

УДК 631.36.2
© 2014

**Г.В. ТЕСЛЮК,
Б.А. ВОЛИК,**
кандидати технічних наук

І.М. КОГУТ,
аспірант

*Дніпропетровський державний
аграрно-економічний
університет, Україна
E-mail: info@dsau.dp.ua*

**АНАЛІТИЧНЕ
ОБҐРУНТУВАННЯ
КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ
ТА ЦИБУЛЕВИХ КУЛЬТУР**

Запропоновано нову конструкцію віброкопача столових коренеплодів та цибулевих культур, побудованого на принципах об'ємної дії замкнених віброуючих стояків. Підкопування відбувається безконтактним способом, тобто в процесі роботи поверхні копача не стикаються з об'єктом підкопування. Проаналізовано кінематику робочого органа та визначено раціональні параметри кінематичного режиму для різних варіантів підкопування.

Ключові слова: столові коренеплоди, цибулеві культури, віброкопач безконтактної дії.

Особливість збирання столових коренеплодів та цибулевих культур полягає в необхідності мінімізації їх травмування. Досягти цього можна шляхом забезпечення підкопування за відсутності безпосереднього контакту коренеплоду з робочими поверхнями копача. За наявності добре розвиненої гички використання ланцюгового брального апарата забезпечує збирання. Але в разі полеглої гички такий апарат непрацездатний. Збирання ж цибулевих культур взагалі відбувається за полеглої гички.

Вібраційний копач V-подібної форми, який забезпечує безконтактне підкопування згаданих культур, розроблено на кафедрі сільськогосподарських машин ДДАЕУ. До переваг його конструкції можна віднести те, що він підкопує й виносить на денну поверхню коренеплоди і цибулеві культури без зміни конструктивних параметрів. Проте кінематичний режим роботи для кожного виду культур – відповідний. Тому була поставлена мета – визначити раціональні режими коливань копача стосовно різних культур та механіко-технологічні властивості ґрунту. Задля цього проведена серія експериментів.

У процесі відпрацювання конструктивних параметрів V-подібного розпушувача відзначено: чим вищий ступінь розпушення ґрунту знаряддям, тим інтенсивніше сторонні вкраплення виштовхуються на денну поверхню [1–3]. Цей ефект підтверджує можливість використання розпушувача як копача коренеплодів.

Знаряддя складається з трапецієвидного лемеша 1 і двох стояків 2, які зорієнтовано так, що їх поверхні утворюють між собою кути атаки лемеша α , сходження 2γ , розвалу 2β і різання δ стояків (рис.1).

Технологічний процес підкопування. Леміш 1 рухається по осі рядка насаджень на глибині, що перевищує глибину розташування кореня на 1–2 см і підрізає шар ґрунту. Ґрунт разом з коренеплодом просувається по поверхні лемеша і надходить у міжстояковий простір, де інтенсивно розпушується та обтискується стояками 2. Далі шар ґрунту сходиться з поверхні лемеша і вкладається на дно борозни. При цьому він перегинається. Інтенсивне розпушення та перегин призводять до того, що структуровані агрегати перерозподіляються за профілем у такий спосіб:

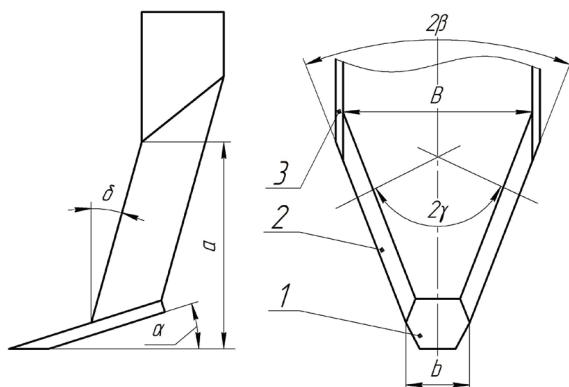


Рис. 1. Розрахункова схема V-подібного знаряддя:

1 – леміш;
 2 – бокові стояки;
 3 – несучі стояки;
 $B = 270$ мм; $b = 100$ мм; $\alpha = 15^\circ$;
 $\beta = 30^\circ$; $\gamma = 60^\circ$; $\delta = 10^\circ$.

