

ЕКСЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ОПРОМІНЕННЯ РОСЛИН В ЗАКРИТИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Б. М. КОВАЛИШИН, кандидат технічних наук, доцент
*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*
e-mail: *bikoval15@ukr.net*

Анотація: Проаналізовано застосування ексергетичного аналізу для систем опромінення рослин в умовах закритих екосистем. Запропонована модель розподілу енергії опромінення в спорудах штучного клімату.

Ключові слова: *опромінення, енергія, ексергія, штучний клімат, рослина*

Розвиток рослинництва штучного ґрунту вимагає контролю витрат енергії, води, мінеральних добрив, спеціальних підходів до опису процесів вегетації рослин і підтримання оптимальних параметрів мікроклімату. Моделювання потоків енергії в закритих агроекосистемах має велике значення для оптимізації енерговитрат на виробництво рослинної продукції. Використання ексергетичного аналізу дозволяє здійснити це моделювання.

Метод ексергетичного аналізу широко застосовується за аналізу теплосилових і холодильних установок [1]. Розвиваються техніко-економічні програми ексергетичного методу [2]. Використання ексергетичного аналізу дозволяє вирішувати широке коло технічних і техніко-економічних завдань.

Важливу роль у розвитку рослин і в отриманні урожаю в закритих агро-екосистемах відіграють системи освітлення і опромінення. Функціонування фотосинтетичної системи рослин в умовах штучного клімату суттєво залежить від інтенсивності, спектрального складу та експозиції випромінювання [3]. Підтримання вказаних параметрів забезпечує отримання прогнозованого урожаю за величиною і якістю продукції, дозволяє регулювати скоростиглість культивованих рослин. Системи опромінення також вносять суттєвий вклад в енергетичний баланс закритих агроекосистем. Для моделювання систем опромінення ексергетичний аналіз практично не використовується.

Мета досліджень – обґрунтування використання ексергетичного аналізу для моделювання систем опромінення в рослинних закритих агроекосистемах.

Матеріали та методика досліджень. Забезпечення рослин в спорудах штучного клімату додатковим опроміненням від електричних джерел вимагає створення математичної моделі розподілу енергії. Схематично розподіл енергії опромінення в рослинній закритій агроекосистемі зображено на рис. 1.

