УДК 631.358

© С.Ф. Юхимчук, к.т.н., Л.М. Дацюк, к.т.н., .С.В. Синій, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

# РОЗРОБКА КАРТОПЛЕРІЗКИ

*У статті поданий опис конструкції картоплерізки для різання насіннєвого матеріалу картоплі і дано обґрунтування її основних параметрів.*

**Постановка проблеми.** Для збільшення насіннєвого матеріалу при садінні картоплі використовують всю продукцію насіннєвої ділянки, а не тільки бульби насіннєвої фракції. Єдиним шляхом, який дозволяє використовувати на насіннєві цілі крупні бульби є різка їх на частини. Інколи ріжуть до 40 % і більше картоплі загальної потреби в насінному матеріалі. У більшості випадків цей трудомісткий процес виконують вручну, що призводить до великих затрат праці (від 25 до 30 люд.-год/га).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Тепер в багатьох господарствах цей процес механізовано за допомогою пристроїв, створених умільцями-механізаторами господарств [1]. Вітчизняна промисловість поки що не виготовляє машин або пристроїв для механізації різання насінних бульб.

Тому **метою дослідження** є розробка машини для різання картоплі, яка б мала просту будову, була б зручною в експлуатації і задовольняла всі агровимоги до різання бульб, щоб її можна було б впровадити в серійне виробництво. В даній статті обґрунтовуються параметри такої картоплерізки.

**Результати досліджень.** Основними вузлами машини є рама, бункер, різальний апарат, стрічковий транспортер і привод. Різальний апарат складається із двох пневматичних балонів, що обертаються в протилежні напрямки, і нерухомо закріпленого ножа(рис.).

Принцип роботи машини наступний. Відсортована картопля великої та середньої фракції, транспортером картоплесортувалки КСП-15Б засипається в бункер картоплерізки. Пневматичні балони, що обертаються назустріч один одному, захоплюють бульби і затискаючи їх між собою, протягують перпендикулярно лезу ножа. При захопленні балонами картоплини орієнтуються так, що розріз відбувається вздовж картоплини – між балонами знаходиться менший переріз картоплини. За рахунок однакового тиску в балонах, картоплини вдавлюються в оболонку

балонів на однакову величину і розріз відбувається строго посередині. Після чого, розрізані половинки, спрямовані напрямними щитками, потрапляють на полотно стрічкового транспортера, яке переміщуючись скидає їх у транспортний засіб – тракторний причіп. Привід робочих органів здійснюється від електродвигуна ланцюговою передачею.

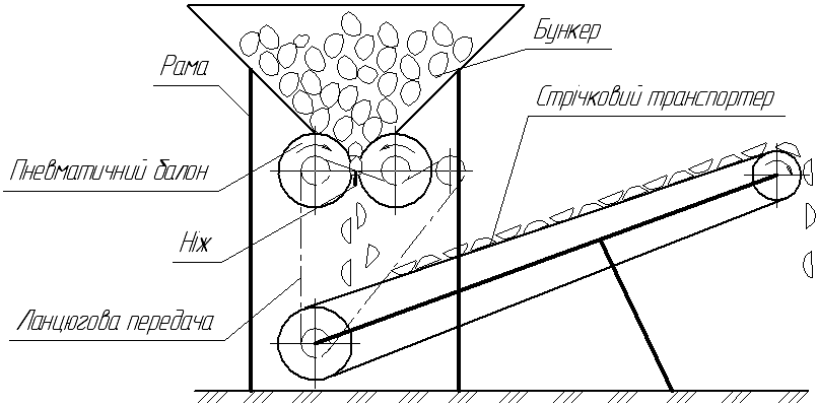


Рис. Схема картоплерізки

Обґрунтуємо необхідну продуктивність картоплерізки.

Як уже зазначалось картоплерізка взаємодіє з картоплесортувальним пунктом КСП-15Б, що має продуктивність за годину чистої роботи 15 т/год, та з причепом тракторним одноосним напівнавісним 1-ПТС-2Н вантажопідйомністю 2 т.

На сортувалці КСП-15Б йде розділення картоплі на ту що треба різати і на ту що не треба. Припустимо, що необхідно різати половину з усієї картоплі, що поступає на сортувалку, тобто 7,5 т/год. При коефіцієнті використання робочого часу $\tau = 0,8$ за годину необхідно порізати $7,5 \cdot 0,8 = 6$ т.

