

2. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 283 с.
3. Пилипака С.Ф. Тригранник і формули Френе: теорія складного руху матеріальної точки та задачі на кінематику і динаміку при її русі по шорстких поверхнях / С.Ф. Пилипака // Академік П.М. Василенко – яскравий погляд у майбутнє. – К.: Хай-Тек Прес, 2010. – С. 297–397.

Создана maple-модель движения материальной частички по шероховатой стационарной шероховатой внутренней поверхности сферы и приведены результаты вычислительного анализа ее траекторно-кинематических свойств.

Движение частички, шероховатая поверхность, сфера, система дифференциальных уравнений, траектория, скорость.

It is created maple model of movement of material part on roughness surfaces of sphere and results of its computing researches trajectory-kinematic properties are resulted.

Part movement, rough surface, sphere, system of differential equations, trajectory, velocity.

УДК 631.365:635.54

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СУШИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

І.В. Нездвєцька, аспірант*

С.М. Кухарець, кандидат технічних наук

Житомирський національний агроекологічний університет

Обґрунтовано техніко-економічні параметри установки для сушіння сипких харчових продуктів зі змішаним конвективно-інфрачервоним енергопідведенням. Запропоновано методику побудови математичної моделі установок даного типу на базі теорії нечітких множин.

Сушіння, швидкість сушіння, якість, математичне моделювання, нечітка логіка.

Постановка проблеми. У процесі переробки продукції рослинництва провідне місце належить сушінню, тому поліпшення

*Науковий керівник – кандидата технічних наук С.М. Кухарець

© І.В. Нездвєцька, С.М. Кухарець, 2012

техніко-економічних та технологічних показників цього процесу є важливим питанням. Одним із напрямків енергозбереження при сушінні є застосування змішаного конвективно-інфрачервоного методу, побудованого на сумісній дії енергії електромагнітного випромінювання і потоку підігрітого повітря на молекули води продукту [1, 3, 4, 6, 9]. Ефективність такого сушіння значною мірою залежить від технологічних показників процесу та від конструктивних особливостей обладнання. Проте, їхній комплексний вплив на швидкість сушіння та якість кінцевого продукту досліджено недостатньо.

Аналіз останніх досліджень. При формалізації процесу сушіння методами нечіткої логіки вся інформація про режими передачі теплової енергії від джерел до об'єкту сушіння, про ефективність цих режимів, про перевагу одних режимів роботи над іншими представлена у єдиній формі. Такий підхід дозволяє синтезувати інформацію про об'єкт проектування (статистичну, лінгвістичну, детерміновану, інтервальну) і визначити раціональні технологічні показники.

При побудові моделі для визначення раціональних технологічних показників роботи установки для сушіння продукції рослинного походження методами нечіткої логіки необхідно:

- визначити лінгвістичні змінні моделі та їхніх терм-множин;
- визначити зв'язки між параметрами і побудувати схеми нечіткого висновку;
- скласти правила бази знань для заданих систем нечіткого висновку;
- виконати обчислювальні експерименти з нечіткою моделлю.

Для спрощення процесу отримання логічного висновку, вихідні лінгвістичні змінні оцінюються у відносних одиницях – балах. Моделювання системи нечіткого висновку проведемо за алгоритмом Мамдані [5,8].

$$\mu'(y) = \min \{c_i, \mu(y)\} , \quad (1)$$

де $\mu'(y)$ – результат активації функції належності вихідної нечіткої множини;

c_i – ступінь істинності висновків кожного правила;

$\mu(y)$ – функція належності терма, який є значенням вихідної змінної на вихідній нечіткій множині U .

Акумуляцію для нечітких правил проведемо за формулою [5]:

$$\mu_D(x) = \max\{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \quad (\forall x \in M_x) , \quad (2)$$

де $\mu_D(x)$ – функція належності вихідної нечіткої множини D ;

$\mu_A(x), \mu_B(x)$ – функції належності вхідних нечітких множин A і B .

