

В статье представленные экспериментальные данные оценки эффективности работы дополнительного резервного дозатора на повышение технологической надежности выполнения высева семян пневмомеханическим аппаратом.

Пневмомеханический высевной аппарат, резервный дозатор, технологическая надежность, вероятность пропусков.

In paper presented these experimental estimations of efficiency of work of additional reserve metering device are on increase of technological reliability of implementation of sowing of seed by pneumomassage vehicle.

Pneumomachanic sowing vehicle, reserve metering device, technological reliability, probability of admissions.

УДК 631.365:635.54

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ СУШАРКИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕВОГО

***І.В. Нездвецька, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет***

Визначено технологію сушіння цикорію кореневого з метою забезпечення максимального збереження його якісних показників при мінімальних питомих енерговитратах застосованого обладнання. В результаті аналітичних досліджень встановлено раціональні технологічні параметри процесу сушіння цикорію кореневого та конструкційні параметри сушарки, при яких забезпечуються визначені технологічні параметри.

Конструкційні параметри, сушіння, технологічні параметри, цикорій кореневий, якісні показники матеріалу.

Постановка проблеми. Виходячи з природного потенціалу України, з огляду на експертні оцінки фахівців аграрного ринку, Україна має усі можливості для того, щоб бути серед світових лідерів-виробників продукції рослинного походження. Проте, актуальною для вітчизняного сільгоспвиробника постає проблема зберігання і переробки продукції рослинного походження. Сучасні вимоги, що ставляться до сушильного обладнання, передбачають,

© І.В. Нездвецька, 2014

разом з високою продуктивністю та низькою енергомісткістю, забезпечення високих якісних показників отриманого продукту [1, 2, 3, 4]. Сучасний рівень техніко-технологічного забезпечення аграрної переробної галузі, загалом, і сушильних виробництв, зокрема, є малоефективним і енергомістким. Відомі наразі технічні рішення щодо процесів сушіння рослинних матеріалів, і цикорію кореневого у тому числі, характеризуються високими показниками енергомісткості обладнання (іноді понад 2 кВт·год/кг випареної вологи), а нераціональний і недостатньо обґрунтований вибір технологічних параметрів процесів сушіння спричиняє втрати вмісту біологічно цінних складових об'єктів сушіння до 20–30 %

Аналіз останніх досліджень свідчить про те, що сучасні технології сушіння матеріалів с.-г. походження та відповідне обладнання характеризуються відносно високими показниками питомих енерговитрат, а показники якості кінцевого продукту мало беруться до уваги [5, 6]. Внаслідок цього отримана продукція не завжди відповідає вимогам споживачів, а її ринкова вартість знижується [1, 2, 3, 4]. Вирішити проблему зростання конкурентоспроможності продукції с.-г. походження, яка підлягає сушінню з метою підвищення її терміну зберігання і наступної переробки, можливо шляхом пошуку раціональних технологій сушіння при максимально можливому зниженні питомих енерговитрат процесу по відношенню до кількості сухої речовини отриманого продукту.

Аналіз проведених теоретичних та експериментальних досліджень [5, 7, 8] свідчить, що засоби механізації для сушіння сипких матеріалів рослинного походження вивчено ще недостатньо. Перспективним є подальший розвиток такого обладнання, зокрема для цикорію кореневого, створення конструкцій сушильних установок барабанного типу з забезпеченням періодичної дії на матеріал енергії інфрачервоного (ІЧ) випромінювання, що дасть змогу обмежити критичну дію високих температур, а отже одержати кінцевий продукт з високими якісними показниками та гарантувати бажану продуктивність за умови мінімізації питомих енерговитрат.

Мета досліджень. Обґрунтування раціональних технологічних параметрів процесів висушування та конструкційних параметрів відповідного обладнання, що дасть змогу підвищити кінцеву якість продукту і знизити енергомісткість самого виробництва.