Крім цього потрібно врахувати, що для відвезення порізаної картоплі масою 6 т необхідно за 1 год поміняти або розвантажити 3 причепи 1-ПТС-3Н вантажопідйомністю 2 т. Під час заміни причепа картоплерізка виключається – не працює. Нехай на заміну одного причепа йде 5 хв, тобто за 1 год на заміну причепів буде витрачено 15 хв. Звідси видно, що картоплерізка за одну годину буде працювати $60 \cdot 0,8 - 15 = 33$ хв. Приймаємо, що коефіцієнт використання картоплерізка 0,9, тоді час роботи

картоплерізка за 1 год рівний $T_k = 30$ хв. Тобто за 0,5 год необхідно порізати 6 т картоплі – для забезпечення безперебійності роботи картплерізальної лінії продуктивність картоплерізки має бути $W = 12$ т/год.

Виведемо формулу для визначення продуктивності картоплерізки.

При довжині пневматичного балона $L$ і його радіусі $R$ та кутовій швидкості $\omega$ за час $t$ площа поверхні балона, що протягує бульби п лезу ножа становить $S = t \cdot \omega \cdot R \cdot L$.

Вважаючи, що картоплини круглого перерізу діаметром $d_k$ при різанні розміщені одна біля одної так, що середини чотирьох сусідніх картоплин знаходяться по кутах куба із стороною $2 \cdot \frac{d_k}{2} = d_k$, на площі $S$ може розміститися така кількість картоплі $n_k = \frac{S}{d_k^2} = \frac{t \cdot \omega \cdot R \cdot L}{d_k^2}$. Формула для визначення об'єму кулі наступна $V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$, тобто об'єм картоплини $V_k = \frac{\pi \cdot d_k{}^3}{6}$. Знаючи густину картоплі $\rho_k$ можна визначити можливу масу розрізаної за час $t$ картоплі:

$$M = n_k \cdot m_k = \frac{t \cdot \omega \cdot R \cdot L}{d_k^2} \cdot V_k \cdot \rho_k = \frac{t \cdot \omega \cdot R \cdot L}{d_k^2} \cdot \frac{\pi \cdot d_k^3}{6} \cdot \rho_k = \frac{\pi}{6} \cdot d_k \cdot \rho_k \cdot t \cdot \omega \cdot R \cdot L$$

.

Для визначення продуктивності $W$ потрібно $M$ помножити на два коефіцієнти: $k_1$ - коефіцієнт об'ємного завантаження зони різання і $k_2$ - коефіцієнт пробуксовки картоплі по поверхні пневматичних балонів. Тоді формула продуктивності картоплерізка:

$$W = \frac{\pi}{6} \cdot d_k \cdot \rho_k \cdot t \cdot \omega \cdot R \cdot L \cdot k_1 \cdot k_2 \text{, кг/с} \qquad (1)$$

З цієї формули можна визначити кутову швидкість обертання пневматичних балонів:

$$\omega = \frac{6 \cdot W}{\pi \cdot d_k \cdot \rho_k \cdot t \cdot R \cdot L \cdot k_1 \cdot k_2} \text{, с}^{-1} \qquad (2)$$

Приймаємо $d_k$, знаючи, що, як правило, ріжуть крупні бульби масою $m_k = 80 \div 150$ г, при густині картоплин

$\rho_k = 1,04 \div 1,09$ г/см$^3$ [2] (в розрахунках беремо $\rho_k = 1050$ кг/м$^3$), рівний $d_k = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot m_k}{\pi \cdot \rho_k}} = 5,25 \div 6,48$ см. Беремо приведений діаметр картоплі $d_k = 6$ см =0,6 м. Довжину і радіус пневматичного балона вибираємо по аналогії з пневматичним балоном картоплезбирального комбайна ККУ-2: $L = 1,3$ м, $R = 0,15$ м. При $W = 12$ т/год=3,33 кг/с, $k_1 = 0,4$, $k_2 = 0,3$ і кутову швидкість обертання пневматичних балонів буде дорівнювати $\omega = 4,67$ с$^{-1}$, а частота обертання балонів рівна: $n_b = 45$ об./хв.

Визначимо геометричні параметри бункера картоплерізки. Для забезпечення найбільшої продуктивності картоплерізальної лінії необхідно, щоб під час заміни тракторного причепу і відключенні картоплерізки, картопля, що поступає із транспортера картоплесортувального пункту КПС-15Б накопичувалась в бункері картоплерізки. Для виконання цієї умови необхідно, щоб бункер вміщав $\frac{7500кг \cdot 5хв \cdot 0,8}{60хв} = 500кг$ картоплі.