Дефазифікацію вихідних лінгвістичних змінних проведемо за методом центру тяжіння [5,8] за формулою:

$$y = \frac{\int_{Min}^{Max} x \cdot \mu(x) dx}{\int_{Min}^{Max} \mu(x) dx}, \quad (3)$$

де y – результат дефазифікації;

$\mu(x)$ – функція належності нечіткої множини, що відповідає вихідній змінній після етапу акумуляції;

Min і Max – ліва і права точки інтервалу носія нечіткої множини.

Мета досліджень. При проектуванні обладнання для сушіння продукції рослинництва основною проблемою є складність формалізації технологічних процесів і часткова невизначеність комплексного впливу параметрів на швидкість видалення вологи з урахуванням показників якості кінцевого продукту. В зв'язку з цим, виникає необхідність використання теорії нечітких множин (fuzzy sets theory), яка дозволяє адекватно врахувати такі невизначеності.

Результати досліджень. Моделювання процесу сушіння рослинної продукції з ІЧ-енергопідведенням розглядаємо як задачу з двома вихідними параметрами – y_4 («Якість») та y_3 («Процес»). З огляду на вплив технологічних параметрів процесу сушіння на показники якості матеріалу, визначено, відповідно до [1,3,4,9], наступні вхідні параметри системи «Якість», терми оцінювання яких показані в табл. 1:

- 1) температура випромінювача (x_1);
- 2) температура повітря, що діє на матеріал під час відлежування (x_5);
- 3) час опромінення (x_2);
- 4) час відлежування (x_3).

Змінні параметри технологічного процесу, що впливають на швидкість видалення вологи [1,2,3,4,6,7,9] (табл. 1):

- 1) температура випромінювача (x_1);
- 2) час ІЧ-опромінення (x_2);
- 3) час відлежування (x_3);
- 4) швидкість потоку повітря всередині сушарки (x_4);
- 5) температура потоку повітря, що подається на продукт (x_5);
- 6) відстань між випромінювачем і поверхнею продукту (x_6);
- 7) лінійний розмір частинок (на початку сушіння) (x_7).

Ієрархічна схема системи нечіткого висновку бази знань «Процес» показана на рис. 1. З огляду на те, що проводиться моделювання імпульсного опромінення, швидкість видалення вологи під час дії ІЧ-випромінювання і під час впливу підігрітого повітря при

відлежуванні розглянемо окремо і створимо для цього дві бази знань – «Опромінення» та «Відлежування». Базу знань «Опромінення», що характеризує швидкість видалення вологи під час дії ІЧ-опромінення, представимо як:

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3). \quad (1)$$

1. Діапазони значень вхідних лінгвістичних змінних.

| № з/п | Позначення лінгвістичної змінної | Діапазон значень змінних і їх терми оцінювання |
|-------|----------------------------------|---|
| 1 | $x_1, \text{ }^\circ\text{C}$ | Низький є [400...900] Середній є [800...1600] Високий є [1500...2500] |
| 2 | $x_2, \text{ c}$ | Низький є [2...27] Середній є [10...45] Високий є [40...60] |
| 3 | $x_3, \text{ c}$ | Низький є [2...50] Середній є [10...100] Високий є [90...180] |
| 4 | $x_4, \text{ м/с}$ | Низький є [0,1...0,5] Високий є [0,4...1,2] |
| 5 | $x_5, \text{ }^\circ\text{C}$ | Низький є [10...25] Середній є [20...60] Високий є [50...100] |
| 6 | $x_6, \text{ см}$ | Низький є [5...17] Високий є [16...30] |
| 7 | $x_7, \text{ мм}$ | Низький є [5...15] Високий є [12...20] |

2. Діапазони значень вихідних лінгвістичних змінних.

