

Обеспечить информационную поддержку их выработки и обоснования призвано имитационное моделирование как основа многовариантного прогнозирования.

**Ключевые слова:** *имитационное моделирование, технологическое оборудование, сети Петри, ремонт оборудования.*

## MODELING OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT REPAIR SERVICES BAKERY USING PETRI NETS

*L. Manokha, N. Limanska, M. Kyktev*

**Annotation.** *For the current stage of the production process operation characteristic dynamic, accelerated change in production and operating conditions. In this connection, a special role acquires the ability of company management to take timely adequate and effective measures. Provide information supporting their development and simulation study is intended as a basis for multivariate prediction.*

**Key words:** *simulation, technological equipment, Petri nets, equipment repair.*

УДК 631.371: 621.31

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ РОБОТИ ОПРОМІНЮЮЧОЇ УСТАНОВКИ ВІДКРИТОГО ТИПУ ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПРОМІНЮВАНОВОГО СЕРЕДОВИЩА

*Т. С. Книжка, кандидат технічних наук  
І. П. Назаренко, доктор технічних наук  
e-mail: knizhkatatyana@mail.ru*

**Анотація.** *Досліджено енергоємність роботи опромінюючої установки відкритого типу. Визначено оптимальні параметри коефіцієнта світлопропускання та товщини шару опромінюваного середовища.*

**Ключові слова:** *опромінення водних розчинів, ультрафіолетове випромінювання, енергетична ефективність опромінення.*

Нині опромінюючі установки широко застосовуються в сільському господарстві для дезінфекції та активації рідких середовищ. [1–3]. Оскільки опромінююча установка відкритого типу зарекомендувала себе як ефективне джерело ультрафіолетового опромінення, постала необхідність визначити параметри коефіцієнта світлопропускання й товщини шару опромінюваного середовища для оптимальної енергоємності роботи установки.

**Мета досліджень** – визначення оптимальних параметрів коефіцієнта світлопропускання й товщини шару опромінюваного середовища та визначення показників енергоємності роботи опромінюючої установки.

**Матеріали та методика досліджень.** У роботі застосовуються методи оптичного аналізу в межах взаємодії електромагнітного випромінювання з рідким середовищем.

**Результати досліджень.** Оскільки в будь-якому електротехнологічному процесі результат є вимірюваним, мінімально необхідна кількість енергії на опромінення може бути визначена як

$$Q_V = V \cdot Q_V^{num}, \quad (1)$$

де  $V$  – це об'єм рідини, що зазнає впливу потоку випромінювання в камері обробки протягом часу  $t$ , м<sup>3</sup>;

$Q_V^{num}$  – необхідна доза опромінення на одиницю об'єму, Дж/м<sup>3</sup>.

При опроміненні шару середовища об'ємом  $V_u \ll V$ , йому потрібно передати кількість енергії

$$\Phi_0 \cdot t_0 = Q_V^{num} \cdot V_u, \quad (2)$$

де  $\Phi_0$  – потік, що падає на поверхню оброблюваного середовища  $V$ , Вт;

$t_0$  – час опромінювання, с.

У відомих технологіях бактерицидного опромінення розчин рухається перпендикулярно потоку ультрафіолетового випромінювання. У результаті свого руху через область опромінення, шари рідини набирають необхідну дозу  $Q_V^{num}$ . Унаслідок того, що просторова щільність електромагнітної енергії з глибиною проникнення в оброблюване середовище зменшується по експоненціальному закону, для досягнення необхідної дози опромінення  $Q_V^{num}$  у нижніх шарах з об'ємом  $V_u$ , весь об'єм  $V$  необхідно опромінювати протягом періоду часу  $t_h$ , тобто

$$\Phi_h \cdot t_h = Q_V^{num} \cdot V_u, \quad (3)$$

де  $\Phi_h = \Phi_0 \cdot e^{-ah}$ .

У сучасних технологіях поверхневого опромінення відбуваються два енергетичних процеси: передачі по координаті  $h$  і поглинання енергії розчином.

Щоб урахувати характер розходження потоку ультрафіолетового випромінювання в об'ємі опромінюваного середовища потрібно ввести коефіцієнт  $K$ , який враховує розходження ультрафіолетового потоку в об'ємі опромінюваного середовища.

Величина  $K$  визначається як

$$K = \frac{E_0}{E_h} \cdot e^{-ah}, \quad (4)$$

де  $E_0$ ,  $E_h$  – опроміненості шарів рідини, які створюють потоки випромінювання на поверхні середовища ( $\Phi_0$ ) та на глибині  $h$  ( $\Phi_h$ ), Вт/м<sup>2</sup>.

