

DOI 10.26886/2414-634X.3(55)2022.1

UDC: 631.361

STUDIES OF THE MASS OF ADHERING SOIL ON ROOT CROPS

Serhii Marynenko, PhD, Ass. Pr.

<https://orcid.org/0000-0002-5818-504X>

e-mail: marynenkosergij@gmail.com

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine, Ternopil

Ihor Koval, PhD, Ass. Pr.

<https://orcid.org/0000-0003-2075-2915>

e-mail: goracio@i.ua

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine, Ternopil

Oleh Huryk, PhD, Ass. Pr.

<https://orcid.org/0000-0003-3723-8584>

e-mail: gyrukoleg@ukr.net

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine, Ternopil

Oleh Korol

<https://orcid.org/0000-0002-2732-0472>

e-mail: Korol_oleh@ukr.net

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine, Ternopil

Adherent soil on dug root crops significantly reduces the quality of raw materials, or requires additional costs for the preparation of root crops for processing. The purpose of the research is to establish the functional dependence between the amounts of soil stuck on root crops depending on their agrobiological characteristics. The results of analytical-empirical studies on the determination of the mass of soil adhering to the lateral surface of the body of root crops on the basis of taking into account the correction factor are given. Dependencies were obtained that characterize the change in the mass of stuck soil on the parameters of root crops. The

results of the research are a prerequisite for justifying the parameters of the cleaning working bodies of the root harvesting machine.

Key words: excavation, digger, working bodies, experiment, correction coefficient, response surface.

кандидат технічних наук, доцент Мариненко С. Ю., кандидат технічних наук, доцент Коваль І. В., кандидат технічних наук, доцент Гурик О. Я., асистент Король О. І. Дослідження маси налиплого ґрунту на коренеплодах / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна, Тернопіль

Налиплий ґрунт на викопаних коренеплодах значно знижує якість сировини, або потребує додаткових витрат на підготовку коренеплодів до їх переробки. Мета дослідження – встановлення функціональної залежності між кількістю налиплого ґрунту на коренеплодах залежно від їх агробіологічних характеристик. Наведено результати аналітично-емпіричних досліджень уточнення маси налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла коренеплодів на основі врахування поправочного коефіцієнта. Одержано залежності, які характеризують зміну маси налиплого ґрунту від параметрів коренеплодів. Результати досліджень є передумовою для обґрунтування параметрів очисних робочих органів коренезбиральної машини.

Ключові слова: викопування, копач, робочі органи, експеримент, поправочний коефіцієнт, поверхня відгуку.

Постановка проблеми. Обґрунтування структури технологічно-компонувальних схем і параметрів робочих органів коренезбиральних машин повинно базуватися на основі більш глибокого аналізу з врахуванням агробіологічних характеристик і фізико-механічних

властивостей коренеплодів [1, с. 14-15; 2, с. 250-251; 3, с. 139-140].

З точки зору ідентифікації робочих органів для відокремлення домішок від коренеплодів, а особливо інтенсифікації очищення тіла коренеплодів від налиплого ґрунту, необхідно мати наукову уяву про такі характеристики агротехнічного стану коренеплоду, як можливість прогнозування маси налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла викопаних коренеплодів [4, с. 71-72; 5, с. 299]. Отримані результати наукових досліджень і їх подальший аналіз дозволить удосконалити методику обґрунтування параметрів очисних робочих органів коренезбиральних машин [6, с. 271-272; 7, с. 210].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень, які наведені у наукових працях [8, с. 169-171; 9, с. 10; 10, с. 320-323; 11, с. 20-22], як правило присвячені загальним принципам розробки аналітичних і регресійних моделей, які характеризують зміну маси налиплого ґрунту на поверхнях тіла коренеплодів. Аналіз праць показав, що відомі моделі не враховують тієї можливої частки налиплого ґрунту, яка відокремиться в процесі взаємодії коренеплодів з робочими органами під час їх викопування.

