

ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК. 621.327.534

В.Андрійчук, д.т.н.; **С.Воркун**; Л.Костик

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

УСТАНОВКА ЗМІННОГО ОПРОМІНЕННЯ ІЗ ЗВОРотно-ПОСТУПАЛЬНИМ РУХОМ ОПРОМІНЮВАЧА

Розглянуто конструкцію опромінювальної установки із зворотно-поступальним рухом опромінювача для вирощування рослин в замкнутому екологічному середовищі, в основу проектування якої було покладено перервний характер опромінення.

Вступ. Використання штучного опромінення при вирощуванні рослин закритого ґрунту дозволяє значно підвищити урожайність та вирощувати рослини практично круглорічно.

Відомо, що рослини, перебуваючи в природньому середовищі, піддаються впливу фотоперіодизму – почерговій зміні світла і темряви (добовий цикл), а також нерівномірності опромінення протягом світлої частини доби, що зв'язано з атмосферними процесами. В працях [1,2] детально проаналізовано вплив добових, сезонних та річних циклів на розвиток рослин. Крім довготривалих періодичних впливів, викликають значний інтерес короточасні фотоперіодичні цикли, які могли б виступати фундаментальною основою енергоощадних технологій у світлокультурі рослин закритого ґрунту.

При опроміненні рослин необхідно враховувати як інтенсивність та тривалість опромінення, так і його спектральний склад. Проблема ефективності дії випромінювання із різним спектральним складом, інтенсивністю та характером зміни світлового потоку на рослини до цього часу не вирішена. Складність її вирішення обумовлена нелінійною реакцією рослин на опромінення і необхідністю враховувати всю сукупність факторів, що визначають середовище перебування рослин [3].

Вирощування рослин в замкнутому екологічному середовищі є енергомістким процесом. Залежно від пори року та вирощуваної культури на опромінення витрачається від 250 до 400 Вт/м², що є основною частиною енерговитрат. Використання у світлокультурі рослин змінних або перервних світлових полів є одним із напрямків енергоощадності в сільському господарстві та шляхів здешевлення продукції овочівництва закритого ґрунту [4-6].

Одним із принципів побудови опромінювальних установок змінного опромінення є зворотно-поступальний рух опромінювача. Такі установки УО-3 вперше були застосовані для УФ-опромінення молодняка у тваринництві [7]. Вона є рухомою конструкцією, в якій вздовж натягнутого троса на роликах переміщуються каретки із підвішаними до них опромінювачами. Залежно від розмірів приміщення установка має два або чотири опромінювачі. В опромінювачах використовуються як бактерицидні, так і еритемні джерела випромінювання, або їх комбінація.

Подібного типу рухома опромінювальна установка (ОУ) пропонується для світлокультури рослин закритого ґрунту. На відміну від УО-3, для монтажу якої вимагається специфічне електричне обладнання та громіздкий електропривід, був розроблений компактний мобільний пристрій, який швидко можна пристосувати до будь-якого тепличного приміщення.

Конструкція та принцип роботи опромінювальної установки

Зовнішній вигляд установки із зворотно-поступальним рухом опромінювача подано на рис.1. Він складається із основи 1, до якої кріпляться: опромінювач 2, електродвигун з редуктором 3, кінцеві перемикачі 4.

На валу електроприводу установки встановлений шків 5, який входить в зачеплення з натягнутим тросом 6 або сталевим кутником і за рахунок сили тертя переміщує опромінювач. Напряга живлення опромінювача та електродвигуна подається гнучким кабелем від щита керування, у якому розміщений пускорегулюючий пристрій.

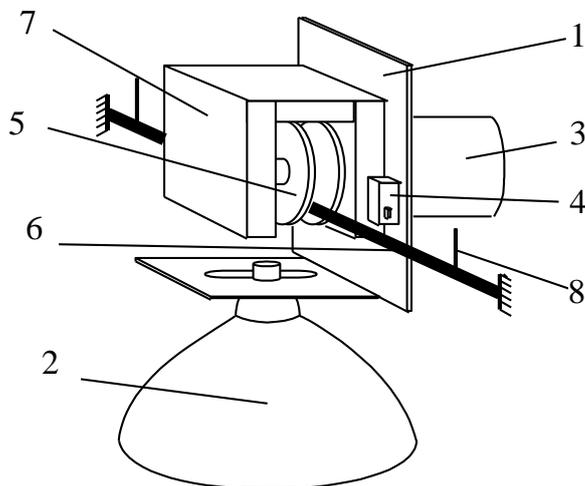


Рис. 1. Опромінювальна установка із зворотно-поступальним рухом опромінювача

Кабель живлення на кільцях підвішаний до несучого троса 6 або до натягнутого поряд дрота. Вільно підвішані петлі кабеля не перешкоджають зворотно-поступальному рухові опромінювача вздовж теплиці. Реверсування двигуна, необхідне для зміни напрямку руху опромінювача при підході його до краю ділянки, здійснюється за допомогою кінцевих перемикачів 4 та обмежувальних пластин 8.