Оскільки поглинання ультрафіолетового потоку в об'ємі оброблюваної рідини призводить до необхідності збільшення витрат енергії на забезпечення проходження через кожен елементарний її об'єм енергії  $V_u$ , то аналізуючи енергетичну ефективність роботи технологічного процесу в установках опромінювання необхідно враховувати, наскільки повно використовується потік  $\Phi_0$ . Повноту використання в технології опромінення потоку  $\Phi_0$  враховує енергоємність поглинання  $\eta_E^{пол}$

$$\eta_E^{ногл} = \frac{K \cdot \Phi_0 \cdot t_h}{K \cdot \Phi_0 \cdot t_h - \Phi_h \cdot t_h} \quad (5)$$

Вираз (5) показує суперечливу тенденцію між якістю обробки середовища ( $K$ ) і повнотою використання потоку  $\Phi_0$  в технологіях об'ємного опромінення рідких середовищ.

Енергетичну ефективність передачі енергії  $\eta_E^{пер}$  можна подати в загальному вигляді як

$$\eta_E^{пер} = \frac{Q_{ETП}}{Q_{min}} \quad (6)$$

де  $Q_{ETП}$  – кількість енергії, що надходить до оброблюваного об'єму середовища  $V$ , Дж;

$Q_{min}$  – мінімальне необхідне значення енергії в шарі  $V_{ш}$  оброблюваного об'єму  $V$ , Дж.

Величина  $Q_{min}$  дорівнює мінімальному значенню енергії, необхідної для активації, тобто

$$Q_{min} = Q_V^{min} \cdot V_{ш} \quad (7)$$

Відповідно, значення  $\eta_E^{ногл}$  у загальному вигляді можна записати як

$$\eta_E^{ногл} = \frac{Q_{ETП}}{Q_{ETП} - Q_{вих}} \quad (8)$$

де  $Q_{вих}$  – енергія, яка втрачається об'ємом оброблюваної рідини внаслідок її поглинання поверхнею стінок, де перебуває об'єм  $V$ , Дж.

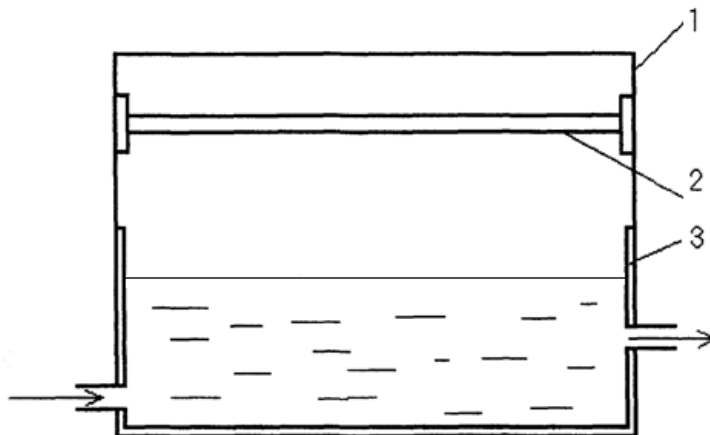
Щоб визначити найефективніші співвідношення коефіцієнта світлопропускання та товщини шару опромінюваного середовища  $a \cdot h$  у технологічній схемі опромінення відкритого типу (рис.), за яких забезпечується мінімальне значення енергоємності режиму її роботи.

У даній схемі величина  $\eta_E^{пер}$  при  $K=1$  визначається як

$$\eta_E^{пер} = e^{-a \cdot h} \quad (9)$$

а величина  $\eta_E^{ногл}$ , з урахуванням виразів (1) та (5), описується виразом

$$\eta_E^{ногл} = \frac{e^{-a \cdot h}}{e^{-a \cdot h} - 1} = \frac{\eta_E^{пер}}{\eta_E^{пер} - 1} \quad (10)$$



**Опромінююча установка відкритого типу:** 1 – відбивач; 2 – джерело ультрафіолетового випромінювання; 3 – ємність із рідиною

Тоді відносний коефіцієнт енергоємності

$$\eta_E = \frac{(e^{a \cdot h})^2}{e^{a \cdot h} - 1} = \frac{(\eta_E^{nep})^2}{\eta_E^{nep} - 1}. \quad (11)$$

Розрахунок мінімального значення величини  $\eta_E$  при різних значеннях  $a \cdot h$  подано в таблиці.

| <b>Енергоємність опромінення установок відкритого типу*</b> |       |       |       |       |       |        |        |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| $a \cdot h$   | 0,2   | 0,4   | 0,6   | 0,8   | 1,2   | 2,2    | 3,2    |
| $\eta_E^{nep}$  | 1,221 | 1,492 | 1,822 | 2,226 | 3,320 | 9,025  | 24,533 |
| $\eta_E^{погл}$   | 5,525 | 3,033 | 2,217 | 1,816 | 1,431 | 1,125  | 1,042  |
| $\eta_E$  | 6,746 | 4,525 | 4,039 | 4,042 | 4,751 | 10,150 | 25,575 |

\*Величини наведено в умовних одиницях.

