної потужності в потрібному діапазоні, а й враховувати оптимальне поєднання різних альтернативних джерел , у тому числі й сонячну.

За рахунок встановлення сонячних колекторів її фахівці ефективно вирішують одразу три проблемних питання: занадто високі витрати на приготування гарячої води для промивальних пристроїв, молочно доїльного комплексу та висока собівартість його експлуатації. Окрім того, інтегрована геліосистема має ще такі додаткові переваги, як забезпечення всесезонної та цілодобової подачі гарячої води, збереження режиму роботи основного обладнання, тобто встановлення сонячних колекторів не потребує ніяких інфраструктурних перебудов на господарському об'єкті, а окупність системи сонячного енергопостачання здійснюється протягом трьох років [7, с.27].

Перспективи забезпечення виробничих потреб українських сільгоспвиробників за рахунок енергії сонця є очевидними. Вже сьогодні можна розглядати наступні напрямки використання цього альтернативного джерела енергії в сільському господарстві: вирощування парникової продукції, опалення тваринницьких ферм, нагрівання води в житлових будинках, фермах, майстернях, розведення риби, сушіння продукції плодово-овочевих та зернових культур.

Сільські господарства втрачають досить багато продуктів саду та городу через загнивання плодів. Температура сушіння таких видів продукції не повинна перевищувати 45 градусів, а використовувати дрова чи інші джерела традиційної енергії надто дорого. Тому найкращим і найекономічнішим виходом є застосування сонячних колекторів «повітря-повітря» в енергоощадних сушарках. Такі сушарки мають здатність накопичувати та утримувати тепло, що забезпечить оптимальний цикл сушіння продукції не тільки в денний, але і у нічний час [6].

Проаналізувавши всі позитивні сторони використання сонячної енергії в сільському господарстві, можна зробити висновок, що дане джерело енергопостачання займає високі конкурентні позиції серед інших видів альтернативної енергії, що в свою чергу, відкриває чималі перспективи розвитку даної галузі.

3. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОМПЛЕКТУВАННЯ СКЛАДУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМІЗАЦІЇ ВИТРАТ НА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Для забезпечення ефективності використання сонячної енергії в аграрному виробництві в першу чергу необхідно здійснити оптимальний підбір енергетичного та технологічного обладнання (склад і типорозміри) за критерієм мінімальних затрат коштів для різних типів аграрних підприємств з врахуванням необхідності застосування резервного джерела енергопостачання.

В енергетичній системі підприємства передбачено використання таких видів енергії як теплова, електрична та енергія технологічного холоду. У продукуванні теплової енергії як основне джерело найбільш доцільно використовувати сонячну енергію з застосуванням сонячних теплових колекторів, і як резервне джерело – електричні нагрівачі.

В якості основного джерела продукування холоду варто використовувати сонячну теплову енергію, перетворену у технологічний холод за допомогою абсорбційних холодильних машин, а як резервне – парокомпресійні холодильні машини з електроприводами. Для виробництва електричної енергії можна використовувати фотоелектричні панелі, і як резервне джерело - електричну мережу.

При цьому процес оптимального компонування складу енергетичних систем аграрних підприємств за критерієм мінімізації витрат на енергозабезпечення з метою визначення раціонального ступеня заміщення традиційних джерел енергії енергією Сонця можна значно полегшити за допомогою економіко-математичного моделювання із застосуванням моделі задачі оптимального цілочисельного програмування. В якості незалежних змінних факторів для системи енергозабезпечення виберемо:

- 1) $X1$ – кількість теплових сонячних колекторів вибраного типорозміру у сонячній тепловій системі, яка використовується для гарячого водопостачання і низькотемпературних теплових процесів;
- 2) $X2$ – кількість фотоелектричних панелей вибраного типорозміру, які використовуються у підсистемі виробництва електричної енергії;
- 3) $X3$ – кількість теплових сонячних колекторів, що відповідає потужності вибраного типорозміру абсорбційних теплових насосів, які будуть використані для перетворення сонячної теплової енергії у технологічний холод;
- 4) $X4$ – потужність парокомпресійної холодильної машини, як резервного джерела продукування холоду;
- 5) $X5$ – потужність електричного нагрівача, як резервного джерела теплової енергії для технологічних процесів та системи гарячого водопостачання;
- 6) $X6$ – площа параболічного рефлектора концентратора сонячних променів, як джерела енергії для виробництва теплової і електричної енергії двигуном Стірлінга, що працюватиме у когенераційному режимі.

