

4. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента [Текст] / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
5. Федоров В.Г. Планирование и реализация экспериментов в пищевой промышленности [Текст] / Пищ. пром-сть, 1980. – 280 с.

УДК 664.743.02:519.876.5

ЕНЕРГООЩАДНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРУВАННЯ ВОЛОГОЇ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ

Гапонюк І.І., канд. техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Із підвищенням вологовмісту зерна зібраного урожаю суттєво погіршується ефективність та продуктивність роботи зерноочисних сепараторів. Розробленим способом змінення пошарового в частинках зернової суміші вологовмісту, впродовж незмінного пошарового градієнта вологи в периферійній шари, можна суттєво покращити сипкість та показники роботи сепаратора.

With an increase in the humidity of grain the effectiveness and the productivity of the work of separators considerably deteriorates. By the developed method of change in the layers of the particles of the grain mixture of moisture content it is possible to substantially improve friability and indices of the work of grain separator during constant gradient of moisture content.

Ключові слова: зерно, домішки зерна, сепаратор, пошаровий вологовміст.

Зерно зібраного урожаю (ЗЗУ) характеризується підвищеним, до (5...8) %, вмістом смітних домішок та перевищенням на (8...10) % критичної вологості зерна, що погіршує його якість, обмежує цільове використання і довготривале зберігання. Нормативною документацією встановлено обмеження до вмісту в ЗЗУ домішок і вологи та встановлено черговість операцій з післязбиральної обробки ЗЗУ. Зокрема, його спочатку слід очищати від різноманітних домішок до базисних кондицій, особливо рослинного походження, а потім сушити до так званого критичного вологовмісту [1, 2]. Вологість домішок рослинного походження, як правило, на 10 % і більше перевищує вологість зерна [3], негативно впливає на стан зберігання й техніко-економічні показники його сушіння та обмежує цільове використання ЗЗУ.

Очищають зерноsumіш різними способами. Проте для більшості з них спільним недоліком є суттєва залежність параметрів роботи сепараторів від вологовмісту зерноsumіші. Так, на кожен відсоток збільшення вологості ЗЗУ, продуктивність сепараторів зменшується на (4...5) %, і за даними зернозаготівельних та машинобудівельних підприємств їх фактична продуктивність з очищення сирого зерна може зменшуватися в 5-6 разів, до (16-18) % від паспортної продуктивності з очищення сухого зерна. Крім цього, погіршується також ефективність очищення ЗЗУ на (25-35) %.

Оскільки за даними Котова, Волошина, Тищенко, Рідного й інших дослідників, режимні та конструктивні напрямки інтенсифікації сепарування вичерпано, то у виробничій діяльності проблему зі зменшенням їх продуктивності вирішують екстенсивним способом, або в більшості випадків – порушенням послідовності технологій очищення і сушіння зерна. Це спричиняє погіршення технології сушіння і стану пожежобезпеки та обумовлює додаткові витрати енергії післязбиральної обробки зерна до (12-20) %.

Одним із напрямків вирішення зазначеної проблеми очищення ЗЗУ підвищеного вологовмісту може бути спосіб короткотривалого покращення її сипкості. Сутність цього способу зводиться до такого. Оскільки на продуктивність і ефективність роботи сепаратора суттєво впливає сипкість зерноsumіші, а її сипкість залежить від вологовмісту компонентів цієї зерноsumіші, то зменшуючи вологовміст лише поверхневих шарів частинок зерноsumіші, можна покращити показники роботи сепаратора впродовж незмінного градієнта пошарового вологовмісту частинок ЗЗУ. Можливість реалізації цього способу ґрунтується на значній уповільненості процесу внутрішнього, по шарах частинок ЗЗУ, перерозподілу вологи та незначній тривалості процесу сепарування. Із відомого коефіцієнта внутрішньої дифузії вологи (α_m) [4], для заданої тривалості сепарування і різних зерноsumішей, розрахунковим шляхом встановлювали параметри течії робочих газів конвективного способу вологообміну, щоб забезпечити задане зменшення вологовмісту лише поверхневих шарів частинок ЗЗУ на таку товщину, тривалість перерозподілу вологи між якими перевищує тривалість процесу сепарування ЗЗУ із поправкою на тривалість конвективного вологообміну.

На лабораторному ситовому сепараторі ЗЛС, для наближених до виробничих умов, було апробовано спосіб покращення сипкості компонентів ЗЗУ зміненням пошарового вологовмісту та уточнено коефіцієнти пропорційності в напівемпіричних рівняннях. Тривалість міжфазового вологовміну із малорухомим шаром ЗЗУ змінювалася в межах $\tau = 10 - 20$ с, температура робочих газів – $t_1 = 90 - 120$ °С, швидкість течії цих газів – $v = 0,1 - 0,4$ м/с. Вологість дослідних зразків ЗЗУ, порівняно із контрольними, зменшувалася лише на (0,10-0,25) %, температура не змінювалася, а їх сипкість покращувалася на (15-25) % впродовж (4-6) хв.