Результати досліджень. З метою визначення раціональних технологічних параметрів процесу сушіння цикорію в сушарках з терморадіаційним енергопідведенням проведено аналітичне дослідження технологічних параметрів процесу з урахуванням зміни якісних показників об'єкта сушіння, продуктивності та енергомісткості

самого процесу. На підставі аналізу експертних оцінок [8, 9, 10, 11, 12, 13] побудовано структурно-логічну модель процесу сушіння сипких харчових продуктів у сушарках з ІЧ-енергопідведенням (рис. 1), де визначено взаємозв'язки технологічних параметрів процесу сушіння і деяких конструкційних параметрів обладнання з показниками якості кінцевого продукту (вміст інуліну, вологість об'єкту сушіння), продуктивністю процесу та енерговитратами. На основі законів і положень теорії нечіткої логіки математично змодельовано технологічний процес сушіння коренів цикорію та запропоновано теоретичні передумови дослідження раціональних конструкційно-технологічних параметрів сушарки, що гарантують нормативні (або підвищені) якісні показники матеріалу при мінімальній енергомісткості процесу.

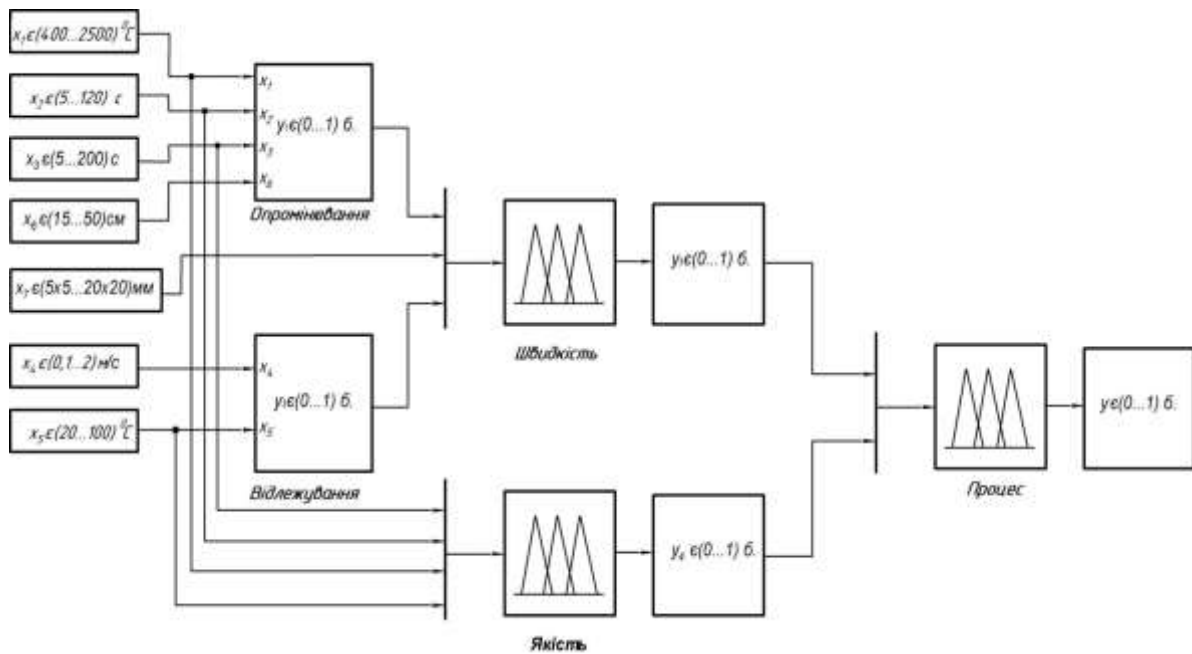


Рис. 1. Структурно-логічна модель технологічного процесу сушіння матеріалів рослинного походження в сушарках барабанного типу з терморадіаційним енергопідведенням: x_1 – лінгвістична змінна температури випромінювача; x_2 – лінгвістична змінна часу опромінення; x_3 – лінгвістична змінна часу відлежування; x_4 – лінгвістична змінна швидкості повітря, що обдуває матеріал; x_5 – лінгвістична змінна температури повітря, що обдуває матеріал; x_6 – лінгвістична змінна відстані між джерелом ІЧ-випромінювання та матеріалом; x_7 – лінгвістична змінна розміру частинки цикорію; y_i – відповідна база знань.

