

**УДК.631.312.68**

**ОБҐРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СКОБИ  
ПЛУГА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР**

Караєв О.Г., член – кор. МААО , д.т.н.

Матковський О.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. +380973282788

e-mail: aimatkovski@mail.ru

**Анотація** – Наведена методика визначення кінематичних параметрів роботи скоби плуга ПВС-1 для викопування саджанців плодкових культур. Отримано залежності швидкості та прискорення викопувальної скоби від часу руху ґрунту по її поверхні, які визначають режим роботи скоби з підкиданням ґрунту та кореневої системи саджанців.

**Ключові слова** – викопувальний плуг, викопувальна скоба, режими коливань, викопування саджанців.

**Постановка проблеми.** Виробничі випробування експериментально-го зразка плуга ПВС-1 з коливальним робочим органом, який призначено для викопування однорічних та дворічних саджанців з одночасним розпушенням ґрунту навколо їх коріння були проведені в дослідному господарстві "Мелітопольське" Інституту зрошувального садівництва. При викопуванні дворічних саджанців яблуні на ґрунтах з твердістю в шарах 1,35...1,38 МПа наробіток на відмову склав 0,25 години. Відмова класифікувалась за третьою групою складності (злом шийки ексцентрикового вала), тобто подальше випробування було неможливе, тому потрібно провести дослідження умов роботи викопувальної скоби. Виникнення такою відмови обумовлено не достатнім обґрунтуванням кінематичного режиму роботи викопувальної скоби, умов різання ґрунту, які не забезпечували задній кут різання. Виникає потреба з розгляду процесу різання викопувальною скобою ґрунтового масиву з саджанцями для забезпечення надійності роботи плуга.

**Аналіз останніх досліджень.** В дослідженнями стосовно використання вібраційних і імпульсних методів інтенсифікації технологічних процесів обробки ґрунту відмічається доцільність створення вібраційних сільсько-

господарських машин. Теоретичними і експериментальними дослідженнями [1-6] встановлено, що вібраційні робочі органи для руйнування ґрунтового пласта поліпшують якість обробки ґрунту та при незначному підвищенні енерговитрат на їх привід відбувається зниження тягового опору знарядь, особливо на ґрунтах важкого механічного складу.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Обґрунтувати кінематичні параметри коливань викопувальної скоби для режимів роботи з підкиданням ґрунту з саджанцем.

*Основна частина.* З метою усунення виявлених недоліків пропонується внести зміни в конструкцію приводу робочого органу. Потрібно встановлення кінематичних характеристик качань викопувальної скобою з метою визначення режимів підкопування саджанців. Для збудження качань скоби застосувати існуючий ексцентриковий вузол, який буде передавати їх через важіль, приєднаний до стояка робочого органу. Останній буде коливатись навколо нової осі, розташованої між важелем і стояком. Запропоновану конструктивно-технологічну схему наведено на рис. 1.

