

ДО ОБҐРУНТУВАННЯ КУТА ПОСТАНОВКИ ПАСИВНОГО НОЖА ДООБРІЗЧИКА БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Блезнюк О.В., к.т.н., доцент, Білаш В.О., Зміївський С.В.

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)*

Розглянуті елементи теорії різання лезом ножа. Обґрунтовано та подано рекомендації, щодо вибору кута постановки пасивного ножа дообрізчика бурякозбирального комбайна.

Постановка проблеми. Жорсткі вимоги з якості сировини, цукрового буряку, спонукають вітчизняних машинобудівників, дослідників, до розробки бурякозбиральних комбайнів з модернізованими робочими органами, які дозволять зменшити енерговитрати технологічного процесу, підвищити якість збирання цукрового буряку та рентабельність використання комплексів. Відповідно до вимог на видалення гички – відходи маси кореня із зрізаними коронками не повинні перевищувати 5 %; зріз повинен бути гладкий, без сколів. При цьому залишається проблема зменшення втрат цукрової сировини під час видалення гички та якості сировини [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У бурякозбиральних комбайнів, що видаляють гичку до викопування кореня з ґрунту, ріжучі пристрої складаються з ножа і копіра. Гичка може зрізатися дисковим активним або пасивним плоским ножом (рис. 1).



Рис. 1. Конструкція дообрізчика бурякозбирального комбайна з пасивним ножом

В праці [2] проаналізовано роботу гичкозрізальних апаратів машин для збирання цукрового буряку, на підставі кінематичного аналізу механізму дообрізчика з рухомим плоским ножом, що відповідає напрямку конструктивного виконання, доведена можливість отримання різання головок коренеплодів із ковзанням. Дана функціональна схема відповідає двохступеневому способу видалення гички, має перспективи у застосуванні, що

характеризується простою конструкцією, низькою металомісткістю, енергомісткістю та собівартістю. Підвищити ефективність функціонування бурякозбиральних машин можна за рахунок дослідження взаємодії плоского ножа дообрізчика з коренеплодом [3].

Постановка завдання. Розглянути аспекти теорії різання лезом плоского ножа. Обґрунтувати та подати рекомендації щодо кута встановлення пасивного ножа дообрізчика бурякозбирального комбайна, за яким буде відбуватися ковзке різання.

Виклад основного матеріалу. У своїх дослідженнях, з теорії різання лезом ножа, академік В.П. Горячкін [4] вказав на дуже характерне явище в механіці різання, а саме: якщо змусити лезо ножа переміщатися перпендикулярно до його довжини (рис. 1 а), то сила, необхідна для різання, буде максимальною. Але якщо лезо не тільки поглиблювати в матеріал, що перерізається, а й змушувати його при цьому прослизати уздовж своєї довжини (рис. 1 б), то виявляється, чим більше буде поздовжнє переміщення відносно нормального (тобто перпендикулярного лезу), тим меншою виявиться сила, за допомогою якої можна перерізати один і той же матеріал.

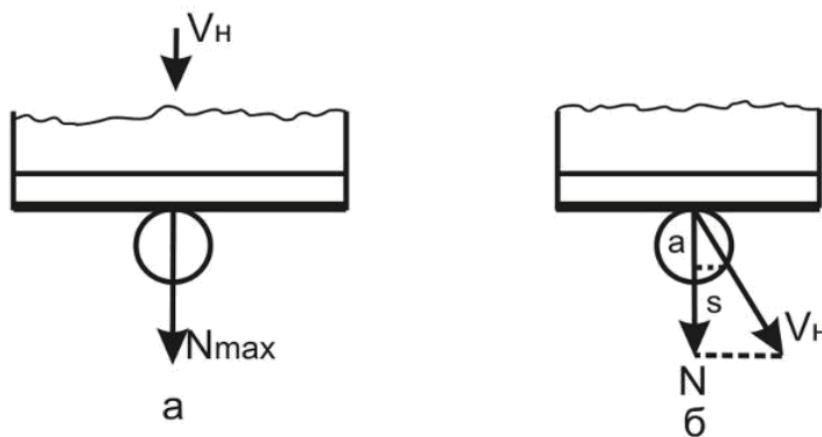


Рис. 1. Спосіб різання матеріалу

Розглянемо умови ковзання матеріалу уздовж леза при різанні. Якщо рухати лезо під деяким кутом до нормалі так, що, заглибившись у матеріал на деяку величину a (рис. 1 б), лезо разом з тим пройде по дотичній у даному напрямку певний шлях S , то це переміщення S не обов'язково створить поздовжнє ковзання леза.