| № з/п | Позначення лінгвістичної змінної | Діапазон значень змінних і їх терми оцінювання |
|-------|----------------------------------|--|
| 1 | $y_1, \text{ бали}$ | Низький є [0...0,45] Середній є [0,35...0,65] Високий є [0,55...1] |
| 2 | $y_2, \text{ бали}$ | Низький є [0...0,45] Середній є [0,35...0,65] Високий є [0,55...1] |
| 3 | $y_3, \text{ бали}$ | Низький є [0...0,45] Середній є [0,35...0,65] Високий є [0,55...1] |
| 4 | $y_4, \text{ бали}$ | Низький є [0...0,45] Середній є [0,35...0,65] Високий є [0,55...1] |
| 12 | $y, \text{ бали}$ | Низький є [0...0,45] Середній є [0,35...0,65] Високий є [0,55...1] |

Базу знань «Відлежування», що характеризує швидкість видалення вологи при дії повітря на матеріал під час відлежування, представимо як:

$$y_2 = f_2(x_4, x_5) \cdot \quad (2)$$

Базу знань «Процес», що характеризує швидкість сушіння в цілому, представимо як:

$$y_3 = f(y_1, y_2, x_6, x_7) \quad (3)$$

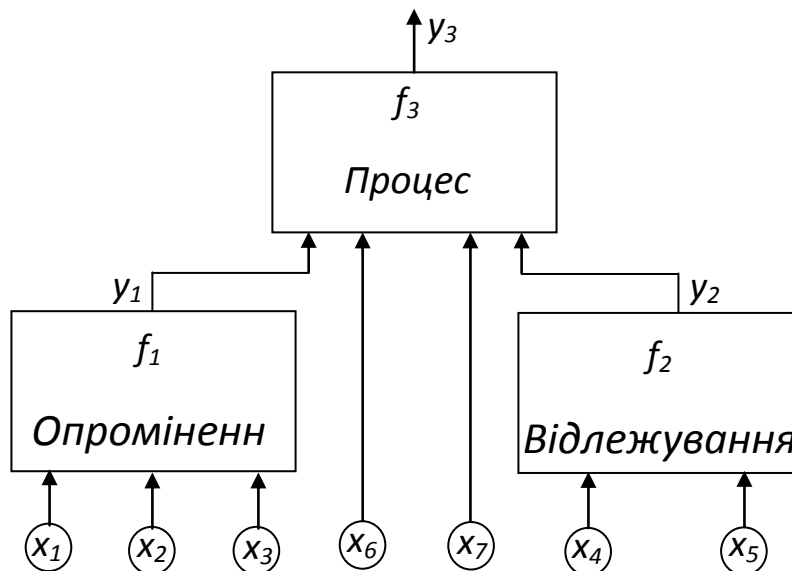


Рис. 1. Ієрархічна схема системи нечіткого висновку швидкості видалення вологи з харчових продуктів рослинного походження в процесі ІЧ-сушіння.

Схема нечіткого висновку «Якість» (рис. 2) моделює зміну якості матеріалу в процесі ІЧ-сушіння за виразом:

$$y_4 = f_4(x_1, x_2, x_3, x_5) \quad (4)$$

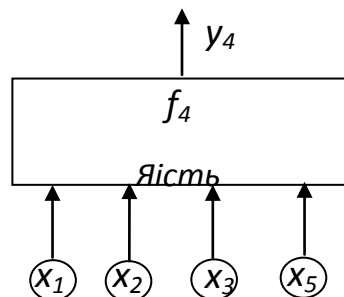


Рис. 2. Схема системи нечіткого висновку зміни якості харчових продуктів рослинного походження при ІЧ-сушінні.

Оптимізація технологічного процесу сушіння відбувається за визначенням двох баз знань – «Процес» (y_3) і «Якість» (y_4):

$$y = f_5(y_3, y_4) \cdot \quad (5)$$

Формалізація термів здійснюється за допомогою функції належності, що отримуються методами статистичної оцінки та методом парних порівнянь [1,2,3,4,6,7,9].