Розрахункові витрати енергії способу покращення сипкості зерноsumіші пшениці із вмістом домішок меншої натурної маси до 9 % становили (4,5-5,5) МДж/1т, що в перерахунку на вартість природного газу становить (0,94-1,15) грн/1т ЗЗУ (при вартості природного газу 3,4 грн/1 м³ та коефіцієнті корисного використання теплоти 0,45).

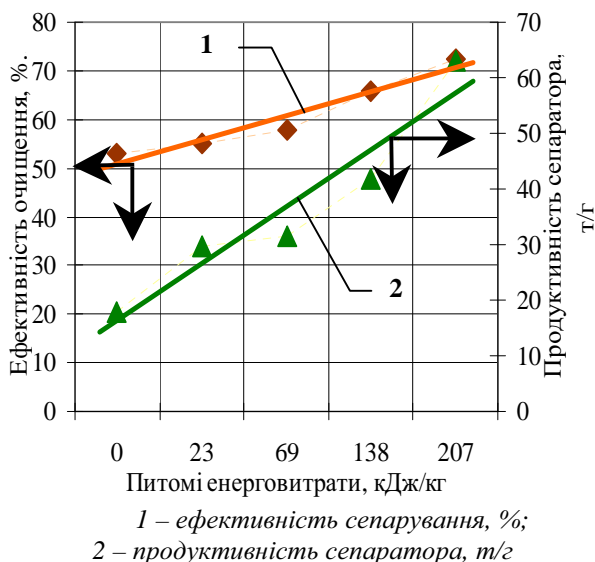


Рис.1 – Залежність параметрів роботи ситового сепаратора від енергії зневоднення газами поверхневих шарів частинок зерноsumіші

на 1 грн витрат енергії.

Спосіб покращення сипкості зернової суміші та режими його реалізації теоретично обґрунтовано й експериментально підтверджено для зерна пшениці, жита та ячменю. Отримані напівемпіричні залежності витрат теплоти робочих газів із параметрами зернової суміші і показниками роботи ситового сепаратора дозволяють оптимізувати режими їх реалізації.

Висновки

1. У діапазоні зростання вологості суміші пшениці $W_0 = 13 - 33$ % і вмісту домішок ($\delta = 6\%$) продуктивність роботи ситового сепаратора зменшується більш як удвічі і змінюється за лінійною залежністю: $G = - 0,0095 \cdot (\partial W / \partial \tau) + 0,58$, а ефективність сепарування погіршується до 30 %.

2. Із підвищенням вмісту вологи зерноsumіші збільшуються кути зовнішнього і внутрішнього тертя, особливо домішок меншої натурної маси (на 0,7...0,9 % на кожен відсоток підвищення їх вологості), і зменшується продуктивність роботи ситових сепараторів на (4,5...5,5) % на кожен відсоток збільшення вологості зернової суміші.

3. Зміною вологості лише поверхневих шарів частинок зернової суміші можна суттєво покращити сипкість та продуктивність і ефективність роботи

Такий спосіб покращення сипкості ЗЗУ, порівняно із контрольними зразками, забезпечує кількратне збільшення продуктивності ситового сепаратора ЗЛС та покращення ефективності очищення зерноsumіші на (25-35) % (рис.1).

Окупність витрат на реалізацію розробленого способу покращення сипкості ЗЗУ без врахування енергії на пересушування домішок у сушарці, вартості додаткового зерноочисного устаткування та виробничих приміщень для розміщення цього устаткування представлено на рис. 2.

Із наведених на рис. 2 даних видно, що для даного способу і режиму тепловологообміну прибутковість технології покращення роботи сепаратора найбільша (до 8...9 грн прибутку на 1 грн витрат енергії) при зневодненні лише периферійних шарів частинок ЗЗУ, тобто за питомих витрат енергії до $2,9 \cdot 10^{-3}$ грн/кг. Із подальшим збільшенням витрат енергії зростає частка витрат підведеної зерноsumіші енергії на її зневоднення і прибутковість технології покращення роботи сепаратора зменшується до (1,8...2,2) грн прибутку

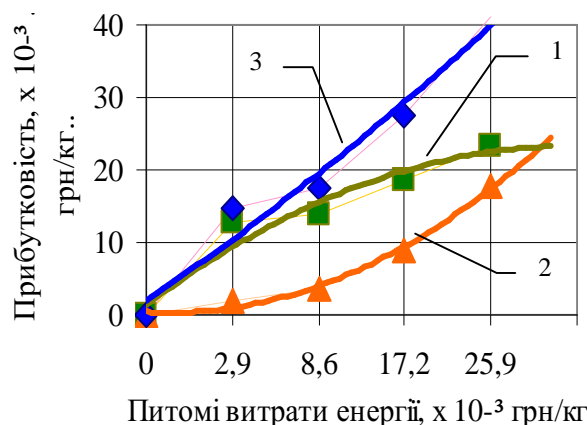


Рис. 2 – Збільшення продуктивності сепаратора від вартості енергоносіїв

ситового сепаратора.