Наведені в таблиці дані свідчать, що мінімальне значення  $\eta_E=4,039$  досягається при  $a \cdot h=0,6$ .

### **Висновки**

Методика оцінки енергетичної ефективності роботи технологічної схеми опромінення відкритого типу ґрунтується на визначенні двох параметрів: коефіцієнта енергетичної ефективності передачі енергії ( $\eta_E^{nep}$ ) та коефіцієнта енергетичної ефективності поглинання енергії ( $\eta_E^{погл}$ ).

Найефективніше співвідношення коефіцієнта світлопропускання та товщини шару опромінюваного середовища  $a \cdot h$  у технологічній схемі опромінення відкритого типу, за яких забезпечується мінімальне значення енергоємності режиму її роботи  $\eta_E=4,039$ , досягається при  $a \cdot h=0,6$ .

### **Список літератури**

1. Алексахин Р. М. Сельскохозяйственная радиозкология / Р. М. Алексахин. – М. : Экология, 1995. – 395 с.
2. Бондаренко Т. В. Дослідження впливу ультрафіолетового випромінювання на посилення антимікробних властивостей препарату «Біодез» / Т. В. Бондаренко, Т. С. Книжка // Науковий вісник НУБіП України. – 2015. – Вип. 209, ч. 2. – С. 205–253.
3. Червінський Л. С. Науково-технічні проблеми застосування оптичного випромінювання в сільськогосподарському виробництві / Л. С. Червінський, Т. С. Книжка // Науковий вісник НУБіП України. – 2012. – Вип. 174. – С. 59–65.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАБОТЫ ОБЛУЧАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ОТКРЫТОГО ТИПА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЛУЧАЕМОЙ СРЕДЫ**

**Т. С. Книжка, И. П. Назаренко**

**Аннотация.** Исследована энергоемкость работы облучающей установки открытого типа. Определены оптимальные параметры коэффициента светопропускания и толщины слоя облучаемой среды.

**Ключевые слова:** облучение водных растворов, ультрафиолетовое излучение, энергетическая эффективность облучения.

# DEFINITION OF THE ENERGY INTENSITY OF THE OPEN TYPE IRRADIATE INSTALLATION DEPENDING ON OPTICAL PARAMETERS IRRADIATED ENVIRONMENT

*T. Knizhka, I. Nazarenko*

**Annotation.** *Studied the energy intensity of the open type irradiate installations. Defined the optimum parameters of a coefficient of light transmission and thickness irradiated environment.*

**Key words:** *irradiation of water solutions, UV radiation, the energy efficiency of irradiation.*

УДК 535.37

## ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІРОФОСФАТІВ ЦИНКУ / МАНГАНУ

*В. В. Бойко, О. В. Гоменюк,  
кандидати фізико-математичних наук  
С. Г. Неділько, доктор фізико-математичних наук  
e-mail: nni.elektrik@gmail.com*

**Анотація.** *Досліджено люмінесцентні властивості безводних подвійних фосфатів двовалентних металів цинку/мангану,  $Zn_{2-x}Mn_xP_2O_7$  ( $x = 0 \div 2$ ). Показано, що іони мангану,  $Mn^{2+}$ , у матриці дифосфату цинку формують три типи центрів випромінювання, де іон  $Mn^{2+}$  знаходиться в нормальному октаедричному оточенні; в октаедрах, що мають вакансії кисню, та в тетраедричному оточенні. З центрами першого типу пов'язується смуга червоного випромінювання з максимумом в околі 690–700 нм; центри другого типу зумовлюють довгохвильову смугу червоного випромінювання (максимум в околі 730 нм); смуга «зеленого» випромінювання (максимум в околі 450–470 нм) обумовлена центрами третього типу.*

**Ключові слова:** *центр люмінесценції, загасання, пастка, пірофосфат.*

Індивідуальні дифосфати цинку ( $Zn_2P_2O_7$ ), мангану ( $Mn_2P_2O_7$ ) та магнію ( $Mg_2P_2O_7$ ) відомі своїми практичними застосуваннями. На їх основі виготовляють термостійкі пігменти, каталізатори, тверді електроліти, антикорозійні рідини і т. д. [1, 2]. Відомими є і їхні оптичні властивості [3, 4]. Дифосфати, які мають у своєму складі одночасно цинк і манган (магній), вміст яких можна контролювано змінювати, мають, порівняно з індивідуальними дифосфатами, інші, для певних цілей – поліпшені фізико-хімічні, а відповідно, й експлуатаційні характеристики. Очевидно, їх оптичні, зокрема люмінесцентні властивості, також мають відрізнятися від характеристик індивідуальних дифосфатів.