

3. Глушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. / В.Г. Глушко – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.
4. Керівництво з питань проектного менеджменту. Пер. з англ. / [Під ред. Бушуєва С.Д. – 2-ге вид. перероб.] – К.: Видавничий дім «Деловая Украина», 2000. – 198 с.
5. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем. / О.В. Сидорчук – К.: ННЦ „ІМЕСГ” УААН, 2007. – 263 с.

Аннотация. Отмечена вероятностная сущность событий проектной среды. Раскрыто системные основания управления транспортными работами в проектах уборки сельскохозяйственных культур. Обосновано содержание задач управления уборочно-транспортными работами для разных управленческих процессов.

Ключевые слова: проект, управление, уборка, сельскохозяйственные культуры, транспортные работы, система.

Abstract. Probabilistic essence of events of project environment is marked. The system grounds of management transport works are exposed in the projects of collection of agricultural cultures. Maintenance of tasks of management collectively-transport works is reasonable for different administrative processes.

Key words: project, management, collection, agricultural cultures, transport works, system.

УДК 631.356.2

В.М. Булгаков, доктор технічних наук, член-кореспондент НААН,

І.В. Головач, кандидат фізико-математичних наук Національного університету біоресурсів і природокористування України,

Т.Д. Гуцол, кандидат технічних наук ПДАТУ

РОЗРАХУНОК КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВИЛУЧЕННЯ КОРЕНЕПЛОДУ З ҐРУНТУ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ ВИКОПУВАННІ

Визначено закон переміщення центра мас коренеплоду при безпосередньому вилученні з ґрунту та знайдено час вилучення коренеплоду з ґрунту для різних значень вихідних кінематичних параметрів виконання технологічного процесу вібраційного викопування коренеплодів цукрового буряку.

Ключові слова: коренеплід, вібраційний викопуючий робочий орган, ґрунт, диференціальні рівняння руху, час вилучення.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Вібраційне викопування коренеплодів цукрового буряку має ряд переваг в порівнянні з іншими способами викопування. Воно характеризується меншим пошкодженням коренеплодів, зниженням втрат врожаю при збиранні, більш інтенсивним очищенням коренеплодів від налиплого ґрунту, меншим захаращенням робочого русла копака ґрунтом та бур'янами. Тому саме цей технологічний процес потребує докладного аналітичного дослідження та подальшої розробки і впровадження вдосконалених вібраційних викопуючих органів.

Постановка проблеми. Фундаментальні теоретичні дослідження вібраційного викопування коренеплодів дають можливість науково обґрунтувати конструктивні і кінематичні параметри вібраційних викопуючих робочих органів. У свою чергу глибокий теоретичний аналіз будь-якого технологічного процесу можливий лише за наявності адекватних математичних моделей, що описують даний процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Фундаментальні теоретичні та експериментальні дослідження вібраційного викопування коренеплодів цукрових буряків були здійснені у праці [1]. Однак у даній праці процес безпосереднього вилучення коренеплодів цукрових буряків з ґрунту аналітично не досліджується, а вказано, що за додатково складеними рівняннями кінетостатики отримані умови їх викопування.

Значна кількість наукових (в основному експериментальних) результатів стосовно вібраційного викопування коренеплодів наведена у працях [2] і [3]. Проте математичної моделі вібраційного викопування коренеплоду цукрових буряків тут не наведено.

Подальший розвиток теорія вібраційного викопування коренеплодів отримала у працях [4-7]. Так, у праці [4] розроблена теорія вільних і вимушених повздовжніх коливань тіла коренеплоду, які виникають під дією вертикальної збурюючої сили.

У статтях [5, 6] розглядаються поперечні вільні і вимушені коливання тіла коренеплоду, які виникають під дією збурюючої сили, що спрямована у напрямку руху копака.

У праці [7] розроблена математична модель, що описує процес безпосереднього вилучення коренеплоду буряку з ґрунту, яке здійснюється під дією вертикальної збурюючої сили та тягового зусилля, що надаються йому від вібраційного викопуючого робочого органу. При цьому отримана система диференціальних рівнянь, розв'язування якої дало можливість знайти закон руху коренеплоду в процесі його безпосереднього вібраційного вилучення.

Мета дослідження. На базі математичної моделі безпосереднього вилучення коренеплоду з ґрунту, отриманої у роботі [7], побудувати алгоритм розрахунку кінематичних параметрів процесу безпосереднього вилучення коренеплоду та з його допомогою визначити необхідні кінематичні параметри виконання зазначеного технологічного процесу.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. У роботі [7] отримана система диференціальних рівнянь, яка моделює процес безпосереднього вилучення коренеплоду з ґрунту, що здійснюється під впливом вертикальної збурюючої сили та тягового зусилля, що надаються коренеплоду від вібраційного викопуючого робочого органу.

