

УДК.631.3

Y. Zhuk, postgraduate of the State Agrarian and Engineering University in Podilya

THEORETICAL STUDY OF APPLICATION OF FLEXIBLE ELEMENTS FOR IMPLEMENTATION OF HIGH-FREQUENCY VIBRATION TECHNOLOGIES IN FARMING

Annotation. *To implement the energy saving process digging roots, reducing cost and time for the collection of necessary to analyze and study the factors that influence the interaction of working with the soil.*

Improve energy efficiency of the process is particularly exacerbated with increasing operating speeds agricultural machines.

Existing designs of workers for digging root crops do not allow significantly increase the speed of movement of agricultural machines.

This limits the ability of existing tools, eg for time-consuming to perform manufacturing operations.

The article examines the factors of influence on the development of energy, the interaction of flexible working elements of agricultural machines with soil.

The above study shows the complexity digging layer of flexible elements, factors affecting the effort digging.

Using of vibration technologies in technological process of harvesting of root and tuber crops aims to better loosening of tuber containing layer and increase of the efficiency of root and tuber harvesting machines.

Obviously, energy-saving technologies should also be developed taking into consideration climatic conditions and the state of soil.

Implementation of these recommendations will facilitate the use of machines with working units of flexible type. Models for estimation of energy consumption need to be justified considering variable factors and statistical characteristics.

Key words: *flexible elements, tractive effort, tillage, vibration.*

Ю.О. Жук, аспірант ПДАТУ

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ГНУЧКИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ВИСОКОЧАСТОТНИХ ВІБРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Розглянуто фактори впливу на процес формування енерговитрат процесу взаємодії гнучких елементів робочих органів сільськогосподарських машин з ґрунтом.

Ключові слова: *гнучкий елемент, тягове зусилля, обробіток ґрунту, вібраційні коливання.*

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У сільському господарстві гостро стоїть проблема енергозбереження. Особливо актуальною вона стала з ростом робочих швидкостей сільськогосподарських машин.

Пошук напрямків вирішення цієї проблеми ведеться вченими за декількома напрямками:

- 1) удосконалення сільськогосподарських агрегатів з метою забезпечення оптимальних кінематичних і силових параметрів їх роботи;
- 2) розробка енергозберігаючих технологій обробітку ґрунту.

Наука землеробська механіка вирішує проблему енергозбереження, базуючись на дослідженнях процесу взаємодії робочих органів сільськогосподарських машин з ґрунтом.

Дослідження енергетики машин залишається актуальною науково-практичною проблемою, яка потребує вирішення.

Використання вібраційних технологій у технологічному процесі збирання урожаю коренебульбоплодів має за мету якісніше розпушування бульбовмісного пласта і підвищення ефективності роботи коренебульбозбиральних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.

Проблема енергозбереження піднімалась у роботах В.П. Горячкіна [1], який започаткував науку «Землеробська механіка», Д.С. Стребкова [2], М.В. Бугайченка [3], Н.Є. Демидка [4] та багатьох інших науковців. Питання енергозбереження базуються на основах теорії взаємодії ґрунту з робочими органами сільськогосподарських машин.

Проблемі збирання коренебульбоплодів з використанням робочих органів із гнучкими елементами присвячені праці П.П. Федірка, О.А. Андреева та інших [5-7].

Мета роботи: дослідити теоретично та експериментально можливості використання у землеробстві властивостей вібраційних технологій для покращення енергоефективності, зменшення металоємкості, тягових навантажень у збиранні коренебульбоплодів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Запропонована нами конструкція копача з новими технологічними параметрами є одним із способів досягнення якісного розпушування бульбовмісного пласта і підвищення ефективності роботи коренебульбозбиральних машин за рахунок вдосконалення технологічного процесу витягання бульб. Розподіл підкопаного бульбовмісного пласта на фракції в ґрунті відбувається при вібраційній дії на пласт сітчастої поверхні, утвореної гнучкими елементами.

Ефект розподілу компонентів і активне кришіння під впливом гнучких елементів можна пояснити таким чином. Оскільки ґрунт неоднорідний за своїми фізико-механічними властивостями у відносно малих об'ємах, то гнучкі елементи в процесі руху переміщуються в шарі по шляху найменшого опору, здійснюючи коливальні рухи. Пласт, який містить бульбу при струшуванні, викликаний вібрацією гнучких елементів, сприяє переміщенню бульб і великих механічних включень на поверхню. Повздовжні фрикційні коливання троса сприяють зменшенню тягового зусилля [5].

Елементи ґрунтообробних пристроїв реалізують високочастотні вібраційні технології (квазі-активні робочі органи), які умовно можна розділити на пружні і гнучкі [6]. У пропонуваній роботі розглянуті динамічні властивості гнучких елементів при їх русі у ґрунті.

