

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПАСИВНИХ СОНЯЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ НЕОБХІДНОГО МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦЯХ

М.О. Тонюк

*Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: toniukmariya@ukr.net; ORCID: 0000-0002-3810-8864*

У статті досліджено механізм впровадження відновлювальних джерел енергії для створення необхідного мікроклімату в теплицях. Організація тепличного господарства та вирощування різних видів сільськогосподарських культур є досить вигідним бізнесом, до того ж, корисним з усіх боків. Існуючі взаємини тепличних господарств і енергозбутових компаній односторонні. Компанії сьогодні прагнуть до підписання договору на енергопостачання теплиць на п'ять років вперед з урахуванням погодинних лімітів електроенергії. Ці вимоги ставлять тепличні господарства у край важке становище, адже енергоспоживання теплиць сильно залежить від температури навколишнього повітря і погоди, передбачити яку навіть на місяць вперед із високим ступенем ймовірності неможливо. Для рослинницьких підприємств закритого ґрунту пріоритетним є використання відновлюваних джерел енергії.

На основі аналізу наукових джерел у статті розглянуто теоретичні основи відновлювальних джерел енергії, узагальнено переваги та недоліки генерації електроенергії з сонячного випромінювання. Вірогідність і обґрунтованість одержаних результатів обумовлено використанням загальнонаукових і спеціальних статистичних методів. У дослідженні поставлено завдання запропонувати і обґрунтувати конструкцію пасивної сонячної системи з теплоаккумуляторами. Обґрунтовано модель теплиці з закритими пасивними сонячними системами та оцінено її економічну ефективність (витрати на впровадження пропонованої комплексної сонячної установки для підприємства агропромислового комплексу покриваються менше, ніж за 3 роки, що підтверджує економічну ефективність її реалізації).

Робота є завершеним дослідженням, в якому розглянуто науково-технічне вирішення важливої науково-технічної задачі впровадження відновлювальних джерел енергії в теплицях. Модель теплиці з закритими пасивними сонячними системами є економічно вигідною, тому її доцільно впровадити для створення необхідного мікроклімату в теплицях.

Ключові слова: альтернативна енергетика, агропромисловий комплекс, організація теплиці, управління, енергозабезпечення.

ВСТУП

Отримання високих результатів при вирощуванні в теплицях безпосередньо залежить від якості забезпечення рослин оптимальними умовами. І одним з найважливіших таких є чітко збалансований мікроклімат. Більшу частину собівартості виробленої продукції у теплицях становлять витрати на енергетику. Тому, якість використовуваного енергетичного обладнання постає на перший план.

Усі автоматизовані теплиці можна розділити на два види: автономні і енергоза-

лежні. Практично досконалі умови для росту здатні створити енергозалежні теплиці. Однак залежність автоматики від електроенергії може призвести до втрати дорогоцінного врожаю в максимально короткі терміни. Взимку буває досить для цього 1–2 год. Така ситуація цілком можлива, оскільки від збоїв в подачі електроенергії ніхто не застрахований. Крім того, істотно можуть позначитися на бюджеті витрати на обладнання і електрику. Автономна теплиця працює від теплової і сонячної енергії. Хоч вона і з деяким запізненням реагує на зміну рівня температури в теплиці, але критично це відбувається лише при різких перепадах температурних режимів.

Мета роботи — запропонувати механізм впровадження відновлювальних джерел енергії для створення необхідного мікроклімату в теплицях та оцінити економічну ефективність цього механізму.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження й оптимізація енергоефективності теплиць і систем електропостачання на їх основі представляє актуальну задачу, вирішенню якої присвячені роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних учених.