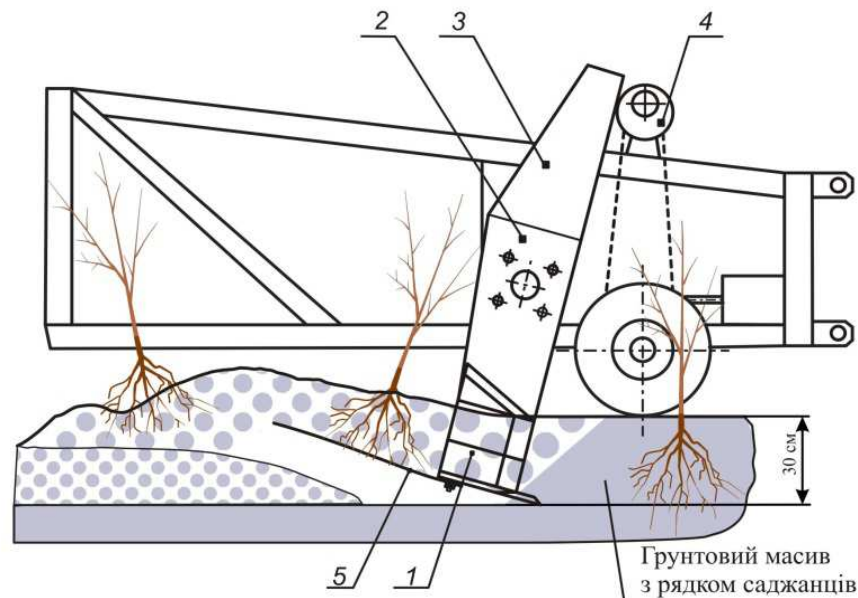


Рисунок 1 – Конструктивно - технологічна схема викопувального плуга ПВС - 1М: 1 - рама; 2 - ексцентриковий механізм; 3 - стійка; 4 - викопувальна скоба; 5 - розпушувач.

Складові робочого органу плуга та його приводу наведено на кінематичній схемі (рис. 2). Привід викопувальної скоби 1 вміщує приводний вал з встановленим на ньому ексцентриковим механізмом 4, який взаємодіє з важелем 3 приєднаним до стійки 2 з викопувальною скобою.

Від дії ексцентрикового механізму викопувальна скоба здійснює качання навколо осі  $O_2$  під час обертання приводного вала.

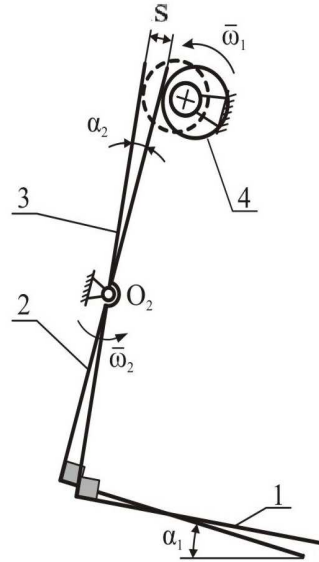


Рисунок 2 – Кінематична схема приводу робочого органу плуга: 1 – викопувальна скоба ( $l_1$ ); 2 – стійка ( $l_2$ ); 3 – важіль ( $l_3$ ); 4 – ексцентриковий механізм;  $\alpha_1$  – кут встановлення поверхні скоби до горизонту;  $\alpha_2$  – кут качань важеля.

Зміна відстані між крайніми положеннями важеля під час обертання ексцентрикового механізму складе

$$s = e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t)), \quad (1)$$

де  $e$  - величина ексцентриситету;

$\omega_1$  - кутова швидкість ексцентрика;

$t$  - час обертання ексцентрика.

Швидкість важеля в місці взаємодії з ексцентриком визначимо обчисленням першої похідної формули (1)

$$v = e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \quad (2)$$

Колова частота коливань дорівнює

$$\omega_2 = \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l_3}, \quad (3)$$

де  $l_3$  - довжина важеля.

Дослідження качання робочого органу плуга для визначення режиму руху викопувальної скоби з підкиданням ґрунтової скиби з саджанцем.

Переміщення ґрунтової скиби з саджанцем по поверхні викопувальної скоби плуга здійснюється за рахунок рухомої сили, яка виникає як ре-

кція з боку незруйнованого ґрунтового масиву під час підкопування саджанців. Ґрунтова скиба з саджанцем потребує достатнього розпушення під час руху по поверхні викопувальної скоби для забезпечення оптимальних умов праці робітників на витягуванні саджанців з підкопаного ґрунту за показниками важкості трудового процесу.

Достатнього ступеня розпушення ґрунтової скиби можна досягти, якщо поверхня скоби, по якій вона рухається, качається завдяки чого відбувається більш інтенсивне розпушення ґрунту.

Будемо розглядати тільки рух ґрунтової скиби, тому що маса саджанця значно менша у порівнянні до неї. Для дослідження руху ґрунтової скиби по викопувальній скобі прийнемо такі припущення:

- а) ґрунтову скибу приймаємо як матеріальну точку (далі частку ґрунту);
- б) частка ґрунту сходить з поверхні скоби без виникнення реакції з боку її поверхні.

Переміщення частки ґрунту складається з відносного та переносного руху. Качання скоби надає частки ґрунту поворотний переносний рух.

Приймаємо систему координат  $xOy$  (ліва система координат) (рис. 3), яка є рухомою відносно інерційної системи  $XOY$ .