Формулювання мети статті та задач дослідження. Метою даних досліджень є встановлення функціональної залежності, яка характеризує характер зміни маси налиплого ґрунту на викопаних коренеплодах залежно від параметрів коренеплодів і глибини ходу викопувального робочого органу. Задачі дослідження – уточнити аналітичні залежності маси налиплого ґрунту на основі введення поправочного коефіцієнта.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі проведених теоретичних досліджень [9, с. 11-12] було одержано залежності, які характеризують зміну маси налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла коренеплодів кормових буряків конусної та циліндричної

форми залежно від розмірно-масових характеристик формалізованих геометричних форм коренеплодів і їх можливого залягання у ґрунті: коренеплід залягає у ґрунті на величину $1/3 \leq H_\rho \leq 2/3$ або $l_k + H_{1\rho}$ від загальної довжини коренеплоду L_k , що характерне більшості сортів кормових буряків:

$$m_{1a\rho} = \pi\rho\lambda_s \left\{ \frac{L_k^3 k_\rho^3 (1 - 0,25 \operatorname{tg} \alpha / 2)}{3(L_k k_\rho + \delta)^2} \left[2L_k k_\rho \delta + \delta^2 (1 + 0,25 \operatorname{tg} \alpha / 2) \right] \right\}; \quad (1)$$

$$m_{2a\rho} = \pi\rho\lambda_s \left\{ (L_k - H_1) \left[\frac{(0,5D_k + \delta)^2 (L_k - H_1)^2}{3(L_k - H_1 + \delta)^2} - 0,25D_k^2 \right] + \delta L_k k_\rho (D_k + \delta) \right\}; \quad (2)$$

$$m_{1b\rho} = \pi\rho\lambda_s L_k k_\rho \delta \left[\frac{L_k^2 k_\rho^2 (D_k + \delta) - D_k^2 (0,5L_k k_\rho + \delta)}{3(L_k k_\rho + \delta)^2} + D_k + \delta \right]; \quad (3)$$

$$m_{2b\rho} = \pi\rho\lambda_s \delta \left\{ \frac{L_k k_\rho}{3(H_{3\rho} + \delta)^2} \left[L_k^2 k_\rho^2 (D_k + \delta) - D_k^2 (0,5L_k k_\rho + \delta) \right] + (D_k + \delta)(L_k - H_1) \right\}, \quad (4)$$

де $m_{1a\rho}$, $m_{1b\rho}$, $m_{2a\rho}$, $m_{2b\rho}$ – відповідно, маса налиплого ґрунту на поверхні тіла формалізованих форм коренеплодів у першому та другому випадках залягання коренеплодів у ґрунті, ρ – питома маса ґрунту, г/см^3 ; λ_s – поправочний коефіцієнт; L_k – загальна довжина коренеплоду, см ; k_ρ – коефіцієнт пропорційності відношення H_ρ / L_k , де H_ρ – глибина залягання коренеплоду у ґрунті, см ; α – кут конуса росту коренеплоду, град ; δ – товщина шару налиплого ґрунту, см ; D_k – діаметр коренеплоду, см ; H_1 – висота головки коренеплоду, см ; $H_{3\rho}$ – висота шару налиплого ґрунту, см .

Уточнення теоретичних залежностей (1)-(4), які характеризують масу налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла кормових буряків провели шляхом визначення та обґрунтування поправочного коефіцієнта λ_s , який визначали за результатами експериментальних

досліджень. Експерименти провели на основі побудови та реалізації експерименту типу ПФЕ 3². Загальний вигляд агрегату для викопування коренеплодів наведено на рис. 1а.

Коренеплоди кормових буряків (рис. 1б) після викопування відбирали з утвореного валка, при цьому обробку одержаного масиву експериментальних даних провели згідно [12, с. 45-51]. На першому етапі обробки одержаного масиву експериментальних даних провели дослідження характеру зміни поправочного коефіцієнта λ_s .