Дана система диференціальних рівнянь є системою лінійних диференціальних рівнянь другого порядку. Як відомо, вона розв'язується в квадратурах.

Початкові умови для даної системи диференціальних рівнянь мають наступний вигляд:

$$\text{при } t = 0: \quad \dot{x}_1 = 0, \quad \dot{z}_1 = 0, \quad x_1 = x_{10}, \quad z_1 = -\frac{1}{3}h_k. \quad (1)$$

Для спрощення запису системи диференціальних рівнянь (1) введемо наступні позначення.

$$\frac{1}{m_k} \left[\frac{\cos \delta \operatorname{tg} \gamma}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma + 1 + \operatorname{tg}^2 \beta}} + f \cos^2 \delta \sin \left(\gamma + \frac{\alpha_{K1 \max}}{2} \right) \sin \gamma + f \cos \delta \cos \left(\gamma + \frac{\alpha_{K1 \max}}{2} \right) \cos \gamma \right] = \phi_1, \quad (2)$$

$$\frac{2}{m_k} \left[\frac{\sin \gamma \operatorname{tg} \gamma}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma + 1 + \operatorname{tg}^2 \beta}} + f \sin^2 \gamma \sin \left(\gamma + \frac{\alpha_{K1 \max}}{2} \right) \cos \delta + f \sin \gamma \cos \gamma \cos \left(\gamma + \frac{\alpha_{K1 \max}}{2} \right) \right] = \psi_1, \quad (3)$$

$$\frac{1}{m_k} \left[\frac{\cos \delta \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma + 1 + \operatorname{tg}^2 \beta}} - f \cos \delta \sin \left(\gamma + \frac{\alpha_{K1 \max}}{2} \right) \sin \delta \right] = \phi_2, \quad (4)$$

$$\frac{2}{m_k} \left[\frac{\sin \gamma \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma + 1 + \operatorname{tg}^2 \beta}} - f \sin \gamma \sin \left(\gamma + \frac{\alpha_{K1 \max}}{2} \right) \sin \delta \right] = \psi_2. \quad (5)$$

Враховуючи вирази (2)-(5), система диференціальних рівнянь (1) набуде наступного вигляду:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_1 &= \phi_1 H \sin \omega t + \psi_1 P_1 - \frac{R_{x1}}{m_k}, \\ \ddot{z}_1 &= \phi_2 H \sin \omega t + \psi_2 P_1 - \frac{R_{z1}}{m_k} - g. \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

У результаті інтегрування системи диференціальних рівнянь (6) отримуємо закон переміщення центра мас коренеплоду у процесі його безпосереднього вилучення з ґрунту у напрямку осей O_{x1} та O_{z1} , тобто по ходу копака і вгору:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= -\frac{\phi_1 H}{\omega^2} \sin \omega t + \frac{\psi_1 P_1 t^2}{2} - \frac{R_{x1} t^2}{2m_k} + \frac{\phi_1 H t}{\omega} + x_{10}, \\ z_1 &= -\frac{\phi_2 H}{\omega^2} \sin \omega t + \frac{\psi_2 P_1 t^2}{2} - \frac{R_{z1} t^2}{2m_k} - \frac{g t^2}{2} + \frac{\phi_2 H t}{\omega} - \frac{1}{3}h_k. \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

З другого рівняння системи (7) можна визначити час t_1 безпосереднього вилучення коренеплоду з ґрунту. Для цього необхідно у ліву частину зазначеного рівняння підставити значення $z_1 = 0$ і розв'язати отримане рівняння відносно t_1 . Оскільки рівняння є трансцендентним, то отримати аналітичний вираз для визначення t_1 неможливо, проте його можна розв'язати на ПЕОМ за допомогою відомих чисельних методів. Обчислене значення t_1 можна застосувати для визначення продуктивності агрегату для викопування коренеплодів

вібраційними викопуючими робочими органами.

Використовуючи результати розробленої теорії безпосереднього вилучення коренеплоду з ґрунту, побудуємо алгоритм розрахунку кінематичних параметрів даного технологічного процесу:

1. Задаємо необхідні вихідні дані для розрахунку.
2. Обчислюємо величини $\phi_1, \psi_1, \phi_2, \psi_2$ згідно виразів (2), (3), (4) та (5) відповідно.
3. Знаходимо закон руху коренеплоду при безпосередньому вилученні з ґрунту згідно виразів (7).
4. Будуємо графіки для різних значень вихідних параметрів, з яких знаходимо час безпосереднього вилучення коренеплоду з ґрунту.