Розглянемо гнучкий елемент (струну) довжиною $L > l$, де L – відстань між точками її кріплення при щільності $\rho = const$. Струна рухається горизонтально в ґрунті з поступальною швидкістю V . Під дією сил лобового опору і тертя (паралельні сили):

$$F_x \sim \frac{\pi \rho n V^2 d^2}{8}; \quad (1)$$

$$F_T \sim b_1 V + b_2 V^2 + \dots \quad (2)$$

Струна набуває форму ланцюгової лінії (у системі координат XOY – рис. 1).

$$y_0(x) = \gamma \left(ch \frac{L}{2\gamma} - ch \frac{x}{2\gamma} \right). \quad (3)$$

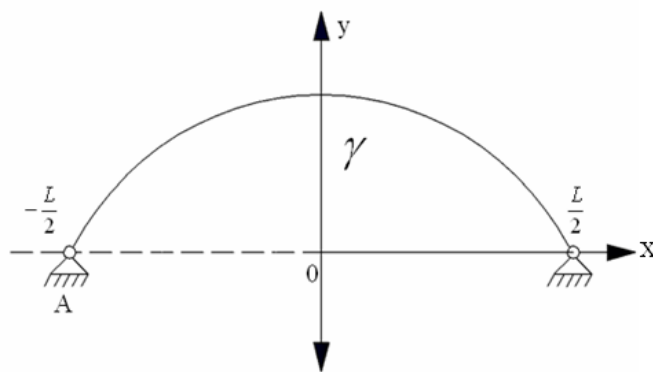


Рис. 1. Розрахунок динамічних властивостей гнучких елементів

Параметр γ визначається як трансцендентне рівняння (чисельний спосіб):

$$\frac{l}{2\gamma} = sh \frac{L}{2\gamma}. \quad (4)$$

Фрикційні автоколивання гнучких елементів в ґрунті збуджують цілий набір інших коливань, найбільш актуальним з яких є поперечні. Частотний центр цих коливань може бути визначений методом Релея-Рітца [11, 12].

Задасмо пробною функцією:

$$X(x) = a_0 y_0(x) + a_1(L^2 - 4x^2) + a_2(L^2 - 4x^2) + a^2 x^2(L^2 - 4x^2). \quad (5)$$

Обчислимо дві перші частоти (T – натягу):

$$P_k^2 = \frac{T}{\rho} \cdot \frac{\int_0^{L/2} \left(\frac{dX}{dx} \right)^2 dx}{\int_0^{L/2} X^2(x) dx}; \quad (6)$$

$k = 0, 1, 2$.

Після обчислення інтегралів (доволі громіздка процедура) слід провести мінімізацію k , що призводить до системи рівняння:

$$\frac{\partial}{\partial a_k} \int_0^{L/2} \left\{ \left(\frac{dX}{dx} \right)^2 - P_k^2 a^2 X^2 \right\} dx = 0; \quad (7)$$

$k = 0, 1, 2$.

Випадок наведений у (6):

$$P_1^2 = \frac{2,46744}{L^2} a^2; \quad (8)$$

$$P_3^2 = \frac{25,6}{L^2} a^2. \quad (9)$$

Амплітуди коливань можуть бути визначені після динамічного рівняння для $y(x, t) = y_0(x) + u(x, t)$:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = T_0 \left[ch^{-3} \frac{x}{\gamma} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{3}{\gamma} sh \frac{x}{\gamma} ch^{-7} \frac{x}{\gamma} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + 3sh \frac{x}{\gamma} ch^{-5} \frac{x}{\gamma} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{\gamma} ch^{-2} \frac{x}{\gamma} \right]. \quad (10)$$

Рівняння (9) може бути з достатньою точністю вирішено методом інтеграцій.

Розгляд проблеми ґрунту, яка моделюється середовищем з кінцевою циркуляцією, спричиняє появи коливань Кармана.

Ці коливання призводять до інтенсивного розпушування бульбовмісного шару ґрунту.

Залежність частоти коливань від швидкості переміщення і діаметру троса наведена на рис. 2. Встановлено, наприклад, що при $v = 1$ м/с і діаметрі троса 5 мм частота коливань дорівнюватиме 44 Гц при амплітуді 1,25 мм. Для троса діаметром 10 мм ці величини будуть 22 Гц і 2,5 мм відповідно. З цього можна зробити висновок, що при збільшенні діаметра гнучкого елемента відбувається зменшення частоти коливань і збільшується амплітуда.

