

УДК 628.979

Андрійчук В.А., д.т.н, проф., Котик М.І., Костик Л.М., к.т.н, доц., Наконечний М.С., к.т.н, Осадца Я.М., к.т.н, Філюк Я.О., к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХОМОГО ОПРОМІНЮВАЛЬНОГО ПРИБОРУ.

Andriychuk V., Dr., Prof, Kotyk M., Kostyk L., Ph.D, Assoc. Prof, Nakonechnyi M., Ph.D, Osadtsa Y., Ph.D, Filyuk Y., Ph.D

MATHEMATICAL MODEL OF A MOVING IRRADIATING DEVICE.

Abstract. In this paper, a search for theoretical foundations and applied aspects for the further development of such a scientific direction as optical electrotechnologies of variable irradiation of plants was carried out. To solve this problem, consider an irradiation device consisting of a lamp reflector and a lamp with circularly symmetrical light distribution, which simultaneously performs circular and oscillating movements in the horizontal and vertical planes.

З літературних джерел відомо, що процеси фотосинтезу протікають у двох фазах – світловій і темновій [1]. У зв'язку з цим була висунута гіпотеза про можливість застосування переривчастого освітлення, синхронізованого з тривалістю фаз фотосинтезу [2]. Метою даної роботи є пошук теоретичних основ та прикладних аспектів для подальшого розвитку такого наукового напрямку, як оптичні електротехнології змінного опромінення рослин. Для практичного вирішення даної проблеми розглянемо опромінювальний пристрій (ОП), опромінювач якого складається з відбивача світильника РСР-04В та лампи ДНаТ-400 з круглосиметричним світловим розподілом, який виконує одночасно колові та коливні рухи у горизонтальній та вертикальній площинах, відповідно.

До складу рухомого опромінювального пристрою входять: опорно-поворотний пристрій з дискретним електроприводом, опромінювач, система керування. На рис. 1 приведена модель опромінювального пристрою, який забезпечує задану траєкторію руху потоку випромінювання.

При моделюванні опорно-поворотного пристрою (ОПП) виходили з того, що його ланки з усіма закріпленими на них елементами є твердими тілами, а пристрій в цілому утворює механічну систему, для якої справедливі основні закони механіки твердого тіла.

Кінематичний ланцюг поворотного пристрою складається з трьох ланок, що певним чином з'єднані між собою. Нульова ланка є нерухомою основою ОПП, відносно якої здійснюється відлік переміщення і орієнтація ОУ в просторі. Дві сусідні ланки утворюють між собою кінематичні пари п'ятого класу обертового типу з одним ступенем вільності. Їх відносний рух визначається одним параметром – кутом повороту однієї ланки відносно іншої. Число ступенів вільності ОПП в цілому визначається числом незалежних переміщень, в яких можуть брати участь його ланки. Тому даний поворотний пристрій має два ступені вільності, що забезпечує переміщення ОП в екваторіальній та меридіональній площинах.

Кінематичні співвідношення, що визначають положення, швидкість і прискорення ланок ОПП без врахування дії сил керування і їх моментів, можна отримати розглядаючи рух кожної ланки як рух окремого твердого тіла з врахуванням зв'язків між ланками

В якості узагальнених координат ОПП, як незалежних змінних, що повністю визначають просторову орієнтацію опромінювача використано кути відносних поворотів ланок q_1, q_2 . Це зумовлено тим, що вони співпадають з кутами повороту опромінювача у відповідних площинах і знаходяться в певному масштабі з кутами повороту валів двигунів системи керування.

Спеціальний вибір систем координат ланок ОПП дозволив за допомогою мінімальної кількості параметрів описати перехід від однієї системи до іншої (при довільному виборі систем координат число параметрів дорівнює шість). Побудову систем координат ОПП ОП виконаємо в наступній послідовності.