Велика увага джерелу енергії зосереджена в країнах Європи і Америки. Основні досягнення в цій галузі узагальнені у роботі Т.Чоу (2010) [1], в якій описані загальні моделі і експерименти, характерні для цього напрямку техніки. Щодо досліджень, спрямованих на перетворення сонячної радіації в електричну і теплову енергії, на окрему увагу заслуговує робота групи Eindhoven (Зондаг, 2008) [2], оскільки вона являє собою систематичний аналіз проблем, моделей і експериментальних результатів у цій області. Х.А. Зондаг, голландський вчений, який вивчає різні види сонячних установок інтегрованих у теплиці, запропонував кілька конструкцій на основі повітряного охолодження для ефективного використання їх в регіонах із підвищеною хмарністю. Група італійських дослідників (М. Роза-Клотен, П. Роза-Клотен і Д.М. Тіна [3]) розробила TESPI-панель, що принципово відрізняється від інших тим, що спочатку розташований теплообмінник, а за ним фотоелектрична панель.

Сациком В.О. [4] розглянуто апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікроклімату теплиці та проведено аналіз можливостей застосування елементів апаратного забезпечення в теплицях і відображено їх функціонування. Кошкін Д.Л. [5] запропонував ієрархічну дворівневу комп'ютеризовану систему керування врожайністю теплиці з використанням математичної моделі мікроклімату при керуванні температурою і вологістю повітря. За даними [6] представлено математичну

модель мікроклімату грибної теплиці при керуванні температурою повітря, вологістю та концентрацією вуглекислого газу в камері вирощування.

Таким чином, дослідження й розробка, присвячені енергоефективним автономним і гібридним джерелам електроенергії актуальні та спрямовані на вирішення господарських завдань.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

За проведення дослідження, зважаючи на поставлені завдання, застосовувались загальнонаукові та специфічні методи дослідження. Серед них: метод наукової абстракції — при систематизації теоретичних основ відновлювальних джерел енергії, метод системно-структурного аналізу — при визначенні особливостей застосування впровадження відновлювальних джерел енергії для створення необхідного мікроклімату в теплицях; метод логічного узагальнення — при дослідженні проблем впровадження відновлювальних джерел енергії для створення необхідного мікроклімату в теплицях; метод аналізу і синтезу, графічний метод для розробки організаційних заходів.

На основі аналізу наукових джерел у статті розглянуто теоретичні основи відновлювальних джерел енергії, узагальнено переваги та недоліки генерації електроенергії з сонячного випромінювання. Вірогідність і 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

Сучасна теплиця має безліч виконавчих інженерних систем, тобто пристроїв, які дають можливість управляти мікрокліматом теплиці, зокрема:

- система опалення. Основне завдання системи опалення — це підтримка заданої агрономом температури. Як правило, опалення теплиці складається з декількох роз-

дільних контурів (систем). Регулювання температури повітря здійснюється за допомогою зміни температури води в контурах, що проводиться за допомогою змішувального клапана, який змішує в необхідній пропорції воду від джерела тепла (прямий теплоносій) з водою, яка повернулася з теплиці (зворотним теплоносієм);

- система кватиркової вентиляції. Для вентилявання повітря всередині теплиці в покрівлі передбачаються фрамуги (кватирки), площа яких становить до 30% від загальної площі скління. Відкриття та закриття кватирок проводиться за допомогою моторизованих редукторів;

- система зашторювання. Практично всі нові проекти теплиць комплектуються системою зашторювання, тому що вона дає змогу економити до 30% теплоресурсів, а також захистити рослини від сонячних опіків. Принцип її роботи полягає в тому, що спеціальний полімерний матеріал згортається і розгортається над рослинами, відсікаючи тим самим покрівлю. Згортання та розгортання проводиться за допомогою спеціальних моторедукторів;

- система підживлення CO₂. Найважливішим параметром мікроклімату поряд із температурою і вологістю є концентрація вуглекислого газу в повітрі. Це пов'язано з тим, що вуглець є основним будівельним матеріалом для рослини і процес фотосинтезу (виробництва сухої речовини) без CO₂ неможливе. Найбільш економічним рішенням є використання газів, що відходять котельні для підгодівлі, і на більшості тепличних комбінатах так і відбувається. Однак у деяких випадках доводиться вдаватися до використання рідкої вуглекислоти для підгодівлі, що є більш дорогим рішенням;