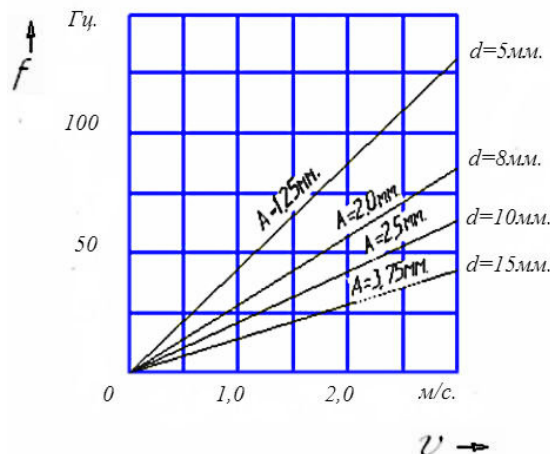


Рис. 2. Залежність частоти коливань від швидкості і діаметра троса.

Слід також відмітити, що фрикційні коливання призводять до періодичної зміни жорсткості рухомого в ґрунті троса, а це у свою чергу збуджує поперечні параметричні коливання. Ці коливання є високочастотними і гасять фрикційні коливання. Таким чином, амплітуда параметричних коливань є такою, що повільно змінюється періодичною функцією. Візуально ці коливання амплітуди спостерігаються у вигляді ударних вертикальних збуджень троса [6].

Висновки. Підкопування пласта гнучкими елементами є складним процесом, залежним від багатьох чинників. Так, зусилля, що витрачається на підкопування і розпушування пласта ґрунту, залежить від таких конструктивних чинників, як ширина і довжина сітчастої поверхні, що утворюється гнучкими елементами, її кута нахилу, діаметра тросів і частоти їх установки. У той же час великий вплив на зусилля підкопування чинять кінематичні і технологічні параметри: частота і амплітуда коливань гнучких елементів, поступальна швидкість агрегату, глибина підкопування і так далі. Очевидно, що енергозберігаючі технології також повинні розроблятися із врахуванням кліматичних умов і стану ґрунтів.

Запровадження цих рекомендацій сприятиме застосування машин з робочими органами гнучкого типу. Моделі для оцінювання енерговитрат потрібно обґрунтовувати з урахуванням змінних факторів та статистичних характеристик.

Список використаних джерел

1. Горячкин В.П. Земледельческая механика / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1959.
2. Стребков Д.С. Концепции и пути развития энергетики сельского хозяйства / Д.С. Стребков // Техника в сельском хозяйстве. – 1995. – № 6. – С. 2-5.
3. Бугайченко Н.В. Обоснование параметров полольных лап культиваторов для работы на повышенных скоростях в зонах недостаточного увлажнения / Н.В. Бугайченко. Автореф. дис. канд. техн. наук. – К., 1964. – 22 с.
4. Демидко М.Е. Исследование влияния скорости на работу полольных лап культиватора / М.Е. Демидко. Автореф. дис. канд. техн. наук. – К.: УСХА, 1964. – 27 с.
5. Андреев А.А., Федирко П.П. Ультразвуковые структурообразования при взаимодействии почвы и квазиактивных рабочих органов // Тезисы докладов междунар. конф. «Ультразвуковая техника и технологии». – Минск. – 1995. – С. 26.
6. Андреев А.А., Федирко П.П. Автоколебания гибких элементов и их применение в картофелеуборочных машинах // Матер. II междунар. конф. «Применение колебаний в технологиях». – Винница. – 1994. – С. 74-45.
7. Андреев О.А. Динамічні властивості підпружиненого С-стика культиватора. // Вісник с.-г. науки. – 1985. – № 8. – С. 43-45.
8. Блехман И.И. Что может вибрация?: О «вибрационной механике» и вибрационной технике. – М.: Наука, 1988. – 207 с.
9. Грінченко В.Т., Мелешко В.В. Гармонійні коливання і хвилі в пружних тілах». – К.: Наукова думка, 1981.
10. Гортинский В.В., Блехман И.И., Птушкина Г.Е. Движение частиц в колеблющейся среде при наличии сопротивления типа сухого трения (К теории о разделении сыпучих смесей). // Механика и машиностроение. – 1993. – № 4.
11. Булгаков В.М. Математическое моделирование процесса вибрационного выкапывания корнеплодов сахарной свеклы // Доклады РАСХН. – 2008. – № 2. – С. 53-56.
12. Дзюба В.И. Влияние вибраций на коэффициент внутреннего трения почвы // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1963. – № 5. – С. 50-51.

Аннотация. Рассмотрены факторы, влияющие на формирование энергозатрат процесса взаимодействия гибких элементов рабочих органов сельскохозяйственных машин с почвой.

Ключевые слова: гибкий элемент, тяговое усилие, обработка почвы, вибрационные колебания.