$$W_{над} = W^{р.} + W^{пов.} + W^{зр.} + W^{оз.}$$

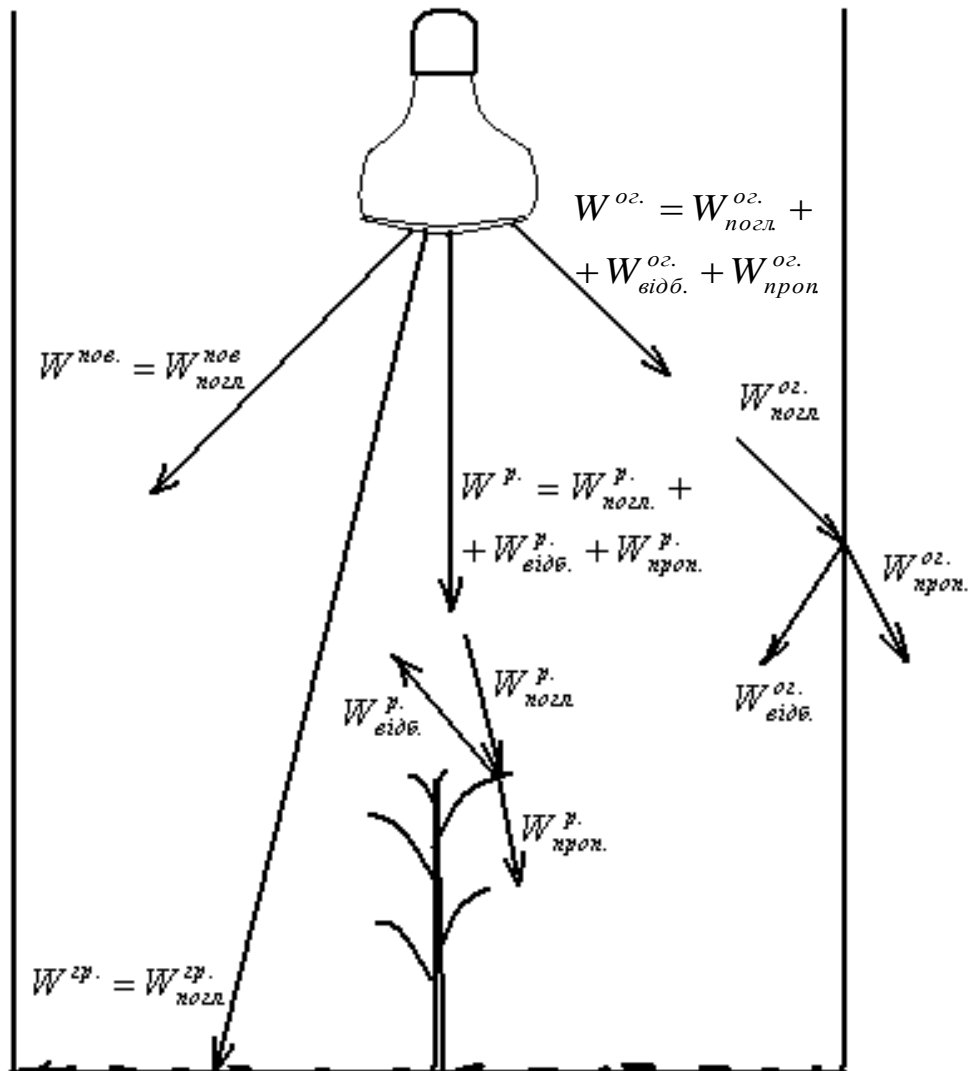


Рис. 1. Розподіл енергії опромінення в рослинній закритій екосистемі

Від джерела опромінення в культиваційне приміщення надходить падаюча енергія $W_{над}$. (Дж), що вираховується за потужністю електричного джерела $P_{дж.}$ (Вт) і випромінювальною віддачею джерела H і має вигляд:

$$W_{над} = P_{дж.} \cdot H \cdot t = U \cdot I \cdot H \cdot t \quad , \quad (1)$$

де U – напруга, яка подається на джерело опромінення (В);

I – струм джерела опромінення (А);

t – час опромінення (с).

Падаюча енергія $W_{над}$ розподіляється між енергією, яка діє на рослини $W^р.$, повітря $W^{пов.}$, ґрунт $W^{зр.}$ та взаємодіє з огорожувальними поверхнями $W^{оз.}$:

$$W_{na\partial} = W^{P\cdot} + W^{no\partial} + W^{zp\cdot} + W^{oz\cdot} . \quad (2)$$

Детально розглянемо кожен складову правої частини рівняння.

Вираз для частини випромінюваної енергії, яка взаємодіє з рослинами запишеться у вигляді:

$$W^{P\cdot} = W_{noz\lambda}^{P\cdot} + W_{\partial\partial\partial}^{P\cdot} + W_{npon}^{P\cdot} , \quad (3)$$

де $W_{noz\lambda}^{P\cdot}$, $W_{\partial\partial\partial}^{P\cdot}$, $W_{npon}^{P\cdot}$ – енергія опромінювання, що поглинається, відбивається і пропускається рослинами, відповідно.

Поглинута, відбита і пропущена рослинами енергія опромінювання, відповідно, визначається з виразів (4–6):

$$W_{noz\lambda}^{P\cdot} = \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha^{P\cdot}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot k(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt , \quad (4)$$

$$W_{\partial\partial\partial}^{P\cdot} = \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho^{P\cdot}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt , \quad (5)$$

$$W_{npon}^{P\cdot} = \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau^{P\cdot}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt , \quad (6)$$

де t – час опромінення, с;

λ_1 , λ_2 – відповідно, довжина хвилі на початку і в кінці діапазону оптичного опромінення, нм;

$\varphi(\lambda, \tau)$ – спектральна густина потоку опромінювання, Вт/нм;

$\kappa(\lambda)$ – енергетична ефективність біологічної дії на рослину;

$\alpha^{P\cdot}(\lambda)$, $\rho^{P\cdot}(\lambda)$, $\tau^{P\cdot}(\lambda)$ – коефіцієнти поглинання, відбивання і пропускання оптичного опромінювання рослинами.

Загальне рівняння ексергетичного аналізу енергетичної дії опромінення на рослини набуде вигляду:

$$W^{P\cdot} = \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha^{P\cdot}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot k(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho^{P\cdot}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau^{P\cdot}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt . \quad (7)$$

Енергія опромінювання також витрачається на нагрівання повітря у вегетаційному приміщенні. За проходження квантів оптичної енергії через шар повітря відбувається їх поглинання за рахунок зіткнень з молекулами повітря. Дане твердження записується виразом:

$$W^{no\grave{e}} = \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha^{no\grave{e}}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau^{no\grave{e}}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (8)$$

Енергія опромінювання витрачається і на нагрівання ґрунту. Так як ґрунт наближено можна вважати абсолютно чорним тілом, то коефіцієнт його поглинання наближається до 1. Тому, коефіцієнти відбивання і пропускання ґрунту наближаються до нуля і складовими енергії відбивання і пропускання можна знехтувати. Загальне рівняння ексергетичного аналізу енергетичної дії опромінення на ґрунт визначається лише поглинаючою складовою і запишеться у вигляді:

$$W^{sp.} = \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha^{sp.}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (9)$$

Розподіл падаючої енергії опромінення огорожувальних поверхонь складається із поглинальної, відбитої і пропущеної складових і записується у вигляді:

$$W^{oz.} = \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha^{oz.}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho^{oz.}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \pm \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau^{oz.}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (10)$$

Знак "–" застосовується у випадку внутрішнього джерела випромінювання, а "+" – за опромінення рослин зовнішнім джерелом (сонце).