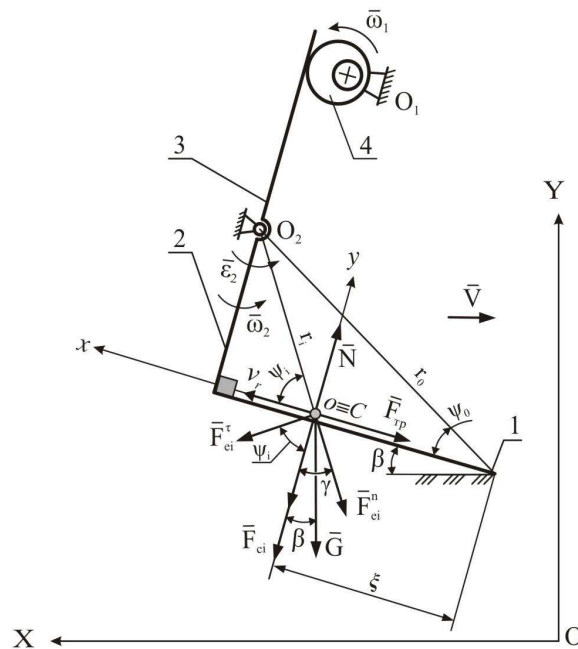


Рисунок 3 – Схема сил, які діють на частку ґрунту (т. С) при переміщенні по поверхні викопувальної скоби під час качання угору: 1 – викопувальна скоба; 2 – стійка; 3 – важіль; 4 – ексцентриковий механізм.

Переміщення частки ґрунту (т. С) від качання викопувальної скоби у порівнянні з переміщенням від руху агрегату (трактора з викопувальним

плугом) має малу величину, тому його не враховуємо. Величина ексцентриситету знаходиться в межах від 0,005 - 0,015 м [1].

Геометричне співвідношення кутів та положення частки ґрунту (т. С) при переміщенні по скобі в кожен момент часу визначаються наступними рівняннями:

поточна координата частки ґрунту на поверхні викопувальної скоби

$$\xi = v_r \cdot t; \quad (4)$$

поточне значення кута між поверхнею викопувальної скоби та радіусом  $r_i$  дорівнює

$$\psi_i = \arcsin\left(\frac{l_2}{r_i}\right); \quad (5)$$

поточне значення радіуса

$$r_i = \sqrt{r_0^2 + (v_r \cdot t)^2 - 2 \cdot r_0 \cdot (v_r \cdot t) \cdot \cos \psi_0}, \quad (6)$$

де  $r_0$  - початковий радіус качань, м;

$\gamma_0$  - початковий кут нахилу радіуса  $r_0$ , м.

Поточне значення кута  $\psi_i$  складе

$$\psi_i = \arcsin\left(\frac{l_2}{\sqrt{r_0^2 + (v_r \cdot t)^2 - 2r_0 \cdot (v_r \cdot t) \cdot \cos \psi_0}}\right). \quad (7)$$

Диференційне рівняння руху частки ґрунту в проекції на вісь у буде наступним

$$m y = N - F_{ei}^{\tau} \cos \psi - F_{ei}^n \cos \gamma - F_{ci} - G \cos \beta. \quad (8)$$

Підкидання частки ґрунту скобою відбудеться за такими кінематичними характеристиками качання поверхні викопувальної скоби [7, 8]:

1) величина нормального прискорення викопувальної скоби повинна бути більшою за прискорення сили тяжіння;

2) напрям нормального прискорення викопувальної скоби має бути спрямованим донизу;

3) напрям лінійної швидкості має бути спрямованим угору.

Складові рівняння (8) визначаються за наступними формулами:

дотична переносна сила інерції

$$F_{ei}^{\tau} = m \frac{e \omega_1^2 \cos(\omega_1 t)}{l_3} r_i; \quad (9)$$

нормальна переносна сила інерції

$$F_{ei}^n = m \left( \frac{e \omega_1 \sin(\omega_1 t)}{l_3} \right)^2 r_i \cos \gamma_i \quad (10)$$

де  $\gamma_i = \frac{\pi}{2} - \psi_i = \sin \psi_i$ ;

сила інерції Кориоліса

$$F_{ci} = 2m \frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t)}{l_3} v_r; \quad (11)$$

сила тяжіння

$$G = mg \cos \beta, \quad (12)$$

де  $\beta$  - кут поточного положення скоби до горизонту, рад ( $\beta = \alpha_1 + \alpha_2$ ),

де  $\alpha_1$  - кут початкового положення скоби до горизонту).