Для проведення розрахунків задаємо значення необхідних для цього параметрів. Дані величини вибираємо згідно [2], [3]:

- маса коренеплоду $m_k = 0,9$ кг;
- довжина коренеплоду: $h_k = 0,25$ м;
- кути тригранних клинів вібраційного викопуючого органу: $\gamma = 14^\circ$, $\beta = 52^\circ$;
- коефіцієнт тертя сталі по поверхні коренеплоду: $f = 0,45$;
- сили опору ґрунту при переміщенні коренеплоду: $R_x = 100H$, $R_z = 100H$;
- амплітуда збурюючої сили: $H = 500H$;
- величина бокової рушійної сили: $P_1 = 400H$;
- кут відхилення вектора сили тертя від вектора мінімального значення цієї сили: $\alpha_{K_{\max}} = 30^\circ$;
- початкове положення центра мас коренеплоду по осі O_1x_1 : $x_{10} = 0,2$ м.

На базі отриманого закону руху центра мас коренеплоду (7) в системі координат $x_1O_1z_1$ побудуємо в середовищі Mathcad графіки $x_1 = x_1(t)$, $z_1 = z_1(t)$ з метою визначення часу вилучення коренеплоду з ґрунту при вібраційному викопуванні (рис. 1). Як видно з графіка, час вилучення коренеплоду з ґрунту ($z_1 = 0$) становить 0,032 с.

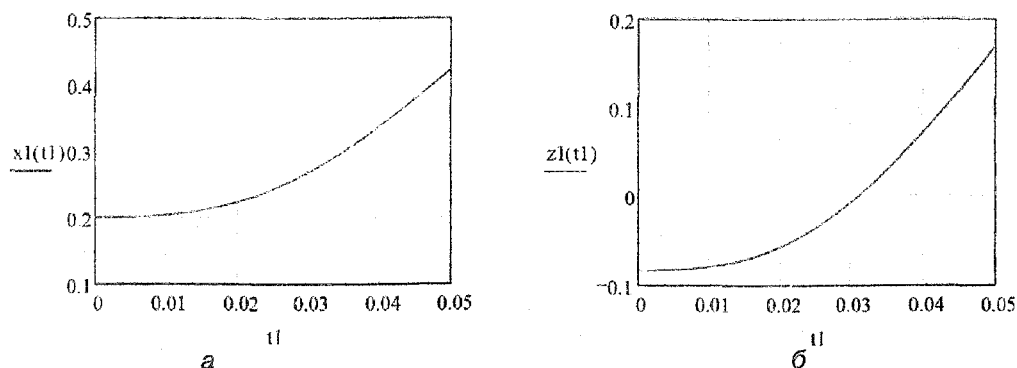


Рис. 1. Графіки залежностей переміщення центра мас коренеплоду вздовж осей O_1x_1 і O_1z_1 від часу при безпосередньому вилученні коренеплоду з ґрунту ($H = 500$ Н, $P_1 = 400$ Н, $R_x = 100$ Н, $R_z = 100$ Н, $\nu = 10$ Гц)

На рис. 2 показано траєкторію руху центра мас коренеплоду при безпосередньому його вилученні з ґрунту.

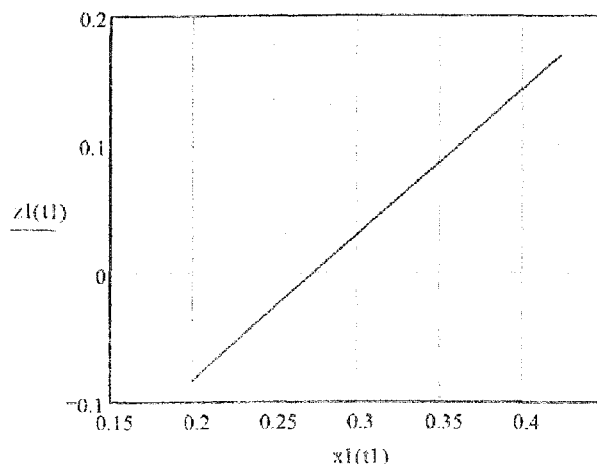


Рис. 2. Траєкторія руху коренеплоду в системі координат $x_1O_1z_1$ при безпосередньому вилученні коренеплоду з ґрунту ($H = 500$ Н, $P_1 = 400$ Н, $R_x = 100$ Н, $R_z = 100$ Н, $\nu = 10$ Гц)

Як видно з наведеного графіка, на інтервалі вилучення коренеплоду з ґрунту ($-0,083 \leq z_1 \leq 0$) його центр мас переміщується по прямій лінії.