Швидкість руху опромінювача визначається як параметрами електроприводу, так і швидкістю комутації обмоток крокового двигуна 3, що здійснюється блоком управління.

Функціональна схема ОУ приведена на рис. 2. До її складу входять блок управління (БУ), кроковий двигун (Д) з вмонтованим редуктором (Р) та опромінювач (О). Блок управління здійснює керування роботою двигуна. Для цього генератор (Г) виробляє імпульси прямокутної форми із частотою, що плавно регулюється в межах від 0,1 до 1 кГц. Зміною частоти генерації регулюється швидкість руху опромінювача. Блок комутації (БК) передає імпульси від генератора до реверсивного лічильника (РЛ), а також на транзисторні ключі (Кл), через які подається напруга живлення +24 В на обмотки статора крокового двигуна.

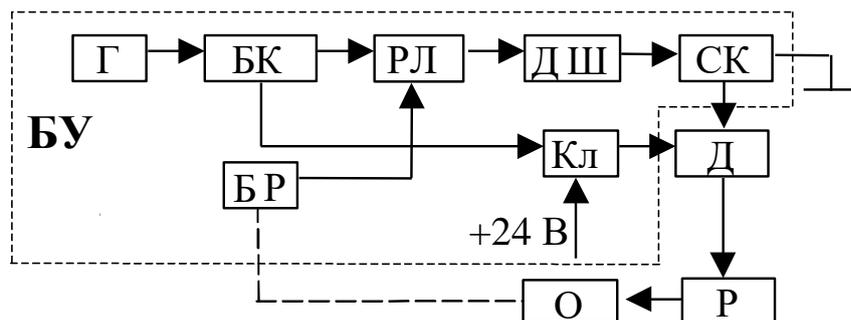


Рис.2. Функціональна схема ОУ

Імпульси від реверсивного лічильника поступають на дешифратор (ДШ) і силові ключі (СК), які призначені для почергової комутації обмоток статора крокового двигуна. Ротор двигуна обертається із швидкістю, що визначається швидкістю комутації обмоток.

Двигун, здійснюючи обертовий рух, плавно переміщує опромінювач вздовж теплиці. Для включення двигуна на зворотній хід служать кінцеві перемикачі, які спрацьовують при переміщенні опромінювача до однієї із кінцевих точок. При цьому керуючий сигнал із блоку реверсу (БР) поступає на реверсивний лічильник, який починає відлік імпульсів у зворотному напрямку. В якості опромінювача використовувались люмінесцентні світильники типу "Люмен-2" або світильник типу РСР-04В з параболоїдним відбивачем та дуговими джерелами випромінювання ДРИ-1000-2, ДРИ-400-5, ДНаТ-400.

Розрахунок швидкості руху опромінювача

Розрахуємо швидкість руху опромінювача при заданому рівні опромінення деякої ділянки dS , що охоплює довільну точку світлового поля C . Для цього розглянемо геометричну схему опромінювальної установки із зворотно-поступальним рухом опромінювача, яка показана на рис.3. Тут зображено площину, в якій лежить точка C і в якій рухається опромінювач.

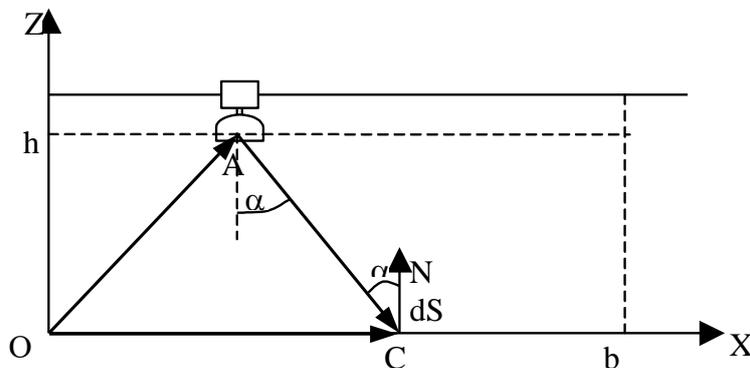


Рис. 3. Геометрична схема ОУ для розрахунку швидкості руху опромінювача

Енергію випромінювання, що попадає на ділянку dS при русі опромінювача від 0 до b , визначимо за формулою:

$$H_e = \int_0^t E(t) \cdot dt, \quad (1)$$

де $E(t)$ - миттєве значення опромінення ділянки dS .