дрібні частки просипаються в нижні шари, більш крупні – виносяться на поверхню. У випадку, якщо коренеплід перевищує розміри утворюваних структурованих агрегатів, він виносяться на поверхню, де його підхоплює підбирач.

У ході подальших досліджень встановлено, що підведення коливань до корпусу значно інтенсифікує процес [4, 5]. Нами була розроблена і використана в подальших дослідженнях конструктивна схема копача (рис. 2). Корпус копача підвішений на рамі через ексцентриковий привод, який є генератором колових рухів; гумовий амортизатор, який є рухомою другою опорою, компенсує переміщення хвостової частини копача.

Мета досліджень – розробка копача без-

контактної дії, єдиного на всю групу столових коренеплодів та цибулевих культур.

Колові рухи, що підведені до корпусу, сприяють інтенсифікації процесу розшарування підкопаного шару ґрунту і одночасно зменшенню сил тертя по робочих поверхнях корпусу. Відповідно до прийнятої гіпотези зменшення сил тертя відбувається за рахунок зменшення часу контакту ґрунту з робочими поверхнями. Найбільш раціональний режим коливань буде за відсутності:

- подвійного (багаторазового) удару робочих поверхонь по відокремленій призмі ґрунту в момент, коли вона знаходиться в режимі вільного польоту;
- відносного переміщення ґрунту по верхній робочої органу в момент контакту.

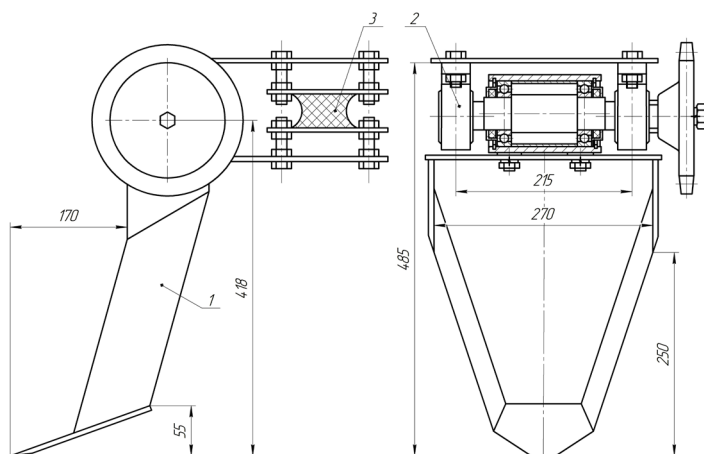


Рис. 2. Конструктивна схема вібраційного копача:

1 – корпус; 2 – ексцентриковий механізм; 3 – гумовий амортизатор

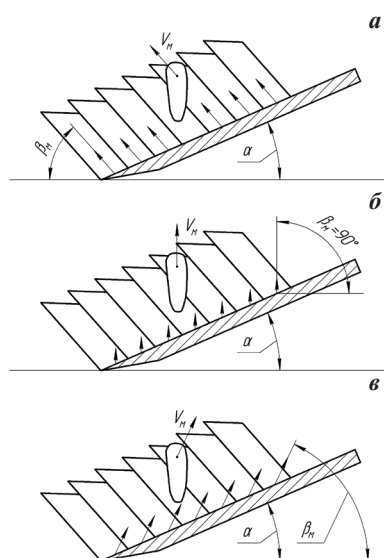


Рис. 3. Варіанти кінематичного режиму копача

Розглянемо, яким чином ці умови можна виконати. Тут можливі три варіанти кінематичного режиму з відкиданням ґрунту:

- по лінії сколювання призми (рис. 3,а);
- перпендикулярно догори (рис. 3,б);
- у напрямку сходу з робочої поверхні лемеша (рис. 3,в).