Система нерівностей обмежень задачі буде відображати виробництво відповідних видів енергії та їх потребу для технологічних процесів:

➤ по тепловій енергії,

$$X1 \cdot q_{1.1} + X5 \cdot q_{1.5} + X6 \cdot q_{1.6} \geq Q1 \quad (3.1)$$

де $q_{1.1}$ – середня річна продуктивність теплового колектора, кВт·год/рік; $q_{1.5}$ – потужність електричного нагрівача, кВт; $q_{1.6}$ – середня річна тепла продуктивність квадратного метра рефлектора двигуна Стірлінга, кВт·год/м²·рік; $Q1$ – річна потреба виробництва у тепловій енергії, кВт,

➤ по енергії технологічного холоду,

$$X3 \cdot q_{2.3} + X4 \cdot q_{2.4} \geq Q2 \quad (3.2)$$

$q_{2.3}$ – середня річна продуктивність теплового колектора холодильної абсорбційної машини, кВт·год/рік; $q_{2.4}$ – холодопродуктивність парокомпресійної холодильної машини, кВт·год/рік; $Q2$ – річна потреба виробництва у енергії технологічного холоду, кВт,

➤ по електричній енергії,

$$X2 \cdot q_{3.2} + X6 \cdot q_{3.6} \geq Q3 \quad (3.3)$$

$q_{3.2}$ – середня річна продуктивність фотоелектричної панелі, кВт·год/рік; $q_{3.6}$ – середня річна теплова продуктивність квадратного метра рефлектора двигуна Стірлінга, кВт·год/м²·рік; $Q3$ – річна потреба у електричній енергії, кВт.

З врахуванням цілочисельних значень факторів $X1$, $X2$, $X3$, необхідно ввести наступні обмеження:

$$X1 = \text{int}; \quad X2 = \text{int}; \quad X3 = \text{int}. \quad (3.4)$$

Крім того, щоб задача мала реальний зміст, необхідно ввести обмеження по фінансових можливостях підприємства у вигляді:

$$\Sigma(Xi \cdot q_{i,j}) \leq Q4, \quad (3.5)$$

де Xi – незалежні змінні фактори; $q_{i,j}$ – питомі вартості відповідних систем; $Q4$ – допустимі витрати на засоби перетворення і використання енергії, відповідно до фінансових можливостей підприємства.

Цільову функцію можна представити у наступному вигляді:

$$C_1 \cdot X_1 + C_2 \cdot X_2 + C_3 \cdot X_3 + C_4 \cdot X_4 + C_5 \cdot X_5 + C_6 \cdot X_6 + C_7 \cdot X_7 \rightarrow \min, \quad (3.6)$$

де C_i – собівартість відповідних видів енергоресурсів.

Собівартість одиниці тепла, виробленого сонячною системою:

$$C_T = \frac{Z_{\text{експл.тепл.сист.}} + Z_{\text{накл.тепл.сист.}}}{q_{\text{сон.рад.доб.}} \cdot 365 \cdot \eta_{\text{кол.}} \cdot S_{\text{кол.}}}, \quad (3.7)$$

де $Z_{\text{експл.тепл.сист.}}$ – прямі експлуатаційні затрати, грн.; $Z_{\text{накл.тепл.сист.}}$ – накладні затрати, грн.; $q_{\text{сон.рад.доб.}}$ – питома середньорічна добова кількість сонячної енергії, що потрапляє на одиницю площі колектора для умов заданої місцевості за даними NASA, кВт·год/м²; $\eta_{\text{кол.}}$ – коефіцієнт корисної дії колектора; $S_{\text{кол.}}$ – площа колекторів, м².

Собівартість одиниці електричної енергії, виробленої системою:

$$C_{\text{ел.}} = \frac{Z_{\text{експл.ф.е.п.}} + Z_{\text{накл.ф.е.п.}}}{q_{\text{сон.рад.доб.}} \cdot 365 \cdot \eta_{\text{ф.е.п.}} \cdot S_{\text{ф.е.п.}}}, \quad (3.8)$$

де $Z_{\text{експл.ф.е.с.}}$ – прямі експлуатаційні затрати на функціонування фотоелектричної системи, грн.;

$Z_{\text{накл.ф.е.с.}}$ – накладні затрати, грн.; $q_{\text{сон.рад.доб.}}$ – питома середньорічна добова кількість сонячної енергії, що потрапляє на одиницю площі фотоелектричної панелі для умов заданої місцевості за даними NASA, кВт·год/м²; $\eta_{\text{ф.е.п.}}$ – коефіцієнт корисної дії фотоелектричної панелі; $S_{\text{ф.е.п.}}$ – площа панелі, м².

