

УДК 631.331

©М.С.Шведик, к.т.н., Б.В.Бойчук

Луцький національний технічний університет

©В.В.Теслюк

Національний університет біоресурсів і природокористування України

## **АНАЛІЗ КАРТОПЛЕСОРТУВАЛЬНИХ МАШИН І ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ СЕПАРАТОРА ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ ТА КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ЙОГО ОБЕРТАННЯ**

*У статті наведено результати аналізу машин для сортування картоплі та обґрунтування вибору конструктивного рішення барабанного сепаратора з конусною сітчастою поверхнею для фермерських господарств, а також аналітичну залежність куткової швидкості обертання конічного сепаратора від його конструктивних параметрів та фізико-механічних властивостей бульб картоплі.*

### **ҐРУНТ, ВОРОХ, БУЛЬБИ, СОРТУВАЛКА, ПУНКТ, КОМПЛЕКС, СЕПАРАТОР, ГРОХОТ, РОЛИК, ТРАНСПОРТЕР, БАРАБАН, СІТКА, ПАС, КОНУС, ДІАМЕТР, ШВИДКІСТЬ**

**Постановка проблеми.** Для післязбирального очищення від рослинних залишків і частинок ґрунту бульб та їх калібрування і видалення із загальної маси пошкоджених і хворих, застосовують картоплесортувальні машини [1,2].

Основним і найбільш характерним для них недоліком є схильність до травмування бульб та висока енерго- і матеріаломісткість, через що їх використання в фермерських господарствах стає не ефективним, а для деяких з них через високу вартість і не можливим. Поява протягом останнього часу на ринку барабаних картоплесортувалок також не вирішує цю проблему, оскільки через не досконалість конструкції сепаратора бульби часто застрягають в його отворах, що призводить до переривання технологічного процесу та пошкодження бульб. Тому виникає потреба в розробці більш ефективного сепаратора для фермерських господарств і обґрунтуванні його режимів роботи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних джерел, приурочених питанням сортування картоплі показує, що вони є достатньо вивчені. На основі результатів досліджень авторами [2,3,4,5] розроблені і запропоновані відповідні

рекомедації, які знайшли своє практичне застосування під час розробки сучасних картоплесортувалок і сортувальних пунктів.

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

**Метою дослідження** є встановлення залежності кутової швидкості обертання конічного сепаратора від його конструктивних параметрів та фізико-механічних властивостей бульб картоплі.

**Результати дослідження.** Для очищення і сортування картоплі застосовують грохотні, роликові, транспортерні та барабанні сортувалки. Вони входять в склад обладнання до пересувних і стаціонарних сортувальних пунктів і працюють за одним принципом – шляхом просіювання вороху через сітчасту поверхню утворену робочими органами, що мають різне конструктивне виконання, але обов'язково приводяться в обертний або колильний рух.

Так, сортувалки грохотного типу можуть бути з послідовним або паралельним розташуванням решіт. Серед них найбільшого поширення набули коливні грохоти з паралельним (ярусним) розташуванням решіт. В таких машинах сортувальні решета встановлюють з ухилом вниз під кутом  $\alpha$  чи горизонтально, що полегшує вибір кінематичних параметрів. Горизонтальні решета мають кулачковий струшувач.

Роликові сортувалки мають круглі чи квадратні отвори, утворені поперечними фігурними роликами відповідної форми, а також щілинні (гвинтові) отвори. Найбільшого поширення для сортування картоплі і цибулі отримали сортувальні поверхні з поперечними роликами.

Транспортерні сортувалки можуть бути пасовими, сітчастими, полотняними і ланцюговими. Найбільшого поширення набули пасові сортувалки. Робочу поверхню пасових сортувалок виконують з нескінченно рухомих пасів круглого перетину, розташованих паралельно або віялоподібно зі збільшенням у напрямку руху продукту розміру сортувального рівчака, який утворюється між двома сусідніми пасами. Сітчасті сортувалки в основному застосовують в калібрувальних машинах. У якості робочого органа для розділення картоплі використовують сітки виконані у вигляді нескінченного транспортерного полотна різних розмірів, які при потребі можна замінювати.