У нечіткій моделі технологічного процесу сушіння сипких матеріалів рослинного походження в сушарках з ІЧ-випромінюванням вхідними змінними параметрами, що впливають на

продуктивність процесу при забезпеченні високих якісних показників вихідного матеріалу, прийнято: температуру випромінювача (x_1); період опромінювання матеріалу (x_2); період відлежування (x_3); швидкість потоку повітря всередині сушарки (x_4); температуру потоку повітря, що подається на продукт (x_5); відстань між випромінювачем і поверхнею продукту (x_6); розмір частинок перед закладанням на сушіння (x_7).

Вихідна змінна моделі (y) – загальна характеристика процесу сушіння, що є сукупною функцією якісних показників отриманого матеріалу (y_1) та швидкості сушіння (y_2). Внаслідок побудови взаємозв'язків вхідних та вихідних змінних логічної системи, отримано нечітку модель технологічного процесу сушіння матеріалів рослинного походження в сушарках барабанного типу з терморадіаційним енергопідведенням (рис. 1).

За аналізом розробленої нечіткої моделі процесу сушіння сипких харчових продуктів рослинного походження встановлено, що отримання високих показників швидкості сушіння матеріалу та, як наслідок, зниження енерговитрат, при збереженні його якісних показників, досягається за таких значень вхідних параметрів: температура випромінювача $T = (800...1300) \text{ } ^\circ\text{C}$; тривалість опромінювання $t_{\text{опр}} = (30...50) \text{ с}$; тривалість відлежування $t_{\text{відл}} = (90...150) \text{ с}$; швидкість потоку повітря $u = (0,8...1,3) \text{ м/с}$; температура повітря $T_{\text{нов}} = (20...30) \text{ } ^\circ\text{C}$; відстань між джерелом опромінювання і матеріалом $h = (15...25) \text{ см}$; лінійний розмір частинок матеріалу $S = (10...15) \text{ мм}$.

Забезпечити перервне опромінювання матеріалу, загалом, та у сушарках барабанного типу, зокрема, можливо завдяки регулюванню тривалості перебування робочого тіла у зонах опромінювання та його відлежування, завдяки введенню нових перспективних рішень конструкції сушарки. З метою реалізації такого завдання у ході аналітичних досліджень нами запропоновано встановлення напрямної полицки над випромінювачем (рис. 2), що дасть змогу дозувати енергетичний вплив ІЧ-випромінювання на матеріал, що обробляється.

В результаті графоаналітичних досліджень руху матеріалу в сушильному барабані при різній кількості лопаток, що встановлено по внутрішньому периметру барабана, отримано залежність тривалості інтервалу опромінювання матеріалу від кількості лопаток та частоти обертання барабана:

$$t_{\text{опр}} = \frac{15 \left(1 + \frac{4}{z} \right)}{n}, \quad (1)$$

де $t_{опр}$ – інтервал часу опромінювання, с; z – кількість лопаток, шт.;
 n – частота обертання барабана, хв⁻¹.