Припустимо, що лезо ножа переміщається у напрямку вектора швидкості V_H (рис. 2). Кут α менший кута тертя φ леза ножа по матеріалу, що розрізається. Лезо ножа тисне на матеріал, що перерізається по нормалі, утворюючи нормальний тиск N . Розкладемо N по напрямку руху ножа уздовж леза ножа N_V і N_T . При зустрічі точки леза a з матеріалом, точка m , сила N_V прагне цю частинку матеріалу перемістити разом з ножем, а сила N_T прагне цю частинку матеріалу перемістити уздовж леза ножа.

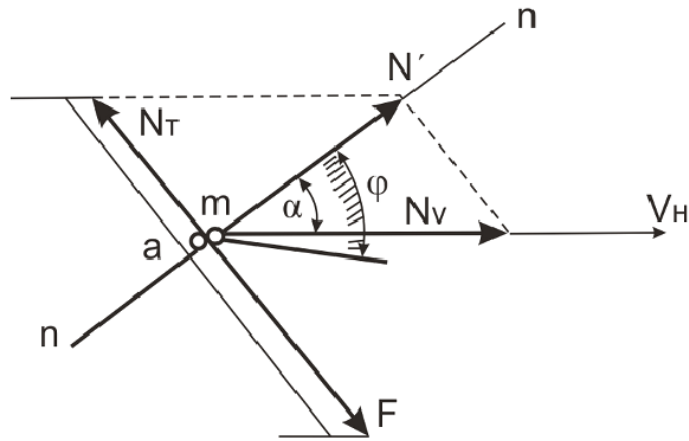


Рис. 2. Визначення умови ковзання $\alpha < \varphi$

Щоб частинка m матеріалу мала ковзкий рух під дією сили N_T по лезу, сила N_T повинна подолати силу тертя F . Найбільша можлива сила тертя F_{\max} при даному нормальному тиску N і куті тертя φ визначається як:

$$F_{\max} = N \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (1)$$

При цьому $N_T = N \cdot \operatorname{tg} \alpha$, але так як $\alpha < \varphi$, то N_T менше граничного найбільш можливого значення сили тертя F_{\max} . За цих умов сила тертя F , що діє на частку m матеріалу в сторону, протилежну силі N_T , в точності дорівнює силі $N_T = N \cdot \operatorname{tg} \alpha$, а не максимально можливій силі тертя $F_{\max} = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$, так як сила реакції дорівнює тій силі, якій вона була збуджена, тобто $F = -N \cdot \operatorname{tg} \alpha$. Отже, якщо $\alpha < \varphi$, то ковзання леза по матеріалу не буде відбуватись.

Розглянемо умову, коли $\alpha = \varphi$, в цьому випадку $N_T = F_{\max}$. Сили N_T і F_{\max} врівноважуються взаємно. Частка матеріалу m буде переміщатися за напрямком руху леза ножа. Різання буде відбуватися без ковзання.

Розглянемо схему дії сил на матеріал, що перерізається за умови $\alpha > \varphi$ (рис. 3).

