

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІМЕСГ» НААН**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***VII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
113-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віце-президента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2020 року
м. Київ***

УДК 631.356.2

**ДИФЕРЕНЦІАЛЬНЕ РІВНЯННЯ РУХУ КОРЕНЕПЛОДУ ЗА ЙОГО
ВІБРАЦІЙНОГО ВИКОНУВАННЯ З ҐРУНТУ**

**І. В. ГОЛОВАЧ, д.т.н., проф.,
О. С. САРГАН, студент**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: golovach@nubip.edu.ua ; mechanics_chair@nubip.edu.ua*

Мета дослідження. Підвищення продуктивності і якості викопування коренеплодів цукрових буряків шляхом обґрунтування раціональних конструкційних і кінематичних параметрів вібраційного викопувального робочого органу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментальні теоретичні та експериментальні дослідження вібраційного викопування коренеплодів цукрових буряків були опубліковані в роботі [1], в якій коренеплід моделюється як тіло, що має пружні властивості і його представлено стержнем змінного поперечного перерізу з одним закріпленим кінцем. Розглянуті в даній роботі поперечні коливання коренеплоду описуються за допомогою диференціального рівняння в частинних похідних четвертого порядку. Технологічний процес безпосереднього вилучення коренеплоду з ґрунту при вібраційному прикладанні зусиль тут фактично не розглядається, а лише вказується, що за допомогою додатково складених рівнянь кінестатики знайдені умови його вилучення з ґрунту під дією збурювальної сили, що прикладена у поперечно-вертикальній площині. Тут вважається, що саме такий напрямок коливань буде найбільше сприяти високоякісному викопуванню коренеплодів цукрових буряків.

В роботі [2] розроблена теорія викопувального робочого органу звичайного лемішного типу, де знайдена умова вилучення коренеплоду з ґрунту при поступальному русі копача з урахуванням умови не пошкодження коренеплодів. У зазначеній роботі отримані вирази для визначення допустимої швидкості поступального руху викопувального робочого органу при заданих його конструктивних параметрах.

У роботі [3] розроблено теорію власних і вимушених поздовжніх коливань коренеплоду у ґрунті як пружного тіла, яка необхідна для оцінки впливу зазначених коливань на процес руйнування зв'язків коренеплоду з ґрунтом.

Результати дослідження та їх аналіз.

Розглянуто процес викопування коренеплодів цукрових буряків лемішним копачем, який здійснює під дією вертикальної гармонічної збурювальної сили коливання, що передаються до лемешів від ексцентрикового механізму приводу.

Для дослідження зазначеного процесу складено еквівалентну схему взаємодії коренеплоду з робочими поверхнями вібраційного викопувального робочого органу (рис. 1). Вібраційний викопувальний робочий орган представлено у вигляді двох клинів $A_1B_1C_1$ та $A_2B_2C_2$, кожен з яких у просторі має нахил під кутами α , β , γ і які встановлені таким чином один до одного, що утворюється робоче русло, задня частина якого звужується (рис. 1). Зазначені клини здійснюють коливальний рух у поздовжньо-вертикальній площині, напрямок поступального руху вібраційного викопувального робочого органу показано стрілкою. Проекції точок B_1 і B_2 на вісь Oy позначено O_1 і O_2 .

Прийнято, що з поверхнями клинів $A_1B_1C_1$ та $A_2B_2C_2$ у відповідних двох точках відбувається взаємодія коренеплоду, який апроксимується тілом конусоподібної форми, що перебуває всередині копача, власна вісь якого паралельна осі Oz . Прямі, проведені крізь точки контакту коренеплоду з площинами клинів $A_1B_1C_1$ та $A_2B_2C_2$ і точки B_1 та B_2 , утворюють на перетині зі сторонами клинів A_1C_1 та A_2C_2 відповідні точки M_1 та M_2 . Таким чином θ – це

двогранний кут $\angle B_1M_1O_1$ між нижньою основою $A_1O_1C_1$ та робочою поверхнею клинів $A_1B_1C_1$ чи $\angle B_2M_2O_2$ між нижньою основою $A_2O_2C_2$ і робочою поверхнею клина $A_2B_2C_2$.