Звичайно, дана траєкторія відповідає реальній траєкторії руху центра мас коренеплоду лише у першому наближенні, оскільки сили опору ґрунту при переміщенні коренеплоду R_{x1} і R_{z1} було прийнято постійними.

Також проведені розрахунки та отримані графіки $z_1 = z_1(H, t)$ при $P_1 = \text{const}$, та $z_1 = z_1(P_1, t)$ при $H = \text{const}$ (рис. 3).

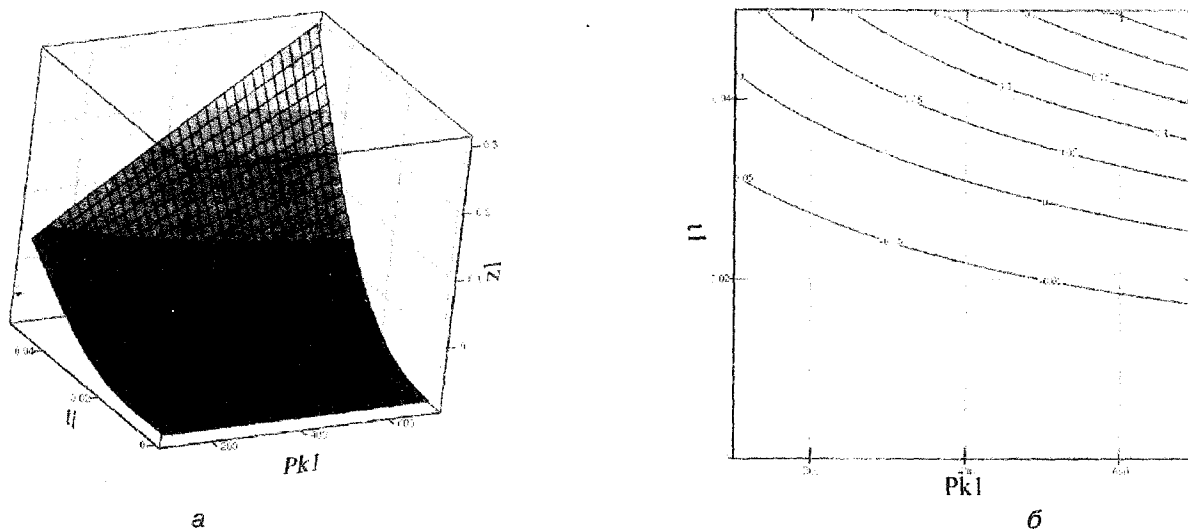


Рис. 3. Поверхня (а) та контурний графік (б) функції $z_1 = z_1(H, t)$ при зміні амплітуди збурюючої сили в діапазоні $H = 100 \dots 700 \text{ Н}$ ($P_1 = 400 \text{ Н}$, $\nu = 10 \text{ Гц}$)

Як видно з наведеного графіка, при зміні амплітуди збурюючої сили у межах $100 \dots 700 \text{ Н}$ час вилучення коренеплоду з ґрунту змінюється у межах $0,053 \dots 0,028 \text{ с}$.