- система досвічування. Сучасна інтенсивна технологія вирощування овочів передбачає установку системи асиміляційного освітлення. А для вирощування квітів система досвічування взагалі є необхідною умовою. Основне завдання системи забезпечити певний рівень освітленості для вирощування в ті моменти, коли природного світла недостатньо. Рівні додатко-

вого освітлення коливається в діапазонах у межах 120–250 Вт/м²;

- система рециркуляції повітря. Для забезпечення повітрообміну в теплиці у верхній її частині встановлюються вентилятори. При включенні вони забезпечують рух повітря, вирівнювання теплового поля і прискорюють конвективний теплообмін;

- автоматична система управління мікрокліматом. Вона призначена для зв'язку всіх перерахованих вище систем в єдине ціле, в єдиний процес із централізованим управлінням.

Системи опалення та вентиляції, зашторювання і досвічування, підживлення CO₂ і рециркуляція повітря працюють під управлінням спеціального комп'ютера, який відповідає за те, щоб режим мікроклімату в теплиці точно збігався із завданням агронома. При цьому, з урахуванням спрацювання й старіння ліній електропередач і комутаційного обладнання на тлі зростаючих тарифів, у власників тепличних комплексів немає ніяких гарантій, що він за певних умов не зіткнеться з знеструмленим господарством. Тривала відсутність енергопостачання а, отже, неможливість здійснення технологічних процесів може призвести до значного зниження врожаю, хвороби або навіть загибелі рослин.

Організація тепличного господарства та вирощування різних видів сільськогосподарських культур є досить вигідним бізнесом, до того ж, корисним з усіх боків (рис. 1).

Нині у країні налічується 9 859 га закритого ґрунту, причому в ці обсяги входять як промислові тепличні комплекси, так і мінітеплиці. Для порівняння, площа тепличних господарств у Південній Кореї сягає 57444 га, в Іспанії — 52 170, в Японії — 49 049, у Туреччині — 39 515, в Італії — 26 500, у Польщі — 7560, у Росії — 2100, а в Китаї — близько 2,7 млн га.

Переважно тепличний бізнес нині розвивається досить швидко в південних регіонах нашої країни. Справа в тому, що ринок прагне вигідніше перевозити вирощений товар із півдня на північ, ніж зазнавати збитків від витрат на газ і електроенергію в

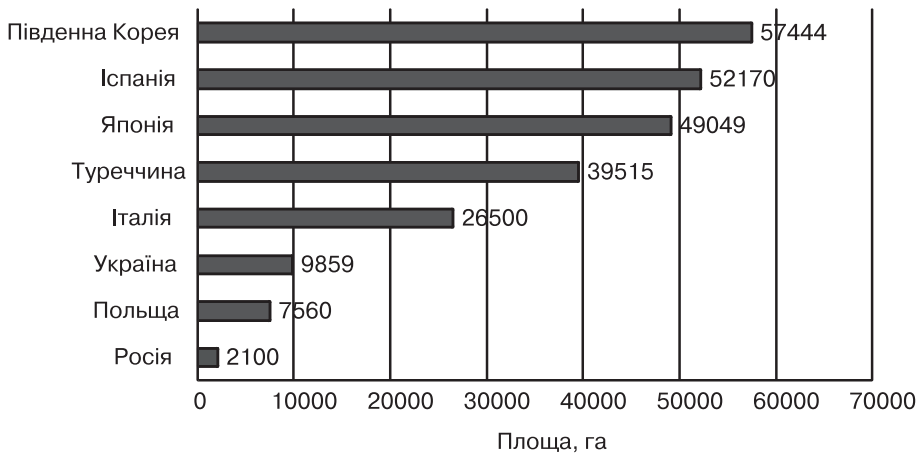


Рис. 1. Площа закритого ґрунту в окремих країнах світу, га [7]

північних районах. Сезонний фактор сильно впливає на цінову динаміку овочевої продукції впродовж року. Зростання цін на овочі в осінній період пояснюється закладкою на зимове зберігання основної частини врожаю і пов'язаним з цим зменшенням обсягу пропозиції продукції на ринку. На зростання цін у зимовий період вплив мають і витрати на зберігання.

