

Рассмотрено определение глубины проплавления контакт - деталей при помощи уравнения теплопроводности в сферических координатах. Показано, что поскольку размеры основания дуги очень малы в сравнении с поверхностью контакт – детали, то расчет теплового режима контакт – детали проводится с использованием метода точечного источника. Определено распределение температуры электрической дуги за время ее горения при коммутации тока при работе электроустановки.

Контакт – деталь, глубина проплавления, электрическая дуга, точечный источник.

The article is devoted to the determining method of the contact details penetration depth by using the heat equation in spherical coordinates. Were shown, that as the arc base size is very small in comparison with the surface of contact details, then the thermal regime calculation of the contact details is carried out by using a point source. Were determined the temperature distribution of an electric arc during its combustion at a switching power during operation of the electrical installation.

Contact detail, penetration depth, electric arc, point source.

УДК 007.52

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ У ТЕПЛИЧНІ ГОСПОДАРСТВА

В.П. Лисенко, кандидат технічних наук

І.М. Болбот, кандидат технічних наук

І.І. Чернов, студент магістратури

Наведено економічне обґрунтування впровадження робототехнічних систем у тепличному господарстві. За результатами дослідження побудовано температурні поля на різних рівнях та встановлено, що в теплиці з'являються зони з підвищеною та пониженою температурою.

Система керування, мікроклімат, тепличне господарство, робототехнічна система, температурне поле.

Сучасні високотехнологічні методи вирощування овочів і квітів у теплицях дозволяють істотно підняти врожайність культур і, відповідно, підвищити економічну ефективність виробництва. Нині спеціалізовані комбінації досягли значних позитивних результатів, завдяки яким теплична галузь є найрентабельніша в сільському господарстві.

Мета досліджень – економічне обґрунтування впровадження робототехнічних систем фітомоніторингу в тепличних комплексах, що сприятиме покращенню розвитку рослин, їх швидшому дозріванню та плодоносінню і, як наслідок, – збільшенню врожайності.

© В.П. Лисенко, І.М. Болбот, І.І. Чернов, 2012

Матеріали та методика досліджень. Проаналізовано джерела щодо впровадження інноваційних високотехнологічних розробок у сільське господарство, вивчався та узагальнювався передовий досвід упровадження новітніх технічних систем і технологій у тепличне господарство.

Результати досліджень. Відомо, що стан і розвиток рослин тісно пов'язані з умовами навколишнього середовища – температурою і вологістю повітря, спектральним складом і потужністю світлового потоку, режимом теплообміну, мінеральним і водним живленням тощо.

Багато в чому формування росту рослин і найважливіші фізіологічні процеси, такі як транспірація, фотоперіодизм, фотосинтез, визначаються умовами середовища. При цьому одночасно йде протилежний процес – вплив рослини на середовище: затінення ґрунту, зміна режиму температури та вологості приґрунтового повітря, зміна вмісту вологи кореневмісного шару ґрунту. Навіть та чи інша фаза розвитку рослин по-різному реагує на тепловий, водний, радіаційний, повітряний режими в системі «ґрунт – повітря».

Спеціалізованими системами промислової теплиці передбачено регулювання таких параметрів як температура та вологість повітря в теплиці, температура ґрунту теплиці, вміст CO₂ у повітрі, склад живильного розчину, рівень сонячної радіації.

Серед зазначених вище параметрів на розвиток рослин і їх плодоношення найбільше впливає температура. Саме тому цей параметр і досліджувався.

Оптимальна температура для вирощування помідорів коливається між 22-27 °С. При постійній температурі 15 °С ріст зупиняється, а якщо температура буде меншою 10 °С, то ріст повністю припиняється. Рослина починає швидко відмирати, якщо температура наближається до 0,5 – 0,8 °С. За декілька годин при такій температурі може відбутися повне відмирання рослини. При підвищенні температури понад 35 °С фотосинтез сповільнюється. При високій температурі також порушується запилення [1].

З розвитком листя та стебла, коли починається повітряне живлення рослини, температура повинна бути вищою, ніж при сходах. У цей період особливо важливо дотримуватися правильного співвідношення між температурою і освітленням. У сонячну погоду підвищення температури не позначається негативно на розвитку рослин, при похмурій погоді температуру за можливості слід знижувати.