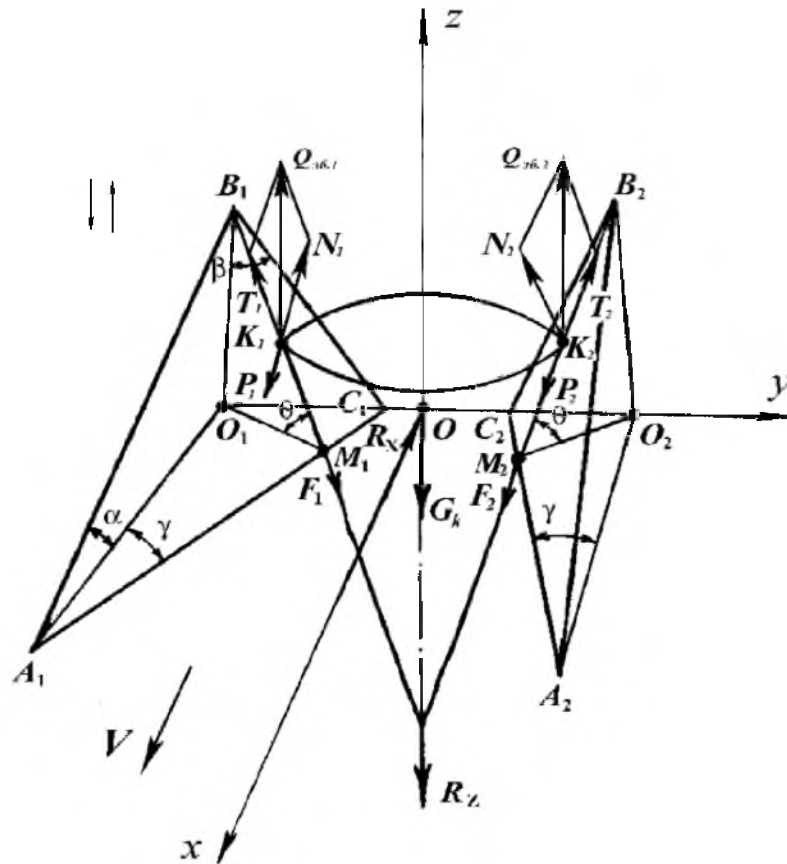


Рис. 1. Силова взаємодія коренеплоду буряка з клинами вібраційного викопувального робочого органу.

Сили, які виникають внаслідок вказаної взаємодії коренеплоду з вібраційним викопувальним робочим органом, показано на рис. 1. У точках контакту K_1 і K_2 коренеплоду з відповідними поверхнями клинів $A_1B_1C_1$ та $A_2B_2C_2$ діють вертикальні збурювальні сили $\bar{Q}_{zб.1}$ і $\bar{Q}_{zб.2}$, причому

$$\bar{Q}_{zб.1} = \frac{1}{2} \bar{Q}_{zб.} = \frac{1}{2} H \sin \omega t, \quad (1)$$

де H – амплітуда збурювальної сили; ω – частота збурювальної сили.

Крім того, в точках контакту K_1 і K_2 діють рушійні сили \bar{P}_1 і \bar{P}_2 , напрямлені вздовж напрямку руху копача (паралельно осі Ox), причому $\bar{P}_1 = \bar{P}_2$. Внаслідок дії даних сил в точках контакту виникають нормальні реакції \bar{N}_1 і \bar{N}_2 з боку поверхонь клинів $A_1B_1C_1$ та $A_2B_2C_2$ відповідно та \bar{T}_1 , \bar{T}_2 – дотичні складові збурювальних сил $\bar{Q}_{zб.1}$ та $\bar{Q}_{zб.2}$ відповідно. Крім того, в зазначених точках контакту діють сили тертя \bar{F}_1 , \bar{F}_2 , які виникають при русі коренеплоду по робочих поверхнях клинів. Оскільки вібраційний викопувальний робочий орган має вісь симетрії, то допускаємо, що коренеплід при його вилученні з

грунту розташований саме на цій осі симетрії, також вважаємо, що модулі парних сил, які виникають на відповідних площинах клинів, рівні між собою. У центрі ваги коренеплоду буряка діє сила \bar{G} – вага коренеплоду, його сила зав'язків (зчеплення) з ґрунтом позначена через \bar{R} .

На підставі силової схеми визначено значення усіх сил та їх проекції на осі координат Ox і Oz та отримано наступну систему диференціальних рівнянь

$$m\ddot{x} = H \cos \theta \sin \theta \sin \gamma \sin \omega t + fH \cos^2 \theta \sin \gamma \sin \omega t + 2P_1 - R_x \quad (2)$$

$$m\ddot{z} = H \cos^2 \theta \sin \omega t - fH \cos \theta \sin \theta \sin \omega t - R_z - G_k. \quad (3)$$

Ця система диференціальних рівнянь описує процес вібраційного вилучення коренеплоду з ґрунту вздовж осей координат, тобто його рух до повного вилучення. Для визначення швидкості та закону руху коренеплоду вздовж осей координат її проінтегровано.