Існуючі взаємини тепличних господарств і енергозбутових компаній односторонні. Компанії сьогодні ставлять собі за мету підписання договору на енергопостачання теплиць на п'ять років вперед з урахуванням погодинних лімітів електроенергії. Ці вимоги ставлять тепличні господарства у край важке становище, адже енергоспоживання теплиць сильно залежить від температури навколишнього повітря і погоди, передбачити яку навіть на місяць вперед із високим ступенем ймовірності неможливо. Ріст рослин визначається процесами фотосинтезу, для якого головне джерело енергії — світло, безпосередньо впливає на темпи зростання і розвитку рослин.

В якості енергоощадних заходів при будівництві та реконструкції теплиць сучасними будівельними організаціями пропонуються:

- 1) збільшення висоти теплиці;
- 2) штучне досвічування енергоощадними лампами;

3) будівництво світлопрозорої огорожі покрівлі та периметра теплиць із використанням двошарового скла (двошаровий полікарбонат) із застосуванням гумових та ПВХ ущільнювачів;

4) пристрій ефективної системи квартирової вентиляції;

5) монтаж системи опалення з поділом контурів опалення (на практиці така схема показує свою ефективність у плані економії тепла і поліпшення температурних полів);

6) комп'ютерне управління мікрокліматом і джерелом теплопостачання (економія теплової енергії при цьому становить близько 15–25%):

- монтаж і реконструкція існуючих котелень з установкою АСУ регулювання потужності горіння, заміною насосного та запірно-регулюючого обладнання, управління котельні від кліматичного комп'ютера;
- монтаж установки відбору газів, що відходять котельні для підживлення рослин CO₂;
- забезпечення переходу від теплопостачання центральних котелень із котлами великої потужності на вбудовані в тепличні блоки автономні котельні.

Ефективність системи енергозабезпечення теплиць залежить від багатьох факторів. Як приклад, можна відзначити такі, як: модернізація обладнання, використан-

ня нових матеріалів і технологій, використання енергоефективних та нетрадиційних джерел енергії. Для рослинницьких підприємств закритого ґрунту, пріоритетним є використання відновлюваних джерел енергії. В умовах розвинутої геліо- і вітро-техніки необхідно досліджувати умови використання поновлюваних джерел енергії для мікроклімату теплиці. Однак потрібно зазначити, що енергія геліо- або вітроенергетичних установок нестійка, внаслідок мінливості. До того ж, вироблення енергії буде прямо залежати від технічних параметрів таких установок [4].

Великим безкоштовним обігрівачем слугує сонце. Такий подарунок природи прийнято використовувати з максимальним ККД у великих теплицях. Відмінним накопичувачем тепла послугує велика ємність, яку використовують під воду при краплинному зрошенні рослин. Вона зможе обігрівати теплицю вночі. Для ефективної роботи сонячних теплиць необхідно надлишок тепла акумулювати для вирівнювання денних і нічних температур. Тому розглянемо теплиці із закритою пасивною сонячною системою, які відрізняються про-

стоюю, насамперед, з точки зору конструктивного рішення, і виконуються як функції елементів будівлі, так і функції сприйняття і акумулювання тепла. Модель теплиці з закритими пасивними сонячними системами відображено на рис. 2.

Представлена на рис. 2 сонячна теплиця має два абсорбера теплоприймача (I і II пасивних сонячних систем): I – розташована на південній стіні теплиці; II – на північній стіні теплиці.