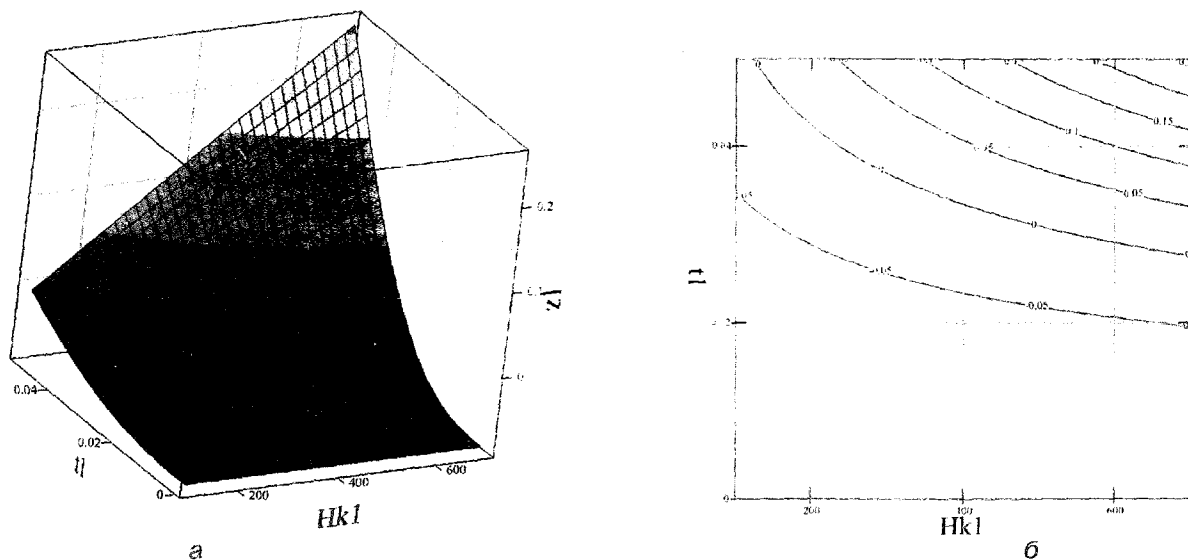


Рис. 4. Поверхня (а) та контурний графік (б) функції $z_1 = z_1(P_1, t)$ при зміні бокової рушійної сили в діапазоні $P_1 = 100 \dots 700 \text{ Н}$ ($H = 500 \text{ Н}$, $\nu = 10 \text{ Гц}$)

Як видно з наведеного графіка (рис. 4), при зміні бокової рушійної сили у межах $100 \dots 700 \text{ Н}$ час вилучення коренеплоду з ґрунту змінюється у межах $0,046 \dots 0,026 \text{ с}$.

Висновки. 1. Розв'язок отриманої системи диференціальних рівнянь дав можливість знайти закон переміщення центра мас коренеплоду у повздовжньо-вертикальній площині при безпосередньому вилученні та час вилучення коренеплоду з ґрунту.

2. При зміні амплітуди збурюючої сили у межах 100...700 Н час вилучення коренеплоду з ґрунту змінюється в межах 0,053...0,028 с.

3. При зміні бокової рушійної сили у межах 100...700 Н час вилучення коренеплоду з ґрунту змінюється в межах 0,046...0,026 с.

Список використаних джерел

1. Василенко П.М., Погорелый Л.В., Брей В.В. Вибрационный способ уборки корнеплодов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1970. – № 2. – С. 9-13.
2. Свеклоуборочные машины (конструирование и расчет) // Л.В. Погорелый, Н.В. Татьянко, В.В. Брей и др.; под общ. ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.
3. Погорелый Л.В., Татьянко Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
4. Булгаков В.М., Головач І.В., Войтюк Д.Г. Теорія вібраційного викопування коренеплодів. // Збірник наукових праць Національного аграрного університету "Механізація сільськогосподарського виробництва". – Том XIV. – 2003. – С. 34-86.
5. Булгаков В.М., Головач І.В., Войтюк Д.Г. Теорія поперечних коливань коренеплоду при вібраційному викопуванні. // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Випуск 18. – Мелітополь, 2004. – С. 8-24.
6. Булгаков В.М., Головач І.В. Про вимушені поперечні коливання тіла коренеплоду при вібраційному викопуванні. // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту с.-г. ім. П. Василенка: Зб. наук. пр. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 39. – С. 23-39.
7. І. Головач. Теорія безпосереднього вилучення коренеплоду з ґрунту при вібраційному викопуванні. // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту с.-г. ім. П. Василенка: зб. наук. пр. – Харків: ХНТУСГ, 2006. – Вип. 44. – Т. 2. – С. 77-100.

Аннотация. Определен закон перемещения центра масс корнеплода при непосредственном извлечении из почвы и вычислено время извлечения корнеплода из почвы для различных значений исходных кинематических параметров выполнения технологического процесса вибрационного выкапывания корнеплодов сахарной свеклы.

Ключевые слова: корнеплод, вибрационный выкапывающий рабочий орган, почва, дифференциальные уравнения движения, время извлечения.

Summary. The law of a root crop mass center transition is defined at direct extraction from soil. Time of extraction of a root crop from soil for various values of initial kinematic parameters of execution of sugar beet root crops vibrational digging up technological process is evaluated.

Keywords: root crop, vibrational digging out executive device, soil, differential equations of movement, time of extraction.

УДК 631.365.29

М.І. Бахмат, В.І. Овчарук, доктори с.-г. наук, професори,
А.М. Божок, В.Ф. Понеділок, доценти ПДАТУ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ В МАЛОГАБАРИТНИХ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВКАХ

Представлено конструктивну схему та описано роботу сушарки-водонагрівача і наведено результати її дослідження.

Ключові слова: топка, сушильна камера, водонагрівач, теплообмінник, електронагрівач, пароповітряний клапан, димогарна труба, лоток, дефлектор, дверцята.

© М.І. Бахмат, В.І. Овчарук, А.М. Божок, В.Ф. Понеділок, 2010