УДК: 631.361

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДООБРІЗЧИКА ЗАЛИШКІВ ГИЧКИ

асистент Смаль М. В.

Луцький національний технічний університет

Наведено метод розробки детермінованих математичних моделей, які характеризують зміну приведеної маси копіра дообрізчика залишків гички з головок коренеплодів типу «пасивний копір-пасивний ніж» з умови невивалювання та непошкодження коренеплодів від параметрів процесу. На основі аналізу встановлено основні конструктивно-кінематичні параметри робочих органів.

Ключові слова: залишки гички, коренеплоди, копір, приведена маса копіра, параметри.

Смаль М. В. Обоснование параметров дообрезчика остатков ботвы / Луцкий национальный технический университет, Украина, Луцк

Наведено метод разработки детерминированных математических моделей, которые характеризуют изменение приведенной массы дообрезчика остатков ботвы с головок корнеплодов типа «пассивный копир-пассивный нож» с условия невываливания и неповреждения корнеплодов от параметров процесса. На основании анализа установлены основные конструктивно-кинематические параметры рабочих органов.

Ключевые слова: остатки ботвы, корнеплоды, копир, приведенная масса копира, параметры.

Smal M. V. Substantiation of parameters of the pruning machine for remains of beet tops / Lutsk National Technical University, Ukraine, Lutsk

The method of development of determined mathematical models describing the change in the equivalent mass of the guiding unit of pruning machine for beet tops from the roots with type "passive guiding unit - passive knife" under condition

without dumping and damaging of roots during the process is given. Basing on the analysis the main structural and kinematic parameters of working parts are determined.

Keywords: remains of beet tops, roots, guiding unit, guiding unit equivalent mass, parameters.

Вступ

Подальша інтенсифікація сучасного розвитку сільськогосподарського виробництва можлива на основі механізації всіх виробничих процесів шляхом забезпечення розробки та впровадження сучасних високоефективних технологій збирання продукції сільськогосподарських культур, у тому числі і коренеплодів [1, с. 8-10].

У технологічному процесі виробництва коренеплодів, однією з найбільш трудомістких операцій є збирання гички. Сучасні напрямки розвитку однофазних самохідних бункерних коренезбиральних машин передбачають блочно-модульний принцип їх побудови Першим етапом однофазної технології збирання коренеплодів є збирання гички двостадійним способом – зрізування основного масиву гички роторним гичкорізом з наступним зрізуванням залишків гички дообрізчиком типу «пасивний копір-пасивний ніж» [3, с. 112-116].

Результати, які наведені в працях [4, с. 3-15; 5, с. 3-16; 6, с. 3-5, с. 12-17; 7, с. 35-46] цілісно характеризують тільки основні принципи функціонування дообрізчиків залишків гички з головок коренеплодів без критеріального аналізу загальних тенденцій та шляхів підвищення інтенсифікацій процесу збирання гички, або показників якості роботи гичкозбиральних модулів.

Проблема підвищення технічного рівня гичкозбиральних модулів, основними критеріями оцінки яких є показники якості зрізування гички, залишається особливо актуальною в плані подальшого розвитку коренезбиральної техніки, розвиток і виробництво якої в Україні за останні роки практично припинили.

Тому розробку та вдосконалення конструктивно-компонувальних схем гичкозбиральних машин (модулів) та обгрунтування параметрів їх робочих

органів необхідно проводити з урахуванням специфічних властивостей даного процесу, що є особливо важливим і актуальним у плані забезпечення необхідних показники якості роботи згідно з агротехнічними вимогами [8, с. 2-18].

Формулювання мети статті та завдань

Метою роботи є підвищення показників технологічного процесу збирання гички коренеплодів шляхом розробки та оптимізації параметрів робочих органів гичкозбиральних машин.

Дані дослідження є подальшим розвитком методології розробки технологічних процесів функціонування робочих органів дообрізчиків залишків гички з головок коренеплодів.