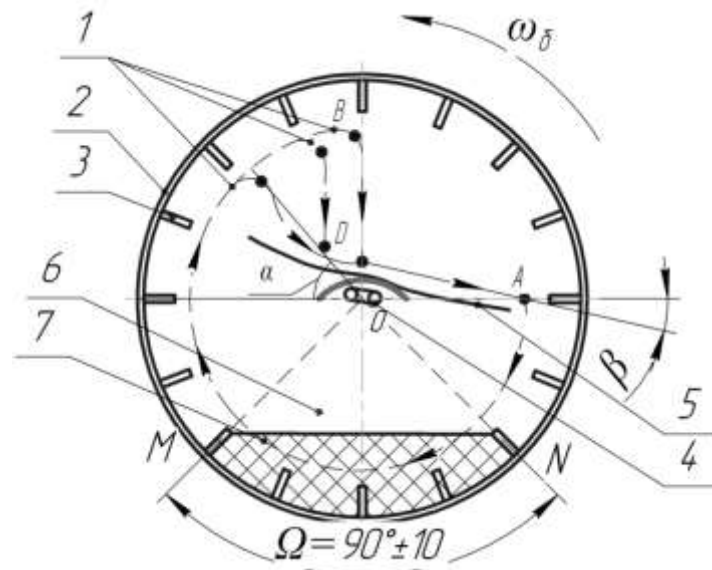


Рис. 2. Схема внутрішньої конструкції барабана: 1 – траєкторії руху частинок матеріалу; 2 – корпус барабана; 3 – лопатки; 4 – ІЧ-випромінювач; 5 – напрямна поличка; 6 – зона опромінювання; 7 – матеріал, що опромінюється; Ω – кут опромінювання; α – кут підйому частинки матеріалу над горизонтальною віссю барабана; β – кут нахилу напрямної полички; ω_δ – кутова швидкість обертання барабана

Аналізуючи динаміку руху частинки у барабані, отримано залежність для визначення впливу конструкційних параметрів барабана на тривалість періоду відлежування матеріалу при періодичній дії на нього енергії ІЧ-випромінювання:

$$t_{відл} = \frac{60 \left(\frac{\pi}{2} + \arcsin(1,1 \cdot \sin \beta) \right)}{\pi n} + \sqrt{\frac{0,088 \cdot D_0 \cdot \sin \beta}{g}} + \sqrt{\frac{1,6 \cdot D_0}{g \left(\sin \beta - f_2 \cos \gamma \cos \beta \cos \left(\arctg \left(\frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \right) \right) \right)}} + \frac{15\pi - 60\beta}{2\pi n} \quad (2)$$

де $t_{відл}$ – тривалість періоду відлежування, с; β – кут нахилу напрямної полички, рад; D_0 – діаметр барабана, м; g – прискорення вільного падіння, м/с²; n – частота обертання барабана, хв⁻¹; f_2 – коефіцієнт тертя між матеріалом і поверхнею полички; γ – кут нахилу поздовжньої осі барабана до горизонталі, рад.

Використовуючи отримані залежності, з урахуванням фізико-механічних властивостей коренів цикорію, визначено залежність

частоти обертання барабана від конструкційно-технологічних параметрів сушильного барабана:

$$n = \frac{120 \arcsin(1,1 \cdot \sin \beta) + 75\pi - 60\beta}{2\pi \left(t_{\text{дл}} - \sqrt{\frac{0,088 \cdot D_a \cdot \sin \beta}{g}} - \sqrt{\frac{1,6 \cdot D_a}{g \left(\sin \beta - f_2 \cos \gamma \cos \beta \cos \left(\arctg \left(\frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \right) \right) \right)}} \right)}. \quad (3)$$

При розв'язанні рівнянь (1), (2), (3), з урахуванням умов забезпечення періодичного ІЧ-опромінювання матеріалу, з огляду на рекомендовані за висновками проведених аналітичних досліджень значення $t_{\text{опр}}$, $t_{\text{відл}}$, h , раціональна частота обертання барабана становитиме $n = (0,4 \dots 0,5) \text{ хв}^{-1}$, кут нахилу напрямної полицки $\beta = (18 \dots 44)^\circ$, діаметр барабана $D_o = 1 \text{ м}$, а кількість лопаток, що встановлено по внутрішньому периметру барабана $z = (8 \text{--} 12) \text{ шт}$.

Для уточнення параметрів лопатки та полицки розглянуто механічну взаємодію частинки матеріалу з лопаткою барабана (рис. 3) з урахуванням формул (1)–(3).

