

## **ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПОДРІБНЮВАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ І БАШТАННИХ КУЛЬТУР**

**Краснолуцький Петро Петрович**

кандидат технічних наук, доцент  
kraspp@ukr.net

**Пасічник Адам Юрійович**

студент магістратури  
adam.pasichnik1999@gmail.com

Подільський державний університет (м. Кам'янець-Подільський, Україна)

Баштанні культури і коренеплоди є цінними продуктами, потрібними як для людей, так і для сільськогосподарських тварин. Вони містять значну кількість вуглеводів, вітамінів, мінеральних солей та мають досить високі кормові якості. Більшість сортів високоврожайні (до 300-400 ц/га) і добре силосуються разом із стеблами кукурудзи. Крім того, баштанні культури мають велике агротехнічне значення, оскільки сприяють очищенню полів від бур'янів і є цінним попередником для озимих і ярих культур. Технологія вирощування баштанних культур практично не відрізняється від вирощування інших просапних культур, а ось збирання та особливо переробка мають багато специфічних особливостей. Насамперед це стосується операції подрібнення плодів, яка є необхідною при будь-якій технології переробки. Відомі ще з часів СРСР серійні подрібнювачі коренеплодів типу ИКМ-Ф-10, МРК-5, ИКС-5М, ИКУ-Ф-10 у принципі придатні для подрібнення баштанних культур, однак їх робота супроводжувалась значними втратами соку та м'якоті, енерговитрати досить великі, машини часто виходили з ладу через надмірне ударне навантаження. Тому періодично окремими дослідниками розроблялись оригінальні конструкції подрібнювачів, спроможних ефективно подрібнювати баштанні культури попри їх широку різноманітність за розмірами, формою та фізико-механічними властивостями. Пошук таких конструкцій триває і залишається актуальним. У зв'язку із цим метою даного етапу наших досліджень є обґрунтування принципової схеми нової конструкції подрібнювача.

Відомо, що найбільш універсальним типом робочих органів для подрібнення кормів є молотковий барабан, у якому подрібнення відбувається завдяки великій кінетичній енергії шарнірно підвішених молотків. Проте через високу швидкість руху молотків (60 м/с та більше) такі апарати мають високу енергомісткість процесу [1]. До того ж якість подрібнення значно погіршується при зростанні вологості рослинної маси, тому що отвори решіт забиваються, а енерговитрати зростають ще більше [2].

Зменшення енерговитрат та втрат соку і м'якоті досягається шляхом використання ріжучих елементів з відносно повільним рухом. Так, 1987 року в УкрНДІМЕСГ проводились дослідження подрібнювача, що являє собою механізм подачі зворотно – поступальної дії та два ряди дисків з горизонтальною віссю обертання [3].

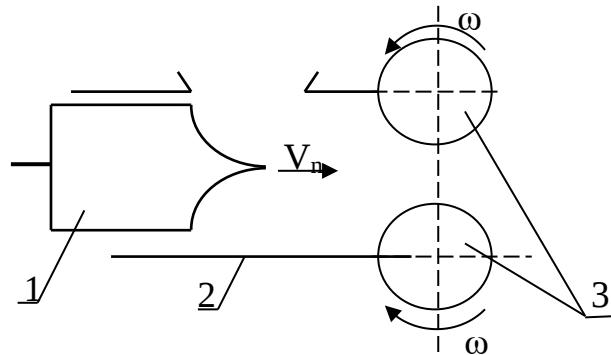


Рисунок 1. Схема подрібнювача конструкції УНДІМЕСГ  
1 – механізм подачі; 2 – камера; 3 – диски.

Така схема подрібнення має ряд переваг: можливість подрібнення кормів з різноманітними фізико – механічними властивостями та геометрією; проста конструкція, помірні динамічні навантаження, швидке регулювання ступеню подрібнення; втрати соку практично відсутні, так як швидкість різання невелика. Проте така конструкція має і суттєві недоліки. Нерівномірність подачі спричинює нерівномірне навантаження та погіршує якість подрібнення. У момент контакту з матеріалом переважає нормальне різання (тобто рубка) – найбільш енергоємний з різновидів різання. Крім того, при великому початковому розмірі плодів виникає загроза „забивання” простору між дисками.

Для усунення цих недоліків пропонується удосконалена конструкцію подрібнювача, схема якого наведена на рис 2.