Виклад основного матеріалу статті

За результатами наукових досліджень, які наведено у праці [9, с. 206-212] отримано диференціальні рівняння, які описують рух робочої поверхні копіра по головці коренеплодів з умови їх невивалювання горизонтальною силою та непошкодження нормальною дотичною силою контакту, відповідно

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_i \frac{|\Delta V_p|}{dt_n} = \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n_k} m_i \sqrt{\left(\frac{dV_k}{dt_n}\right)^2 + g^2} + \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} \Delta x_c \sin\beta + \\ + \sum_{i=1}^{n_R} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2} \cos(\gamma - \varepsilon) \end{array} \right) NV_k \sin\varepsilon \le [P_{c.max}]; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_i \frac{|\Delta V_\sigma|}{dt_n} S_k = \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n_k} m_i \sqrt{\left(\frac{dV_{kx}}{dt_n}\right)^2 + g^2} + \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} \Delta x_c \sin\beta + \\ + \sum_{i=1}^{n_R} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2} \cos(\gamma - \varepsilon) \end{array} \right) \frac{S_k NV_{kx}}{\cos\varepsilon} \le [\sigma_{n.max}], \quad (2)$$

де $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$ – сумарна маса рухомих частин дообрізчика, кг, ($i =$ 1, 2,…, n_k); t_n – час ударного контакту з одним коренеплодом, с; $\Delta\vec{V}_p = \vec{V}_{nx} - \vec{V}_k = \vec{V}_k k$; $\Delta\vec{V}_\sigma = \vec{V}_n - \vec{V}_{kx}$; $\vec{V}_n$, $\vec{V}_{kx}$ – відповідно, вектор швидкості копіра після удару та початкової нормальної швидкості поверхні контакту копіра до удару (м/с), V_k,

V_{kx} – відповідно, поступальна горизонтальна та нормальна швидкість робочої поверхні копіра, (м/с), V_{nx} – проекція вектора швидкості V_n на вісь OX; k – модуль пружності коренеплоду; g – прискорення вільного падіння, м/с^2; G – модуль зсуву матеріалу з якого виготовлено пружину, Н/мм^2; d_n – діаметр матеріалу з якого виготовлено пружину, мм; D_n – середній діаметр пружини, мм; z – кількість витків пружини, шт.; Δx – абсолютне стиснення пружини, мм; β – кут між регулювальною тягою 10 та нижньою тягою 4, град.; f – коефіцієнт тертя пальця по втулці; p_0 – питомий розподіл тиску на площі контакту, Н/м^2; l – довжина втулки, м; r_n – радіус втулки, м; N – кількість коренеплодів на 1 погонному метрі рядка, шт. м; ε – кут між напрямками осі OX та сумарною горизонтальною силою $\sum_{i=1}^{n} P_{c_i}$, яка діє на головку коренеплоду, або кут установки полозка копіра відносно горизонтальної площини, град.; $[P_{c.max}]$ – максимально допустима горизонтальна сила, Н; $[\sigma_{n.max}]$ – максимально допустимі нормальні напруження, Па; S_k – площа контакту робочої поверхні копіра (торцевих частин полозків копіра) з головкою коренеплоду під час удару, м^2.

Розв'язавши нерівність (1) відносно $\frac{dV_k}{dt_n}$, а нерівність (2) відносно $\frac{dV_{kx}}{dt_n}$, одержано залежності для визначення допустимого дотичного прискорення робочої поверхні копіра дообрізчика з умови невивалювання a_P (м/с^2) та непошкодження a_σ (м/с^2) коренеплодів, відповідно

$$\frac{dV_k}{dt_n} = a_p \le \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_k} m_i} \sqrt{\left\{ \frac{[P_{c.max}]}{NV_k \sin\varepsilon} - \left[\frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} \Delta x_c \sin\beta - \sum_{i=1}^{n_R} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2} \cos(\gamma - \varepsilon) \right] \right\}^2 - \left(\sum_{i=1}^{n_k} m_i \right)^2 g^2 \sin^2\varepsilon} \quad ; (3)$$

$$\frac{dV_{kx}}{dt_n} = a_\sigma \le \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_k} m_i} \sqrt{\left\{ \frac{[\sigma_{n.max}] cos\,\varepsilon}{S_k N V_{kx}} - \left[\frac{G d_n^4}{8 D_n^3 z} \Delta x_c \sin\beta - \sum_{i=1}^{n_R} p_{0_i} l_n r_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2}\, cos(\gamma - \varepsilon) \right] \right\}^2 - \left(\sum_{i=1}^{n_k} m_i \right)^2 g^2 cos^2\,\varepsilon}, \quad (4)$$

де a_P і a_σ – відповідно, допустиме прискорення робочої поверхні контакту копіра з головкою коренеплоду для умови невивалювання та непошкодження коренеплодів (м/с^2).