Для реалізації системи нечіткого висновку використаємо відповідне програмне забезпечення [10] та отримаємо відповідні графічні розв'язки:

- візуалізацію поверхонь нечіткого висновку підсистеми «Опромінення» (рис. 3);
- візуалізацію поверхонь нечіткого висновку підсистеми «Відлежування» (рис. 4,а);
- візуалізацію поверхонь нечіткого висновку підсистеми «Якість» (рис. 4,б).

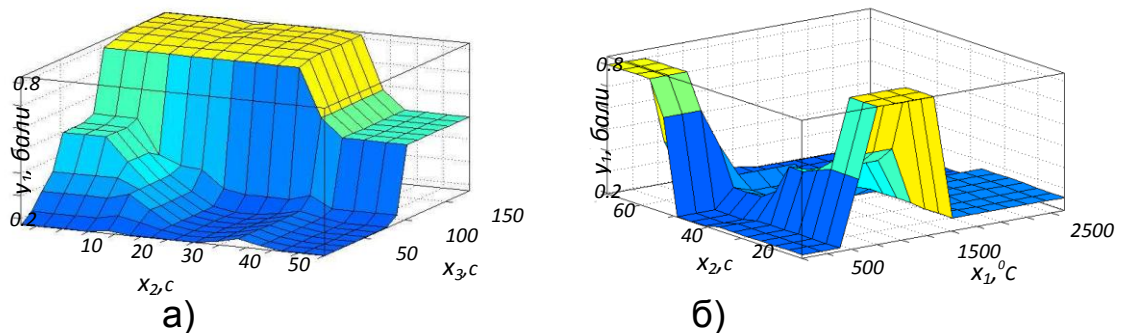


Рис. 3. Характеристика швидкості видалення вологи з матеріалу під дією опромінення: а) в залежності від тривалості імпульсу опромінення та тривалості періоду відлежування; б) в залежності від температури випромінювача та тривалості імпульсу опромінення.

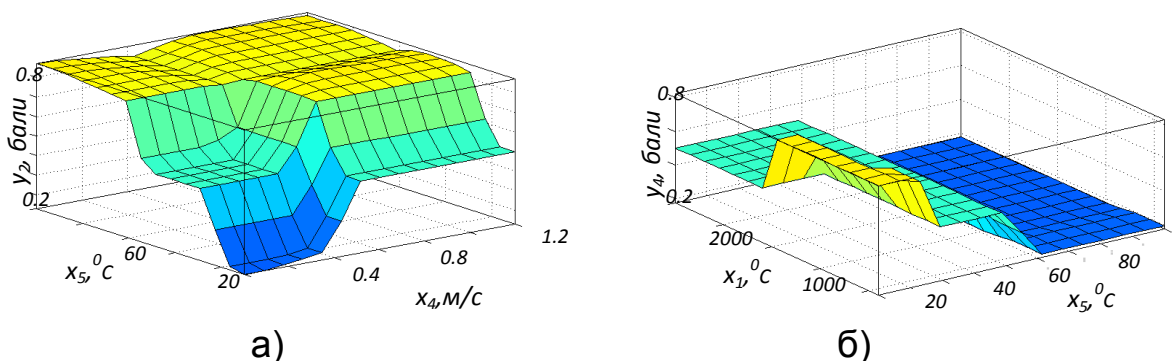


Рис. 4. Візуалізація поверхонь нечіткого висновку підсистем: а) «Відлежування» в залежності від швидкості потоку повітря і від його температури; б) «Якість» в залежності від температури випромінювача та температури повітря.

Застосування теорії нечітких множин для моделювання процесу сушіння дозволило формалізувати дану технічну систему і

адекватно врахувати наявні невизначеності. В результаті розв'язання вищенаведеної математично-логічної моделі, встановлені техніко-економічні параметри (табл. 2) які дозволяють одержати високу швидкість сушіння при забезпеченні високих якісних показників кінцевого продукту.