Запишемо вираз для $E(t)$:

$$E(t) = \frac{I(\alpha) \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}. \quad (2)$$

У (2) сила випромінювання $I(\alpha)$ залежить від кута α , що змінюється з часом. Часову залежність $\alpha(t)$ подамо рівнянням:

$$\alpha(t) = \arccos \frac{(\mathbf{AC}(t)(-\mathbf{N}))}{|\mathbf{AC}(t)|}. \quad (3)$$

Вираз (2) запишемо, виходячи зі скалярного добутку двох векторів:

$$E(t) = \frac{I(\alpha)(\mathbf{AC}(t)(-\mathbf{N}))}{|\mathbf{AC}(t)|^3}. \quad (4)$$

Енергія випромінювання (1) з урахуванням (3) і (4)

$$H_e = \int_0^t \frac{I(\alpha)(\mathbf{AC}(t)(-\mathbf{N}))}{|\mathbf{AC}(t)|^3} dt \quad (5)$$

Щоб знайти швидкість руху опромінювача при заданому рівні опромінення ділянки dS , перейдемо від змінної t до змінної x , зв'язок між якими визначається співвідношенням $dt = \frac{dx}{v}$.

Використовуючи змінну x , запишемо вираз для вектора $\mathbf{AC}(x)$: $\mathbf{AC}(x) = \mathbf{OC} - \mathbf{OA}(x)$.

Тоді рівняння (5) матиме вигляд:

$$H_e = \frac{1}{v} \int_0^b \frac{I(\alpha)(\mathbf{AC}(x)(-\mathbf{N}))}{|\mathbf{AC}(x)|^3} dx, \quad (6)$$

де $\alpha(x) = \arccos \frac{((\mathbf{OC} - \mathbf{OA}(x))(-\mathbf{N}))}{|\mathbf{OC} - \mathbf{OA}(x)|}$.

Із (6) визначимо швидкість руху опромінювача:

$$v = \frac{1}{H_e} \int_0^b \frac{I(\alpha)(\mathbf{AC}(x)(-\mathbf{N}))}{|\mathbf{AC}(x)|^3} dx. \quad (7)$$

Проведемо розрахунок швидкості зворотно-поступального руху опромінювача для конкретного опромінювального пристрою. Для прикладу візьмемо опромінювач РСП-04 з лампою ДНаТ-400, що має круглосиметричний світловий розподіл. Кутову залежність сили випромінювання задамо аналітично:

$$J(\alpha) = \begin{cases} \sum_{i=0}^m A_i \cdot \alpha_i & 0 \leq \alpha \leq \alpha_{sp}; \\ 0 & \alpha > \alpha_{sp}. \end{cases} \quad (8)$$

Розрахунок швидкості руху опромінювача проводився на ЕОМ за розробленою програмою за такою схемою:

- довжину пробігу опромінювача Ob розбиваємо на n елементарних ділянок $\Delta = \frac{Ob}{n}$; вважаємо, що переміщення опромінювача в межах елемента розбиття дає однакове опромінення такої ж ділянки Δ_c , що охоплює вибрану точку світлового поля S на опромінювальній поверхні;
- визначаємо опромінення ділянки Δ_c від опромінювача в i -ому положенні:

$$E_i = \frac{I(\alpha_i) \cos \alpha_i}{|\mathbf{AC}_i|^2},$$

де $\alpha_i = \arccos \frac{(\mathbf{AC}_i(-\mathbf{N}))}{|\mathbf{AC}_i|}$, $\mathbf{AC}_i = \mathbf{OC} - \mathbf{OA}_i$;

- знаходимо суму $S = \sum_{i=0}^n E_i \cdot \Delta$, яка дорівнює площі під графіком $E = f(x)$;
- за заданим рівнем опромінення розраховуємо швидкість руху опромінювача:

$$v = \frac{S}{H_e} = \frac{\sum_{i=0}^n E_i \cdot \Delta}{H_e}.$$

На рис.4 приведено розподіл опромінення десятого елемента розбиття від

опромінювача РСП-04 з лампою ДНаТ-400 при переміщенні його від початку до кінця ділянки посіву довжиною $Ob = 4$ м. При заданій дозі опромінення ФАР 30 Дж/м² швидкість руху опромінювача $v = 0,178$ м/с.