Таким чином допустима маса рухомих частин дообрізчика головок коренеплодів із умови невивалювання та непошкодження коренеплодів, відповідно, $\sum_{i=1}^{n_k} m_{Pi}$, $\sum_{i=1}^{n_k} m_{\sigma i}$ визначається із залежностей (3) і (4):

- для умови невивалювання коренеплоді з грунту

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{Pi} \le \frac{\frac{[P_{c.max}]}{N V_k \sin\varepsilon} - \frac{G d_n^4}{8 D_n^3 z} \Delta x \sin\beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0_i} l r_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2}\, cos(\gamma - \varepsilon)}{\sqrt{a_p^2 + g^2}}; \quad (5)$$

- для умови непошкодження коренеплодів

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{\sigma i} \le \frac{\frac{[\sigma_{n.max}] cos\,\varepsilon}{S_k N V_{kx}} - \frac{G d_n^4}{8 D_n^3 z} \Delta x \sin\beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0_i} l r_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2}\, cos(\gamma - \varepsilon)}{\sqrt{a_\sigma^2 + g^2}}. \quad (6)$$

Якщо прийняти характер руху копіра прямолінійним рівномірним, тоді дотичне прискорення під час рівномірного прямолінійного руху тіла дорівнює нулю, тобто $a_P = 0$, $a_\sigma = 0$.

З врахуванням прийнятого припущення для практичного застосування рівнянь (5), (6) визначаємо допустиму масу рухомих частин дообрізчика для умови невивалювання та непошкодження коренеплодів з умови $V_k = const$

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{Pi} \le \frac{\frac{[P_{c.max}]}{N V_k \sin\varepsilon} - \frac{G d_n^4}{8 D_n^3 z} \Delta x \sin\beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0_i} l r_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2}\, cos(\gamma - \varepsilon)}{g}; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{\sigma i} \le \frac{\frac{[\sigma_{n.max}]cos\varepsilon}{S_k N V_{kx}} - \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z}\Delta x\, sin\beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0_i} lr_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2}\, cos(\gamma - \varepsilon)}{g}. \quad (8)$$

Встановлено, що кут $\gamma' = \pi / 2 - (\beta + \varepsilon)$.

Тоді кут $\gamma = \pi / 2 - [\pi / 2 - (\beta + \varepsilon)] = \beta + \varepsilon$. Підставивши значення кута γ в рівняння (7), (8) та прийнявши конструктивно, що кут $\varepsilon = \varphi_k$, а $V_{kx} = V_k\, cos\,\varepsilon$, при цьому $V_k = V_M$, одержано кінцеві залежності для визначення допустимої та приведеної до центра мас копіра маси рухомих частин дообрізчика залишків гички на головках коренеплодів для умови їх невивалювання та непошкодження для випадку $V_M = const$:

- для умови невивалювання коренеплодів з грунту

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{Pi} \le \frac{1}{g}\left\{\frac{[P_{c.max}]}{N V_k\, sin\varphi_k} - \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z}\Delta x\, sin\beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0_i} lr_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2}\, cos\beta\right\}; \quad (9)$$

- для умови непошкодження коренеплодів

$$\sum_{i=1}^{n_k} m_{\sigma i} \le \frac{1}{g}\left\{\frac{[\sigma_{n.max}]}{S_k N V_k} - \frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z}\Delta x\, sin\beta - \sum_{i=1}^{n_k} p_{0_i} lr_n \sqrt{4f^2 + 0{,}25\pi^2}\, cos\beta\right\}. \quad (10)$$

Встановлено, що середнє значення прикладеної до вершини головки коренеплоду горизонтальної сили, за якої починається значне порушення зв'язків коренеплодів з грунтом залежно від параметрів і умов насаджень коренеплодів знаходиться у межах $[P_{c.max}]$= 140…300 (Н) [1], а прикладена нормальна сила до вершини головки коренеплоду опору входження полозка копіра на глибину 3…5 (мм) досягає значення $[P_{n.max}] = [\sigma_{n.max}] / S_k$ = 300…400 (Н) [3, с. 85, с. 88].