Кут качання визначається за формулою

$$\alpha_2 = \frac{s}{l_3}.$$

Частка ґрунту під час качання скоби залишається на поверхні при  $N > 0$ . Якщо ця умова не виконується, то частка ґрунту відривається від поверхні скоби під час руху вниз, а рівняння прискорення за формулою (8) з урахуванням  $y = a^n$  складових буде мати вигляд

$$a^n = \frac{e\omega_1^2 \cos(\omega_1 t)}{l_3} r_i + \left( \frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t)}{l_3} \right)^2 \cdot r_i \cos \gamma_i + \\ + 2 \frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t)}{l_3} \cdot v_r - g \cos \left( \alpha_1 - \frac{e(1 - \cos(\omega_1 t))}{l_3} \right) \quad (13)$$

Для моменту часу коли  $\omega_1 t = 2\pi$  і малості кута  $\alpha_2$  рівняння (13) прийме вигляд

$$a^n = \frac{e\omega_1^2}{l_3} r_i - g \cos \alpha_1 \quad (14)$$

Динамічна рівновага в момент відриву частки ґрунту від поверхні скоби з урахуванням першої умови її підкидання при  $y = 0$  буде досягатися за умови виконання нерівності

$$\frac{e\omega_1^2}{l_3} r_i > g \cos \alpha_1 \quad (15)$$

Під час взаємодії скоби з часткою ґрунту вона здійснює декілька качань. Потрібну кутову швидкість для одного качання скоби знайдемо з виразу

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{t_1}, \quad (16)$$

де  $t_1$  - час тривалості одного качання скоби, с.

Час тривалості одного качання скоби дорівнює

$$t_1 = \frac{l_1}{v_r \cdot n}, \quad (17)$$

де  $n$  кількість качань скоби за час взаємодії з часткою ґрунту.  
Тоді кутова швидкість

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{l_1}, \quad (18)$$

а рівняння (15) прийме такий вид

$$\frac{e \left( \frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{l_1} \right)^2}{l_3} \cdot r_i > g \cos \alpha_1. \quad (19)$$

Ексцентриситет можна визначити з формули (19) за такою нерівністю

$$e > \frac{g \cdot \cos(\alpha_1) \cdot l_3}{\left( \frac{2\pi \cdot n \cdot v_r}{l_1} \right)^2 r_i}. \quad (20)$$

Для з'ясування напрямів нормального прискорення і швидкості поверхні викопувальної скоби, а також умови 1) побудуємо їх сумісний графік.

Швидкість руху точок поверхні викопувальної скоби здійснимо за формулою

$$v = e \left( \frac{2\eta \cdot n \cdot v_r}{l_1} \right) \sin \left( \frac{2\eta \cdot n \cdot v_r \cdot t}{l_1} \right) l_3 r_i \quad (21)$$

Для вибору кінематичних параметрів роботи викопувальної скоби отримані залежності кількості качань скоби від її кутової швидкості (рис.4), з якої максимальна кількість підкидань  $n = 7$  та від швидкості руху агрегату (у складі з трактором ДТ-75Н) (рис. 5), де визначено інтервал значень ексцентриситету (від 3 до 14 мм).