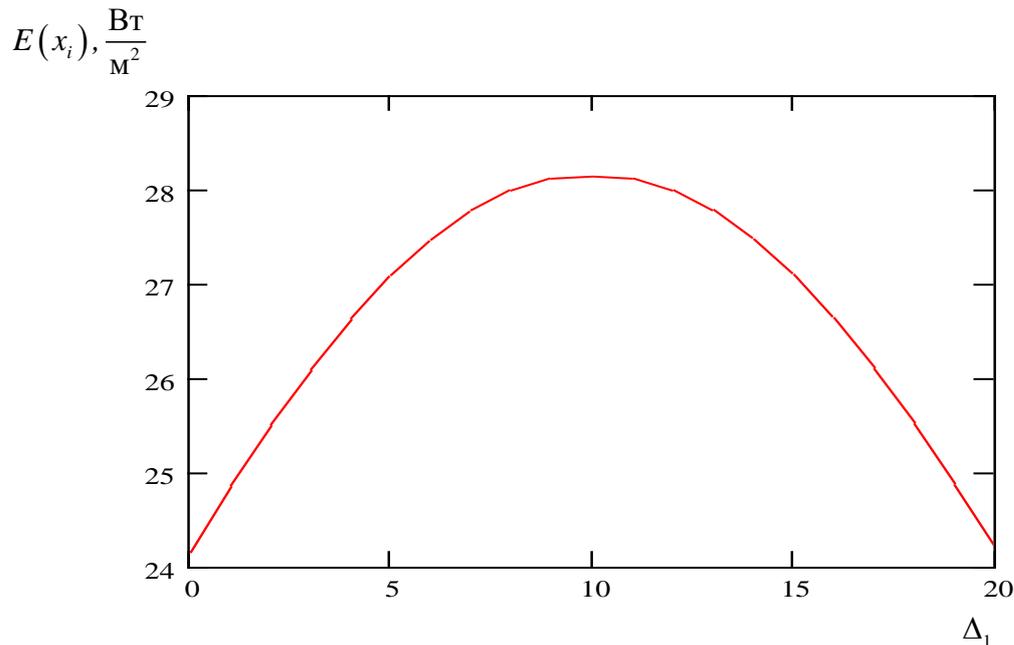


Рис. 4. Розподіл опромінення десятого елемента розбиття від опромінювача РСП-04 з лампою ДНаТ-400

Висновки

1. Запропоновано конструкцію компактної мобільної опромінювальної установки змінного опромінення із зворотно-поступальним рухом опромінювача, яку швидко можна прилаштувати до будь-якого тепличного приміщення, та блоку керування параметрами руху опромінювача.
2. Наведено методику розрахунку швидкості зворотно-поступального руху опромінювача за заданим рівнем опромінення, подано алгоритм розрахунку на ЕОМ згідно з розробленою програмою.
3. Наведено результати розрахунку швидкості руху опромінювача РСП-04 з лампою ДНаТ-400 та розподілу опромінення вибраної ділянки при заданій енергії опромінення ФАР.

There were considered constructions of irradiation devices with alternate-reciprocal motion of radiator for plants cultivation in closed ecological environment, designing basis of which was interrupted character of irradiation.

Література

1. Мошков Б.С. Актиноритмия растений. - М.: ВО Агропромиздат, 1987. - 272 с.
2. Агаджанян Н.А. Биологические ритмы. - М.: Медицина, 1967. - 196 с.
3. "К вопросу о влиянии спектра облучения на продуктивность растений" А.Б.Матвеев. - Светотехника. 1989, №1. - М.: Энергоатомиздат. - С.24-29.
4. Андрійчук В.А., Воркун С.В. Пристрої змінного опромінення // Вісник національного університету "Львівська політехніка". Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. - 2002. - № 452. - С.155-160.
5. Андрійчук В.А., Воркун С.В. Опромінююча установка для світлокультури рослин. Патент UA № 46878, 7 A01G9/28 / №99063707; Заявл. 30.06.1999; Опубл. 17.06.2002, Бюл. № 6.
6. Андрійчук В.А., Воркун С.В. Установка змінного опромінення рослин. Декларативний патент UA. №36563 А, 7 A01G9/20; A01G9/26 / № 2000010018; Заявл. 04.01.2000; Опубл. 16.04.2001. Бюл.№ 3.
7. Жилинский Ю.М., Кумин В.Д. Электрическое освещение и облучение. — М.: Колос, 1982. - 272 с.
8. Сарычев Г.С. Облучательные светотехнические установки. - М.: Энергоатомиздат, 1992. - 240 с.

Одержано 11.11.2004 р.