При початкових умовах $N =$ 5 шт., $\varphi_k = \pi / 3$ (град), $\frac{Gd_n^4}{8D_n^3 z} = c =$ 70 кг/м, $\Delta x =$ 0,1 м, $\beta = \pi / 4$ град згідно з формулами (9), (10) побудовано залежність допустимої та приведеної до центра мас копіра маси рухомих частин дообрізчика $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$ для умови невивалювання коренеплодів від швидкості руху

ГМ V_M і допустимої горизонтальної сили $[P_{c.max}]$ та умови непошкодження коренеплодів від швидкості руху ГМ V_M і допустимої нормальної сили $[P_{n.max}]$, відповідно, як функції $\sum_{i=1}^{n_k} m_{Pi} = f_P(V_M;[P_{c.max}])$ та $\sum_{i=1}^{n_k} m_{\sigma i} = f_\sigma(V_M;[P_{n.max}])$, яку наведено на рис. 1. На рис. 2. наведено залежність зміни допустимої та

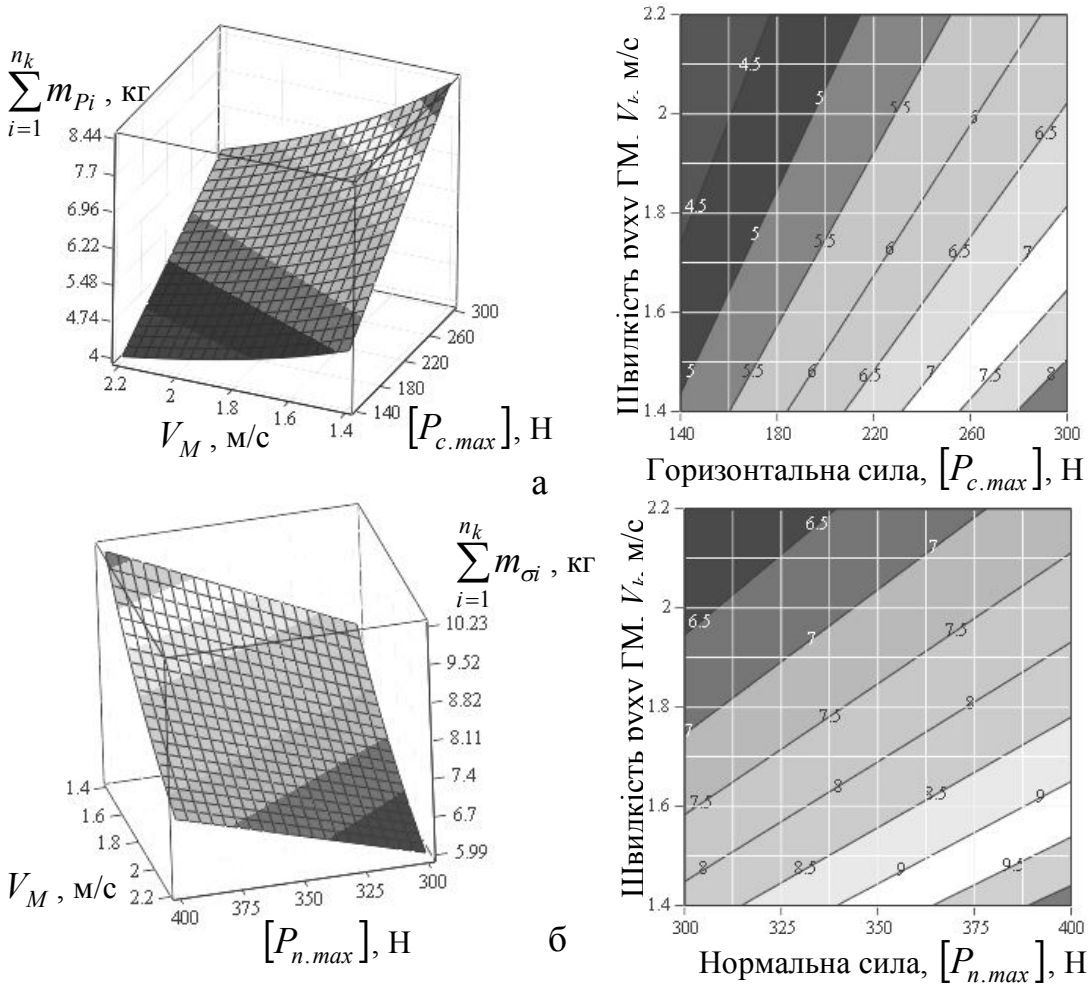

Рис. 1. Залежність допустимої та приведеної до центра мас копіра маси рухомих частин дообрізчика: а – для умови невивалювання коренеплодів від швидкості руху ГМ V_M і допустимої горизонтальної сили $[P_{c.max}]$ як функціонал $\sum_{i=1}^{n_k} m_{Pi} = f_P(V_M;[P_{c.max}])$; б – для