Істотне значення мають конфігурація, форма і кут нахилу скатів покрівлі, оскільки від них залежить світлопроникність теплиці. Для максимальної світлопроникності плівкової теплиці повинні мати циліндричну форму, проте при такій формі можливі скупчення води і снігу у верхній зоні покрівлі, затінення і, в кінцевому рахунку, руйнування покриття. Переважно це стріловидна і гіперболічна форми [5]. Збільшити світлопроникність зимових теплиць можна за рахунок застосування спеціальних конструкцій із нерівними схилами. У цьому випадку теплиця орієнтована більш крутими схилами на південь, що при низькому сонцестоянні взимку

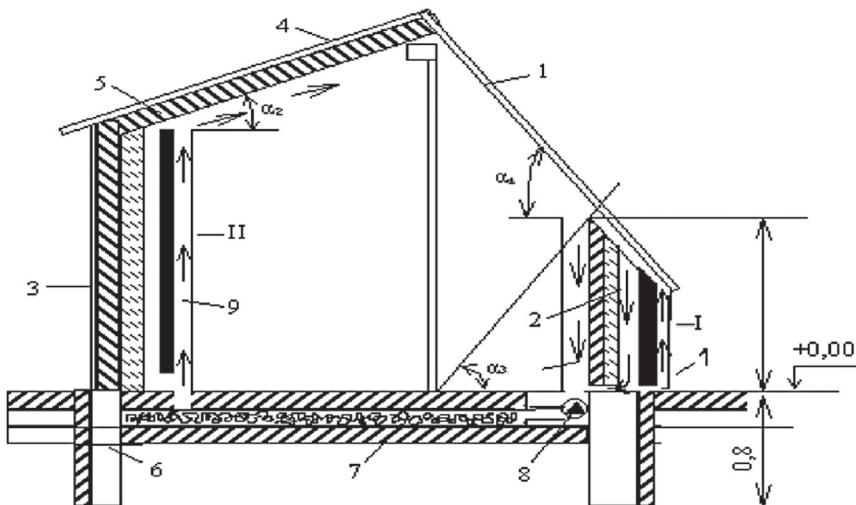


Рис. 2. Розріз теплиці з закритими пасивними сонячними системами [8]

Примітки: 1 – прозора ізоляція; 2 – теплоізольована передня стінка; 3 – теплоізольована північна стінка; 4 – дах; 5 – теплоізоляція; 6 – теплоізолюваний фундамент; 7 – акумулятор; 8 – вентилятор; 9 – циркуляційні канали.



Рис. 3. Фото теплиці з закритими пасивними сонячними системами [8]

зменшує коефіцієнт відображення і збільшує світлопроникність споруди. Особливу увагу слід звертати на кут нахилу покрівлі теплиць, експлуатованих в зимовий час. При певних кутах нахилу покрівлі і при утворенні конденсату окремі краплі води не ковзають по покрівлі, а відриваються і падають на рослини. Теплиці з таким профілем поперечного перерізу випускаються, зокрема, фінською фірмою «Lito». Такий пристрій блокової теплиці показано на рис. 3.

Використання пасивної сонячної системи з теплоаккумуляторами дасть можливість виробляти максимальну кількість теплової енергії та повноцінно використовувати випромінювання сонця, значно збільшить ефективність роботи сонячної теплиці. Устаткування всередині конструкції потрібно вибирати виходячи з технічної та економічної доцільності, необхідно розрахувати світлопрозоре покриття, утеплювач, залізобетонні плити і вентилятор [6].

Мікроклімат характеризуємо за такими показниками: температура повітря, температура поверхонь, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового опромінення. Оптимальні параметри мікроклімату наведені в табл. 1.

Розроблена система дасть змогу автоматично регулювати температуру, вологість і

швидкість руху повітря, що тільки сприятливо позначиться на виробництві продукції. В економічній частині нам необхідно передусім розрахувати вартість роботи з конструювання установки з огляду на ціну кожного елемента, вартість робочої сили.

У табл. 2 представлено вартість основного обладнання та витратних матеріалів, використаних при проведенні робіт із виготовлення установки.