Після визначення коефіцієнтів і їх статистичної значущості було одержано кінцевий вигляд рівняння регресії зміни поправочного коефіцієнта λ_s залежно від коефіцієнта пропорційності k_p і загальної довжини коренеплоду L_k у натуральних величинах, як функціонала

$$\lambda_s = f(k_p; L_k), \text{ тобто}$$

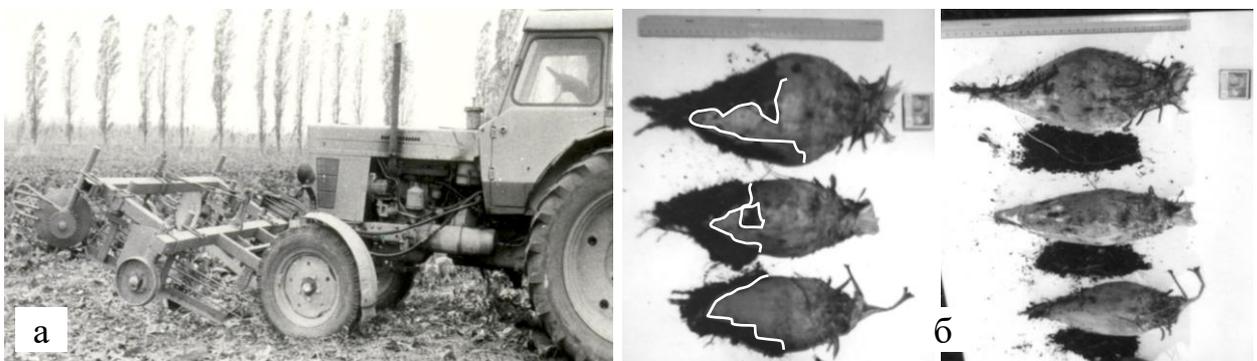


Рис. 1. Загальний вигляд: а – агрегату для викопування кормових буряків; б – коренеплоди після викопування

$$\lambda_s = 0,28 + 0,77k_p - 0,02L_k - 0,04k_pL_k + 0,0002L_k^2. \quad (3)$$

Аналіз одержаних рівнянь регресії показує, що основний масив значень поправочного коефіцієнта λ_s знаходиться у межах 0,6...0,7, при цьому $\lambda_s \cong 0,66$ забезпечується для $0,5 \leq k_p \leq 0,7$ і $L_k \cong 18,0$ см; 15

$\leq L_k \leq 25$ (см) і $k_p \cong 0,6 \dots 0,63$ (рис. 2).

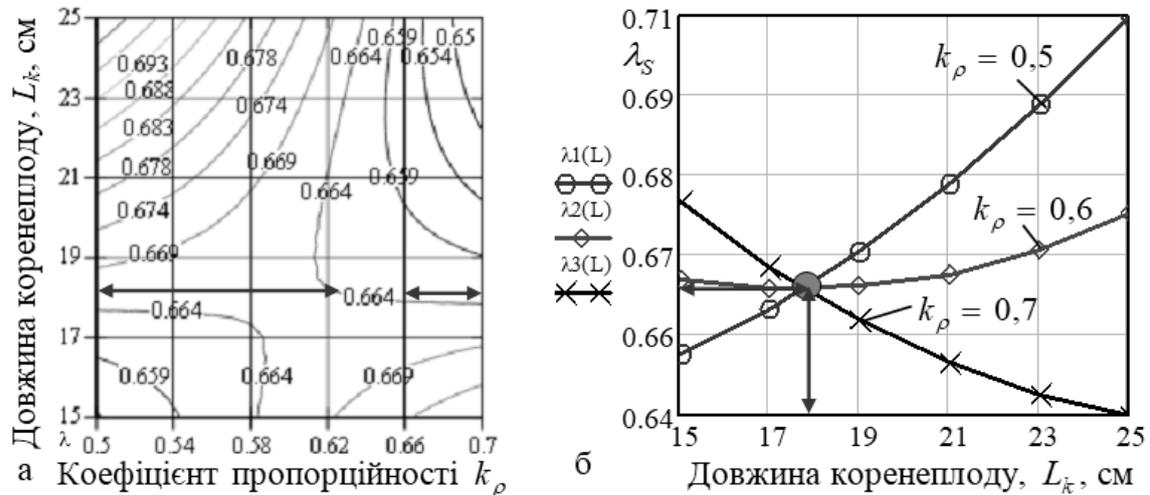


Рис. 2. Залежність зміни поправочного коефіцієнта λ_s :

