

УДК [631.57:004.9]+519.6

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ MATLAB

Пенчук Є. Є., здобувач ВО,

Устименко А. Ю., здобувачка ВО,

Дяденчук А. Ф., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна*

Постановка проблеми. Сушіння зерна є одним з важливих етапів післязбиральної обробки, що визначає якість і збереження урожаю. Неefективна робота зерносушильного обладнання призводить до перевитрати енергії, зниження продуктивності, втрат маси та якості зерна. Традиційні методи аналізу ефективності ґрунтуються на емпіричних даних і не враховують динаміку зміни вологості, температури та швидкості потоку повітря в реальному часі [1, 2].

Проблема оптимізації процесів сушіння зерна розглядалась у працях багатьох науковців, зокрема у роботі [3] описано термодинамічні основи процесу сушіння та енергетичні витрати. Методи підвищення ефективності зерносушильних агрегатів за рахунок регулювання швидкості повітряного потоку наведено в [4].

Ефективним інструментом для оптимізації і візуалізації технологічних процесів є чисельне моделювання за допомогою системи комп'ютерної математики Matlab [5]. Використання цифрових інструментів дозволяє створити математичні моделі процесу сушіння та провести його комп'ютерне моделювання, що сприяє оптимізації параметрів роботи зерносушарки. У роботах [6-7] наведено приклади використання спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання різноманітних процесів в агропромислових системах.

Таким чином, аналіз літературних джерел показує, що застосування цифрових інструментів для моделювання процесів сушіння дозволяє прогнозувати кінцеву вологість зерна; оптимізувати параметри роботи обладнання (температура, витрата повітря, час сушіння); оцінити енергетичну ефективність системи без проведення реальних експериментів. Незважаючи на значний науковий доробок, актуальним залишається розроблення адаптивних моделей, здатних враховувати змінну інсоляцію, режим споживання енергії та технічні обмеження аграрної інфраструктури.

Основні матеріали дослідження. Математична модель процесу сушіння може бути описана системою рівнянь тепломасообміну:

$$\frac{dW}{dt} = -k(W - W_{eq}),$$
$$Q = c_p m (T_{in} - T_{out}),$$

де k – коефіцієнт масообміну, W_{eq} – рівноважна вологість, c_p – теплоємність повітря, m – масова витрата.

Ефективність зерносушильного обладнання визначається як відношення корисно використаної теплоти для випаровування вологи до загальної кількості витраченої енергії, тобто:

$$\eta = \frac{Q_{\text{викор}}}{Q_{\text{заг}}}$$

Основними параметрами процесу сушіння є: W та W_k – початкова та кінцева вологість (%); T – температура агента сушіння ($^{\circ}\text{C}$); v – швидкість потоку повітря (м/с); Q – витрата теплоти (кДж); η – ККД сушарки.

Для подальшого моделювання процесу сушіння використано середовище Matlab. Вибір вхідних параметрів для моделювання процесу сушіння зерна зумовлений їхньою практичною значущістю та відповідністю реальним умовам експлуатації зерносушильного обладнання: початкова вологість зерна $W_0 = 22\%$ (типовий показник вологості відносно зібраного зерна, яке потребує технологічної обробки перед зберіганням); цільова вологість $W_k = 14\%$ (нормативне значення); температура агента сушіння $T = 90^{\circ}\text{C}$ (оптимальна для забезпечення інтенсивного випаровування вологи без пошкодження структури зерна, що узгоджується з режимами конвективного сушіння). Час моделювання (3 години) дозволяє охопити повний цикл сушіння в умовах безперервної дії агента, забезпечуючи достатню роздільну здатність для аналізу динаміки зміни вологості та оцінки ефективності процесу. Сукупність цих параметрів забезпечує адекватність моделі реальним технологічним умовам та дозволяє провести достовірну оцінку енергетичних витрат і ефективності сушарки.

Результати моделювання представлено на рис. 1. Графік показує експоненційне зменшення вологості зерна до рівноважного значення. На основі моделі визначено, що при заданих параметрах сушіння досягнення цільової вологості 14% можливе за ≈ 160 хв. Це свідчить про ефективність обраного режиму сушіння (температура агента 90°C), що дозволяє досягти технологічно необхідного рівня вологості за заданий час.

Висновки. Таким чином, застосування Matlab дозволяє створювати гнучкі математичні моделі процесу сушіння зерна з урахуванням фізичних параметрів та зовнішніх умов. Проведене моделювання показало ефективність методу для аналізу динаміки вологості та оптимізації часу сушіння. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення систем автоматичного керування зерносушильним обладнанням, що зменшує енергетичні витрати до 10-15%.

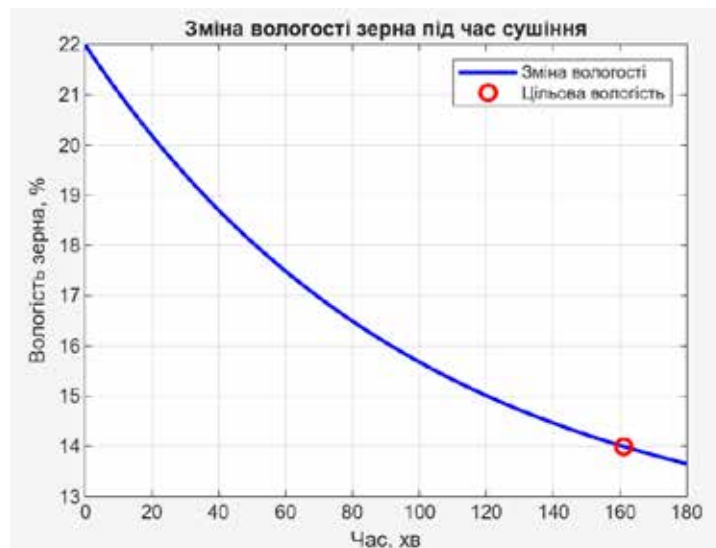


Рис. 1. Зміна вологості зерна під час сушіння за результатами моделювання в Matlab

Список використаних джерел

1. Yu P., Zhu W., Shen C., et al. Current Status of Grain Drying Technology and Equipment Development: A Review. *Foods*. 2025. Vol. 14(14). P. 2426.
2. Jimoh K. A., Hashim N., Shamsudin R., et al. Recent Advances in the Drying Process of Grains. *Food Engineering Reviews*. 2023. Vol. 15. P. 548–576.
3. Шевченко О. Ю., Степанець О. І., Бут С. А., Костюк В. С. Повітряна сушарка на основі замкнутих енергоматеріальних контурів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. Т. 25(4). С. 128–137.
4. Активне вентилування та сушіння зерна: навч. посібник / О. І. Гапонюк, М. В. Остапчук, Г. М. Станкевич, І. І. Гапонюк. Одеса : ВМВ, 2014. 326 с.
5. Одновол Д. Г., Дяденчук А. Ф. Моделювання електромагнітних хвиль у Matlab як інструмент розвитку технічного мислення студентів. *Інженерні та освітні технології*. 2025. Т. 13, № 2. С. 7–17.
6. Baidhe E., Clementson C. L. A Review of the Application of Modeling and Simulation to Drying Systems for Improved Grain and Seed Quality. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 198. P. 107024.
7. Kotov B., Voitiuk V., Kalinichenko R., Stepanenko S., Kuzmych A. Mathematical modelling and investigation of the grain drying process in bunker units with radial supply of drying agent. *Machinery & Energetics*. 2025. Vol. 16(3). P. 33–47.