1. Нумеруємо всі ланки поворотного пристрою (0, 1, 2).
2. Систему координат $0_0X_0Y_0Z_0$ прив'язуємо до нерухокої основи ОПП (ланка 0). Початок її розташовуємо на осі кінематичної пари, яку складають ланки (0,1). Вісь 0_0Z_0 направляємо по осі цієї кінематичної пари, а вісь 0_0X_0 - довільно. Вісь 0_0Y_0 доповнює осі 0_0X_0 і 0_0Z_0 до правої трійки векторів.
3. Систему координат $0_1X_1Y_1Z_1$ прив'язуємо до ланки 1. Вісь 0_1Z_1 направляємо по осі кінематичної пари (1, 2). Початок координат O_1 розміщуємо в точці перетину осей O_0Z_0 і O_1Z_1 . Вісь O_1X_1 спрямовуємо по спільному перпендикуляру до осей O_0Z_0 і O_1Z_1 , а вісь O_1Y_1 доповнюватиме систему осей до правої трійки векторів.
4. Систему координат $O_2X_2Y_2Z_2$ прив'язуємо до ланки 2. Вісь O_2Z_2 спрямовуємо по напрямку оптичної осі опромінювача. Початок координат O_2 прив'язуємо до джерела випромінювання. Вісь O_2X_2 направляємо по спільному перпендикуляру до осей O_1Z_1 і O_2Z_2 . Вісь O_2Y_2 доповнює осі O_2X_2 і O_2Z_2 до правої трійки векторів.
5. Точка М, в яку направляється вісь пучка променів ОП, лежить на осі O_2Z_2 і її положення в системі координат $O_2X_2Y_2Z_2$ задається вектором $r_2^M(0,0,Z_2^M)$.

Взаємне розташування систем координат двох сусідніх ланок залежить, в загальному випадку, від деяких шести параметрів, один з яких є узагальненою координатою (q_1 чи q_2), а інші – конструктивними сталими.

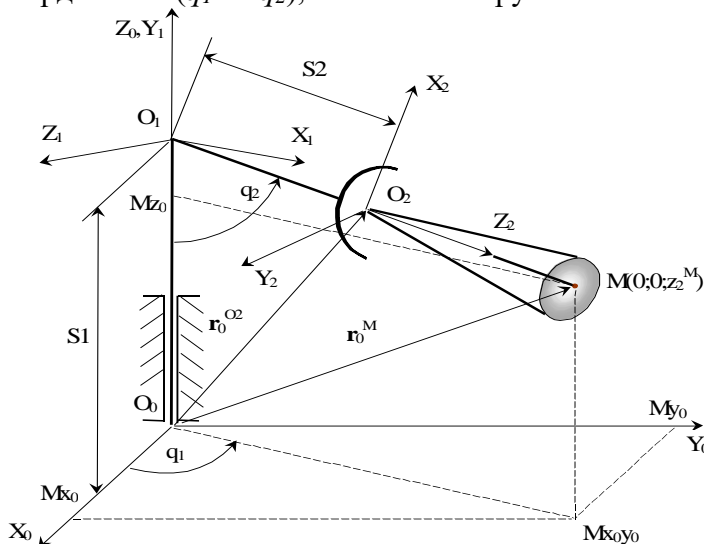


Рис 1. Математична модель рухомого опромінювального пристрою.

Для визначення положення, швидкості і прискорення опромінювача необхідно знати поточні значення узагальнених координат q_1, q_2 , які вимірюються достатньо просто за допомогою відповідних датчиків. Ці величини необхідно знати для всіх ланок поворотного пристрою. Відносне положення ланок в парах визначає їх положення в просторі. Пов'язавши з вибраною ланкою i -ту систему координат $O_iX_iY_iZ_i$, можна звести визначення взаємного

положення ланок до задачі перетворення однієї системи в іншу. Таке перетворення можна виконати за формулою:

$$r_0^M = \alpha r_2^M + r_0^{O_2}$$

де r_0^M, r_2^M – радіус-вектори т. М в системах координат $O_0X_0Y_0Z_0$ та $O_2X_2Y_2Z_2$, відповідно;

α – матриця направляючих косинусів системи координат $O_2X_2Y_2Z_2$ відносно системи $O_0X_0Y_0Z_0$;

$r_0^{O_2}$ – радіус-вектор точки O_2 в системі $O_0X_0Y_0Z_0$.