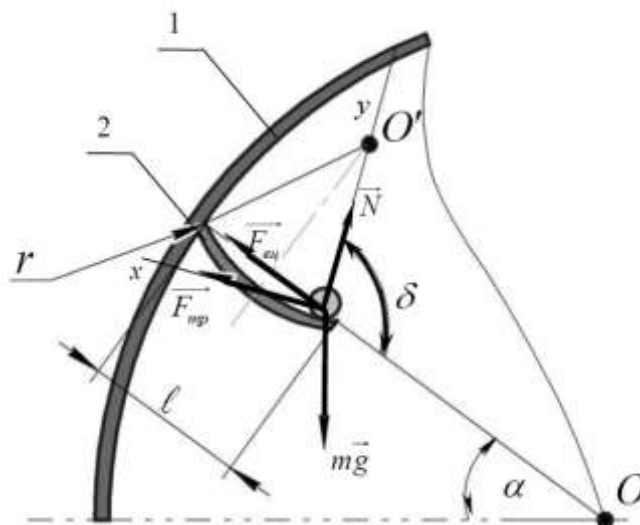


Рис. 3. Схема дії зовнішніх сил на частинку матеріалу з урахуванням геометричних параметрів лопатки барабана: 1 – корпус барабана; 2 – лопатка з частинкою; r – радіус заокруглення лопатки; l – висота лопатки/

Урахувавши динаміку взаємодії частинки і лопатки барабана, отримано аналітичний вираз для визначення залежності кута підйому частинки лопаткою барабана над його поперечною горизонталлю, при якому матеріал гарантовано надходить на напрямну полицку:

$$\alpha = \delta - 2 \operatorname{arccctg} \left(\frac{2f_1}{1 - \frac{\omega^2 D_a}{2g} (\sin \delta + f_1 \cos \delta)} + 1 \right), \quad (4)$$

де α – кут підйому частинки матеріалу лопаткою барабана, рад; δ – кут між вектором нормальної реакції лопатки на частинку матеріалу і твірною кута α , рад; ω – кутова швидкість обертання барабана, рад/с; D_a – діаметр барабана, м; f_2 – коефіцієнт тертя між частинкою матеріалу і лопаткою барабана.

При подальшому розв'язку рівняння (4) обґрунтовано геометричні параметри лопаток барабана, що забезпечують піднімання матеріалу на задану висоту. Висота лопатки визначається із:

$$l = \sqrt{\frac{0,4 \pi \sin(\delta - \pi/2) D_a^2}{z [\cos(\delta - \pi/2) + \sin(\delta - \pi/2) \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)/2]}}, \quad (5)$$

де φ – кут природного ухилу матеріалу, що змінюється в залежності від вологості матеріалу ($\varphi = 25^\circ \dots 45^\circ$). А раціональне значення радіуса заокруглення лопатки визначається залежністю:

$$r = \sqrt{\frac{0,1 \pi D_a^2}{z [\sin(\delta - \pi/2) \cos(\delta - \pi/2) + \sin^2(\delta - \pi/2) \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)/2]}}. \quad (6)$$

Висновки

За результатами досліджень визначено, що застосування обладнання із періодичною дією енергії терморадіаційного походження на матеріал у сушарках барабанного типу, дає можливість для отримання продукції з високими якісними показниками при мінімальних приведених енерговитратах.

Внаслідок побудови взаємозв'язків вхідних та вихідних змінних нечіткої логічної системи технологічного процесу сушіння, з урахуванням вимог ресурсощадності, енергоефективності та високих якісних показників матеріалу, обґрунтовано технологічні параметри, що забезпечують мінімізацію питомих енерговитрат процесу сушіння цикорію кореневого у сушарках барабанного типу з періодичною дією на матеріал електромагнітної енергії ІЧ-діапазону. Таким чином встановлено, що раціональна тривалість опромінювання подрібнених коренів цикорію при лінійних розмірах частинок $S = (10 \dots 15)$ мм має знаходитись у межах $t_{\text{опр}} = (30 \dots 50)$ с, тривалість відлежування – у межах $t_{\text{відл}} = (90 \dots 150)$ с; відстань між джерелом опромінювання і об'єктом сушіння – $h = (15 \dots 25)$ см.

На основі отриманих рівнянь динаміки руху, виходячи із умов забезпечення транспортування матеріалу на похилу напрямну полицку аналітично встановлено раціональні значення конструкційних параметрів лопаток при яких забезпечуються необхідні технологічні значення періоду відлежування матеріалу: радіус заокруглення $r=(0,35...0,4) м$; висота лопатки барабана $l=0,15 м$.