Інтенсивніше температуру слід знижувати у нічний час, оскільки при високій температурі без світла рослини витягуються і слабшають, що не лише уповільнює отримання врожаю, але й суттєво зменшує його обсяг. У період бутонізації, цвітіння і плодоношення необхідна підвищена температура для всіх рослин як вдень, так і вночі. Особливо це важливо для помідорів, у яких наростання плодів відбувається головним чином вночі. Тому найсприятливіша температура для помідорів у сонячну погоду 24 – 25 °С, в хмарну – 20 – 21 °С [2].

Обмежена кількість датчиків температури в промисловій теплиці призводить до визначення і використання для керування опосередковано-

го значення температури існуючою системою керування мікрокліматом, яка не спроможна підтримати необхідне значення температури в найсприятливішій зоні для розвитку всіх рослин, що знаходяться в теплиці. При цьому в теплиці з'являються зони з підвищеним та пониженим значенням температури.

Нами було проведено дослідження розподілу температурного поля за площею теплиці на різних її рівнях. Дослідження проводились в теплиці №9, ПАТ «Комбінат Тепличний», Київської обл., Броварського р-ну, смт. Калинівка. У цій теплиці подача теплоносія від котельні здійснюється магістральним трубопроводом через вузли керування подачею теплоносія. Системи трубопроводів технологічного обігріву, системи керування електроприводами циркуляційних насосів, датчиків температури забезпечують регулювання температури безпосередньо у теплиці.

До складу системи автоматичного керування мікрокліматом входить 3 датчики температури, що розташовані в різних місцях теплиці на висоті 1,5 м (рис. 1). За умов, що температура установки була рівною 20 °С, виміри температури у місцях знаходження датчиків становили відповідно 20.4 °С, 19.7 °С, 19.2 °С.

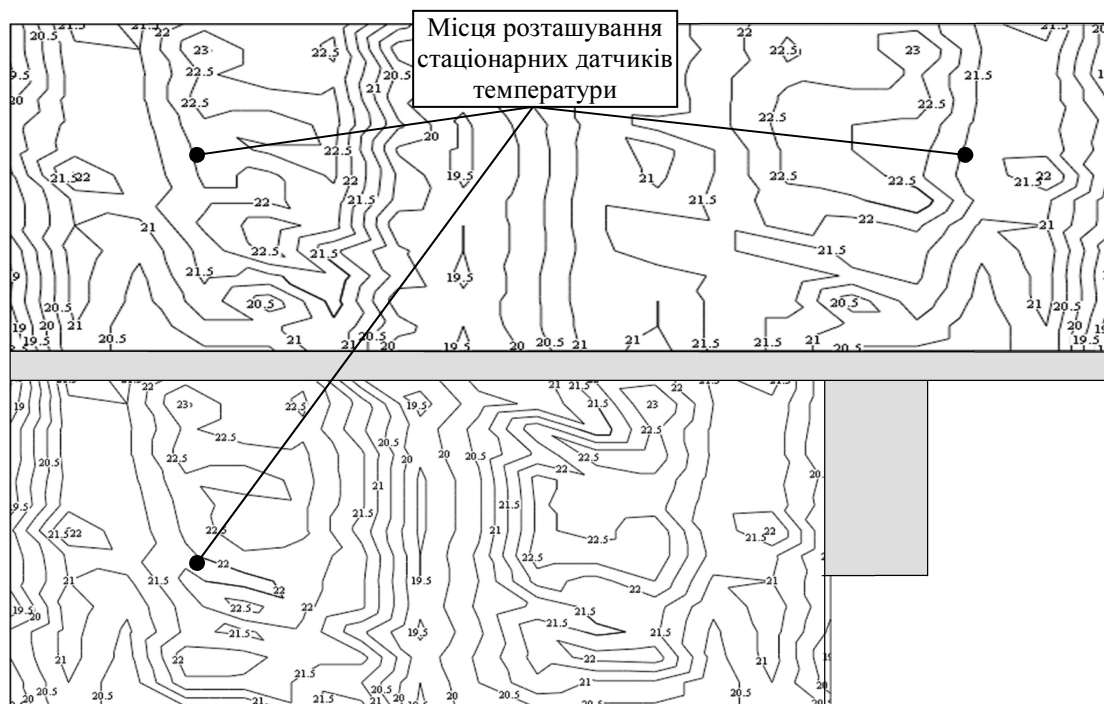


Рис.1. Температурне поле в теплиці на рівні 1,5 м від підлоги

За результатами вимірювання температури встановлено, що її значення на висоті 1,5 м по площі теплиці змінюється від 18,4 °С до 23,1 °С, а відхилення від установки не перевищує 3,5 °С. Тобто температури повітря над її кроною знаходиться в межах зони комфортного їх розвитку (забезпечується системою рециркуляції повітря). У той же час значення температури повітря нижче її кроки не завжди знаходяться в межах норми.