Питома собівартість одиниці енергії технологічного холоду, виробленого абсорбційною холодильною машиною, визначається за формулою :

$$C_{x.AXM} = \frac{Z_{\text{експл.AXM}} + Z_{\text{накл.AXM}}}{q_{AXM} \cdot T_{\text{річне}}}, \quad (3.9)$$

де $Z_{\text{експл.AXM}}$ – прямі експлуатаційні затрати, грн.; $Z_{\text{накл.AXM}}$ – накладні затрати, грн.; q_{AXM} – холодопродуктивність абсорбційної машин, кВт/год.

Питома собівартість одиниці енергії технологічного холоду, виробленого парокомпресійною холодильною машиною визначаємо за формулою:

$$C_{x.ПКХМ} = \frac{Z_{\text{експл.ПКХМ}} + Z_{\text{накл.ПКХМ}}}{q_{ПКХМ} \cdot T_{\text{річне}}}, \quad (3.10)$$

де $Z_{\text{експл.ПКХМ}}$ – прямі експлуатаційні затрати, грн.; $Z_{\text{накл.ПКХМ}}$ – накладні затрати, грн.; $q_{ПКХМ}$ – холодопродуктивність машин, кВт/год;

$T_{\text{річне}}$ – тривалість роботи холодильної машини на протязі року, год.

Питома собівартість одиниці теплової і електричної енергії, виробленої сонячною енергетичною системою на базі двигуна Стірлінга в когенераційному режимі роботи:

$$C_{\text{Ст.}} = \frac{Z_{\text{ел.ен.}}}{q_{\text{сон.рад.доб.}} \cdot 365 \cdot \eta_{\text{Ст.}} \cdot S_{\text{рефл.}}}, \quad (3.11)$$

де $q_{\text{сон.рад.доб.}}$ - питома середньорічна добова кількість сонячної енергії, що потрапляє на одиницю площі рефлектора для умов заданої місцевості за даними NASA [13], кВт·год/м²; $\eta_{\text{Ст.}}$ – коефіцієнт корисної дії двигуна

Стірлінга для виробництва тепла та електроенергії; $S_{\text{рефл.}}$ – площа рефлектора, м^2 .

$$C_{\text{тепл.}} = \frac{Z_{\text{тепл.}}}{q_{\text{сон. рад. доб.}} \cdot 365 \cdot \eta_{\text{тепл.}} \cdot S_{\text{рефл.}}}, \quad (3.12)$$

де $\eta_{\text{тепл.}}$ – коефіцієнт корисної дії двигуна Стірлінга для виробництва тепла та електроенергії; $Z_{\text{тепл.}}$ – частка затрат, що припадає на виробництво теплової енергії.

Розрахунок затрат на виробництво різних видів енергії ускладнюється широким діапазоном питомої вартості технологічного обладнання, яка, залежно від конструктивних особливостей та бренду фірм виробників може різнитись у декілька разів. Найвищою питомою вартістю характеризується обладнання європейських виробників, однак воно має, як правило, найвищу якість і надійність. У зв'язку з цим проектування енергетичних систем доцільно проводити для різних варіантів питомої вартості обладнання залежно від фінансових можливостей підприємства.

Для забезпечення визначення вартості технологічного обладнання в автоматичному режимі в процесі отримання розв'язку оптимізаційної задачі, нами пропонується отримати, на підставі фірмових прайсів, кореляційні рівняння взаємозв'язків вартості з його основними параметрами. Вартість сонячних теплових систем пропонується визначати за допомогою кореляційного рівняння, яке отримано на підставі апроксимації даних прайса Промислово-комерційної компанії “СІНТЕК”, м. Запоріжжя.

Конфігурація систем даної фірми є від 1 до 26 колекторів. Для потужніших систем їх конфігурацію слід комплектувати, використовуючи окремі системи типорозмірного ряду. Рівняння регресії даної залежності вартості систем від кількості колекторів має вигляд:

$$y = 8285,1x + 10066 \quad (3.13)$$

де y – вартість обладнання, грн.; x – кількість колекторів у системі.

Вартість сонячних фотоелектричних систем пропонується визначати за допомогою рівняння, яке отримано на базі прайсу фірми “AESYSTEMS”, (м. Івано-Франківськ). Рівняння регресії даної залежності має вигляд:

$$y = 8463,9x + 3392,7 \quad (3.14)$$

з коефіцієнтом кореляції $R^2=0,9986$,

де y - вартість обладнання, грн.; x – кількість фотоелектричних модулів;

Вартість парокомпресійних холодильних машин визначається за допомогою наступного рівняння з коефіцієнтом кореляції $R^2=0,999$:

$$y = 1,4477x^2 + 1749,5x + 10154, \quad (3.15)$$

де y - вартість обладнання, грн.; x – потужність по холоду парокомпресійних холодильних установок.