Список літератури

1. *Бойко В.М.* Роль інноваційної продукції для конкурентоспроможності підприємств / *В.М. Бойко* // Наукові праці Проблеми соціально-економічного розвитку регіонів в контексті сучасних процесів міжнародної інтеграції. – Харків: ХНТУ. – 2008. – С. 19–25.
2. *Борщевський П.* Актуальні проблеми розвитку харчової промисловості / *П. Борщевський, А. Рибалко, Л. Дейненко* // Економіка України. – 1996. – № 7. – С. 18–30.
3. *Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку: Інформаційно-аналітичний збірник / за ред. П.П. Каблука.* – К.: ІАЕ, 2000. – Вип. 4. – 601 с.
4. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / *М.П. Ковалко, С.П. Денисюк*; відпов. ред. *А.К. Шидловський.* – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.
5. *Нахмедов Ф.Г.* Технология кофепродуктов / *Ф.Г. Нахмедов.* – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. – 180 с.
6. *Яценко А.А.* Цикорий корнеплодный / *А.А. Яценко, А.В. Корниенко, Т.П. Жужжалова.* – Воронеж: ВНИИСС, 2002. – 135с.
7. *Алтухов И.В.* Анализ способов сушки пищевых продуктов / *И.В. Алтухов, В.Д. Очиров* // Вестник ИрГСХА. – 2009. – Вып. 36. – С. 16–21.
8. *Гинзбург А.С.* Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / *А.С. Гинзбург.* – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
9. *Бабкіна І.В.* Удосконалення процесу теплової обробки харчових продуктів інфрачервоним випромінюванням : Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / *І.В. Бабкіна*; Харк. держ. акад. технології та організації харчування. – Х., 2001. – 19 с.
10. *Бурич О.* Сушка плодов и овощей / *О. Бурич, Ф. Берки*; пер. с венгерского. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 279 с.
11. *Гинзбург А.С.* Теплофизические характеристики пищевых продуктов : справочник / *А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская.* – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
12. *Гуляев В.Н.* Технология пищевых концентратов / *В.Н. Гуляев.* – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 207 с.
13. *Дослідження комбінованого способу теплової обробки харчових продуктів / [О.І. Черевко та ін.]* // Вестник национального технического университета “ХПИ”. – Х.: НТУ“ХПИ”, 2002. – С. 149–153.

Определена технология сушки цикория корневого с целью обеспечения максимального сохранения его качественных показателей при минимальных удельных энергозатратах

применяемого оборудования. В результате аналитических исследований установлено рациональные технологические параметры процесса сушки цикория корневого и конструкционные параметры сушилки, при которых обеспечиваются определенные технологические параметры.

Конструкционные параметры, сушка, технологические параметры, цикорий корневой, качественные показатели материала.

The author highlights the technology of drying root chicory with aim of ensuring the maximum conservation of its qualitative indices under minimal specific power consumption of equipment applied. The result of the analytical research conducted make it possible to determine rational technological parameters of root chicory drying process and construction parameters of drier under which specified technological parameters of drying process are provided.

Construction parameters, drying, technological parameters, root chicory, qualitative indices of material.

УДК 631.354:633.1

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ДЕФОРМАЦІЇ І ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНІВКИ, ПОВЕРХНЮ ЯКОЇ НАДАНО ЕЛІПСОЇДОМ ОБЕРТАННЯ

***Д.А. Дерев'янка, кандидат сільськогосподарських наук
Житомирський національний агроекологічний університет***

Наведено теоретичні розрахунки впливу різних факторів на деформацію і травмування насіння під час переміщення в насіннеочисних машинах.

Зернівка, деформація, травмування, еліпсоїд, диференціальні рівняння.

Постановка проблеми. Отримання високоякісного насіння з мінімальною кількістю травм та пошкоджень тісно пов'язане з науковим вивченням процесів, що відбуваються під час сепарування зернової суміші. А використовувані нині сортувальні та насіннеочисні машини за своїми виробничо-технічними характеристиками не завжди відповідають вимогам часу.

© Д.А. Дерев'янка, 2014