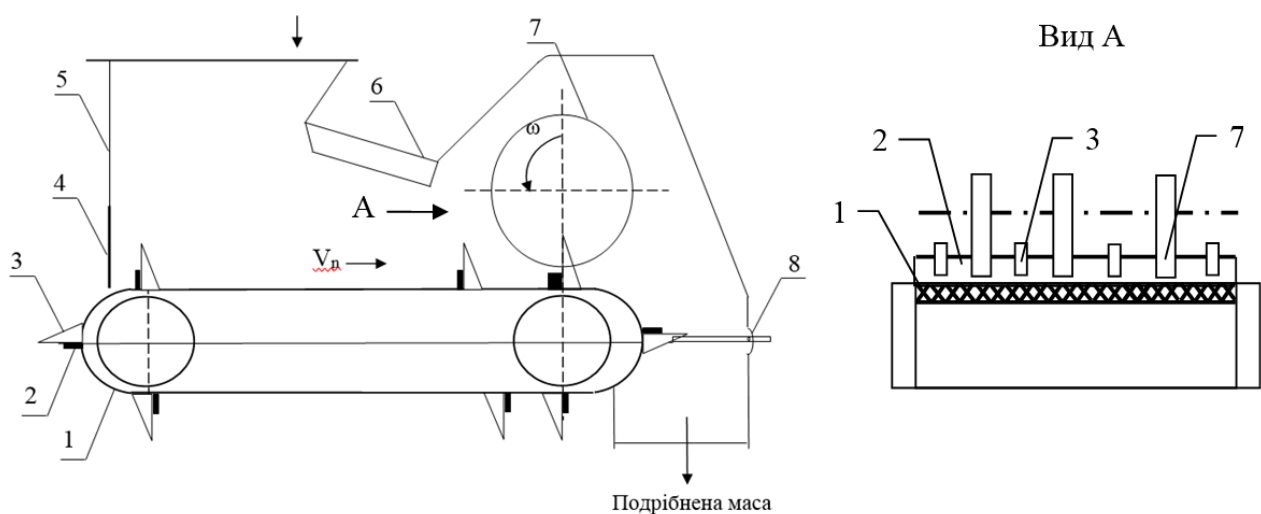


Рисунок 2. Схема принципова подрібнювача

1 – транспортер стрічковий; 2 – скребок; 3 – ніж транспортера; 4 – дека; 5 – горловина завантажувальна; 6 – ніж пластинчастий; 7 – диск подрібнювальний; 8 – гребінка.

Корми завантажуються у подрібнювач через горловину 5 і подаються на стрічковий транспортер 1. До стрічки транспортера приклепані скребки 2 з пазами, в яких закріплені трикутні ножі 3. Корми скребками з ножами подаються в зону дисків 7, причому частки великих розмірів (наприклад, коренеплоди) перерізуються ножом 3 та пластинчастим нерухомим ножом 6 – перша ступінь попереднього подрібнення. Диски та ножі 3 утворюють другу ступінь подрібнення, де довжина різки залежить від монтажного зазору між дисками та ножами, а також співвідношення колової швидкості точки леза диска  $V_0$  і поступальної швидкості ножа  $V_n$  (тобто показника  $\lambda$  кінематичного режиму).

Залежно від фізико – механічних властивостей корму диски можуть бути зафіксовані ( $\lambda = 0$ ), обертатись вільно ( $\lambda = 0...1$ ), або примусово ( $\lambda \geq 1$ ). У зоні контакту ножів з дисками довжина різки повинна складати 30...40 мм. При необхідності частинки можна додатково подрібнити до розмірів 10 мм на третьому ступені подрібнення між ножами транспортера 3 і нерухомою протирижучою гребінкою 8 перед вивантажувальною горловиною.

У якості подавального транспортеру пропонуємо використати фрагмент стрічкового транспортеру ЛТ-10. Цей транспортер розрахований для транспортування матеріалів з різноманітними фізико – механічними властивостями і має ширину стрічки  $B_c = 0,5$  м, що відповідає розмірам переважної більшості кормотранспортуючих засобів (ТС-40, ШЗС-40 та інші).

Швидкість руху транспортера  $V_n$  (м/с) приймаємо з умови

$$V_n = V_{\text{різ}}, \quad (1)$$

де –  $V_{\text{різ}}$  – мінімальна швидкість різання; за даними [1],  $V_{\text{різ}} = 0,3...0,4$  м/с.