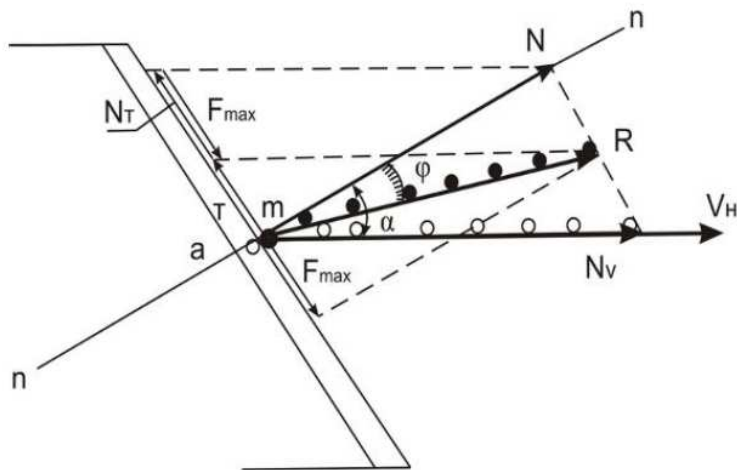


Рис. 3. Визначення умови ковзання $\alpha > \varphi$

Розкладемо силу N на складові N_V і N_T . Сила тертя прагне зменшити вплив сили N_T на частку матеріалу m і не дати їй переміщатися по лезу ножа: $F_{\max} = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$ і $N_m = N \cdot \operatorname{tg} \alpha$, але так як $\alpha > \varphi$, то $N \cdot \operatorname{tg} \alpha > N \cdot \operatorname{tg} \varphi$, тобто $N_m > F_{\max}$. За цих умов сила F досягає свого найбільшого значення: $F_{\max} = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$. Відповідно частка матеріалу m виявиться під впливом двох сил: N і F_{\max} . Так як вони діють одночасно і спільно, то можна скласти їх геометрично. Отримаємо їх рівнодіючу R , спрямовану під кутом φ до нормалі $n - n$. Отже, частка буде переміщатися під дією і по напрямку сили R , поки не переріжеться. Лезо ножа буде рухатися у напрямку швидкості V_H , а частка матеріалу m – за напрямком сили R . Зі схеми (рис. 3) випливає, що в процесі різання, яке супроводжується зминанням матеріалу під тиском леза, відбувається ковзання матеріалу по лезу.

Для отримання різання із ковзанням необхідно реалізувати дві умови:

1. Напрямок швидкості леза повинен складати з нормаллю до нього кут більший, ніж кут тертя матеріалу по лезу.
2. Матеріал, що розрізається повинен бути податливий (пружний, пластичний).

Відповідно, якщо при даному нормальному тиску прикласти таку дотичну силу, щоб їх рівнодіюча була рівна тимчасовому опору (тобто межі міцності на зминання) матеріалу, що розрізається, різання буде відбуватися, за умови (рис. 4):

$$R = \sqrt{N^2 + T^2} = K, \quad (2)$$

де K – тимчасовий опір матеріалу, що розрізається.

Зменшуючи силу N , потрібно збільшити силу T і навпаки.

Якщо лезо переміщати за напрямком, відхиленням від нормалі на кут α , що лежить в межах від 0 до φ , то різання буде без ковзання. Але якщо цей кут α буде більше кута φ , то різання буде відбуватися з ковзанням.

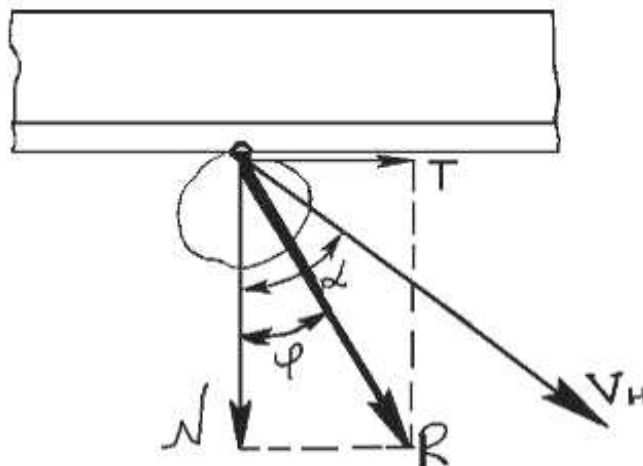


Рис. 4. Визначення умови різання

Коефіцієнтом ковзання можна назвати величину:

$$\varepsilon = \frac{a' m'}{a m'}, \quad (3)$$

де $a' m'$ – шлях, який проходить матеріал, що перерізається по лезу з ковзанням;

$a m'$ – одиниця деформації матеріалу.

Розглянемо $\Delta a m' a'$ (рис. 5) за теоремою синусів:

$$\frac{a m'}{\sin(\alpha - \varphi)} = \frac{a m'}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{a m'}{\cos \alpha}, \quad (4)$$

Звідси:

$$\varepsilon = \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \alpha}. \quad (5)$$

З формули випливає, що ε тим більше, чим більше кут α . І якщо $\alpha = \varphi$, то $\varepsilon = 0$.