Вартість абсорбційних холодильних машин пропонується визначати за допомогою наступного рівняння, яке отримано аналогічно, з коефіцієнтом кореляції $R^2=0,9994$ у вигляді:

$$y = 4095,9x + 8250 \quad (3.16)$$

де y - вартість обладнання, грн.; x – потужність по холоду абсорбційних холодильних установок.

Знаходження оптимальної конфігурації енергетичної системи досліджуваних підприємств здійснено з використанням програмного продукту Excel пакету Microsoft Office з використанням надбудови “Пошук розв’язку”. Затрати на виробництво тепла сонячною тепловою системою C_1 ми визначаємо як добуток річної кількості виробленого тепла на її питому собівартість.

Затрати на виробництво електричної енергії виробленої фотоелектричною системою C_2 визначалась множенням річної кількості виробленої енергії на її питому собівартість. Затрати на виробництво енергії технологічного холоду виробленого тепловою помпою абсорбційного типу

C_3 визначались – множенням річної кількості виробленої енергії на її питому собівартість, а парокомпресійною холодильною машиною C_4 – відповідно аналогічно. Затрати на отримання теплової енергії з використанням електричного мережевого нагрівника C_5 визначались множенням річної кількості виробленої теплової енергії на тарифну вартість електроенергії. Затрати на отримання теплової і електричної енергії з використанням сонячної енергетичної системи на базі двигуна Стірлінга C_6 визначались як сума добутків річної кількості відповідних видів енергії на їх собівартість.

Затрати на використану електричну енергію від мережі C_7 визначали множенням річної кількості спожитої енергії на її тарифну вартість, з врахуванням зміни тарифу залежно від кількості спожитої енергії. У систему обмежень введено обмеження на максимальну кількість спожитої електроенергії від централізованої електромережі та максимальну вартість технологічного обладнання. Використовуючи розроблену модель, ми маємо можливість додавати або виключати з моделі відповідне технологічне обладнання, вводячи додаткові рівняння обмежень. Це дозволяє досліджувати різницю в ефективності енергетичних систем різної конфігурації і робити висновки щодо доцільної межі заміщення традиційних джерел енергії енергією Сонця.

4.ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ЗАМІЩЕННЯ ТРАДИЦІЙНОЇ ЕНЕРГІЇ СОНЯЧНОЮ У АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ РІЗНИХ ВИРОБНИЧИХ НАПРЯМІВ

4.1. Використання енергії Сонця для гарячого водопостачання у сільськогосподарському підприємстві.

Розглянемо ефективність використання сонячної енергії в технологічних процесах на прикладі молочнотоварної ферми ФГ “Лелик”, яке розташоване у смт. Куликів, Жовківського району Львівської області, яке має статут племрепродуктора чорно-рябої молочної породи. Утримує 204 гол. в.р.х., в т.ч. 92 гол. корів. Середньорічний надій від однієї корови становить близько 3600 літрів. У даному підприємстві найвищої економічної доцільності використання енергії Сонця слід очікувати у технологічних процесах охолодження молока і нагрівання води для технологічних потреб (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Вихідні дані для розв’язання задачі оптимізації складу технологічного обладнання для МТФ ФГ «Лелик»

Показники	Одиниці виміру	Значення показника
Кількість персоналу	чол.	6
Кількість корів	голів	92
Річний надій молока на корову	літрів	3600
Річна кількість молока вироблена на фермі	літрів	331200
Температура молока початкова	Град.	32
Температура молока кінцева	Град.	4
Теплоємність молока	Дж/кг*град	3844
Кількість теплоти для охолодження	Дж	$3,5647718 \cdot 10^{10}$
Кількість теплоти для охолодження	кВт·год	9902,14
Норма витрати гарячої води на корову	л/корову	0,5
Норма витрати гарячої води на людину	л/людину	50
Норма витрати води на миття апаратури	л/л.мол	0,5
Норма витрати води на охолодж.молока	л/л.мол	3
Кратність доїння	раз/добу	3
Потреба гарячої води на миття апаратури	літрів	165600
Потреба гарячої води на обмивання вим'я	літрів	28980
Потреба гарячої води на миття персоналу	літрів/рік	63000
Тривалість стійлового періоду	днів	210
Потреба гарячої води, річна	літрів	257580

Кількість теплоти для нагріву води	кВт·год.	8694,04
------------------------------------	----------	---------

Кількість технологічного холоду для охолодження молока визначимо за формулою:

$$Q_{хол.} = m_m \cdot C_m (T_{поч.} - T_{кінц.}), \quad (4.1)$$

де m_m – маса молока за рік, л; C_m – теплоємність молока, 3844 Дж/кг·град.; $T_{поч.}$ і $T_{кінц.}$ – початкова і кінцева температура молока, град.