Приймаємо  $V_n = 0,4$  м/с.

Визначаємо об'ємну продуктивність транспортера, м<sup>3</sup>/год:

$$W = 3600 \cdot B_c \cdot V_n \cdot h \cdot \varphi_{\text{зан}}, \quad (2)$$

де  $h$  – товщина шару матеріалу перед вивантажувальною горловиною,  $h = 0,015$  м;

$\varphi_{\text{зан}}$  - коефіцієнт заповнення простору між скребками кормом;  $\varphi_{\text{зан}} = 0,8$ .

Значення  $h$  повинно відповідати мінімальній довжині різки  $l_p^{\min}$ ; у даному випадку  $h = 0,015$  м.

Тоді  $W = 0,5 \cdot 0,015 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 3600 = 8,64$  м<sup>3</sup>/год.

Визначаємо масову продуктивність подрібнювача за відомою формулою:

$$Q_i = W \cdot \gamma_i, \text{ т/год} \quad (3)$$

де  $\gamma_i$  - об'ємна вага і-го виду корму, т/м<sup>3</sup>

Таким чином, продуктивність подрібнювача складатиме: при подрібненні грубих кормів  $Q_c = 8,64 \cdot 0,08 = 0,7$  т/год; при подрібненні силосу  $Q_{\text{сил}} = 8,64 \cdot 0,4 = 3,5$  т/год; при подрібненні коренеплодів  $Q_k = 8,64 \cdot 0,6 = 5,2$  т/год.

Діаметр дисків за умови намотування на них стеблових частинок:

$$D = (3...4) \cdot l_0, \text{ м} \quad (4)$$

де  $l_0$  – довжина стеблових частинок, що завантажуються у подрібнювач; після фуражира типу ФН-1,2,  $l_0=60\ldots80$  мм;

$$D = (3\ldots4)(0,6\ldots0,8) = 0,18\ldots0,32 \text{ м.}$$

Приймаємо  $D=0,3$  м,  $R=D/2=0,15$  м.

Висоту ножів транспортера визначаємо з умови:

$$h_n = R - S_1 + h \quad (5)$$

де  $S_1$  – монтажний зазор; приймаємо з конструктивних міркувань,  $S_1=0,04$  м.

$$h_n = 150 - 40 + 15 = 125 \text{ мм} = 0,125 \text{ м.}$$

Крок ножів за умови контакту матеріалу між скребками з лезом дисків.

$$L_n = \sqrt{R^2 - S_1^2} = \sqrt{0,15^2 - 0,04^2} = 0,145 \text{ м} \quad (6)$$

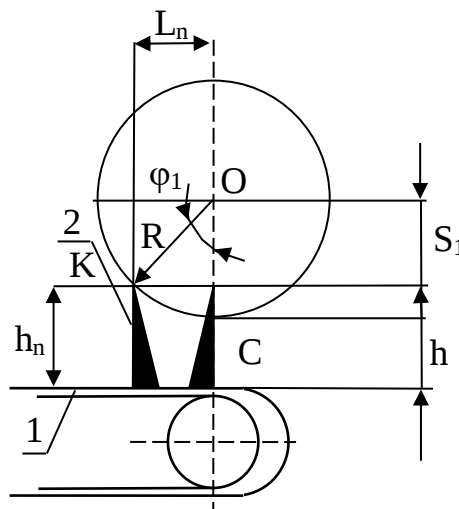


Рисунок 3. До визначення геометричних параметрів дискового апарату.  
1 – стрічка транспортеру; 2 – ніж; 3 – дисковий ніж.

Кут нахилу нерухомих пластинчастих ножів визначаємо з умови не забивання камери рослинною масою:

$$L_n < \varphi_m \quad (7)$$

де  $\varphi_T$  – кут тертя корму по сталі;  $\varphi_{T\max}=30^\circ$  [1].