Барабанні сортувалки виконуються конусними з горизонтальним розташуванням осі або циліндричними з нахилом осі в напрямку технологічного процесу.

Однак висока якість сортування досягається тільки у випадку застосування комбінованої сортувальної поверхні. Такі сортувалки широко застосовують англійські фірми Downs, Vore-Graber, Herbert, голландська Miedema BV, німецька Grimmer і інші [6].

В Україні у великих господарствах найбільш поширеними машинами для сортування бульб картоплі є вальцеві відокремлювачі КСП-15, КСП-15А, КСП-15Б, КСП-15В. Основними робочими органами в цих машинах є сепарувальні диски та фігурні сортувальні вальці, які утворюють три сепарувальні робочі поверхні. Ці пункти мають однаковий технологічний процес. Загальний вигляд картоплесортувального пункту КСП-15В наведено на рис.1.

Іншим представником сортувальних машин, у яких в якості основного сортувального робочого органа використовуються сітчасті сортувалки, є калібрувальний картоплесортувальний пункт КСП-25. Він призначений для доочищення і сортування картоплі як після збирання, так і під час підготовки насінневого матеріалу. Обладнання пункту встановлене в спеціальному приміщенні.



Рис. 1 – Загальний вигляд картоплесортувального пункту КСП-15В

З останніх зарубіжних розробок заслуговує уваги установка «Телеселект» фірми «Локвуд», за допомогою якої картоплю сортують дистанційно. В установці на екрані кольорового телевізора подається зображення продукції, яка рухається на конвеєрі. Оператор, стежачи за зображенням на екрані, при появі об'єкта, який треба видалити, дотикається до нього електронним вказівником і за командою мікропроцесора відмічений об'єкт видаляється із загальної маси продукції.

В Білорусі розроблений і поставлений на виробництво комплекс машин для післязбиральної і передпосівної підготовки картоплі, цибулі і коренеплодів. Основним обладнанням цього комплексу є пункт приймально-сортувальний ППС. На ППС встановлені еластичні, спіральні, поліуретанові робочі органи, які на відміну від металевих не травмують продукт, не забиваються

камінням, рослинними залишками, ґрунтом, швидко очищаються самі і якісно очищають продукт.

Проте основним недоліком картоплесортувальних пунктів і комплексів є їх велика матеріало- і енергомісткість, тому їх використання в невеликих фермерських господарствах є не ефективним. При цьому наявність значної кількості технологічного обладнання, яке входить до складу комплексів і пунктів, призводить до значного пошкодження бульб.

В невеликих фермерських господарствах найпоширенішими є картоплесортувалки барабанного типу. Основною їх відмінністю є наявність встановленого на валу двохсекційного решітчастого циліндра або спіралі. Загальний вигляд барабанної картоплесортувалки МС-3 наведено на рис.2.



Рис. 2 – Загальний вигляд барабанної картоплесортувалки МС-3

Розподіл бульб на фракції відбувається під час обертання решітчастого барабана і їх провалювання крізь отвори. Основним недоліком барабанних картоплесортувалок з циліндричною сортувальною поверхнею є те, що бульби після свого падіння ударом заштовхують в отвори сепаратора ті бульби, що знаходяться на його поверхні, де вони часто застрягають.

Усунути цей недолік можна шляхом виконання поверхні сепаратора конусною. В цьому випадку форма комірчин замість квадратної або прямокутної набуватиме трапецієвидної і в ній бульба буде весь час рухатись до тих пір поки не провалиться крізь неї в лоток або перейде до наступного ряду комірчин і процес повториться.

Для встановлення такого режиму роботи, необхідно визначити умову сповзання бульби по поверхні сепаратора. Для цього розглянемо на рис.2 схему сил, що діють на бульбу під час обертання сепаратора.