Для нашого випадку:

$$Q_{хол.} = 331200 \cdot 3844(32 - 4) = 3,5647718 \cdot 10^{10} \text{ Дж або } 9902,14 \text{ кВт·год.}$$

Аналогічно визначаємо кількість теплоти для гарячого водопостачання.

У зв'язку з тим, що собівартість різних видів енергії залежить від кількості енергетичного обладнання та його продуктивності, вона визначається в процесі розв'язання оптимізаційної задачі. Враховуючи, що необхідні добові об'єми теплової енергії та технологічного холоду можна накопичувати в акумуляторах, оптимізацію кількості і типорозмірів енергетичного обладнання проведено за умов повного заміщення електричної енергії сонячною енергією (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Результати розв'язку оптимізаційної задачі визначення структури енергетичної системи МТФ ФГ "Лелик" за умови повного заміщення електричної енергії сонячною

Показник	Одиниці виміру	Без використання ВДЕ	З використанням ВДЕ
1. Потужність ПКХУ по холоду	кВт	8	0
2. Кількість теплових колекторів	Шт.	0	6
3. Кількість колекторів АХМ	Шт.	0	9
4. Потужність нагрівника	кВт	8	0
5. Витрати електроенергії	кВт·год.	13626	0
6. Зведені затрати	Грн.	20123	16595
7. Капіталовкладнення	Грн.	-	202368

Одними із основних та енергоємних технологічних операцій, здійснюваних на підприємстві, є охолодження молока і нагрів води для технологічних потреб. Охолодження молока здійснюється з використанням парокомпресійних холодильних установок з установленою електричною

потужністю 14 кВт. Вартість річних відвернених збитків для підприємства становитиме:

$$B_{в.зб.} = 13626 \cdot 1,74 = 23709 \text{ грн.}$$

Зменшення річних затрат виробництва внаслідок використання енергії сонця у технологічних процесах охолодження молока і нагрівання води для технологічних потреб з використанням теплових колекторів та холодильних машин абсорбційного типу, становитиме 3528 грн. Тоді, термін окупності капіталовкладень ($T_{ок.}$) у нове енергетичне обладнання за існуючих цін, без врахування зміни тарифів на електричну енергію та з врахуванням відвернених збитків (екологічного ефекту), буде становити:

$$T_{ок.} = \frac{202368}{(20123 - 16595) + (13626 \cdot 1,74)} = 7,43 \text{ року.}$$

З урахуванням збільшення вартості традиційних енергоносіїв та здешевлення обладнання термін окупності капіталовкладень буде з часом зменшуватись. Однак, з врахуванням коефіцієнту дисконтування та тенденції зміни тарифів на електроенергію термін окупності будемо розраховувати за іншою методикою. На першому етапі визначимо величину ефекту за рахунок заміщення електроенергії $E\phi_{ел.ен.}$ сонячною енергією, для нульового періоду, з врахуванням екологічного ефекту, наступним чином:

$$E\phi_{ел.ен.} = Q_{ел.ен.} \cdot C_{ел.ен.0пер.} + Q_{ел.ен.} \cdot E, \quad (4.3)$$

де $Q_{ел.ен.}$ – кількість заміщеної електричної енергії сонячною, кВт·год.

$C_{ел.ен.0пер.}$ – тариф на електроенергію відповідних споживачів у нульовому періоді.

$$E\phi_{ел.ен.} = 13626 \cdot 1,0324 + 13626 \cdot 1,74 = 37776 \text{ грн.}$$

Для наступних періодів економію за рахунок заміщення електричної енергії сонячною визначаємо з використанням прогнозу тарифів, визначеного за кореляційним рівнянням, отриманим на підставі тарифів останніх десяти років. Тоді дисконтована вартість чистого грошового потоку (табл. 4.3):

Таблиця 4.3.

**Прогнозування грошового потоку та визначення економічної
ефективності інвестиційного проекту**

Номер року	Чистий грошовий потік	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтована вартість чистого грошового доходу	Різниця
0	202368	1		
1	37776	0,9091	37776	166194
2	39792	0,8264	36174	131823
3	41590	0,7513	34370	99159
4	43476	0,683	32663	68117
5	45449	0,6209	31042	38618
6	47509	0,5645	29498	10587
7	49657	0,5132	28031	-16044
NPV	x	X	x	X

Таким чином, точка беззбитковості досягається у 2022 році, тобто термін окупності капіталовкладень складає близько 6 років, що цілком прийнятно для інвестицій у проекти розвитку сонячної енергетики в сільськогосподарському виробництві.