умови непошкодження коренеплодів від швидкості руху ГМ V_M і допустимої нормальної сили $[P_{n.max}]$ як функціонал $\sum_{i=1}^{n_k} m_{\sigma i} = f_\sigma(V_M;[P_{n.max}])$

приведеної до центра мас копіра маси рухомих частин дообрізчика $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$ для умови невивалювання та непошкодження коренеплодів від швидкості руху ГМ V_M, тобто $\sum_{i=1}^{n_k} m_i = f_V(V_M)$ при постійних значеннях інших складових залежностей (9), (10).

Аналіз наведених залежностей (рис. 1) підтверджує логічність характеру

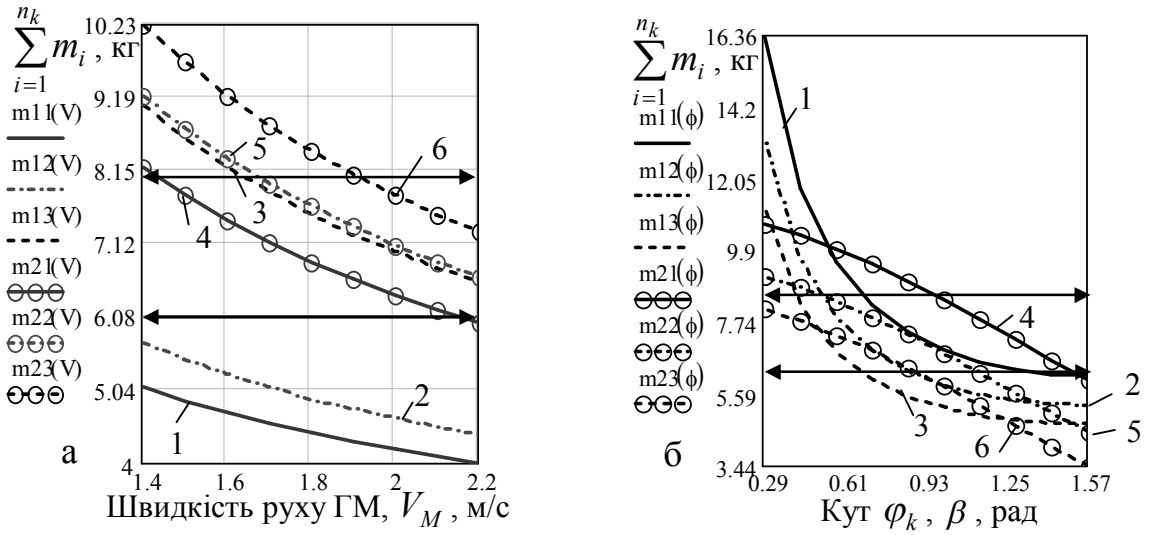

Рис. 2. Залежність допустимої та приведеної до центра мас копіра маси $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$ рухомих частин дообрізчика для умови невивалювання та непошкодження коренеплодів: а – від швидкості руху ГМ V_M : 1, 2, 3 – відповідно, $[P_{c.max}]$=140, 170, 300 (Н); 4, 5, 6 – відповідно $[P_{n.max}]$=300, 350, 400 (Н); б – 1, 2, 3 – від кута φ_k, відповідно, $[P_{c.max}]$=140, 170, 300 (Н); 4, 5, 6 – від кута β, відповідно $[P_{n.max}]$=300, 350, 400 (Н)