а – залежність $\lambda_s = f(k_p; L_k)$; б – залежність $\lambda_s = f(L_k)$

Крім того, характер зміни коефіцієнта λ_s від окремих діючих факторів відбувається по різному. При збільшенні довжини коренеплодів L_k і значенні коефіцієнта $k_p = 0,5$ та його подальшому збільшенні і значенні $L_k \leq 15$ см коефіцієнт λ_s , відповідно, зростає від 0,66 до 0,71 (рис. 2а; рис. 2б, крива $\lambda_1(L)$) та від 0,66 до 0,68 (рис. 2а).

При значенні $k_p = 0,6$ коефіцієнт пропорційності λ_s збільшується у незначних межах – від 0,66 до 0,67 (рис. 2б, крива $\lambda_2(L)$), а при значенні $k_p = 0,7$ значно зменшується – від 0,68 до 0,64 (рис. 2б, крива $\lambda_3(L)$).

На другому етапі провели визначення конкретного значення поправочного коефіцієнта λ_s , який вираховували як числове відношення значень m_{1ap}^e граничних точок композиційного плану ПФЕ 3^2 до теоретичних значень m'_{1ap} відповідних точок.

Одержані значення λ_s заносили у графі відповідних граничних точок композиційного плану ПФЕ 3^2 .

У результаті обробки експериментальних даних отримали кінцеве рівняння регресії λ_s у натуральних величинах, яке характеризує вплив двох змінних факторів на параметр оптимізації як функціонал

$$\lambda_s = m_{1ap}^e / m_{1ap}' = f(k_p; L_k) / m_{1ap}'$$

$$\lambda_s = 0,78 - 0,1k_p + 0,004L_k - 0,0004L_k^2. \quad (5)$$

Згідно рівняння (5) побудовано поверхню відгуку λ_s у межах зміни $0,5 \leq k_p \leq 0,7$; $15 \leq L_k \leq 25$ (см), при цьому зміна λ_s має зворотно пропорційний характер – зі збільшенням k_p і довжини L_k поправочний коефіцієнт λ_s зменшується від 0,7 до 0,56 (рис. 3), причому зміна λ_s , залежно від симетричної зміни k_p , має виражений асиметричний характер зміни – λ_s зменшується на постійну величину $\Delta\lambda_s = const \cong 0,1$ (рис. 4).

Залежно від довжини кормових буряків поправочний коефіцієнт λ_s змінюється таким чином: для $L_k = 15$ см – у межах 0,68...0,7 (середнє значення $\lambda_{Sc}^{15} = 0,69$); для $L_k = 20$ см – у межах 0,63...0,65 (середнє значення $\lambda_{Sc}^{20} = 0,64$); для $L_k = 25$ см – у межах 0,56...0,58 (середнє значення $\lambda_{Sc}^{25} = 0,57$ (рис. 4).

Тоді уточнені узагальнені теоретичні залежності, яка характеризує зміну маси налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла кормових буряків конусної форми m_{1ap}^i після їх викопування мають вигляд:

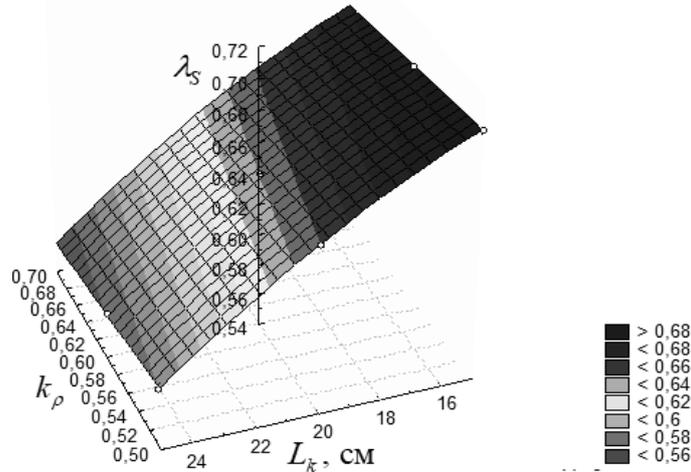


Рис. 3. Поверхня відгуку $\lambda_S = m_{1a\rho}^e / m'_{1a\rho} = f(k_\rho; L_k) / m'_{1a\rho}$