Проаналізуємо з точки зору кінематики третій варіант – ґрунт відкидається в напрямку сходу з робочої поверхні лемеша (рис. 4).

У точці А відбудеться відрив призми ґрунту від робочої поверхні. Вважаємо, що центр мас призми знаходиться в цій точці і положення її визначається величиною кута відриву

$$\beta = \arcsin \frac{\cos \alpha}{k}, \quad (1)$$

де $k = \omega^2 r / g$ – коефіцієнт кінематичного режиму; α – кут нахилу лемеша до дна борозни; ω – кутова швидкість; r – радіус ексцентриситету.

У точці А відбувається відрив шару від поверхні лемеша під кутом метання β_M

$$\beta_M = 0,5 \cdot \pi + \alpha - \beta. \quad (2)$$

Склавши рівняння траєкторії руху шару ґрунту та виконавши ряд математичних перетворень, отримали вираз для визначення співвідношення кінематичних параметрів коливань і швидкості поступального руху агрегату

$$\frac{r \cdot [\cos(\beta - \alpha) - \cos(\beta' - \alpha)]}{\omega \cdot r \cdot \sin(\beta - \alpha) + V_M \cdot \sin \alpha} \cdot [\omega \cdot r \cdot \cos(\beta - \alpha) - V_M \times \sin \alpha] + r \cdot \sin(\beta - \alpha) - r \cdot \sin(\beta' - \alpha) - 0,5g \times \left[\frac{r \cdot [\cos(\beta - \alpha) - \cos(\beta' - \alpha)]}{\omega \cdot r \cdot \sin(\beta - \alpha) + V_M \cdot \sin \alpha} \right]^2 = 0. \quad (3)$$

Розв'язання у такий спосіб рівняння утруднене не викликає, тому надаємо лише графічний аналіз отриманих залежностей.

Діапазон припустимих значень вихідних даних для проведення розрахунків:

- 1) кут атаки лемеша $15^\circ < \alpha < 35^\circ$ обра-

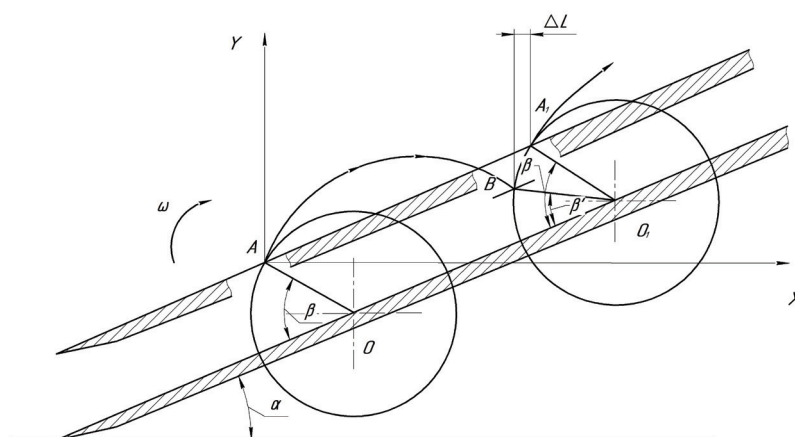


Рис. 4. Розрахункова схема до визначення кінематичних параметрів

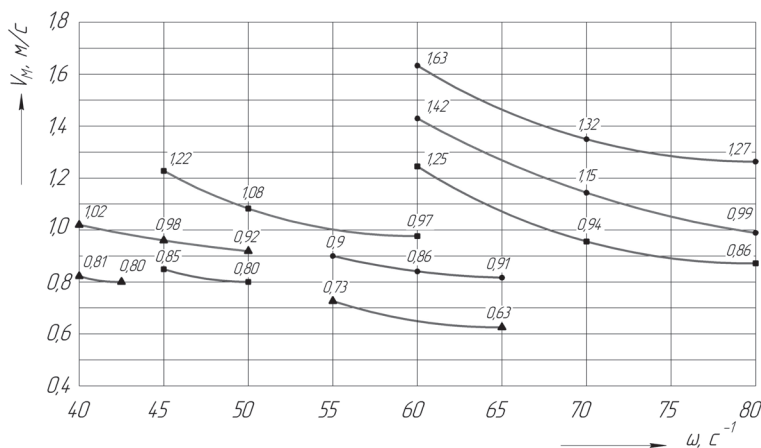


Рис. 5. Залежність раціональної швидкості копача від частоти і амплітуди коливань у межах допустимих значень коефіцієнта кінематичного режиму:
 ■ – $r = 3$ мм; ● – $r = 5$ мм; ▲ – $r = 7$ мм

ний за рекомендацією [6] як діапазон найбільш оптимального розпушення ґрунту. Для розрахунків прийнятий симетричний план $\alpha = 15^\circ - 25^\circ - 35^\circ$;

2) коефіцієнт кінематичного режиму механізму k .

Максимальне значення визначаємо за умови $\beta > \alpha$, оскільки в протилежному випадку ґрунт буде відкидатися вперед за ходом копача.

Якщо кут $\alpha = 15^\circ$, коефіцієнт $k_{max} < 3,73$; $\alpha = 25^\circ - k_{max} < 2,15$; $\alpha = 35^\circ - k_{max} < 1,42$.

Мінімальне значення визначаємо за умови $\beta < 0,5\pi$, інакше траєкторія польоту буде співпадати з кутом атаки лемеша і сходу ґрунту з поверхні не відбудеться.

При $\alpha = 15^\circ$ коефіцієнт $k_{min} > 0,966$;

$\alpha = 25^\circ - k_{min} > 0,906$; $\alpha = 35^\circ - k_{min} > 0,819$;

3) радіус ексцентриситету приймаємо конструктивно, виходячи з реальних можливостей компоновки копача,

$$r = 0,001 - 0,003 - 0,007 \text{ м};$$

4) за результатами розрахунків визначено, що діапазон кутових швидкостей для

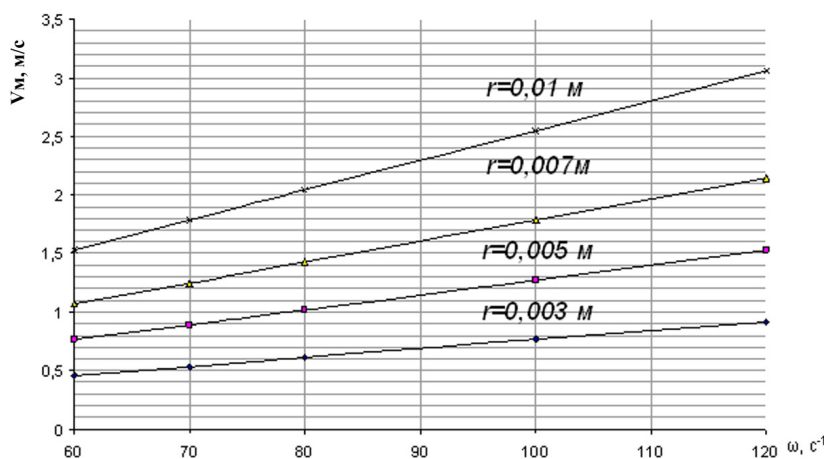


Рис. 6. Залежність поступальної швидкості копача від частоти і амплітуди коливань при $\alpha = 15^\circ, \phi 2 = 28^\circ$

всіх варіантів лежить у межах 40–80 с⁻¹; 5) кут $\beta' = 5^\circ$.