4.2. Енергетичне забезпечення післяврожайної доробки зерна.

Як характерне підприємство для аналізу енергозабезпечення нами обрано ТЗОВ “Буське Сорто-насінницьке підприємство”, яке знаходиться в східній частині Буського району в с. Ожидів, на трасі Київ-Львів, на відстані 70-ти км. від м. Львів, і займається післяврожайною доробкою зерна, зернових, олійних та бобових культур. На підприємстві встановлено новий сушільний агрегат німецької фірми Riella типу GDT300/28/2 продуктивністю 65 тонн/год. та 4 силоси для обслуговування даної сушарки і два зерноочисні агрегати. Загальна вартість цього обладнання складає 15 млн. грн. Підприємство приймає щорічно на доробку, очистку, сушіння і зберігання 30-40 тис. тонн зерна всіх культур для доведення їх до кондиції. В 2016 році підприємство приймало від сільськогосподарських виробників на доробку озимий ріпак, пшеницю, соняшник і кукурудзу. Підприємство включене в реєстр експортерів зерна і відправляє його на зовнішній ринок імпортерам оптовими партіями

залізничним транспортом. Вартість послуг по зберіганню 1т. зерна за місяць становить 30 грн., приймання зерна – 15 грн./т., відвантаження на автомобільний транспорт – 28 грн./т., залізною дорогою – 58 грн./т., сушка 1 т/% - 21 грн., очистка 1 т/% - 9,5 грн.

Сумарна потужність електричних калориферів сушарок становить 52,5 кВт і, враховуючи найбільшу тривалість їх роботи в технологічному процесі, вони споживають основну кількість енергії, яку доцільно замінити сонячною тепловою шляхом використання колекторів як засобів з найвищим ККД, теплоносій яких надходитиме до рідинних калориферів.

Статистичні дані щодо використання енергії в окремих технологічних процесах, відсутні. Тому, якщо вважати у першому наближенні, що споживання енергії у технологічних процесах пропорційне установленій потужності електротехнічного обладнання, то витрата енергії на сушіння $Q_{суш.}$, кВт·год. продукції може бути розрахована наступним чином:

$$Q_{суш.} = \frac{P_{суш.} \cdot Q_{заг.}}{P_{заг.}}, \quad (4.4)$$

де $P_{заг.}$ і $P_{суш.}$ – сумарна електрична потужність технологічного обладнання та потужність сушарки, відповідно, кВт. $Q_{заг.}$ – загальна витрата електроенергії у технологічному процесі, кВт·год. Однак у складі енергетичного обладнання необхідно зберегти електричні калорифери відповідної потужності для забезпечення процесу сушіння за несприятливих погодних умов. Тоді площу колекторів можна визначити за формулою:

Таблиця 4.4

Динаміка споживання електричної енергії підприємством на технологічний процес сушіння сировини, кВт/год.

Місяці року	Роки		
	2012	2013	2014
Січень	1401,73	1082,26	5100,26
Лютий	1086,48	851,45	5201,59
Березень	697,77	1137,14	4086,96
Квітень	1492,08	1830,13	4255,84

Травень	1711,91	1373,86	810,64
Червень	461,05	1458,3	979,52
Липень	359,72	2015,9	4931,37
Серпень	545,49	2697,06	14152,37
Вересень	1374,42	4675,8	4694,94
Жовтень	1086,48	9833,48	8038,82
Листопад	776,3	10914,61	11546
Грудень 21110,34	1452,95	13481,62	-
	12446,38	51351,61	63797,99

$$S_{\text{кол.}} = \frac{Q_{\text{суш.р.}}}{q_{\text{п.тк.}} \cdot KKD_{\text{кол.}} \cdot 365}, \quad (4.5)$$

де $q_{\text{п.тк.}}$ – питома середньорічна добова кількість теплової сонячної енергії, що надходить на 1 м^2 колектора, за даними NASA [13], кВт·год,

$KKD_{\text{кол.}}$ – коефіцієнт корисної дії теплового колектора.