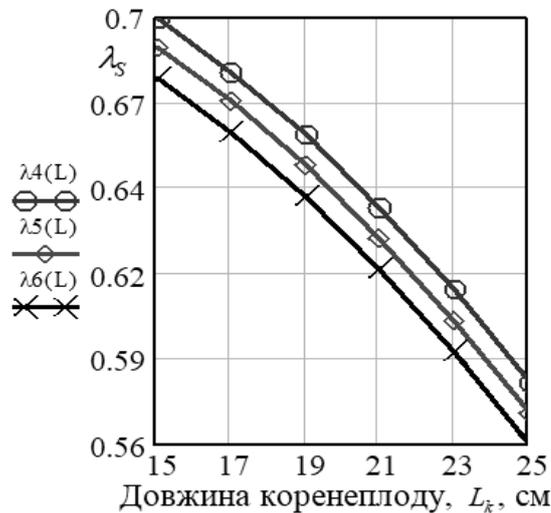


Рис. 4. Залежність зміни $\lambda_S = f(L_k) / m'_{1a\rho}$

$$\left. \begin{aligned}
 m_{1a\rho}^{15} &= \pi\rho(0,68\dots0,7) \left\{ \frac{L_k^3 k_\rho^3 (1 - 0,25 \operatorname{tg} \phi / 2)}{3(L_k k_\rho + \delta)^2} [2L_k k_\rho \delta + \delta^2 (1 + 0,25 \operatorname{tg} \phi / 2)] \right\}; \\
 m_{1a\rho}^{20} &= \pi\rho(0,63\dots0,65) \left\{ \frac{L_k^3 k_\rho^3 (1 - 0,25 \operatorname{tg} \phi / 2)}{3(L_k k_\rho + \delta)^2} [2L_k k_\rho \delta + \delta^2 (1 + 0,25 \operatorname{tg} \phi / 2)] \right\}; \\
 m_{1a\rho}^{25} &= \pi\rho(0,56\dots0,58) \left\{ \frac{L_k^3 k_\rho^3 (1 - 0,25 \operatorname{tg} \phi / 2)}{3(L_k k_\rho + \delta)^2} [2L_k k_\rho \delta + \delta^2 (1 + 0,25 \operatorname{tg} \phi / 2)] \right\}
 \end{aligned} \right\} . \quad (6)$$

Для практичного використання залежностей (6) при визначенні теоретичного значення маси $m_{1a\rho}$ кормових буряків конусної форми, які

залягають у ґрунті на відстані $(1/2...2/3)L_k$ ($k_\rho = 0,5...0,67$), можна застосувати усереднене значення поправочного коефіцієнта $\lambda_{sc} = 0,63$.

Тоді узагальнена залежність, яка характеризує зміну теоретичного значення маси налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла кормових буряків m_{1ap} має вигляд:

$$m_{1ap} = 0,63\pi\rho \left\{ \frac{L_k^3 k_\rho^3 (1 - 0,25tg\varphi / 2)}{3(L_k k_\rho + \delta)^2} [2L_k k_\rho \delta + \delta^2 (1 + 0,25tg\varphi / 2)] \right\}. \quad (7)$$

Аналіз побудованої теоретичної (згідно з (1)) та експериментальної (згідно з (7)) залежностей зміни маси налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла кормових буряків після їх викопування показує, що розбіжність значень маси налиплого ґрунту, отриманих теоретично m_{1ap} та експериментально m_{1ap}^e знаходиться у межах 7,0...12,5 % (рис. 5).