Розрахунок $q(t)$ проводився за складеною програмою по наступній схемі:

- задавались параметри опромінювальної площадки у вигляді прямокутника розмірами $lx \times ly$;
- задавалась траєкторія руху точки М (в даному випадку вона задана у вигляді спіралі, яка розкручується до певної межі):

$$- \begin{cases} x_0^M = (\alpha \omega t + x_0) \cdot \cos \omega t; \\ y_0^M = (\alpha \omega t + y_0) \cdot \cos \omega t; \\ z_0^M = 0; \\ t \in [0; t_1]. \end{cases}$$

- знаходили часові залежності узагальнених координат $q_1(t)$, $q_2(t)$;
- визначали кутові швидкості і прискорення опромінювача.

Для параметрів: $S_1=3$ м; $S_2=0$ м; $x_0=y_0=0$ м; $t_1=100$ с; $f=0.1$ Гц; $a=1/2\pi$ м.; $lx=20$ м.; $ly=20$ м, результати розрахунків узагальнених координат, кутових швидкостей і прискорень опромінювача подані на рис. 2.

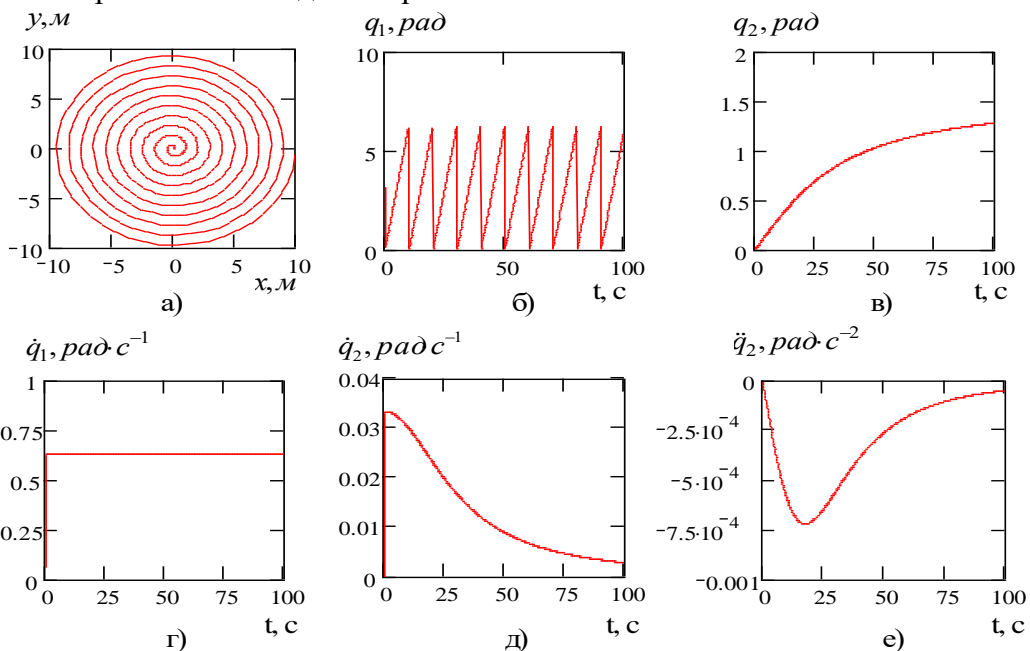


Рис.2. Траєкторія руху точки М (а) та часові залежності узагальнених координат (б, в), узагальнених швидкостей і прискорень (г, д, е) рухомої ОУ.

Література

1. Степанчук Г.В., Ключка Е.П., Пономарева Н.Е. Оптические электротехнологии переменного облучения растений в культивационных сооружениях: монография. – зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 208 с.
2. Андрійчук В.А. Одночасне використання різноспектральних ламп в опромінюючих пристроях для світлокультури рослин // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім.І.Пулнюка. - 2001. - Т.6, №3. - С.103-108.