Проаналізуємо графічно отриману залежність (рис.5). Чим більше радіус ексцентриситету r та кутова швидкість ω , тим більше колова швидкість і відповідно більше кут мотання β_M . Час вільного польоту стає більшим, і шар ґрунту піднімається на більшу висоту. Тому для забезпечення контакту шару ґрунту з лемешем необхідно зменшити швидкість поступального руху, що наочно відстежується на представлених залежностях.

Аналіз графіків показує, що збільшення кута атаки лемеша α негативно впливає на кінематичний режим і звужує діапазон припустимої поступальної швидкості машини. Враховуючи те, що копач планується використовувати і у складі з мотоблоком, коли швидкість поступального руху зберегти постійною нелегко, потрібно вважати

раціональними кінематичними параметрами копача такі: радіус ексцентриситету $r = 0,003$ м; кутову швидкість $\omega = 60\text{--}80$ с⁻¹; кут атаки лемеша $\alpha = 15^\circ$.

Розглянемо варіант, коли відкидання ґрунту відбувається по лінії сколювання призми ґрунту. З аналізу математичної моделі раціональна поступальна швидкість агрегату для даного варіанта дорівнюватиме

$$V_M = \frac{\Theta t}{W} = L + \frac{at^2}{W} - \frac{bt}{W^{1/2}} \quad (4)$$

Результати виконаних за формулою (4) розрахунків представлені у вигляді графічних залежностей (рис. 6).

Отже, у випадку відкидання ґрунту відбувається по лінії сколювання призми, необхідні більш високі поступальні швидкості.

Висновки

Дослідженнями окреслено два можливих кінематичних варіанти копача: з відкиданням ґрунту в напрямку сходу з робочої поверхні лемеша та по лінії сколювання призми ґрунту. Обидва варіанти з точки зору кінематичного режиму роботоздатні.

Перший варіант більш відповідає мотоблоку, бо потребує робочих швидкостей, у межах швидкості ходи тракториста. Оптимальним обрано режим, за якого кінематичний діапазон буде найширшим.

Варіант з відкиданням по лінії сколу призми ґрунту може бути використаний у складі коренезбиральної машини, яка зможе працювати на більших швидкостях і за значно широкого діапазона припустимих коливань. Залежно від кута внутрішнього тертя ґрунту рекомендовано раціональний кінематичний режим: кут атаки лемеша – 15°; радіус ексцентриситету – 0,003–0,010 м; діапазон кутових швидкостей – 60–120 с⁻¹; діапазон робочої швидкості – 0,8–3,00 м/с.

Бібліографія

1. Панченко А.Н. Исследование влияния конструктивных параметров V-образного рыхлителя при использовании его для подкапывания корнеплодов / А.Н. Панченко, Б.А. Волик, К.В. Шрамко // Проблемы и перспективы создания свеклоуборочной техники: материалы Междунар. научно-практ. конф. – Винница, 1996. – С.66–67.
2. Панченко А.Н. Новый копач картофелекопателя / А.Н. Панченко, Б.А. Волик, В.И. Янчук // Праці Таврійської агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2000. – Вип. 2, т. 15. – С. 21–26.
3. Волик Б.А. Аналітичне обґрунтування конструктивних параметрів V-подібного копача коренеплодів / Б.А. Волик, О.В. Ліхоман // Вісник Харківського державного технічного універси-

тету сільського господарства, 2003. – Вип. 20. – С. 203–206.

4. Волик Б. Обґрунтування параметрів та дослідження активного копача коренеплодів V-подібної форми / Б. Волик, С. Друздь // Вісник Львівського державного аграрного університету. – 2008. – № 12, т. 1. – С.354–358.

5. Волик Б.А. Розрахункова модель активного віброкопача столових коренеплодів / Б.А. Волик, В.В. Конащук, С.М. Друздь // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 2. – С. 210–217.

6. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А.Н. Панченко. – Днепропетровск: РВВ ДГАУ, 1999. – 140 с.

Рецензенти – доктори технічних наук, професори **В.І. Дирда, С.С. Тищенко**