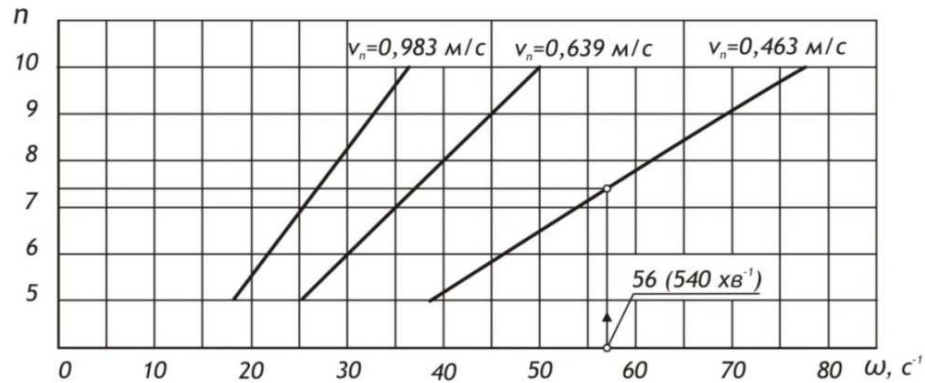


Рисунок 4 – Залежність величини кутової швидкості  $\omega$  від кількості качань  $n$  для різних швидкостей викопувального плуга  $v_n$ .

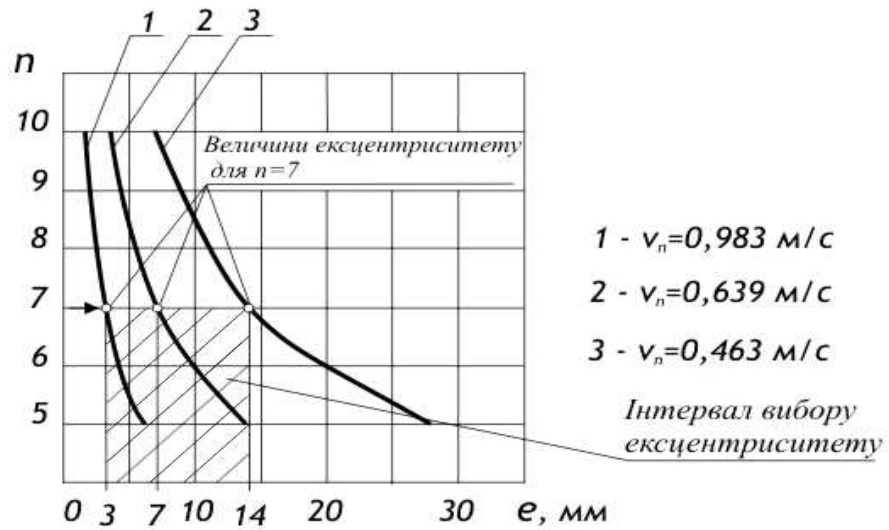


Рисунок - 5. Залежність величини ексцентриситету  $e$  від кількості качань  $n$  для різних швидкостей викопувального плуга.

Обчислення значень швидкості  $v$  та прискорення поверхні  $a^n$  за входніми даними:  $r_0 = 0,67$  м,  $v_n = 0,6$  м/с;  $\gamma = 58^\circ$ ;  $l_1 = 0,5$  м;  $\omega = 56$  с<sup>-1</sup>;  $l_2 = 0,6$  м;  $l_3 = 0,8$  м;  $e = 7$  мм;  $n = 7$ ;  $\alpha_1 = 15^\circ$ ;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>. За результатами обчислень побудовано залежності, які наведено на рис. 6.

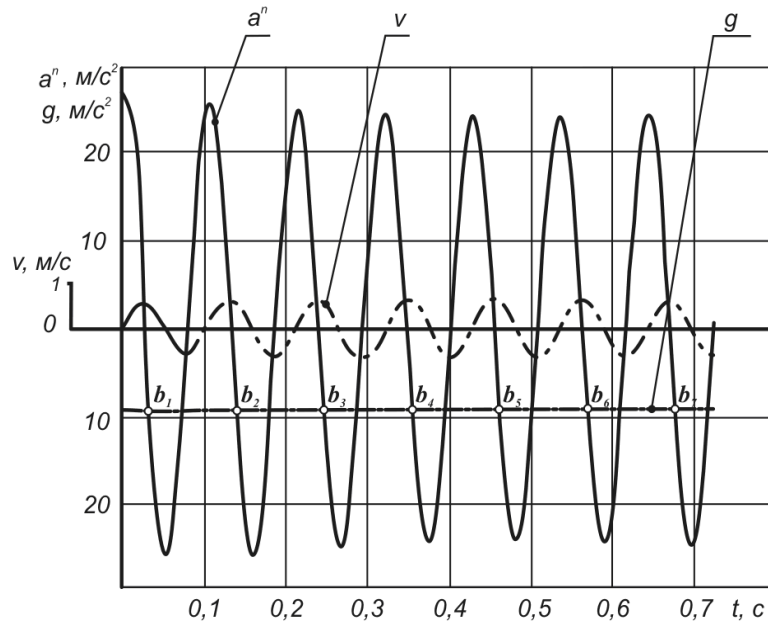


Рисунок 6 – Зміни швидкості  $v$  та прискорення поверхні розпушувача  $a^n$  в залежності від часу по довжині скоби.

