

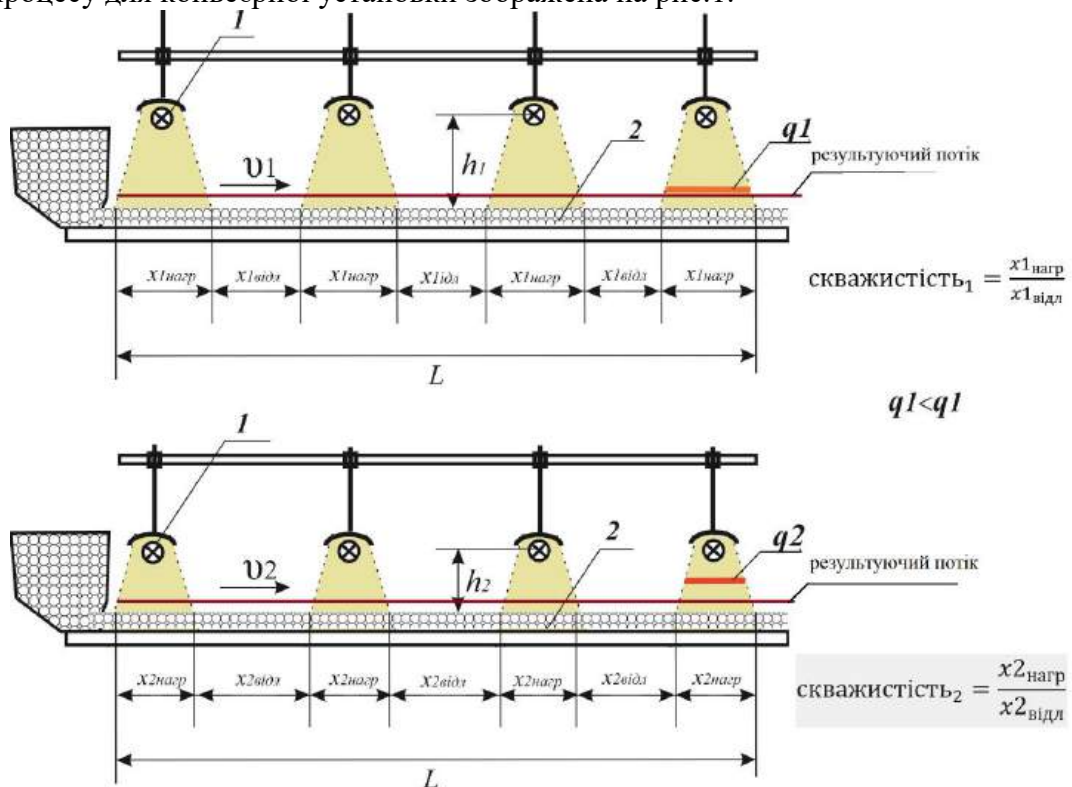
ІМПУЛЬСНА МОДУЛЯЦІЯ ІЧ-ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ПРИ МІКРОНІЗАЦІЇ ЗЕРНА

Калініченко Р. А., к.т.н., доц.,
 ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»;
[ORCID iD 0000-0001-9325-1551](https://orcid.org/0000-0001-9325-1551)

Котов Б. І., д.т.н., проф.,
 Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»;
[ORCID iD 0000-0001-6369-3025](https://orcid.org/0000-0001-6369-3025)

Актуальність дослідження. Мікронізація зерна є важливим видом термообробки в АПВ. Сутність мікронізації – полягає у високоінтенсивному нагріві вологого зернового матеріалу, що призводить до закипання води в зернівці, внутрішньокапілярний тиск стрибкоподібно підвищується і викликає розрив вуглеводних зв'язків в зернівці.

Основні матеріали досліджень. Одним із найбільш ефективних методів інтенсивного нагрівання зерна є застосування інфрачервоного (ІЧ) теплового потоку, але використовувана значна потужність ІЧ-теплового потоку може призводити до перегрівання поверхні зернівки (підгоряння), що знижує якість кінцевого продукту. Для запобігання перегрівання поверхні зернівки застосовують осцилюючі режими: ІЧ-нагрів–відлежування. Для проведення енергоефективного процесу мікронізації потрібно визначити таку модуляцію потужності ІЧ-потоку, що призведе до закипання вологи в зернівці і унеможливить перегрівання поверхні, схема процесу для конвеєрної установки зображена на рис. 1.