Система рециркуляції повітря в теплиці призначена для його штучного перемішування з метою більш рівномірного розподілу температурних полів за об'ємом споруди, зниження перегрівів рослин, активізації фізіологічних процесів у рослинах, ліквідації зон з підвищеною вологістю, особливо в періоди, коли природна вентиляція через кватирки неможлива або малоефективна. До складу системи входять осьові вентилятори, електротехнічне обладнання. Робота вентиляторів здійснюється в автоматичному режимі.

Були проведені вимірювання температури на рівні розвитку рослин на висоті 0,5 м від підлоги при висоті рослин в теплиці від 0,7 м до 1,1 м. Результати показали, що температура при цьому змінюється від 13,5 °С до 26,2 °С, а відхилення від заданого значення становить 6,5 °С. Аналіз температурного поля (рис.2.) дозволяє зробити висновок, що температура повітря біля рослин у деяких зонах виходить за межі зони комфорту розвитку рослини, що спричинює їх повільний розвиток і, як наслідок – затримка у збиранні врожаю та його зменшення. Отже, існуюча система рециркуляції повітря не забезпечує підтримку комфортних значень температури повітря у кроні рослин.

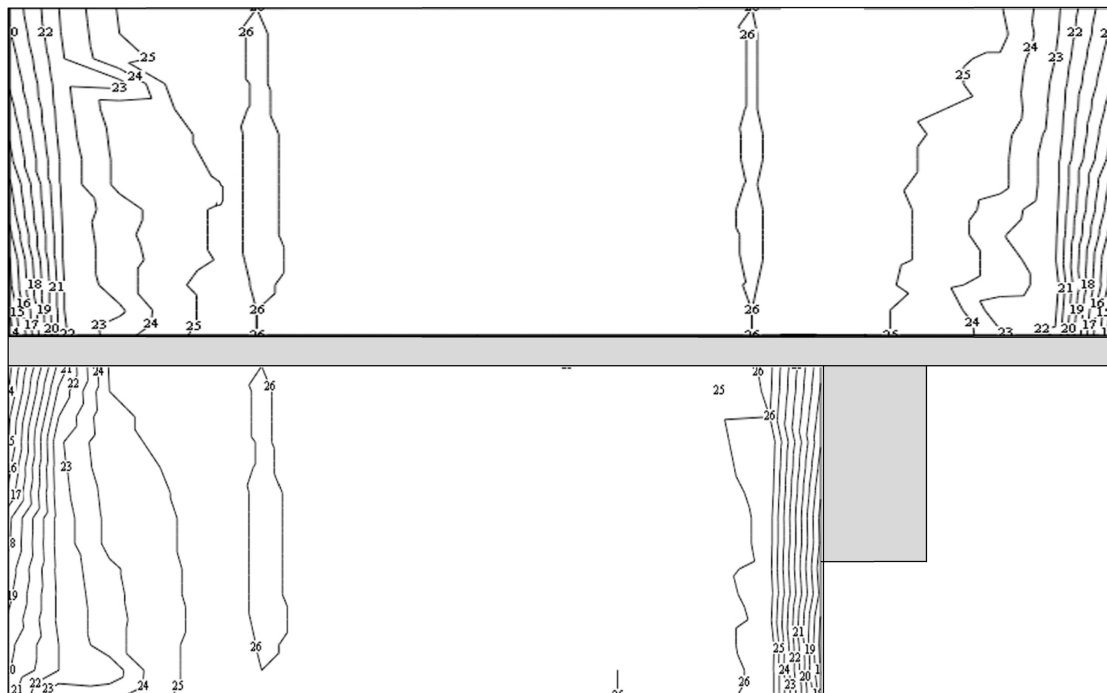


Рис.2. Температурне поле в теплиці на рівні 0,5 м від підлоги

Аналіз температурного поля (рис. 2.) дозволив встановити, що зони з пониженими температурами з'являються повздовж системи приземного підігріву повітря. Ліквідувати ці зони з підвищеними та пониженими температурами можна за допомогою диференційованого подавання теплоносія саме в цих зонах в систему приземного підігріву.