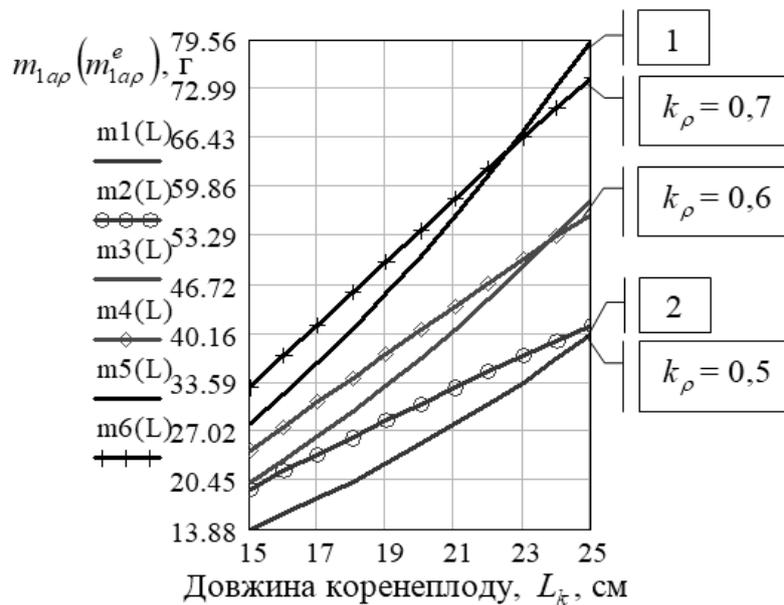


Рис. 5. Залежність зміни маси налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла кормових буряків конусної форми після їх викопування:

1 – теоретичне значення, $m_{1ap} = f(L_k)$;

2 – експериментальне значення, $m_{1ap}^e = f(L_k)$

Висновки. Встановлено, що масив значень λ_s знаходяться у

межах $0,6 \dots 0,7$, а середнє значення $\lambda_s \cong 0,66$ забезпечується у межах зміни $0,5 \leq k_p \leq 0,7$ і $L_k \cong 18,0$ см та при зміні довжини коренеплодів у межах $15 \leq L_k \leq 25$ (см) і значення $k_p \cong 0,6 \dots 0,63$.

Отримані уточнені аналітичні залежності маси налиплого ґрунту на поверхні тіла викопаних коренеплодів є передумовою (вихідними даними) для подальшого проведення теоретично-експериментальних досліджень робочих органів очисних систем коренезбиральних машин з метою розрахунку їх параметрів і режимів роботи.

Література:

1. Барановський В. М. (2014). *Основи розробки адаптованих транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин* : монографія / [В. М. Барановський, М. І. Підгурський, М. Р. Паньків та ін.]. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя.
2. Барановський В. М. (2005). *Конструктивно-технологічні принципи адаптизації транспортно-очисного комбінованого очисного робочого органа коренезбиральних машин*. Сільськогосподарські машини, 13, 18-24.
3. Baranovsky V., Pankiv M., Dubchak N. (2017). *Experimental research of stripping the leaves from root crops*. Acta Technologica Agriculturae, 20, 3, 69-73.
4. Рамш В. Ю., Барановський В. М., Паньків М. Р., Герасимчук Г. А. (2011). *Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів*. Наукові нотатки, 31, 298-305.
5. Потапенко М. В., Барановський В. М. (2016). *Вдосконалення очисних систем вороху коренеплодів цикорію*. Scientific journal. Innovative solutions in modern science, 1(1), 138-146.
6. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. (2005). *Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку:*

підручник: за ред. Д. Г. Войтюка // Д. Г. Войтук, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. К.: Вища освіта.

7. Барановський В. М., Соломка В. О., Онищенко В. Б. (2001). *Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра*. Вісник ХДТУСГ, 8(2), 209-215.

8. Барановський В. М., Войтук Д. Г., Кропивко С. В. (2003). Прогнозування кількості ґрунту на поверхні тіла коренеплоду: "MOTRO'L 03", матеріали IV Міжн. наук.-техн. конф. (Люблін-Київ), 6, 164-172.

9. Барановський В. М., Войтук Д. Г., Виговський А.Ю. (2004). *Аналітичні дослідження маси налиплого ґрунту на поверхні тіла викопаних коренеплодів*. Вібрації в техніці та технологіях, 3, 9-12.

10. Дубчак Н. А., Барановський В. М., Онищенко В. Б. (2008). *Математичні моделі маси налиплого ґрунту на коренеплодах кормових буряків*. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження, 12(2), 314-326.