Потужність підприємства постійно збільшується, тому усереднювати значення за три останні роки недоцільно. Підставивши числові значення у формулу (3.23) для 2014 року, одержимо:

$$S_{\text{кол.}} = \frac{63797,99}{3,34 \cdot 0,85 \cdot 365} = 61,57 \text{ м}^2.$$

Помісячне надходження теплової енергії $Q_{i.\text{кол.}}$ від колекторів можна розрахувати за формулою:

$$Q_{i.\text{кол.}} = q_{\text{п.тк.міс.}} \cdot KKD_{\text{кол.}} \cdot T_{\text{міс}}, \quad (4.6)$$

де $q_{\text{п.тк.міс.}}$ – питома добове помісячне надходження сонячної прямої і розсіяної радіації за даними NASA, кВт·год;

$T_{\text{міс}}$ – кількість днів місяця.

Таблиця 4.5

Результати розв’язку оптимізаційної задачі визначення структури енергетичної системи ТзОВ « Буське сортонасінницьке підприємство» за умови повного заміщення електричної енергії сонячною

Показник	Одиниці виміру	Без використання ВДЕ	З використанням ВДЕ
1. Кількість 150 Вт фотоелектричних панелей	Шт.	0	2
2. Кількість теплових колекторів	Шт.	0	42

3. Потужність нагрівника	кВт	53	0
4. Витрати електроенергії	кВт·год.	67673	0
5.Зведені затрати	Грн.	69865	55721
6.Капіталовкладення	Грн.	-	378360

Розрахована динаміка надходження сонячної енергії на поверхню колекторів, яка забезпечувала б повне заміщення електричною, показує, що недоцільно забезпечувати повне заміщення внаслідок необхідної значної площі колекторів в окремі місяці, оскільки у літні місяці буде суттєвий надлишок виробленої теплової енергії, в той час як у весняний і осінній періоди буде її суттєвий дефіцит. Тому, використовуючи розроблену нами модель процесу виробництва енергії, здійснюємо оптимізацію складу енергетичного обладнання, орієнтуючись на максимальну потребу енергії у 2017 році, допускаючи, що потужність підприємства стабілізувалась. В результаті пошуку оптимальних параметрів енергетичного обладнання для технологічного процесу сушіння сировини отримано наступні показники: кількість теплових сонячних колекторів – 42; кількість фотоелектричних панелей – 2; потужність електричних нагрівачів від мережі – 0 кВт; використано електроенергії з мережі за рік – 67672кВт·год.; повна вартість капіталовкладень в обладнання за наявності електричної мережі в підприємстві – 378360 грн.; вироблена річна кількість тепла колекторами – 64515кВт·год.; вироблена річна кількість електроенергії фотоелектричними панелями – 554,3кВт·год.; сумарні річні затрати на енергозабезпечення становитимуть 55721 грн.

Якщо сушіння буде здійснюватись без використання енергії Сонця, то: потужність електричних нагрівників від мережі – 53 кВт; використано електроенергії з мережі – 67673кВт·год.; сумарні річні затрати - 69865 грн.

Таблиця 4.6

Результати розв'язку оптимізаційної задачі визначення структури енергетичної системи ТзОВ « Буське сортонасінницьке підприємство», за умови 70 % заміщення електричної енергії сонячною

Показник	Без використання ВДЕ	З використанням ВДЕ
1. Кількість теплових колекторів	0	42
2. Кількість фотоелектричних панелей	0	2
3. Витрати електроенергії, кВт·год.	67673	0
Зведені затрати	69865	55621
Капіталовкладення	-	378360

Якщо необхідно, щоб технологічний процес сушіння продукції відбувся неперервно протягом доби, то у нічний період можна використовувати електричну енергію з центральної мережі за зонним (нічним) тарифом, який є суттєво нижчим. Вважаючи, що нічний період триватиме половину часу роботи обладнання, у модель задачі необхідно внести додатково відповідні обмеження. З врахуванням екологічного ефекту та тенденції зміни тарифів на електроенергію, термін окупності визначимо аналогічно до наведеної вище методики (таблиці 4.5. і 4.6).

Таблиця 4.7.

Прогноз грошових потоків інвестиційного проекту використання сонячної енергії на ТзОВ « Буське сортонасінницьке підприємство»

Показник	Роки						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Первинні витрати	- 678360	x	X	X	X	X	X
Чистий грошовий потік з врахуванням екологічного ефекту	-	197625	206558	215924	225723	235955	246620

Таблиця 4.8.

Дисконтування чистих грошових потоків інвестиційних проектів з використання енергії Сонця у ТзОВ « Буське сортонасінницьке підприємство»

Рік	Чистий грошовий потік	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтована вартість чистого грошового доходу	Різниця
-----	-----------------------	--------------------------	--	---------

0	678360	1	13765472	X
1	197625	0,9091	179661	327999
2	206558	0,8264	170699	165776
3	215924	0,7513	162223	11607
4	225723	0,683	154169	-134898
5	235955	0,6209	146504	X
6	246620	0,5645	139217	X
NPV	X	X	X	0

Таким чином, точка беззбитковості досягається у 2022 році, а отже термін окупності капіталовкладень складає близько 6 років, що цілком прийнятно.

