**УДК 631.356.22**

# ВПЛИВ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ЗУСИЛЛЯ РІЗАННЯ АКТИВНОГО НОЖА ДООБРІЗУВАЧА ГИЧКИ БУРЯКІВ НА ЙОГО ДОВГОВІЧНІСТЬ

**Рибак Т.І., д.т.н., проф.; Цьонь О.П., аспірант.;**
**Сташків М.Я., к.т.н., доц.; Цьонь Г.Б., аспірант**
*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*В статті обґрунтовано підвищення довговічності активного плоского ножа дообрізувача гички цукрових буряків шляхом надання йому зворотно-поступального руху*

Одним із основних параметрів до якого ставляться високі вимоги під час виконання технологічного процесу збирання цукрових буряків є якість зрізу гички з головок коренеплодів, яка виконується за допомогою плоских ножів гичкозрізувального апарату бурякозбиральних машин.

В процесі роботи відбувається затуплення ножів дообрізувачів та їх зношування, погіршується якість зрізування, що в свою чергу призводить до утворення сколів на головках буряків, що недопустимо згідно агровимог до збирання коренеплодів.

Оскільки велика кількість виробників бурякозбиральної техніки використовують схеми дообрізки з пасивними ножами, теоретичні і експериментальні дослідження механізму їх приводу є актуальним питанням сьогодення.

На рис. 1 зображена схема взаємодії активного плоского ножа 2 з коренеплодом цукрового буряку 1. Плоский ніж рухається із швидкістю $\overline{V_н}$, а бурякозбиральний агрегат із швидкістю $\overline{V_м}$.

За теоремою косинусів знаходимо абсолютну швидкість різання плоским ножем $\overline{V_{рн}}$

$$V_{рн} = \sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)}\,, \qquad (1)$$

де $\beta$ - кут встановлення плоского ножа.

В точці взаємодії ножа з коренеплодом виникає сила $N$, яка діє перпендикулярно до леза. Сила тертя ножа по поверхні коренеплоду цукрових буряків визначається із залежності

$$F_T = N \cdot tg\varphi \qquad (2)$$

де $N$ - нормальна сила; $\varphi$ - кут тертя плоского ножа з коренеплодом цукрових буряків ( $\varphi = 22^\circ$ ).

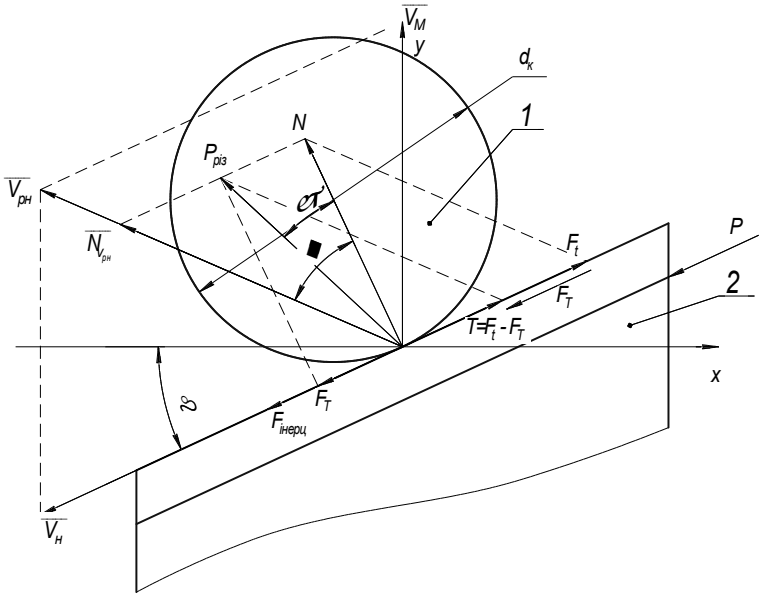



Рис. 1. Схема взаємодії плоского активного ножа з коренеплодом

Склавши сили $N$ і $F_T$ за правилом паралелограма отримаємо силу різання $P_{різ}$, яка відхилена від нормалі на кут тертя $\varphi$.