Початковими є наступні умови: при $t = 0$: $z = -h_1$, $\dot{z} = 0$,

де h_1 – глибина розташування (закріплення) коренеплоду у ґрунті.

Після першого інтегрування отримано:

$$\dot{x} = -\frac{H}{m\omega} \sin \gamma (\cos \theta \sin \theta + f \cos^2 \theta) \cos \omega t - \frac{R_x}{m} t + \quad (4)$$

$$+ \frac{H}{m\omega} \sin \gamma (\cos \theta \sin \theta + f \cos^2 \theta),$$

$$\dot{z} = -\frac{H}{m\omega} (\cos^2 \theta - f \cos \theta \sin \theta) \times \cos \omega t - \frac{1}{m} (R_z + G_k) t + \quad (5)$$

$$+ \frac{H}{m\omega} (\cos^2 \theta - f \cos \theta \sin \theta),$$

Після другого інтегрування отримано:

$$x = -\frac{H}{m\omega^2} \sin \gamma (\cos \theta \sin \theta + f \cos^2 \theta) \sin \omega t - \frac{R_x}{2m} t^2 + \quad (6)$$

$$+ \frac{H}{m\omega} \sin \gamma (\cos \theta \sin \theta + f \cos^2 \theta) t + x_0,$$

$$z = -\frac{H}{m\omega^2} (\cos^2 \theta - f \cos \theta \sin \theta) \times$$

$$\times \sin \omega t - \frac{1}{m} (R_z + G_k) \frac{t^2}{2} + \frac{H}{m\omega} \times$$

$$\times (\cos^2 \theta - f \cos \theta \sin \theta) t - h_1. \quad (7)$$

Таким чином, отримано вирази для визначення швидкості і переміщення коренеплоду в процесі його вилучення з ґрунту вздовж осі Ox та осі Oz при заданих початкових умовах.

Висновки

1. Побудована еквівалентна силова схема взаємодії коренеплоду цукрового буряка з викопувальними лемешами вібраційного робочого органу.

2. Складена система диференціальних рівнянь руху коренеплоду цукрового буряка по робочих поверхнях вібраційного викопувального органу.

3. На основі отриманих виразів (6) та (7) можна провести числовий розрахунок в програмному середовищі MathCAD для визначення раціональних конструктивних і кінематичних параметрів вібраційного викопувального робочого органу.

Список використаних джерел

1. Василенко П.М., Погорілий Л.В., Брей В.В. Вібраційний спосіб збирання коренеплодів // Механізація та електрифікація соціалістичного сільського господарства, 1970, №2. – С. 9-13.

2. Булгаков В.М., Головач І.В. Уточнена теорія викопуючого робочого органу лемішного типу // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Спеціальний випуск 4 (18). Том I. – Миколаїв: МДАУ, 2002. – С. 37-63.

3. Булгаков В.М., Головач І.В., Войтюк Д.Г. Математичне моделювання поздовжніх коливань коренеплоду при вібраційному вилученні з ґрунту. – Вібрації в техніці і технологіях, 2003 № 1 (27). – С. 11-14.

4. Свеклоуборочные машины (конструирование и расчет) / Л.В. Погорельый, Н.В. Татьянко, В.В. Брей и др.; Под общ. ред. Л.В.Погорелого. – К.: Техника, 1983. – 168 с.

5. Булгаков В.М., Головач І.В. Теорія вібраційного викопування коренеплодів. – Зб. наук. праць Нац. аграр. ун-ту "Механізація сільськогосподарського виробництва", 2003. – Том XIV. – С. 34-86.

6. Віброкопач для коренеплодів. Патент України № 9709, опубл. в бюл. № 3, 1996. // Булгаков В.М., Зиков П.Ю., Войтюк Д.Г., Цурпал І.А., Фінько С.В., Савченко А.М.

7. Віброкопач для коренеплодів. Патент України № 10723, опубл. в бюл. №4, 1996. // Булгаков В.М., Зиков П.Ю., Войтюк Д.Г., Цурпал І.А., Фінько С.В., Савченко А.М.