зміни $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$ відносно динамічності процесу контактної взаємодії робочих поверхонь копіра дообрізчика залишків гички з головок коренеплодів – зі збільшенням поступальної швидкості руху ГМ V_M допустима та приведена до центра мас копіра маса рухомих частин дообрізчика $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$ для умови невивалювання коренеплодів з грунту та їх непошкодження зменшується у межах, відповідно, від 8,5 до 4 (кг) та від 10,2 до 6,0 (кг), а зі збільшенням

допустимої горизонтальної $[P_{c.max}]$ та нормальної $[P_{n.max}]$ сили збільшується у відповідному зворотному напрямку, тобто зміна $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$ залежно від V_M і $[P_{c.max}]$, $[P_{n.max}]$ має зворотний і прямий характер.

Ідентичність даних висновків і положень цілком адекватно підтверджується характером зміни залежностей, які регламентують допустиму та приведену до центра мас копіра маса рухомих частин дообрізчика $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$ для умови невивалювання коренеплодів з грунту та їх непошкодження, що наведено на рис. 2а.

Залежно від збільшення кута φ_k встановлення копіра відносно горизонтальної площини, або кута β встановлення пружини паралелограмної підвіски у межах від 15 до 90 град (рис. 2б) допустима та приведена до центра мас копіра маса рухомих частин дообрізчика $\sum_{i=1}^{n_k} m_i$ залишків гички з головок коренеплодів для умови невивалювання коренеплодів з грунту та їх непошкодження зменшується від 10 до 3,5 (кг).

Згідно з дослідженнями [3, с. 132] мінімальна маса апаратів для зрізування залишків гички з головок коренеплодів обмежується конструктивними міркуваннями в межах 6…8 (кг) виходячи з умови задовільного (без галопування) копіювання головок коренеплодів полозками копіра.

Тоді з врахуванням встановлених вище вимог і згідно з рис. 1, рис. 2 можна констатувати, що за допустимої горизонтальної і нормальної сили, відповідно, $[P_{c.max}]$= 220 Н і $[P_{n.max}]$=350 Н параметри робочих органів дообрізчика залишків гички з головок коренеплодів повинні бути:

- поступальна швидкість руху ГМ повинна знаходитися в межах 1,6 $\leq V_M \leq$ 1,9 (м/с);

- кут встановлення копіра відносно горизонтальної площини повинен бути у межах 20 $\leq \varphi_k \leq$ 35 (град);

- кут встановлення пружини між тягами 3, 4 паралелограмної підвіски відносно горизонтальної площини повинен бути у межах $45 \leq \beta \leq 60$ (град).

Висновки

Проведені теоретичні дослідження залежностей основних параметрів дообрізчика головок коренеплодів можуть бути використанні в процесі його розробки і оптимізації конструктивно-технологічних показників.

Література:

1. Адамчук В. В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня / В. В. Адамчук, В. М. Булгаков, В. В. Іванишин // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця: ВНАУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 2 (66). – С. 8–14.

2. Модульно-блочные уборочно-транспортные машины нового поколения / Л. Погорелый Л., С. Коваль, В. Шуринов [и др.] // Техніка АПК. – 1999. – № 1. – С. 6.

3. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет [Погорелый Л.В., Татьянко Н. В., Брей В. В. и др.]; под ред. Л. В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.

4. Хелемендик Н. М. Исследование технологического процесса и рабочих органов для уборки сахарной свеклы в условиях Западной степи УССР: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.11 “Механизация сельскохозяйственного производства” / Н.М. Хелемендик. – Воронеж, 1968. – 18 с.

5. Погорелый Л. В. Исследование и разработка технологического процесса отделения ботвы от корней сахарной свеклы : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.20.11 “Механизация сельскохозяйственного производства” / Л. В. Погорелый. – К., 1964. – 24 с.