Розрахуємо об'єм цього бункера:

$$V_b = \frac{m}{\gamma} \cdot k_3, \tag{3}$$

де $m$ – маса картоплі, що знаходиться в бункері, кг;
$\gamma$ - об'ємна вага картоплі, кг/м$^3$, за [2] $\gamma = 640 \div 770$ кг/м$^3$, беремо $\gamma = 700$ кг/м$^3$;
$k_3$ - коефіцієнт запасу об'єму, $k_3 = 1,2$.

Тоді $V_b = 0,86$ м$^3$.

Вважаючи, що бункер в поперечному перерізі має форму зрізаного трикутника, в якому менша основа рівна $a = 2 \cdot R + \Delta$, де $R$ – радіус балона, $R = 0,15$ м, $\Delta$ - відстань між балонами і деяке зміщення кінців бункера відносно центрів симетрії балонів, $\Delta = 0,04$ м, $a = 2 \cdot 0,15 + 0,04 = 0,34$ м. Кут нахилу бічних сторін бункера для зручності виготовлення бункера рівний 45$^o$. Довжина бункера рівна довжині балона $b = L = 1,3$ м. Визначимо висоту цього бункера $h$ з формули:

$$V_b = a \cdot b \cdot h + \frac{h^2}{2} \cdot b\ . \tag{4}$$

Розв'яжемо це квадратне рівняння: $h^2 \cdot b + 2 \cdot a \cdot b - 2 \cdot V_b = 0$.

$$h = \frac{-a \cdot b + \sqrt{(a \cdot b)^2 + 2 \cdot b \cdot V_b}}{b} = -a + \sqrt{a^2 + \frac{2 \cdot V_b}{b}}.$$

Звідси $h = 0,54$ м.

Розрахуємо основні параметри стрічкового транспортера. Після розрізання частинки картоплин спрямовуються на транспортер, який завантажує їх в причеп. Стрічку транспортера беремо шириною $b_T = 0,6$ м [3], корисна її ширина $b_{Тк} = b_T \cdot k$, де $k$ - коефіцієнт, який враховує умову, що краї стрічки не завантажені, через встановлення бокових щитків, $k = 0,9$. Звідси $b_{Тк} = 0,54$ м.

Транспортер встановлений перпендикулярно до різального ножа, тому для спрямування частинок, що перерізалися по довжині $L = 1,3$ м на корисну ширину стрічки транспортера $b_{Тк} = 0,54$ м, потрібно встановити щитки нахилені під кутом $\varphi$ не менше 45°. Так як з [2] відомо, що коефіцієнт тертя свіжого розрізу картоплі по сталі рівний 1, тобто $tg\varphi = f = 1$ і $\varphi = arctg1 = 45^o$. Відстань розташування верхньої вітки транспортера від нижніх країв пневматичних балонів знаходимо за формулою:

$$H = \frac{L - b_{Тк}}{2} \cdot tg\varphi.$$

$H = 0,38$ м.

Діаметр ведучого барабану транспортера [3]:

$$D_b = 0,15 \cdot i,$$

де $i$ - число прокладок в стрічці, для ширини стрічки $B = 0,6$ [3], $i = 2$. Тоді $D_b = 0,15 \cdot 2 = 0,3$ м. Приймаємо, що швидкість стрічки транспортера приблизно рівна швидкості різання картоплі, а тому кутова швидкість обертання ведучого барабана $\omega_b$ рівна кутовій швидкості обертання балонів $\omega$: $\omega_b = 4,67$ с$^{-1}$, $n = 45$ об./хв. Тоді швидкість стрічки рівна $v_T = \omega \cdot \left( \frac{D_b}{2} + \frac{\Delta_c}{2} \right)$, де $\Delta_c = 4$ мм.

$v_T = 0,71$ м/с.

Щоб забезпечити не сповзання картоплі із стрічки транспортера кут нахилу його до горизонту не повинен перевищувати 20° [3]. Тоді при довжині робочої вітки транспортера $l_T = 2$ м висота підйому картоплі буде становити

$H_n = l_T \cdot \sin 20^o = 0,7$ м. Знаючи висоту тракторного причепу можна визначити висоту розміщення картоплесортувально-різального пункту над дорожнім покриттям.

Проведемо силовий розрахунок процесу різання. Процес різання включає затягування картоплин в щілину між пневматичними балонами і протягування їх відносно нерухомо закріпленого ножа.