З залежностей (рис. 6) видно, що підкидання частки ґрунту відбувається в точках  $b_1$ - $b_7$ . Тобто  $n = 7$ , що свідчить про достовірність отриманих залежностей (13), (21).

Програмою досліджень було передбачено виготовлення експериментального робочого органу і проведення лабораторно-польових випробу-



вань експериментального зразка плуга ПВС-2М в умовах розсадника ДПДГ «Мелітопольське» (рис. 7).

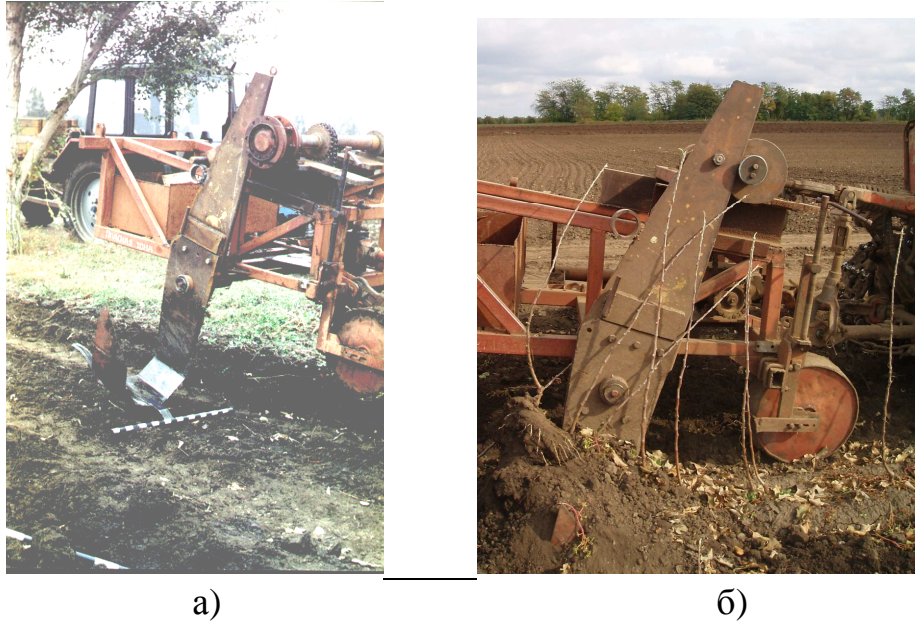


Рисунок 7 – Викопувальний плуг ПВС-2М.: а) загальний вигляд плуга б) процес викопування саджанців.

Метою досліджу встановлено визначення дійсних значень витрат матеріальних і енергетичних ресурсів, часу та якості викопування саджанців шляхом їх вимірювання у виробничих умовах. Вимірюванню підлягали такі параметри: тяговий опір; крутного моменту; витрат пального; якості кореневої системи саджанців.

Результати вимірювань енерговитрат наведені таблиці.

Енергетична оцінка викопування саджанців, кВт

Марка плуга	Витрати потужності двигуна трактора на			Сумарна потужність	Витрати пального, л/год.	Питома потужність Вт год./ шт .
	привод скоби	переміщення плуга	самоперекочування			
ПВС-1	3,7	18,2	0,45	22,35	17,7	4,0
ПВС-2М	2,8	16,4	0,45	19,65	16	3,57

З таблиці видно, що сумарна потужність на викопування саджанців модернізованим плугом ПВС-2М знизилась на 25,8% в порівнянні з ПВС-1. При цьому, витрати пального зменшились на 9,6%, а енергомідкість саджанця за рахунок операції викопування знизилась на 10%.