Величину  $A$  приймаємо  $A=400$  мм; тоді довжина пластинчастих ножів:

$$l_n = \frac{(A - h_n)}{\sin \alpha} = \frac{0,4 - 0,125}{\sin 30^\circ} = 0,55 \text{ м.} \quad (8)$$

Кут  $\alpha_n$  при величині ножа транспортеру приймаємо з умови затиснення кормів між ним та пластинчастим ножом:

$$\psi \leq 2\varphi_{mp} \leq 90 - \alpha_n - \alpha_n, \quad (9)$$

де  $\psi$  – кут затиснення матеріалу, тобто кут між лезами ножів.

$$\text{Звідси } \alpha_n = 90 - \alpha_n - \psi = 90 - \alpha_n - 2 \cdot \varphi_T \geq 90 - 30 - 2 \cdot 30 \geq 0.$$

Кількість ножів транспортеру  $Z_n$ , пластинчастих ножів  $Z_n$ , дисків  $Z_d$  та ножів гребінки  $Z_T$  визначаємо елементарної геометричної побудови:

$$Z_n = \frac{B_c - Z_D}{2(l'_p + \epsilon)} = \frac{0,5 - 0,06}{2 * (0,03 + 0,005)} \approx 6 \text{ шт.}; \quad (10)$$

$$Z_D = Z_n - 1 = 6 - 1 = 5 \text{ шт.}; \quad (11)$$

$$Z_z = 2Z_n = 2 * 6 = 12 \text{ шт.} \quad (12)$$

де  $B_c$  – ширина стрічки транспортеру,  $B_c = 0,5$  м;

$D$  – зазор між крайнім ножом та боковиною;

$l_p$  – довжина різки на першому та другому ступені подрібнення;  $l_p = 0,03$  м;

$\epsilon$  – товщина ножа;  $\epsilon = 0,005$  м.

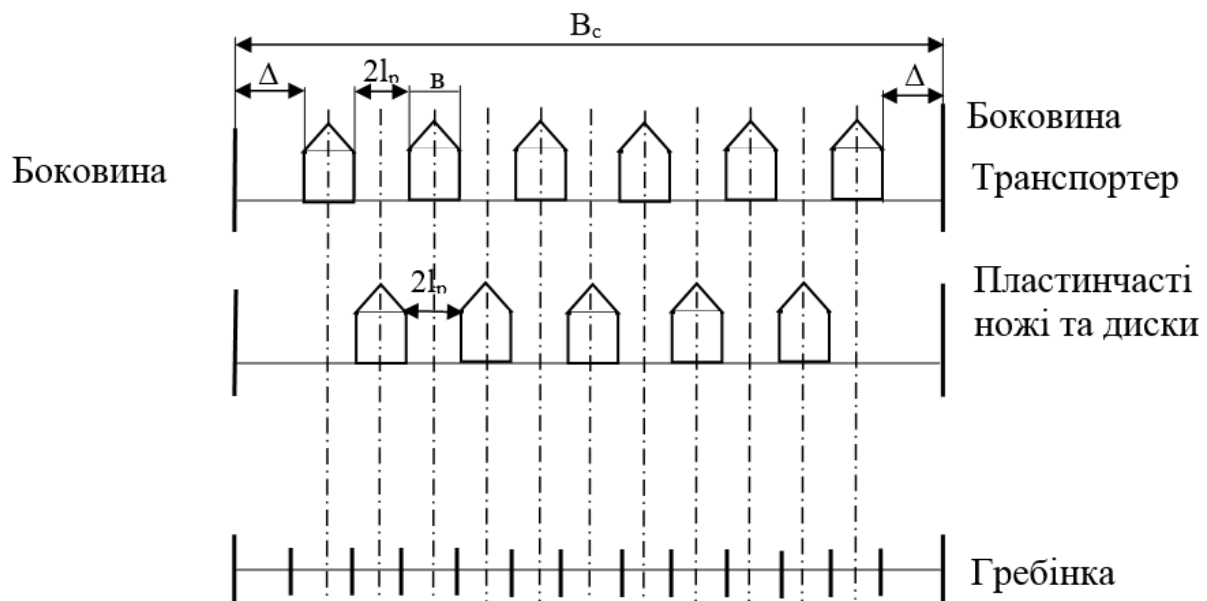


Рисунок 4. Схема розташування ріжучих елементів

Визначені таким чином параметри реалізовані при виготовленні експериментального подрібнювача.

#### Список використаних джерел

1. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. – М.: «Машиностроение», 1975. – 311 с.
2. Братішко В.В. Шляхи зменшення енергоємності різання зелених рослин // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 28. – Мелітополь: ТДАТА. – 2005. – С. 191-197.
3. Каган І., Осьмак В. Машины для заготівлі грубих кормів // Техніка АПК. – 2008, №7 – С. 11...14