Розкладемо силу $N$ на напрямок швидкості різання $N_{V_{рн}}$ і напрямок вздовж леза ножа $F_t$. Дотична сила $F_t$ визначається за формулою

$$F_t = N \cdot tg\tau \ . \tag{3}$$

Віднявши силу $F_T$ від $F_t$ отримаємо силу $T$, яка зумовлює ковзання матеріалу вздовж леза. Сила різання $P_{різ}$ є векторною сумою сил $N_{V_{рн}}$ та $T$, а також нормальної сили $N$ і сили тертя $F_T$.

Сила інерції плоского активного ножа $F_{інерц}$ обчислюється за формулою

$$F_{інерц} = m_н \cdot a_н, \tag{4}$$

де $m_н$ - маса ножа;

$a_н$ - прискорення плоского ножа.

Прискорення ножа визначається за залежністю

$$a_н = \frac{dV_{рн}}{dt}, \tag{5}$$

де $t$ - час різання.

Підставивши (1) в (5) формула для визначення сили інерції активним плоским ножем запишеться

$$F_{інерц} = m_н \frac{d\sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)}}{dt}. \tag{6}$$

Сила різання головки коренеплоду плоским ножем обчислюється за формулою

$$P_{різ} = \sqrt{N^2 + F_T{}^2}. \tag{7}$$

Величину сили різання також можливо визначити згідно з залежністю

$$F_{різ} = \sigma_р \cdot t_л \cdot l_р, \tag{8}$$

де $\sigma_р$ - напруження різання;

$l_р$ - довжина різання;

$t_л$ - товщина леза.

Довжина різання рівна діаметру різання головки коренеплоду, який визначається за формулою [1]

$$l_р = d_{рк} = 2\sqrt{h_c d_к - h_c^2}, \tag{9}$$

де $h_c$ - висота зрізу головки коренеплода, яка визначається згідно агротехнічних вимог до показників якості роботи машини;

$d_к$ - діаметр коренеплоду.

Висота зрізу головки коренеплоду (висота зони зелених листків) обчислюється за формулою [1]

$$h_c = 1{,}02h_к + 11, \tag{10}$$

де $h_к$ - висота розміщення коренеплоду над рівнем грунту.

Згідно з [1] $h_к$ *=18,4-42,2мм.* Приймаємо $h_к$ *=25мм.*

У випадку дообрізування залишків гички коренеплодів цукрових буряків значення довжини різання запишеться

$$d_{рк} = 2\sqrt{(1{,}02h_к + 11)d_к - (1{,}02h_к + 11)^2}. \tag{11}$$

В зоні різання тертя має напіврідинний характер, що дає змогу роз-

глядати рідинне тертя з позиції гідродинаміки, згідно з якою напруження різання визначається за формулою [2]

$$\sigma_p = \mu \frac{V_{рн}}{h} + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot V_{рн} \frac{h_2 - h_1}{h^3}, \qquad (12)$$

де $\mu$ - динамічна в'язкість соку цукрового буряку,

$\mu = 1{,}32 \cdot 10^{-3}\ МПа \cdot с$ ;[2]

$V_{рн}$ - абсолютна швидкість різання ножем, *м/с*;

$h, h_1, h_2$ - зазори між лезом ножа і коренеплодом цукрового буряку, *м*.

Підставивши (1) в (12) отримаємо

$$\sigma_p = \mu \frac{\sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)}}{h} + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot \sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)} \frac{h_2 - h_1}{h^3}. \qquad (13)$$

Підставивши (13) та (11) в (8) отримаємо загальну формулу для визначення сили різання активним плоским ножем

$$P_{різ} = \mu \frac{\sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)}}{h} + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot \sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)} \frac{h_2 - h_1}{h^3} \cdot t_л(\alpha) \cdot \qquad (14)$$
$$\cdot 2\sqrt{(1{,}02h_к + 11)d_к - (1{,}02h_к + 11)^2},$$

де $t_л(\alpha)$ - функція залежності товщини леза від його кута заточування.

Для визначення зусилля $P$, яке необхідне для приведення плоского ножа в рух, необхідно розглядати сили, які діють вздовж леза ножа. З рис. 1 видно, що вздовж леза діють сили $F_{інерц}$, $F_T$, $F_t$.