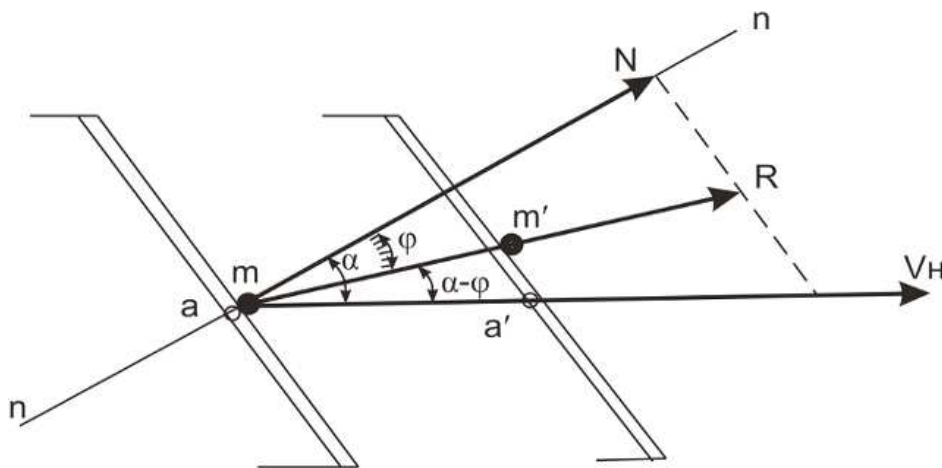


Рис. 5. Визначення умови ковзання

У виробництві нас цікавить витрата енергії. Визначимо величину роботи, що витрачається на перерізання 1 см матеріалу. Дана кількість роботи відповідає питомій роботі різання. Уявімо собі прямолінійний відрізок леза (рис. 6), довжиною, що дорівнює 1 см. Припустимо, що лезо розрізає матеріал з ковзанням, тоді необхідно, щоб $\alpha > \varphi$. Відповідно, лезо буде рухатися не перпендикулярно своїй довжині, а під кутом α до своєї нормалі. Отже, 1 см довжини леза перереже смугу шириною $h = l \cdot \cos \alpha$ з силою різання $P = \frac{N}{\cos \varphi}$.

Для обчислення роботи сили R необхідно визначити проекцію цієї сили на напрямок шляху точки її прикладення:

$$R_1 = R \cos(\alpha - \varphi) = \frac{N \cos(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi}, \text{ Н} \quad (6)$$

Список літератури

1. Погорелый Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз [Текст] / Л.В. Погорелый, Н.В. Татьяна. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Блезнюк О.В. Обґрунтування напрямку конструктивного виконання гичкозрізального апарату [Текст] / О.В. Блезнюк, О.В. Фоменко // Механізація сільськогосподарського виробництва: вісник ХНТУСГ. Вип. 75. Том 1 – Харків: ХНТУСГ, 2008. – С. 106 – 111.
3. Блезнюк О.В. Підвищення ефективності функціонування бурякозбиральних комбайнів за рахунок удосконалення гичкозрізального робочого органу [Текст] / О.В.Блезнюк, В.С. Мінченко, С.В. Зміївський // Технічний сервіс машин для рослинництва: вісник ХНТУСГ. Вип. 121. – Харків: ХНТУСГ, 2012. – С. 79 – 84.
4. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов [Текст] / Н.Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975 – 311 с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ УГЛА ПОСТАНОВКИ ПАССИВНОГО НОЖА ДООБРЕЗЧИКА БУРЯКОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Блезнюк О.В., Биладш В.А., Змеевской С.В.

Рассмотрены элементы теории резания лезвием ножа. Обоснованно и поданы рекомендації, относительно выбора угла постановки пассивного ножа дообрезчика бурякоуборочного комбайна.

Abstract

RATIONALE FOR PROPOSALS FOR PASSIVE ANGLE BLADE DOOBREZCHIKA BURYAKOUBOROCHNOGO HARVESTER

O.Bleznyuk, V. Bilash, S. Zmeevsky

The elements of the theory of cutting blade. Justified and submitted recommendations on the selection of passive blade angle setting doobrezchika buryakouborochno combine.