11. Барановський В. М. (2013). *Транспортно-технологічні системи очисних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини*. Сільськогосподарські машини, 24, 18-29.

12. Василенко П. М., Погорелый Л. В. (1985). *Основы научных исследований*. К.: Вища школа.

References:

1. Baranovskyi V. M. (2014). *Osnovy rozrobky adaptovanykh transportno-tekhnolohichnykh system korenezbyralnykh mashyn : monohrafiia* / [V. M. Baranovskyi, M. I. Pidhurskyi, M. R. Pankiv ta in.]. Ternopil : Vyd-vo TNTU imeni Ivana Puliuia. [in Ukrainian].

2. Baranovskyi V. M. (2005). *Konstruktyvno-tekhnolohichni pryntsypy adaptyzatsii transportno-ochysnoho kombinovanoho ochysnoho robochoho orhana korenezbyralnykh mashyn*. Silskohospodarski mashyny, 13, 18-24.

[in Ukrainian].

3. Baranovsky V., Pankiv M., Dubchak N. (2017). *Experimental research of stripping the leaves from root crops*. Acta Technologica Agriculturae, 20, 3, 69-73. [in English].

4. Ramsh V. Yu., Baranovskyi V. M., Pankiv M. R., Herasymchuk H. A. (2011). Analiz tendentsii rozvytku robochykh orhaniv dlia separatsii vorokhu koreneplodiv. Naukovi notatky, 31, 298-305. [in Ukrainian].

5. Potapenko M. V., Baranovskyi V. M. (2016). Vdoskonalennia ochysnykh system vorokhu koreneplodiv tsykoriiu. Scientific journal. Innovative solutions in modern science, 1(1), 138-146. [in Ukrainian].

6. Voitiuk D. H., Baranovskyi V. M., Bulhakov V. M. (2005). Silskohospodarski mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku: pidruchnyk : za red. D. H. Voitiuka // D. H. Voitiuk, V. M. Baranovskyi, V. M. Bulhakov ta in. K.: Vyshcha osvita. [in Ukrainian].

7. Baranovskyi V. M., Solomka V. O., Onyshchenko V. B. (2001). Vybir parametriv pry konstruiuvanni hvyntovoho konveiera. Visnyk KhDTUSH, 8(2), 209-215. [in Ukrainian].

8. Baranovskyi V. M., Voitiuk D. H., Kropyvko S. V. (2003). Prohnozuvannia kilkosti hruntu na poverkhni tila koreneplodu: "MOTROL 03", materialy IV Mizhn. nauk.-tekhn. konf. (Liublin-Kyiv), 6, 164-172. [in Ukrainian].

9. Baranovskyi V. M., Voitiuk D. H., Vyhovskyi A.Iu. (2004). Analitychni doslidzhennia masy nalyploho hruntu na poverkhni tila vykopanykh koreneplodiv. Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh, 3, 9-12. [in Ukrainian].

10. Dubchak N. A., Baranovskyi V. M., Onyshchenko V. B. (2008). Matematychni modeli masy nalyploho hruntu na koreneplodakh kormovykh buriakiv. Visnyk Lvivskoho. natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahroinzhenereni doslidzhennia, 12(2), 314-326. [in Ukrainian].

11. Baranovskyi V. M. (2013). Transportno-tekhnolohichni systemy ochysnykh robochykh orhaniv adaptovanoi korenezbyralnoi mashyny.

Silskohospodarski mashyny, 24, 18-29. [in Ukrainian].

12. Vasilenko P. M., Pogorelyj L. V. (1985). Osnovy nauchnyh issledovanij. K.: Vishha shkola. [in Russian].

Citation: Serhii Marynenko, Ihor Koval, Oleh Huryk, Oleh Korol (2022). Studies of the mass of adhering soil on root crops. New York. TK Meganom LLC. Innovative Solutions in Modern Science. 3(55). doi: 10.26886/2414-634X.3(55)2022.1

Copyright: Serhii Marynenko, Ihor Koval, Oleh Huryk, Oleh Korol ©. 2022. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.