3. Раціональні значення техніко-економічних параметрів процесу.

| № з/п | Назва показника | Позначення | Од. вим. | Діапазон значень |
|-------|---|------------|--------------------|------------------|
| 1 | Температура випромінювача | t_1 | $^{\circ}\text{C}$ | 800...1300 |
| 2 | Тривалість опромінення | τ_1 | с | 22...40 |
| 3 | Тривалість відлежування | τ_2 | с | 60...140 |
| 4 | Швидкість потоку повітря | v | м/с | 0,2...0,4 |
| 5 | Температура повітря | t_2 | $^{\circ}\text{C}$ | 20...30 |
| 6 | Відстань між джерелом опромінювання і продуктом | h | см | 15...25 |
| 7 | Лінійний розмір частинок продукту | S | мм | 10...15 |

Висновок. Аналіз запропонованої математичної моделі показав, що конструктивно-технологічні параметри процесу сушіння, наведені в табл. 3, можуть забезпечити високу швидкість видалення вологи, яка оцінюється 0,83 бала та дають змогу уникнути втрат харчової цінності продукту, якість якого буде знаходитися в межах 0,85 балів.

Список літератури

1. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 407 с.
2. Гуляев В.Н. Сушёные овощи и фрукты / В.А. Воскобойников, В.Н. Гуляев, З.А. Кац, О.А. Попов. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 189 с.
3. Гуляев В.Н. Технология пищевых концентратов / В.Н. Гуляев. – М.: Лёгкая и пищевая пром-сть. 1981. – 207 с.
4. Лебедев П.Д. Сушка инфракрасными лучами / П.Д. Лебедев. – М.: Госэнергоиздат, 1955. – 431 с.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
6. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
7. Сажин Б.С. Основы техники сушки / Б.С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
8. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
9. Krishnamurthy K. Overview Infrared Heating in Food Processing / K. Krishnamurthy, H.K. Khurana, S. Jun, J. Irudayaraj, A. Demirci // Comprehensive reviews in food science and food safety. – 2008. – Vol. 7. – P. 2–13.
10. <http://www.mathworks.com/products/matlab/>

Обоснованы технико-экономические параметры установки для сушения сыпучих пищевых продуктов со смешанным конвективно-инфракрасным энергоподведением. Предложена методика построения математической модели установок данного типа на базе теории нечетких множеств.

Сушка, скорость сушки, качество, моделирование, нечёткая логика.

The technical and economic parameters of fluidizer are reasonable drying of friable foods with the mixed convection and infra-red energytricking into. Methodology of construction of mathematical model of options of this type is offered on the base of theory of fuzzy sets.

Drying, speed of drying, quality, mathematical design, fuzzy logic.

УДК 629.113.004.58

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

***В.З. Докуніхін, кандидат технічних наук
М.В. Сєнчев, студент***

В статті наведено питання впливу стану шин на безпеку дорожнього руху, техніко-експлуатаційні показники використання автомобілів і розрахунку залишкового ресурсу шин.

Автомобіль, безпека дорожнього руху, шина, знос, втомленість, старіння, залишковий ресурс.

Постановка проблеми. Шини відносяться до висококоштовних швидкозношуваних елементів автотранспортних засобів. За час строку служби автомобіля комплект шин замінюється 5-6 разів. На експлуатаційні витрати, які відносяться до шин, приходиться 14-15% загальних витрат на експлуатацію рухомого складу. Зміна експлуатаційних властивостей автомобіля в залежності від ступеня зносу протектора шин наведена на рис. 1.

Внаслідок технічних несправностей колісного вузла автотранспортного засобу, основним елементом якого є шина, виникає близько 17% дорожньо-транспортних пригод (ДТП) від загальної кількості ДТП, обумовлених технічними несправностями автомобілів. Ці ДТП мають, як правило, тяжкі наслідки. Тому

© В.З. Докуніхін, М.В. Сєнчев, 2012