6. Татьянко Н. В. Исследование и усовершенствование аппарата для срезания ботвы с корней сахарной свеклы до их выкопки : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.20.11 “Механизация сельскохозяйственного производства” / Н. В. Татьянко. – Х., 1967. – 28 с.

7. Булгаков В. М. Теория свеклоуборочных машин : Монография / В.М. Булгаков, М. И. Черновол, Н. А. Свирень. – Кировоград: ”КОД”, 2009. – 256 с.
8. ДСТУ 2258-93. Машини бурякозбиральні. Загальні технічні умови. Київ.: Держстандарт України, 1993. – 18 с.
9. Смаль М. В. Математичні моделі процесу копіювання головок коренеплодів копіром пасивного дообрізчика залишків гички / М.В. Смаль, О. О. Герасимчук, В. М. Барановський // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграр. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 1 (65). – С. 206–212.

References:

1. Adamchuk V. V. Pro rozrobku i stvorennya v Ukrayini sil's'kohospodars'kykh mashyn suchasnoho rivnya / V. V. Adamchuk, V.M. Bulhakov, V. V. Ivanyshyn // Zb. nauk. prats' Vinnyts'koho natsion. ahrarn. un-tu. Seriya: Tekhnichni nauky. – Vinnytsya: VNAU, 2012. – Vyp. 11. – T. 2 (66). – S. 8–14.
2. Modul'no-blochnыe uborochno-transportnыe mashynы novoho pokolenyya / L. Pohorely L., S. Koval', V. Shurynov [y dr.] // Tekhnika APK. – 1999. – № 1. – S. 6.
3. Sveklouborochnye mashyny. Konstruyrovanye y raschet [Pohorely L.V., Tat'yanko N. V., Brey V. V. y dr.]; pod red. L. V. Pohoreloho. – K. : Tekhnika, 1983. – 168 s.
4. Khelemendyk N.M. Yssledovanye tekhnolohycheskoho protsessa y rabochykh orhanov dlya uborky sakharnoy sveklы v uslovyyakh Zapadnoy stepy USSR: avtoref. dys. na soyskanye uch. stepeny kand. tekhn. nauk : spets. 05.20.11 “Mekhanyzatsyya sel'skokhozyaystvennoho proyzvodstva” / N. M. Khelemendyk. – Voronezh, 1968. – 18 s.
5. Pohorelыy L. V. Yssledovanye y razrabotka tekhnolohycheskoho protsessa otdelenyya botvы ot korney sakharnoy svekly: avtoref. dys. na soyskanye uch. stepeny kand. tekhn. nauk: spets. 05.20.11 “Mekhanyzatsyya sel'skokhozyaystvennoho proyzvodstva” / L. V. Pohorely. – K., 1964. – 24 s.
6. Tat'yanko N. V. Yssledovanye y usovershenstvovanye apparata dlya srezanyya botvы s korney sakharnoy svekly do ykh vykopky : avtoref. dys. na soyskanye uch. stepeny kand. tekhn. nauk: spets. 05.20.11 “Mekhanyzatsyya sel'skokhozyaystvennoho proyzvodstva” / N. V. Tat'yanko. – Kh., 1967. – 28 s.

7. Bulhakov V. M. Teoryya sveklouborochnыkh mashyn: Monohrafyya / V. M. Bulhakov, M. Y. Chernovol, N. A. Svyren'. – Kyrovohrad : ”KOD”, 2009. – 256 s.

8. DSTU 2258-93. Mashyny buryakozbyral'ni. Zahal'ni tekhnichni umovy. Kyyiv.: Derzhstandart Ukrayiny, 1993. – 18 s.

9. Smal' M. V. Matematychni modeli protsesu kopiyuvannya holovok koreneplodiv kopirom pasyvnoho doobrizchyka zalyshkiv hychky / M. V. Smal', O. O. Herasymchuk, V. M. Baranovs'kyy // Zb. nauk. prats' Vinnyts'koho natsion. ahrar. un-tu. Seriya: Tekhnichni nauky. – Vinnytsya : VNAU, 2012. – Vyp. 11. – T. 1 (65). – S. 206–212.