Результати досліджень. Узагальнююче рівняння ексергетичного аналізу розподілу світлової енергії в культивацийному приміщенні з рослинами запишеться у вигляді:

$$W_{na\grave{o}} = U \cdot I \cdot H \cdot t = \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha^p(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot k(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho^p(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau^p(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha^{no\grave{e}}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau^{no\grave{e}}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha^{sp.}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \alpha^{oz.}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt + \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho^{oz.}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \pm \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau^{oz.}(\lambda) \cdot \varphi(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (11)$$

ККД опромінювальної установки в культиваційному приміщенні визначається за формулою:

$$\eta_{OU} = \frac{W_{погл}^{р.} + W_{погл}^{нов.} + W_{погл}^{сп.}}{W^{р.} + W^{нов.} + W^{сп.} + W^{ог.}} \quad (12)$$

Проведення ексергетичного аналізу з використанням виразу (11) і оцінка ККД опромінювальної установки за формулою (12) дає можливість визначити оптимальні параметри системи опромінення для отримання максимальних урожаїв рослин і скорочення термінів їх вирощування.

Висновки

Описана на основі ексергетичного аналізу модель розподілу світлової енергії в культиваційному приміщенні з рослинами забезпечує повноту отриманої інформації і може бути використана для оптимізації параметрів і режимів світлового опромінення.

Список літератури

1. В. Dzyubenko, G. Dreitser. Specific Features of Course of Thermodynamics with Use of Property Lists of Individual Substances. Journal "Aviation". – 2003. – Vol. VII, No2. – P.9-15. Vilnius "Technica", 2003, ISSN 1648-7788.
2. Бродянский В. Эксергетический метод и его приложения / В. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 286 с.
3. Леман В. М. Курс светокультуры растений / В. М. Леман.–М.: Высшая школа, 1976.–272 с.

References

1. Dzyubenko B., Dreitser G. (2003). Specific Features of Course of Thermodynamics with Use of Property Lists of Individual Substances. Journal "Aviation". Vol. VII, No2, 9-15. Vilnius "Technica". ISSN 1648-7788.
2. Brodyansky`j V., Fratsher V., Myhalek K. (1988). Eksergetycheskyj metod i y`ego prylozheny`ya.[Exergical method and its applications]. Moscow,: Energoatomyzdat, 286.
3. Leman V. M. (1976). Kurs svetokul`tury rasteny`j. [Plant lighting culture cours]. Moscow: Vysshaya shkola, 272.

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В ЗАКРЫТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Б. М. Ковалишин

Аннотация: Проанализировано применение эксергетического анализа для систем облучения растений в условиях закрытых экосистем. Предложена модель распределения энергии облучения в сооружениях искусственного климата.

Ключевые слова: облучение, энергия, эксергия, искусственный климат, растение

EXERGIC ANALYSIS OF IRRADIATION PLANTS IN ENCLOSED ECOSYSTEMS

B. Kovalyshyn

Annotation: *The analysis application exergic analysis for exposure of plants under the closed ecosystems. The model of radiation energy distribution in buildings of artificial climate.*

Keywords: *radiation, energy, exergy, artificial climate, plant*

УДК 631.365.22.001

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В ОБ'ЄМІ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ЗА ВЕНТИЛЮВАННЯ ПОВІТРЯМ ІЗ ЗМІННИМИ ПАРАМЕТРАМИ

В. П. КОВБАСА, доктор технічних наук, професор
Р. А. КАЛІНІЧЕНКО, кандидат технічних наук, доцент

О. Д. КУРГАНСЬКИЙ, аспірант*

*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*

e-mail: rkalinichenko@ukr.net

Анотація. *В статті розглянуто математичну модель процесів тепломасообміну в об'ємі зернової маси за вентилявання повітрям із змінними параметрами (температурою і вологовмістом). Шляхом реалізації розглянутої математичної моделі в середовищі Mathematica досліджено вплив періодично змінних параметрів повітря на кінетику охолодження і низькотемпературного сушіння зернової маси.*

Ключові слова: *тепломасообмін, активне вентилявання, математична модель*

Післязбиральна обробка і зберігання зерна є важливим етапом в загальному процесі його виробництва, що дозволяє не тільки кількісно і якісно зберегти вирощений урожай, але і забезпечити отримання максимального прибутку від його реалізації за найбільш вигідної кон'юнктури ринку.

Найбільша частина енерговитрат на виробництво зерна концентрується на стадіях післязбиральної обробки, яка включає сушіння, очищення і зберігання. З них переважна частина енерговитрат припадає на сушіння, а в деяких випадках вона складає до 50% від всіх затрат на виробництво[1].

Для забезпечення можливості тривалого зберігання зерна без погіршення його якості, зерно потрібно довести до кондиційного стану з нав-

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор Г. А. Голуб

© В. П. Ковбаса, Р. А. Калініченко, О. Д. Курганський, 2016