Овочівництво закритого ґрунту дає змогу одержати з 1 м² у 5 – 10 разів більший врожай, ніж за умов відкритого овочівництва. За сприятливих умов вирощування врожайність помідорів може бути 40 – 70 кг/м² [3],

тоді як відкритий ґрунт дає продукції не більше 10 кг/м^2 , у ПАТ “Комбінат “Тепличний” врожайність помідорів становить $45 - 55 \text{ кг/м}^2$.

Визначимо врожайність помідорів у зонах, температура повітря, яких виходить за межі комфортного розвитку рослин, при втраті врожаю не менше 30 %:

$$Bp_m' = Bp_m \cdot 0.7 = 31.5 \text{ кг/м}^2, \quad (1)$$

де Bp_m – врожайність помідорів, 45 кг/м^2 .

Оцінимо можливі загальні втрати врожайності на ділянках з низькою температурою:

$$B = S_t \cdot Bp_m' \cdot Cв' = 96525 \text{ грн.} \quad (2)$$

де S_t – площа ділянок теплиці, що знаходяться в зоні з пониженою температурою, 1000 м^2 ; $Cв'$ – собівартість 1 кг помідорів, 7.15 грн.

Існуюча система автоматичного контролю та керування параметрами мікроклімату за своїми особливостями не може отримувати достовірну інформацію про рівень температури повітря по всій площині теплиці на різних рівнях. Зазначена проблема може бути вирішеною лише етапно:

I етап – збір інформації про мікроклімат та фітосанітарний стан у теплиці;

II етап – модернізація існуючої системи опалення теплиці.

Реалізацію першого етапу може забезпечити рухома робототехнічна система фітомоніторингу, яка буде слідкувати за параметрами мікроклімату та фітостаном за всією площею теплиці. Вартість упровадження такої системи K_p буде становити за нашими підрахунками 25000 грн. , які значно менші від можливих втрат за результатами помилок класичної системи.

Другий етап є більш затратним. Суть його полягає у встановленні на трубопроводах у систему приземного підігріву диференційованих заслінок, які зможуть змінювати витрату теплоносія і таким чином регулювати температуру повітря для певних ділянок, використовуючи покази робототехнічної системи. За нашими оцінками капітальні вкладення для її реалізації K_c становитимуть 125000 грн.

Загальні капітальні вкладення, що необхідні для модернізації існуючої системи автоматичного керування параметрами мікроклімату та впровадження робототехнічної системи фітомоніторингу:

$$K = K_p + K_c = 150000 \text{ грн.} \quad (3)$$

Особливість робототехнічної системи полягає в тому, що вона отримує дійсні значення параметрів, що характеризують фітостан у теплиці, а не опосередковані, що збільшує прибуток за рахунок якісного контролю та прогнозу за дозріванням плодів, а також раціонального використання енергетичних ресурсів [4-6]. Для ПАТ «Комбінат Тепличний» у структурі собівартості помідорів затрати на енергоносії складають 60 %. За рахунок раціонального споживання енергоресурсів, отримання достовірної інформації про стан мікроклімату та результатами фітомоніторингу біологічного об'єкта на всій площині теплиці на різних рівнях можна зменшити витрати енергоносії, що дозволить зменшити собівартість продукції на 15 %:

$$3v = Cv' 0,15 = 1,07 \text{ грн.} \quad (4)$$

Отже, собівартість продукції при впровадженні робототехнічної системи становитиме:

$$Cv = Cv' - 3v = 6,08 \text{ грн.} \quad (5)$$

Таким чином, за рахунок економії енергоресурсів отримаємо:

$$E = (3v \text{ Вр}_T) S_z = 241312 \text{ грн.} \quad (6)$$

де S_z – загальна площа теплиці.