За результатами агротехнічної оцінки відповідно до технічних вимог [9] пошкодження саджанців не перевищувало 1%, що відповідає вимогам.

Вигляд коренів після викопування наведено на рис. 8.



а)

б)

Рисунок 8 – Загальний вигляд коренів після викопування: а) корені саджанців яблуні; б) корені саджанців черешні.

За результатами агротехнічної оцінки відповідно до технічних вимог пошкодження саджанців не перевищувало 1%, що відповідає вимогам.

#### *Висновки.*

1. Встановлена залежності:

- величини кутової швидкості  $\omega$  від кількості качань  $n$  для різних швидкостей  $v_n$  викопувального плуга ПВС- 2М при агрегуванні з трактором ДТ-75Н;

- величини ексцентриситету  $e$  від кількості качань  $n$  для різних технологічних швидкостей агрегату;

- швидкості та прискорення викопувальної скоби (рис. 6), які підтверджують настання режимів роботи з підкиданням ґрунту.

2. Визначено, що за швидкості руху МТА 0,983 м/с, 0,639 м/с, 0,463 м/с і кутової швидкості приводного валу ексцентрика  $\omega = 56 \text{ с}^{-1}$  його ексцентриситет має знаходитись у межах від 3 мм до 14 мм. При цьому, траєкторія коливань руху скоби не має ділянок зворотного напрямку і на своїй довжині 0,5 м здійснює 7 вертикальних поштовхів ґрунту, за яких фаза його різання відбувається під час відриву ґрунтової скоби від поверхні скоби. Це обумовлює зниження витрат пального машинно-тракторним агрегатом на 2,6 л/год. у порівнянні зі скобою без коливань такого характеру.

4. Лабораторно-польові випробування експериментального зразка плуга ПВС-2М з визначення дійсних значень витрачання матеріальних і енергетичних ресурсів викопування саджанців встановили зменшення сумарної потужності на викопування на 25,8 % у порівнянні ПВС-1при забезпеченні нормативною якості саджанців.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Клиновой С.И. Обоснование технологического процесса выкопки саженцев и параметров вибрационного копателя: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.20.01/ Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства. – М., 1993. – 25с.
2. Дубровский А.А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. - М: Машиностроение, 1968. – 204 с.
3. Сельскохозяйственные машины и орудия // Механизация выкопки семян и саженцев различных культур. – М., 1985. – Вып.6.
4. Макарьин Ю.И., Апищенко А.М. Вибрационные машины для выкопки саженцев // Техника в сельском хозяйстве, 1983 - №4. – С.34.
5. Фришев С.Г. Обоснование и разработка технологического комплекса машин для возделывания посадочного материала плодовых культур: Автореф. дис. док. тех. наук: 05.20.01/ Институт садоводства Украинской академии аграрных наук.- Киев, 1998.– 35с
6. Караев О.Г. Випробування плуга для викопування саджанців плодовых культур // Праці ТДАТА, Мелітополь. – 2001 – Вип.1. – Т. 22. – С. 85-89.
7. Диденко Н. Ф. Машины для уборки овощей / Н. Ф. Диденко, В. А. Хвостов, В. П. Медведев. – М : Машиностроение, 1973. – 208 с.
8. Петров Г. Д. Картофелеуборочные машины / Г. Д. Петров. – М. : Машиностроение, 1972. – 400 с.
9. ДСТУ 4792:2007 Саджанці плодовых культур. Методи визначення якості. – Введ. 01.07.2007. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 18 с.

## ОБҐРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СКОБИ ПЛУГА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

## THE SUBSTANTIATION OF THE KINEMATIC PARAMETERS OF THE OSCILLATIONS OF THE DIGGING CLIP OF EXCAVATING PLOUGH PEG-1

Karaiev O.G. Matkovsky O.I.

*Анотація* – Наведена методика визначення кінематичних параметрів роботи скоби плуга ПВС-1 для викопування саджанців плодовых культур. Отримано залежності швидкості та прискорення викопувальної скоби від часу руху ґрунту по її поверхні, які визначають режим роботи скоби з підкиданням ґрунту та кореневої системи саджанців.

*Ключові слова* – викопувальний плуг, викопувальна скоба, режими коливань, викопування саджанців.