ВИСНОВКИ

1. Можливості застосування сонячної енергії у аграрних підприємствах стосуються забезпечення гарячою водою від сонячних установок для потреб обігріву приміщень та одержання електричної енергії для виробничих і побутових потреб, це в свою чергу робить даний вид енергії більш конкурентоспроможним серед інших видів альтернативної енергії.
2. Оптимізація застосування геліоустановок у складі комбінованих енергетичних систем в сільськогосподарських підприємствах реально може бути здійснено на основі застосування модульного принципу у розробці та створенні енергоустановок, що дасть можливість не лише варіювати величину вихідної потужності у потрібному діапазоні, але й вираховувати оптимальне поєднання різних установок (фотоелектричних систем, вітрових агрегатів, біореакторів чи теплонасосів), що використовують енергію різних альтернативних джерел, в т.ч. і сонячну енергію, а також матричного принципу, який дозволить розробляти типові проекти для характерних сполучень потужностей споживачів.
3. Заміщення традиційної енергії «сонячною» у підприємствах АК має економічний і екологічний зміст до певної межі, оскільки не прогнозованість регулярності надходження енергії Сонця і неспівпадіння її надходження з потребою у технологічних процесах, що може призвести до значних економічних втрат внаслідок порушення технології виробництва та як наслідок втрати продукції.
4. На величину оптимального рівня заміщення традиційної енергії сонячною у аграрних підприємствах у значній мірі впливає їх виробничий напрямок та рівень їх спеціалізації. Проведені розрахунки на матеріалах окремих аграрних підприємств показали, що наразі оптимальним рівнем заміщення «сонячною» енергією традиційної на тваринницьких фермах сільськогосподарських підприємств є 100%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Близнюченко А.Г. Энергетический кризис: проблемы и их решение / А.Г. Близнюченко, А.А.Смердов.- Эффективное животноводство - 2010. – №7 (47).- С.40-45
2. Боярчук В.М. Підвищення електричної продуктивності сонячної електричної панелі /В.М.Боярчук, В.П.Гальчак, В.М. Сиротюк та ін. // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження. – 2008. - №12, т.2 – С. 507-510..
3. Кузьмінський Є.В. Нетрадиційні електрохімічні системи перетворення енергії / Є.В. Кузьмінський, Г.Я. Колбасов, Я.Ю. Тевтуль, Н.Б. Голуб - К.: Академперіодика, 2002. - 182 с.
4. Месель-Веселяк В.Я. Формування самозабезпечуючих енергетичних систем у сільському господарстві / В.Я. Месель-Веселяк //Економіка АПК. Міжнародний науково-виробничий журнал. 2010.- № 12. - С. 31-37.
5. Михайлов Ю. Енергетика майбутнього / Ю. Михайлов // Пропозиція.- 2008.- С.20-21.
6. Черевко Г.В. / Г.В.Черевко, В.М.Сиротюк, Є.В.Савченко. Оптимізація складу обладнання гібридної системи енергопостачання аграрного підприємства. // BLACKSEA Scientific journal of academic research. PartA. Agricultural, historical and natural sciences. Desember 2013, volume 07, P. 64-68.
7. Шульжик Ю.О. Перспективи використання нетрадиційних видів палива і енергії в Україні / Ю.О. Шульжик, М.С. Яворський // Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні: Матеріали II-ї науково-практичної конференції. - Львів, ЛьвівЦНТЕІ, 2003.- с.26-30.,
8. Ясенецький В. Нетрадиційна енергетика в агропромисловому секторі / В.Ясенецький, В.Клименко // Пропозиція. - 2003.- №11.- С.104-105
9. Ясенецький В. Стан і основні напрям використання поновлюваних джерел енергії / В.Ясенецький, В.Клименко// Пропозиція. - 2008.- №8.- С.112-116
- 10.Ясинчук Л. Ставка на сонце // Л. Ясинчук. - Експрес, 31 березня – 7 квітня 2011 р. – С.9
- 11.Gradziuk P. Biopaliwa / P.Gradziuk, A.Grzybek, Krz. Kowalczyk, B.Kościk.- Warszawa, 2002.- 258 с.
- 12.NASA Surface meteorology and SolarEnergy: LogIn / Register [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?uid=3030>