Дороге обладнання пропонують доставити безкоштовно, для решти враховують найм автомобіля для перевезення вантажів для доставки від відділення пошти — 1500 грн. Інвестування у такий проєкт може здійснюватися за рахунок коштів власника теплиці. Найбільш впливовим чинником при виборі типу інвестування є величина ставки дисконтування порівняно із рівнем прибутковості теплиці. Для оцінки очікуваної ставки дисконтування для наших інвестицій було обрано облікову ставку НБУ в 6% з коригуванням на річний показник інфляції у 2,4% [11].

Вартість інших робіт пораховано за ціною роботи персоналу, що виконує монтаж (табл. 3). Згідно із табл. 3, оплата праці персоналу на монтаж сонячної системи становить 23540 грн. Таким чином, загальні витрати на монтаж сягають $187865 + 23540 = 211405$ грн.

Таблиця 1. Допустимі та оптимальні параметри мікроклімату теплиці

Культура	Температура повітря, °С			Температура ґрунту, °С	Відносна вологість повітря, %
	День		Ніч		
	Сонячно	Похмуро			
Огірок (зимово-весняний оборот)	22–24	20–22	17–18	20–24	70–75
Огірок (осінній оборот)	25–26	22–23	19–20	22–24	70–75
Томат (зимово-весняний оборот)	22–24	19–20	16–17	18–20	60–65
Томат (осінній оборот)	24–26	18–20	16–18	18–19	60–70
Салат качаний	20–23	16–18	10	15–16	70–80
Редис	20–22	7–9	5–6	15–16	60–70
Кріп, шпинат	17–18	8–12	5–6	15–16	65–80

Примітка: представлено автором із використанням [9].

Таблиця 2. Відомість витрати матеріалів і спеціального обладнання створюваної конструкції

№	Найменування	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
1	Монолітний полікарбонат Carboglass 6 мм	78,3	1152	90155
2	Мінераловатна плита БЕЛТЕП ФАСАД 12	204	250	50950
3	Залізобетонні плити 8,5×1,2	8	220	1760
4	Вентилятор промисловий ВРАВ-8-1-П90	1	45000	45000
Всього				187865

Примітка: представлено автором із використанням [9].

Таблиця 3. Розрахунок заробітної плати персоналу

Найменування роботи	Виконавець	Трудоємність (чол./год)	Заробітна плата
Проектування	Інженер	10	4510
Монтаж обладнання	Інженер	10	4510
Допоміжні роботи	Слюсар	5	1420
Розвантажувально-переносні роботи	Вантажник	5	1420
Всього заробітної плати			17540
Всього допоміжна заробітна плата			1760
Єдиний соціальний внесок (22%)			4240
Всього оплата праці персоналу			23540

Примітка: представлено автором із використанням [10].

У якості базової ціни для порівняння витрат на постачання електроенергії на такі послуги від «Київської обласної енергопостачальної компанії» обрана ціна, яка сягає 168 коп./кВт год [12]. Виробнича потужність пропонованої конструкції становить 52 000 кВт/рік. Таким чином, річна економія впровадження комплексної сонячної установки становить 87360 грн.

Чиста поточна вартість впровадження даного механізму становить:

$$NPV = \sum \frac{CF_k}{(1+r)^k \times (1+i)^k} - IC =$$

$$= -211405 + \frac{87360}{(1+0,06)^1 \times (1+1,024)^1} +$$

$$+ \frac{87360}{(1+0,06)^2 \times (1+1,024)^2} +$$

$$+ \frac{87360}{(1+0,06)^3 \times (1+1,024)^3} +$$

$$+ \frac{87360}{(1+0,06)^4 \times (1+1,024)^4} = 74473 \text{ грн,}$$

де CF_k – грошові потоки; IC – первісні інвестиції; r – дисконтована ставка; i – рівень інфляції; NPV – чиста приведена вартість.

Отже, впровадження цієї конструкції є економічно вигідним. Термін окупності – це мінімальний часовий інтервал (від початку здійснення проекту), за межами якого інтегральний ефект стає і надалі залишається невід’ємним (табл. 4).