За [2] відомо, що опір при різанні картоплі тиском становить $q = 8,4$ Н/пог.см. Вважаючи, що можливий випадок коли різання відбувається по усій довжині леза, максимальна сила різання буде:

$$F_p = q \cdot L .$$

Приймаємо, що й сила затягування $F_3$ рівна силі різання $F_p$=987,8 Н. Тоді крутний момент на одному балоні визначений за формулою $M_{kp} = \frac{F_p + F_3}{2} \cdot R$ буде рівний 148,2 Нм.

Визначимо, ще силу з якою балон тисне на картоплину при її затягуванні в щілину між балонами: $F_{Tk} = \frac{F_{3k}}{f}$, де $f$ - коефіцієнт тертя картоплі по гумі, $f = 0,75$. Також $F_T$ вибирається так, щоб забезпечити утримання і натиск картоплі при різанні: $F_{Tk} \geq \frac{F_{Pk}}{f}$. При $F_{Pk} = q \cdot d_k = 49,4$ Н, тоді $F_{Tk} \geq 65,9$ Н.

Площа картоплини, що контактує з балонами, сприймаючи тиск приблизно рівна [2] $S_k = \frac{S_b}{3}$, де площа для кулі $S_b = \pi \cdot d^2$. Тоді $S_k = 3,77 \cdot 10^{-3}$ м$^2$.

Тиск, необхідний в балонах, рівний: $P \geq \frac{F_{Tk}}{S_k}$.

За розрахунками P≥17,5 кПа.

Приймаємо, вважаючи, що $P$ не повинно перевищувати 33 кПа [2] для запобігання пошкодження картоплі, тиск в балонах $P = 25$ кПа.

Сила тиску, що діє на один балон по усій його довжині, визначена за формулою $F_{Tb} = \frac{F_p}{2 \cdot f}$, рівна $F_{Tb} = 658,5$ Н.

Визначимо потужності на привід картоплерізки.

Загальна потужність приводу картоплерізки рівна:

$$N = N_{P.A} + N_T \,, \tag{5}$$

де $N_{P.A}$ - потужність на привод різального апарата:

$$N_{P.A} = \frac{M_{kp} \cdot \omega}{\eta_I \cdot \eta_{II} \cdot \eta_{III}} \,,$$

тут $M_{kp}$ - крутний момент на валах двох пневматичних балонів: $M_{kp} = 2 \cdot 148,2 = 296,4$ Нм;

$\eta_I, \eta_{II}, \eta_{III}$ - відповідно коефіцієнти корисної дії окремих ланок кінематичного ланцюга: $\eta_I$ - підшипників кочення, $\eta_I = 0,98 \cdot 0,98 = 0,96$; $\eta_{II}$ - муфти, $\eta_{II} = 0,98$; $\eta_{III}$ - ланцюгової передачі, $\eta_{III} = 0,92$ [4].

Тоді $N_{P.A} = 1599$ Вт $\approx 1,6$ кВт.

$N_T$ - потужність на привод стрічкового транспортера визначається за формулою [3]:

$$N_T = K \cdot \delta \cdot L \cdot v + 37 \cdot \delta \cdot Q \cdot L + Q \cdot H \,, \tag{6}$$

тут $K$ - коефіцієнт, який залежить від ширини стрічки, для $b = 600$ мм - $K = 4900$;

$\delta$ - коефіцієнт пору роликових опор, для підшипників кочення $\delta = 0,07$;

$L$ - довжина транспортера, $L = 2$ м;

$v$ - швидкість руху стрічки, $v = 0,7$ м/с;

$Q$ - подача, рівна продуктивності різального апарату, $Q = W = 3,33$ кг/с;

$H$ - різниця висот кінцевих частин транспортера, $H = 0,7$ м.

Тоді $N_T = 499,8$ Вт $\approx 0,5$ кВт.

Звідси $N = 1,6 + 0,5 = 2,1$ кВт.

За [4] вибираємо двигун-редуктор МЦ2С-100 ГОСТ 20721-75 з такими характеристиками: частота обертання вихідного вала 45 об./хв, електродвигун 4А100L6Р3 потужністю 2,2 кВт.

**Висновок.** На основі запропонованих параметрів машини були проведені необхідні інженерні розрахунки і розроблена технічна документація на виготовлення картоплерізки.

**Література**

1. Молоцкий М. О. Виращивание картофеля при малых нормах посадки.- К. Урожай, 1986.-240с.

2. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. - М.: Машиностроение, 1984.-320 с.

3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Под. ред. Клецкина М.И. - Т.1. М.: Машиностроение, 1963.

4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – Т. 1, 2, 3. М.: Машиностроение, 1982.