З наведеної схеми видно, що на бульбу діє сила ваги  $\mathbf{G} = m\mathbf{g}$  та відцентрова сила  $\mathbf{J} = m\omega^2\mathbf{R}$ , де  $m$  – маса бульби,  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\omega$  – кутова швидкість обертання сепаратора і  $R$  – радіус обертання бульби. Розкладемо силу ваги на тангенціальну складову  $\mathbf{G}_T = m\mathbf{g} \cdot \cos \varepsilon$ , яка направлена вздовж радіусу від центра обертання та дотичну, направлену перпендикулярно до радіусу обертання  $\mathbf{G}_d = m\mathbf{g} \cdot \sin \varepsilon$ , тут  $\varepsilon$  – кут повороту радіусу обертання відносно вертикалі, при якому настане момент сповзання бульби по поверхні сепаратора. Це явище настане при тій умові, коли цей кут буде більшим за кут  $\varphi$  тертя бульби, тобто  $\varepsilon > \varphi$ .

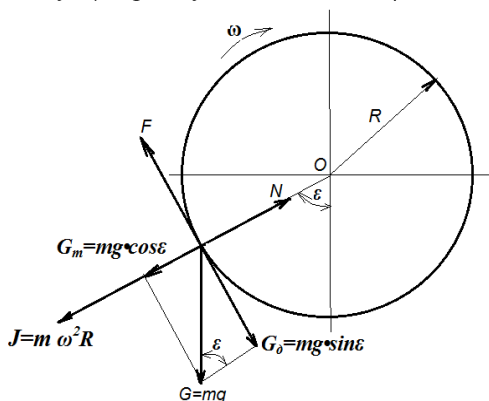


Рис.3 – Схема сил, що діють на бульбу розміщену на поверхні сепаратора під час його обертання

Аналіз сил, які діють на бульбу показує, що вона притискується до поверхні сепаратора під дією відцентрової сили  $J$  і тангенціальної сили  $G_T$ . При цьому від сумісної дії цих сил зі сторони поверхні сепаратора на бульбу діє нормальна сила

$$\mathbf{N} = m\omega^2\mathbf{R} + m\mathbf{g} \cos \varepsilon,$$

яка направлена в сторону центра обертання. Нормальна сила викликає силу тертя

$$\mathbf{F} = f\mathbf{N} = fm(\omega^2\mathbf{R} + \mathbf{g} \cos \varepsilon),$$

яка направлена в протилежну сторону її сповзання, туту  $f$  – коефіцієнт тертя бульби об поверхню сепаратора.

Отже, умову сповзання бульби по поверхні сепаратора можна записати так  $G_T > F$ , або

$$mg \sin \varepsilon > fm(\omega^2 R + g \cos \varepsilon) .$$

З останньої нерівності отримаємо вираз для визначення максимально-допустимої кутової швидкості обертання сепаратора:

$$\omega < \sqrt{\frac{2g}{D \cdot \sin \varphi}} .$$

**Висновки.** Таким чином на підставі викладеного можна зробити висновок, що кутова швидкість обертання сепаратора залежить обернено-пропорційно тільки від діаметра сепаратора і кута тертя бульб. За нашими розрахунками діаметр сепаратора повинен становити не менше 0,5м, а його кутова швидкість обертання не більше 2рад/с.

### Література

1. Козаченко Б.О., Кононученко В.В. Механізація виробництва картоплі. Довідник. – К.: Урожай, 1991. – 176с.
2. Колчин Н.Н. Комплекс машин для послеуборочной обработки картофеля и овощей / Н.Н.Колчин. – М.: Машиностроение, 1982. - с.286.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Hoppe U. Innovative Ansaetze zur Verbesserung des Nachernte-Sortierprozesses von Kartoffeln / U. Hoppe, M. Huesing, B. Corves // VDI-Landtechniktagung, 2004. – P. 114–119.

*Рецензент д.т.н., проф. В.І.Шваб'юк*