**Рисунок 1 – Схема терморадіаційної установки:
 1 – випромінювач з екраном; 2 – шар зернового матеріалу**

Застосування осцилюючих режимів при мікронізації значно ускладнює розрахунок тепломасообміну на основі математичної моделі О.В.Ликова:

$$\left\{ \frac{\partial \theta(x, \tau)}{\partial \tau} = \alpha_{ef}(U) \left[\frac{\partial^2 \theta(x, \tau)}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial \theta(x, \tau)}{\partial x} \right] \mp \frac{q(T)}{c(U)\rho(U)} \right\}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial U(x, \tau)}{\partial \tau} = a_{mef}(\theta) \left[\frac{\partial^2 U(x, \tau)}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial U(x, \tau)}{\partial x} \right] + \varepsilon \frac{\partial \theta(x, \tau)}{\partial \tau}; \quad (2)$$

де, β – коефіцієнт форми тіла ($\beta=0$ – пластина нескінчена, $\beta=2$ – куля; $\langle_{ef}(U)$ – ефективний коефіцієнт теплопровідності; $a_{mef}()$ – коефіцієнт масопровідності; $(U$ – температура і вологовміст матеріалу, відповідно; $q()$ – інтенсивність внутрішнього джерела теплоти (позитивного чи негативного); $c(U)$, $\chi(U)$ – питома теплоємність і густина вологого матеріалу; Σ – ефективний коефіцієнт фазового переходу; T – температура зовнішнього джерела.

Ефективні теплофізичні коефіцієнти рівнянь (1), (2) визначалися за методикою, що представлена роботах [2,3]. Через визначені ефективні коефіцієнти здійснюється взаємозв'язок рівнянь нагріву і зневоднення зерна, це дозволяє вирішувати їх окремо.

На рис.2 представлені результати моделювання мікронізації зернового матеріалу. Періоди нагрівання визначалися з рішення рівняння (1) для кулі при граничних умовах II-роду, періоди відлежування при граничних умовах III-роду. Кінетика зневоднення визначалася з рівняння (2) з врахуванням різкої зміни коефіцієнту фазового переходу і коефіцієнта дифузії води, при досягненні температури зернівки вище 100 °С,

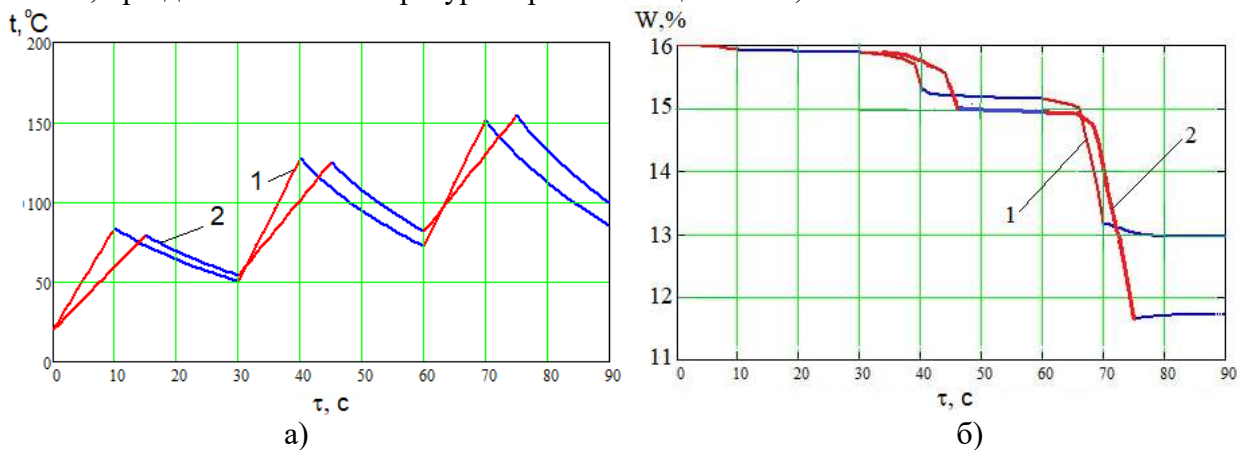


Рисунок 2 – Кінетики ІЧ-нагріву і зневоднення зернового матеріалу при однаковому сумарному ІЧ-енергопідводі: 1 – $\tau_{нагр}=15с$, $\tau_{відл}=15с$; 2 – 1 – $\tau_{нагр}=10с$, $\tau_{відл}=20с$.

На представлених графічних залежностях можна відмітити, що при однаковій підведеній сумарній потужності експозиція ефективної мікронізації (температура зернівки ($t > 100$ °С)) більша саме для другого варіанту реалізації процесу, що підтверджується інтенсивнішим зневоднення на рис.2б.

Висновок. Модуляція ІЧ-теплого потоку, дозволяє підвищувати енергоефективність мікронізації зернових матеріалів і запобігати перегріву поверхні обробляемого матеріалу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Степаненко С. П., Калініченко Р. А., Котов Б. І. Ресурсо-енергоефективні технології і технічні засоби для обробки вологого фуражного зерна: монографія / С. П. Степаненко, Р. А. Калініченко, Б. І. Котов – Ніжин: Видавець Лисенко М.М., 2023.–128с.
2. Калініченко Р. А. Визначення теплофізичних коефіцієнтів в розв'язках рівняння теплопровідності для ідентифікації процесів термообробки зерноматеріалів // Науковий вісник НУБіП України. 2016. №241. С.325-333
3. Калініченко Р. А. Алгоритм параметричної ідентифікації аналітичного математичного опису динаміки низькотемпературного сушіння зернових матеріалів / Р. А. Калініченко. // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2016. – №3(102). – С. 181–189.