

УДК 631.331

©М.С.Шведик, к.т.н., О. В. Хведенчук

Луцький національний технічний університет

В.В. Теслюк, д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ БАРАБАННОЇ КАРТОПЛЕСОРТУВАЛКИ З КОНІЧНОЮ ПРОМЕНЕРОЗХІДНОЮ СОРТУВАЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

У статті наведено аналіз конструкцій картоплесортувальних машин, які найбільш широко застосовуються в господарствах України. Встановлено, що в складних машинах, таких як картоплесортувальні пункти, допускається значне травмування бульб під час їх проходження

через вальці, а в малогабаритних барабанних картоплесортувалках бульби часто зацемлюються в отворах сітчастого сепаратора, що призводить до переривання технологічного процесу з метою їх видалення. Запропоновано зазначені недоліки в барабанних картоплесортувалках усунути шляхом заміни двохсекційної сітчастої сортувальної поверхні на конічну виконану у вигляді променерозхідних прутків. У статті обґрунтовано основні конструктивні параметри барабанної картоплесортувалки з конічною променерозхідною сортувальною поверхнею і отримано числові значення довжини сепаратора, кількості сортувальних каналів та кута нахилу прутка сортувального каналу.

БУЛЬБИ, ВАЛЬЦІ, ТРАВМУВАННЯ, СІТЧАСТИЙ СЕПАРАТОР, ЗАЦЕМЛЕННЯ, ПРОМЕНЕРОЗХІДНА СОРТУВАЛЬНА ПОВЕРХНЯ, СОРТУВАЛЬНІ КАНАЛИ, КУТ НАХИЛУ ПРУТКА

Постановка проблеми. Серед найважливіших продовольчих культур, що вирощуються в світі, картопля, не зважаючи на трудомісткість технологічного процесу, посідає четверте місце після кукурудзи, рису і пшениці. Заключним етапом її виробництва є післязбиральне очищення від рослинних залишків і частинок ґрунту бульб, їх калібрування та видалення із загальної маси пошкоджених і хворих. Для цього на Україні широко застосовують картоплесортувальні машини вальцевого типу КСП-15Б, КСП-25, сітчасті фірми GRIMME WG 900 Single і WG 900 Tandem та фірми **Krukowiak STRZELEC M637 (Польща), а також решітні M 614/1 та Comras (Голландія) і ін.** [1,2,3].

Однак, аналіз технологічного процесу сортування показав, що в складних машинах, таких як картоплесортувальні пункти, допускається значне травмування бульб під час їх проходження через вальці. Крім цього, вони відзначаються високою матеріаломісткістю конструкції та енергомісткістю процесу, що призводить до зростання собівартості виробництва картоплі. В решітчастих і сітчастих картоплесортувалках також спостерігається травмування бульб.

Останнім часом на ринку України з'явилися Польські та Чеські малогабаритні барабанні картоплесортувалки типу МС-3 [4], що мають двохсекційний сепаратор. Вони відрізняються своєю не високою матеріаломісткістю, але мають той недолік, що через не досконалість конструкції сітчастого сепаратора бульби часто застрягають (зацемлюються) в його отворах. Це призводить не тільки до переривання технологічного процесу з метою видалення бульб, але і їх пошкодження.

На основі викладеного можна зробити висновок, що процес сортування бульб картоплі є актуальним питанням і виникає потреба в розробці малогабаритної картоплесортувалки, яка б мала низьку енергомісткість технологічного процесу і не допускала пошкодження бульб картоплі. На нашу думку найбільш перспективним напрямком розробки такої картоплесортувалки є застосування в її конструкції барабанного сепаратора з конічною сепаруючою поверхнею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел, приурочених питанням сортування бульб картоплі показує, що вони є достатньо вивчені. На основі результатів досліджень авторами [1,2,3,5,6,7] розроблені і запропоновані відповідні рекомендації, які знайшли своє практичне застосування під час розробки сучасних картоплесортувалок і сортувальних пунктів.

Однак, питання, що стосуються безпосередньо розробки конструкції конічного сепаратора і обґрунтування його параметрів, в літературних джерелах не висвітлювались, що створює певні труднощі під час його розробки та експлуатації.

Метою дослідження є обґрунтування конструктивних параметрів барабанної картоплесортувалки з конічною променерозхідною сортувальною поверхнею, зокрема встановлення числових значень довжини сепаратора, кількості сортувальних каналів та кута нахилу прутка сортувального каналу.

Результати досліджень. Аналіз робочого процесу барабанних картоплесортувалок з сітчастою сортувальною поверхнею показує, що в процесі обертання барабана бульби під дією відцентрової сили притискуються до його внутрішньої поверхні і піднімаються на деяку висоту, а після відриву падають на цю поверхню і якщо розмір бульб менший від розмірів отворів, то вони вільно проходять крізь ці отвори. Але якщо розмір бульб незначно перевищує розміри отворів сітки, то бульби під час вільного падіння з силою заштовхуються в ці отвори і там защемлюються. Якщо ж розмір бульб значно перевищує розміри отворів, що містяться в першій секції сортувальної поверхні, то бульби перекочуються до наступної секції, що має більший розмір комірок і процес повторюється. Оскільки ж в барабанних сортувалках, не залежно від їх геометричної форми, сортування бульб відбувається за одним принципом, то і на другій секції також виникає защемлення бульб в отворах.