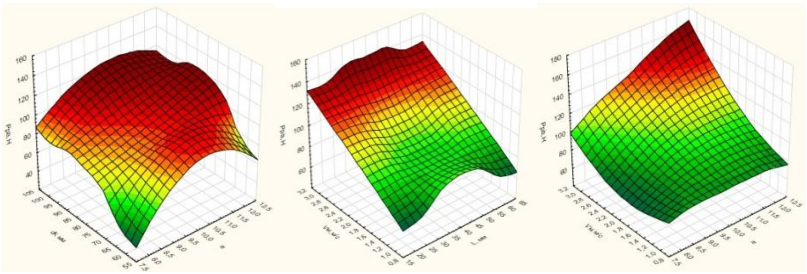
З врахування напрямку дії даних сил, залежність для визначення зусилля $P$ необхідного для приведення плоского ножа в рух запишеться

$$P = F_T + F_{інерц} - F_t = F_{інерц} + (F_T - F_t) = F_{інерц} - (F_t - F_T). \qquad (15)$$

Підставивши відповідні значення сил у (15) отримаємо

$$P = (m_н \frac{d\sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)}}{dt}) - [((\mu \frac{\sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)}}{h} + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot$$
$$\cdot \sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)} \frac{h_2 - h_1}{h^3} \cdot t_л(\alpha) \cdot 2\sqrt{(1{,}02h_к + 11)d_к - (1{,}02h_к + 11)^2}) \cos\varphi \cdot tg\tau) - \qquad (16)$$
$$- ((\mu \frac{\sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)}}{h} + \frac{h}{2} \cdot 6\mu \cdot \sqrt{V_м^2 + V_н^2 - 2V_м V_н cos(\frac{П}{2} + \beta)} \frac{h_2 - h_1}{h^3} \cdot t_л(\alpha) \cdot$$
$$\cdot 2\sqrt{(1{,}02h_к + 11)d_к - (1{,}02h_к + 11)^2}) \cos\varphi \cdot tg\varphi)].$$

Для підтвердження аналітично отриманих результатів з визначення сили різання, було проведено багатофакторний експеримент з чотирма вхідними факторами [3], за результатами якого побудовано поверхні відгуків сили різання $P_{різ}$ від даних факторів (рис. 2).



а) б) в)

Рис. 2. Поверхні відгуку залежності сили різання $P_{різ}$ від:
а) діаметру коренеплоду $d_к$ та кута заточування ножа $\alpha$ ;
б) швидкості машини $V_м$ та довжини ходу ножа $L$ ;
в) швидкості машини $V_м$ та кута заточування ножа $\alpha$

При наданні плоскому ножеві дообрізувача гички зворотно-поступального руху відбувається перерозподіл результуючої сили різання $P_{різ}$, при якому зменшується складова нормальної сили $N$, за рахунок кінематичної трансформації кута заточування та перенесення частини сили тертя $F_T$ з нормального на тангенційний напрямок, що забезпечує суттєве зниження інтенсивності зношування ріжучої кромки ножа та підвищення його довговічності.

**Список використаних джерел**


1. Войтюк Д.Г., Барановський В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка.– К.: Вища освіта, 2005.– 464с.
2. Фабричнікова І.А. Теоретичне визначення впливу сил тертя на миттєві сили різання, які викликають зношення бурякорізальних ножів / І. А. Фабричнікова // Проблеми трибології. – 2012. –№3. – С. 94-100.
3. Цьонь О.П. Планування багатофакторного експерименту з дослідження активних дообрізувачів гички / О.П. Цьонь, Г.Б. Цьонь / Актуальні задачі сучасних технологій: Зб. тез доповідей міжнар. наук. – техн.

конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11 – 12 грудн. 2013) / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2013. – С. 165.

**Аннотация**

## ВЛИЯНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ РЕЗАНИЯ АКТИВНОГО НОЖА ДООБРЕЗЧИКА БОТВЫ СВЕКЛЫ НА ЕГО ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

**Рыбак Т.И., Цень О.П., Сташкив Н.Я., Цень А.Б.**

*В статье обоснована повышения долговечности активного плоского ножа дообрезчика ботвы сахарной свеклы путем предоставления ему возвратно-поступательного движения*

**Abstract**

## INFLUENCE OF DISTRIBUTION CUTTING FORCES OF ACTIVE KNIFE OF PURIFIER SUGAR BEETS TOPS AT HIS LONGEVITY

**T. Rybak, O. Tsion, M. Stashkiv, A. Tsion**

*In the article grounded increase longevity of active flat knife of purifier sugar beets tops by giving him a back and forth motion*