Визначимо річні експлуатаційні витрати, які складаються з амортизаційних відрахувань (5 % від вартості капітальних вкладень), витрат на ремонтно-технічне обслуговування – 10 %, заробітної плати ЗП у розмірі 36000 грн. на рік для одного обслуговуючого працівника та інших витрат в розмірі 10 % від загальних капітальних вкладень:

$$A = (0,05 K + 0,1 K + 3П) 1,1 = 64350 \text{ грн.} \quad (7)$$

Розрахуємо річну економію (річний приріст прибутку), яку отримаємо за рахунок упровадження робототехнічної системи. Річна економія визначається як:

$$PE = B + E = 337837 \text{ грн.} \quad (8)$$

Строк окупності $T_{ок}$ можна розрахувати як:

$$T_{ок} = \frac{K}{(PE - A)} = 0,55 \text{ року} \quad (9)$$

Визначимо чисту дисконтовану вартість $Чд$ з урахуванням ліквідної вартості K_n наприкінці строку експлуатації установки $T=10$ років при незмінних за роками розмірах річного приросту прибутку, нормою дисконту $p=0,1$ та експлуатаційними витратами A . Отримаємо результат:

$$K_n = 0,1 K = 2000 \text{ грн.} \quad (10)$$

$$Чд = (PE - A) \frac{(1 + p)^T - 1}{p (1 + p)^T} - K + K_n (1 + p)^{-T} = 1531233 \text{ грн.} \quad (11)$$

Позитивне значення критерію чистої дисконтованої вартості свідчить про вигідність проекту за прийнятої ставки дисконту. Таким чином, для прийнятих умов робототехнічна система є економічно вигідною.

Робототехнічна система фітомоніторингу дозволить існуючій системі керування якісно контролювати й виконувати низку додаткових функцій: контролювати параметри мікроклімату та проводити фітомоніторинг рослин; проводити збір і обробку інформації зазначених параметрів у теплиці; створювати архіви даних для подальшого їх опрацювання; функціонувати в ручному, автоматичному і дистанційному режимах керування.

У загальному випадку упровадження робототехнічних систем вимагає визначення площі теплиці, на якій робототехнічна система зможе проводити якісний фітомоніторинг протягом зазначеного часу.

Висновки

Встановлено, що в теплиці в зимовий період з'являються на різних рівнях зони з підвищеною та пониженою температурою. Різниця температур при цьому може сягати 13 °С, що пригнічує подальший розвиток рос-

лин, їх дозрівання та плодоносіння і як наслідок – зменшується їх врожайність.

Запропоновано упровадження в тепличному господарстві робототехнічної системи фітомоніторингу, що забезпечить контроль параметрів мікроклімату та фітомоніторинг рослин за всією площею промислової теплиці, та дозволить використовувати цю інформацію існуючій системі.

Список літератури

1. Гіль Л.Г. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч.1. / Гіль Л.Г., Пашковський А.І., Суліма Л.Т. — Вінниця: Нова книга, 2008. — 368 с.
2. Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Третьяков Н.Н., Кошкин Е.И., Макрушин Н.М. — М.: Колос, 1998. — 640 с.
3. Луценко Н.Е. Перспективы выращивания томатов в закрытом грунте по технологии малообъемной гидропоники: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.greenhouses.ru/tomat-hydropon>
4. Agricultural Robotics Portal [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.unibots.com/Agricultural_Robotics_Portal.htm
5. ROBOTICS IN AGRICULTURE [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kernow.curtin.edu.au/www/Agrirobot1/home.htm>
6. Tony Grift. Robotics in Agriculture: Asimov Meets Corn [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://agronomyday.cropsci.illinois.edu/2004/Tour_A/Robotics/index.htm

Приведено економічне обґрунтування впровадження робототехнічних систем в тепличному господарстві. По результатам дослідження побудовані температурні поля на різних рівнях і встановлено, що в теплиці виявляються зони з підвищеною і пониженою температурою.

Система управління, мікроклімат, тепличне господарство, робототехнічна система, температурне поле.

An economic basis of robotic systems in greenhouses. The study built temperature fields at different levels and found that there are areas in the greenhouse with high and low temperatures.

Control system, climate, greenhouse, robotic system, temperature field.

УДК 636.082

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Л.С. Червінський , доктор технічних наук

Т.С. Книжка, інженер

Проведено аналіз результатів практичного застосування джерел інфрачервоного (ІЧ), ультрафіолетового (УФ) випромінювання, аеріо-

© Л.С. Червінський, Т.С. Книжка, 2012