У нашому випадку капітальні вкладення сягають 21 1405 грн. Останні покриваються сумарними результатами після другого року, що видно із табл. 4, але результат приблизний, тільки в роках. Для уточнення періоду окупності автором розраховано, за який період будуть покриті всі інвестиційні витрати після 2 року.

Наростаючий $DIC t - PV 2 = 211405 - 154631,751 = 56773,249$.

Інтегральний результат за 3 рік: $PV 3 = 68311,708$ грн за 365 днів.

$DPP2 = 56773,249 / 68311,708 \times 365 = 303$ днів.

Отже, термін окупності проекту становитиме: $DPP = DPP1 + DPP2 = 2$ роки + 303 дні.

Як бачимо, витрати на впровадження пропонованої комплексної сонячної установки для підприємства агропромислового комплексу покриваються менше, ніж за 3 роки, що підтверджує економічну ефективність її впровадження.

Для забезпечення сприятливих умов для розвитку рослин система енергопостачання тепличного комплексу повинна забезпечувати надійне функціонування технічних засобів для контролю мікроклімату, освітлення та поливу рослин. До того ж, у процесі функціонування тепличного комплексу на нього впливають фактори навколишнього середовища (швидкість вітру, температура навколишнього середовища, інтенсивність сонячного випромінювання, тривалість світлового дня), а також внутрішні чинники (кратність повітрообміну і т.д.), залежно від яких змінюються потреби системи теплової та електричної енергії.

Таблиця 4. Розрахунок терміну окупності створюваної конструкції

Період	$PV t$	Наростаючий $PV t$	$DIC t$	Наростаючий $DIC t$
1	80483,49	80483,49	211405	211405
2	74148,262	154631,751		
3	68311,708	222943,46		
4	62934,577	285878,037		

Примітка: $PV t$ – дисконтовані грошові потоки; наростаючий $PV t$ – сума дисконтованих грошових потоків; $DIC t$ – розмір дисконтованих інвестицій; наростаючий $DIC t$ – сума дисконтованих інвестицій.

Це, своєю чергою, впливає на значення показників ефективності системи енергопостачання.

Однак, сонячне тепло, крім користі, може принести і цілком реальну шкоду для тепличних культур. Уся справа в тому, що не дуже помітна різниця між нормальною температурою вирощування і тією межею, за якою для рослин настає загибель. Наприклад, для томатів ідеальний режим для росту знаходиться у межах $+32 - +35^{\circ}\text{C}$. Однак, якщо температура навколишнього повітря піднімається до $+40^{\circ}\text{C}$, рослини хворіють і гинуть. Тонування скла теплиці за допомогою водного розчину крейди допоможе захистити рослини від сильного перегріву. Після спаду спеки теплицю рекомендовано очищати водою. Якщо пофарбувати при цьому емність з водою матовою чорною фарбою, то тонування і зовсім не буде впливати на акумулювання тепла.

ВИСНОВКИ

Сучасне тепличне господарство сильно відрізняється від того, що було ще кілька десятиліть тому. Основні завдання, які

вирішуються в тепличному комплексі – оптимальне підтримання мікроклімату (освітлення, полив, підтримання оптимальної температури) можливо вирішити тільки на рівні сучасних технологій. Одним із важливих аспектів ведення тепличного господарства є економічне використання енергії. Через великі площі світлопрозорих поверхонь у тепличних комплексах виникають істотні втрати тепла, щоб їх компенсувати потрібно значні витрати енергії.