На нашу думку усунути зазначений недолік можна шляхом заміни двохсекційної сітчастої сортувальної поверхні на пруткову

виконану у вигляді розхідних променів. Схема такої сортувалки наведена на рис.1.

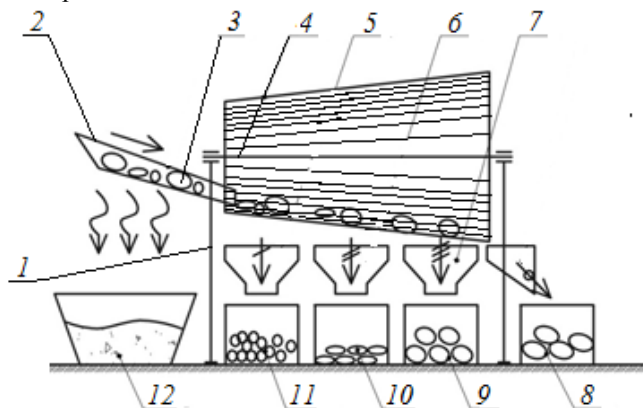


Рис.1 – Функціональна схема картопсортувалки: 1 – рама; 2 – приймальний лоток; 3 – бульби; 4 – вал; 5 – сепаратор; 6 – прутки; 7 – перебірні лотки; 8,9,10,11 – ємкості для накопичення відсортованих бульб; 12 – ємкість для дрібних грудочок землі і камінців;
 ← — несортовані бульби; ← / — дрібна фракція;
 ← // — середня фракція; ← /// — велика фракція;
 ← ⊙ — несортова (надвелика) фракція; ← ~ — дрібні грудки землі і камінці

Вона складається з рами 1 з приймальним лотком 2 для бульб 3 і встановленим на валу 4 сепаратором 5 з променерозхідними прутками 6, які утворюють сортувальні канали. Під сепаратором встановлено чотири лотки 7 для вловлювання відсортованих бульб та відбору з них пошкоджених бульб, грудок землі і каміння. Під кожним лотком встановлено ємкість відповідно 8,9,10 і 11 для накопичення відсортованих бульб певної фракції та ємкість 12 для вловлювання сміття.

Технологічний процес картопсортувалки протікає наступним чином. Під час обертання конічного сепаратора 5 бульби 3, що рівномірним потоком надходять в його середину з лотка 2, приводяться в неповний круговий рух, перемішуються, частково піднімаються на деяку висоту і падають на поверхню сепаратора. При цьому бульби переміщуються і вздовж осі сепаратора від меншої основи до більшої.

Оскільки відстань між двома сусідніми прутками поступово розширюється, то бульби під час скочування провалюються між ними в тому місці, де розміри бульби і щілини співпадають. Таким чином відсортовані бульби потрапляють у відповідні накопичувальні лотки 7, а з них скочуються в накопичувальні ємкості 8,9,10,11 або м'яку тару (мішки). Завантаження бульб в лоток 2 здійснюється транспортером або безпосередньо з мішків.

Очевидно, що на якість розподілу бульб за їх розмірами на фракції впливає довжина сепаруючої поверхні, тому вона повинна бути такою, щоб бульби під час перекочування вздовж сортувального каналу змогли вільно провалитись між двома прутками.

Наші експериментальні дослідження показали, що в сформованому потоці сортувального каналу може розміститись рядок з п'яти бульб. Оскільки сепаратор сортує бульби за розмірами не менш, як на три фракції, то загальну довжину сепаратора можна визначити за такою формулою:

$$L = l_1 + l_2 + l_3, \text{ м}$$

де l_1, l_2, l_3 – необхідна мінімальна довжина сепаруючої поверхні для відокремлення відповідно малої, середньої і великої фракції бульб, м.

Довжину сепаруючої поверхні, тобто довжину ділянки сортувального каналу для кожної фракції бульб можна визначити за такою формулою:

$$l_n = n \cdot t, \text{ м}$$

де n – число бульб одної фракції, які можуть одночасно розміститись в одному сортувальному каналі, шт.; приймаємо, що $n = 5$ шт.;

t – найбільший розмір бульби кожної фракції, м. За даними [8] для малої фракції $m_1 = 45$ мм, для середньої $m_2 = 65$ мм і для найбільшої $m_3 = 75$ мм.

Отже, з урахуванням останнього виразу, можемо записати, що загальна довжина сепаратора (сортувального каналу) буде визначатись так:

$$L = n \cdot (m_1 + m_2 + m_3), \text{ м.} \quad (1)$$

Підставивши відповідні дані в останній вираз, отримаємо загальну довжину сепаратора:

$$L = 5(45 + 65 + 75) = 925 \text{ мм.}$$

Число сортувальних каналів, визначимо за такою формулою:

$$Z = \frac{C}{\delta}, \text{ шт.} \quad (2)$$

де C – довжина кола основи сепаратора, мм;

δ – величина зазору сортувального каналу на вході сепаратора, мм.