4. Для практичного застосування найбільш доцільним є конвективний спосіб покращення сипкості ЗЗУ. Параметри робочих газів і їх течії для різних зерноsumішей і стану рухомості шару відмінні.

5. Для способу покращення сипкості зерноsumіші зерна пшениці вологості до 25 %, вмісту домішок до 9 % та тривалості її сепарування до 6 хвилин, економічно доцільними є витрати енергії 4,5-5,5 Дж/1т при температурі робочих газів $t_0 = 110 - 140$ °С і швидкості їх течії $v = 0,3 - 0,5$ м/с.

6. Отримані напівемпіричні рівняння залежності продуктивності та ефективності сепарування зерноsumіші від її вологості на ситовому сепараторі дозволяють оптимізувати витрати теплоти.

Література

1. Правила по организации и ведению технологического процесса на элеваторах. – М.: Министерство заготовок СССР, 1972. – 49 с.
2. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок. – Одеса-Київ, 1997. – 72 с.
3. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
4. Гинсбург А.С. Теплофизические свойства зерна, муки и крупы / А.С. Гинсбург, М.А. Громов. – М.: Колос, 1984. – 304 с.
5. Тищенко Л.М. Интенсификация сепарирования зерна // – Харьков: – Основа. – 2004. – 222 с.

УДК 664.788

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРУВАННЯ «ЛЕГКИХ» ГРЕЧАНИХ ЗЕРЕН

Шаповаленко О.І., д-р техн. наук, професор,
Григірчак Н.М., канд. техн. наук, доцент, Фурманова Ю.П., асистент,
Корж Т.В., канд. техн. наук, доцент, Гриценюк К.С., магістр, Прошенко О.В., студент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

У статті розглянуто можливість розділення суміші гречаних продуктів після обробки зерна гречки електромагнітним полем надвисоких частот (ЕМП НВЧ) та досліджено їх якісні показники. Використання сит із трикутними отворами дає можливість відділити «легкі» гречані зерна від лузги, нерозкритих зерен. Розроблено математичну модель з метою оптимізації процесу сепарування.

Ключові слова: «легкі» зерна гречки, ЕМП НВЧ, НВЧ-обробка.

Метод обробки зернових продуктів у електромагнітному полі надвисоких частот (ЕМП НВЧ) є на сьогоднішній день досить популярним. Окрім побутових приладів, так званих мікрохвильових печей, які широко використовуються в побуті, розроблені й використовуються і промислові установки. Зокрема для обробки зернових продуктів у ЕМП НВЧ можна використовувати установки типу «Бархан», «Муссон», «Декстрин» [1, 2].

Розроблена нами технологія дозволяє шляхом обробки зерна гречки у ЕМП НВЧ одержати новий харчовий продукт – «легкі» гречані зерна. Це приємний на смак і запах об'ємний, мікропористий продукт, готовий до вживання. Для отримання «легких» зерен необхідно створити умови миттєвого випаровування води [3]. При інтенсивному нагріванні зерна гречки в мікрохвильовій установці волога, яка знаходиться у продукті, випаровується. Відомо [6], що при підведенні тепла ззовні (наприклад у вигляді гарячого повітря) відбувається поступове випаровування вологи з поверхні продукту, а потім зона випаровування заглиблюється всередину зернівки. Пара, що утворюється, дифундує назустріч тепловому потоку, перегріваючись за рахунок тепла, що підводиться, тобто явища переносу вологи всередині матеріалу під впливом перепаду температури (термовологопровідність), і забезпечує можливість утворення повітряної мікропористої структури продукту при перепаді тиску. Під час НВЧ-обробки відсутнє зовнішнє підведення тепла до зернівки. Під дією ЕМП НВЧ молекули води починають рухатися, нагріваються по всьому об'єму продукту, і пара, що утворюється при цьому, розриває зернівку з утворенням «легких» зерен із мікропористою структурою.

Таким чином, необхідною умовою утворення «легких» зерен є приведення системи до рівноважного, стабільного стану постійного випаровування вологи. Швидкість випаровування залежить від тривалості