Нами запропоновано використання пасивної сонячної системи з теплоаккумуляторами, що дасть можливість виробляти максимальну кількість теплової енергії та повноцінно використовувати випромінювання сонця, значно збільшить ефективність роботи сонячної теплиці. Модель теплиці з закритими пасивними сонячними системами є економічно вигідною, адже витрати на впровадження запропонованої комплексної сонячної установки для підприємства агропромислового комплексу покриваються менше, ніж за три роки, тому її доцільно впровадити для створення необхідного мікроклімату в теплицях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chow T.T., Hand J.W., Strachan P.A. Building-integrated photovoltaic and thermal applications in a subtropical hotel building. *Applied Thermal Engineering*. 2010. Vol. 23. P. 35–49.
2. Zondag H.A. Flat-plate PV-Thermal collectors and systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2008. Vol. 12. P. 891–959.
3. Rosa-Clot M., Rosa-Clot P., Tina G.M. TESPI: Thermal Electric Solar Panel Integration. *Solar Energy*. 2011. Vol. 10. P. 2433-2442.
4. Сацик В.О. Апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікроклімату теплиці. *Наукові нотатки*. 2013. Вип. 40. С. 245–250.
5. Кошкін Д.Л. Ієрархічна комп'ютеризована система керування врожайністю теплиці. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 2 (1.2). С. 179–186.
6. Кошкін Д.Л. Математична модель керування мікрокліматом грибної теплиці. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2012. Вип. 1. С. 165–170.
7. Системи управління мікрокліматом теплиці: URL: <http://www.fito-system.ru/climate-systems>.
8. Офіційний ресурс компанії Агро в деталях: URL: <https://agriexpert.ru>.
9. Офіційний ресурс компанії IBud: URL: <https://ibud.ua>.
10. Офіційний ресурс Work.ua: URL: <https://www.work.ua>.
11. Національний банк України: URL: <https://bank.gov.ua>.
12. Рівні цін на універсальні послуги для побутових та малих непобутових споживачів, що вводяться в дію з 01 серпня 2020 року: URL: <https://koeec.com.ua/page?root=23>.

REFERENCES

1. Chow, T.T., Hand, J.W. & Strachan P.A. (2010). Building-integrated photovoltaic and thermal applications in a subtropical hotel building. *Applied Thermal Engineering*, 23, 35–49 [in English].
2. Zondag, H.A. (2008). Flat-plate PV-Thermal collectors and systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 12, 891–959 [in English].

3. Rosa-Clot, M., Rosa-Clot, P. & Tina, G.M. (2011). *Thermal Electric Solar Panel Integration. Solar Energy*, 10, 2433–2442 [in English].
4. Satsyk, V.O. (2013). Aparatne zabezpechennya avtomatyzovanoho rehulyuvannya mikroklimatu teplytsi [Hardware of automated regulation of the greenhouse microclimate]. *Naukovi notatky — Scientific notes*, 40, 245–250 [in Ukrainian].
5. Koshkin, D.L. (2015). Iyerarkhichna komp'yuteryzovana sistema keruvannya vrozhaynistyu teplytsi [Hierarchical computerized greenhouse yield management system]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomor'ya — Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast*, 2, 179–186 [in Ukrainian].
6. Koshkin D.L. (2012). Matematychna model' keruvannya mikroklimatom hrybnoyi teplytsi [Mathematical model of microclimate control of a mushroom greenhouse]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomor'ya — Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast*, 1, 165–170 [in Ukrainian].
7. Systemy upravlinnya mikroklimatom teplytsi [Greenhouse microclimate control systems]. URL: <http://www.fito-system.ru/climate-system> [in Russian].
8. Ofitsiyyny resurs kompanyy Ahro v detalyakh [Official resource of Agro in details]. URL: <https://agriexpert.ru> [in Russian].
9. Ofitsiyyny resurs kompanyy IBud [Official resource of IBud]. URL: <https://ibud.ua> [in Ukrainian].
10. Ofitsiyyny resurs Work.ua [Official resource Work.ua]. URL: <https://www.work.ua> [in Ukrainian].
11. Natsional'nyy bank Ukrayiny [National Bank of Ukraine]. URL: <https://bank.gov.ua> [in Ukrainian].
12. Rivnitsen na universal'ni posluhy dlya pobutovykh ta malykh nepobutovykh spozhivachiv, chto vvodyat'sya v diyu z 01 serpnya 2020 roku [Price levels for universal services for household and small non-household consumers, which come into force on August 1, 2020]. URL: <https://koec.com.ua/page?root=23> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 31.06.2020