Очевидно, що величина цього зазору визначається найбільшим розміром m найменшої фракції бульб і за даними [8] найбільший розмір бульби для малої фракції становить $m_1 = 45$ мм, тому приймаємо, що $\delta = m_1 = 45$ мм.

Оскільки розміщення сортувальних каналів зручніше починати з меншої основи, то довжину кола визначимо саме для цієї основи, яка визначається за відомою формулою:

$$C = 2\pi \cdot R = \pi \cdot D, \text{ мм} \quad (3)$$

де $\pi = 3,14$;

D – внутрішній діаметр сепаратора на вході (при меншій основі). З аналізу конструкцій барабанних картоплесортувалок можна зробити висновок, що мінімальний вхідний діаметр сепаратора становить 350 мм.

Отже, довжина меншої основи буде становити:

$$C = 3,14 \cdot 350 = 1099 \text{ мм.}$$

Підставивши відповідні дані у вирази (2), отримаємо, що

$$Z = \frac{1099}{45} = 24,4, \text{ шт.}$$

Таким чином на підставі проведених розрахунків приймаємо, що загальне число сортувальних каналів $Z = 24$ шт.

Для визначення кута α нахилу прутка сортувального каналу до осі сепаратора звернемось до рис.2, на якому наведено схематичне зображення сортувального каналу.

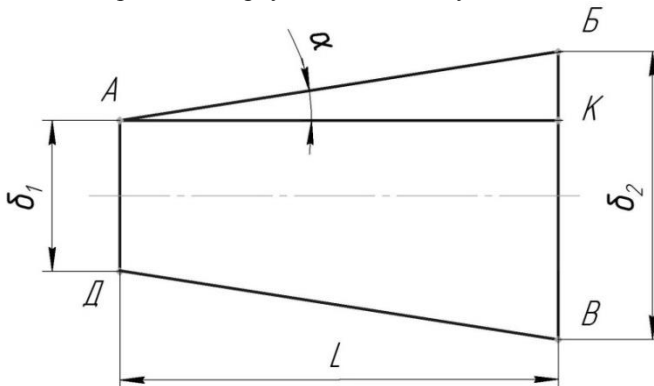


Рис.2 – Схема до визначення кута α нахилу прутка сортувального каналу до осі сепаратора

Контури сортувального каналу позначено символами *АБВД*, довжину через *L*, а вхідний і вихідний зазори відповідно через δ_1 і δ_2 . Опустимо з точки *A* на пряму *БВ* перпендикуляр і точку перетину позначимо через *K*. З $\triangle ABK$ знайдемо, що

$$\alpha = \arctg \frac{\delta_2 - \delta_1}{2L}, \text{ град.} \quad (4)$$

Підставивши відповідні дані у вираз (4), отримаємо значення кута α нахилу прутка сортувального каналу:

$$\alpha = \arctg \frac{75 - 45}{2 \cdot 920} = 0,0163 = 0^\circ 56'.$$

Висновки. Таким чином на основі отриманих результатів досліджень, можна зробити висновок, що отримані числові значення довжини сепаратора $L = 925$ мм, кількості сортувальних каналів $Z = 24$ шт. та кута нахилу прутка сортувального каналу до осі сепаратора $\alpha = 0^\circ 56'$ можна використовувати при проектуванні барабанної картоплесортувалки з кінчною променерозхідною сортувальною поверхнею.

Література

1. Козаченко Б.О., Кононученко В.В. Механізація виробництва картоплі. Довідник. – К.: Урожай, 1991. – 176с.
2. Каталоги картоплесортувальних машин фірми GRIMME WG 900 Single і WG 900 Tandem, фірми **Krukowiak STRZELEC M637 (Польща)**, M 614/1 та Compas (Голландія).
3. Колчин Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей. М.: Машиностроение, 1982. – 268с.
4. Шведик М.С, Бойчук Б.В., Теслюк В.В. Аналіз картопле сорту-вальних машин і обґрунтування вибору конструкції сепаратора для фермських господарств та кутової швидкості його обертання. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. стат. Вип. 36.- Луцьк, 2017. – С.169-174.
5. Саврасова Н.Р. Совершенствование процесса калибрования картофеля на основании моделирования работы ленточного сортирующего устройства /Н.Р. Саврасова // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Челябинск, 2011. – 25 с.

6. Шкляев К.Л. Обоснование параметров и режимов работы сортировки клубней картофеля роторно-винтового типа / К.Л. Шкляев // Автореферат дисс. канд.техн. наук. – Киров, 2011. – 19 с.

7. Орешкин Е.Е. Повышение эффективности сортирования картофеля путем оптимизации параметров и режимов работы роликово-дисковой сортирующей поверхности / Е.Е. Орешкин // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 18 с.

8. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. - 320с.