

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2026-16-1-8>

УДК 631.3

Т. О. Кутковецька, канд. екон. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-4879-2954

Уманський національний університет

e-mail: tanya_kut@ukr.net

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНОГО ГРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Анотація. В статті проведені дослідження щодо зменшення енерговитрат та підвищення якості обробітку ґрунту шляхом використання в ґрунтообробному знарядді робочих органів вібраційної дії з обґрунтуванням параметрів їх роботи. Наукову новизну становить установка додаткових елементів на стійках робочих органів, які будуть здійснювати їх коливальні рухи під час обробітку ґрунту і таким чином, краще його розпушувати. При цьому практична цінність полягає в тому, що вібраційне знаряддя дозволить зменшити тяговий опір та знизити енерговитрати до 20 % на виконання технологічної операції обробітку ґрунту. Отримані результати дослідження показали, що запропонована розробка, дозволить забезпечити якісні показники обробітку ґрунту, що відповідають агротехнічним вимогам. Крім того за результатами досліджень визначено, що конструктивне технічне рішення також забезпечить високу продуктивність роботи ґрунтообробного знаряддя вібраційної дії та може використовуватися для обробітку ґрунту на різних агрофонах при різній твердості ґрунту.

Ключові слова: ґрунтообробне знаряддя, обробіток ґрунту, параметри роботи, робочі органи, вібраційна дія, тяговий опір, енерговитрати, технічне рішення, розпушування ґрунту, технологічна операція.

Постановка проблеми. В результаті ситуації, яка на сьогодні склалася в нашій країні та в усьому світі, а саме подорожчання енергоресурсів, актуальним питанням є їх економія, і особливо в сільськогосподарському виробництві. В наш час розробляється багато шляхів вирішення цієї проблеми, одним із них є зниження енергоємності під час обробітку ґрунту, тому що ця операція є найбільш енерговитратною у вирощуванні сільськогосподарських культур.

Через швидкий розвиток науково-технічного прогресу економія ресурсів має супроводжуватися абсолютно новим поглядом, спрямованим на покращення якості обробітку ґрунту.

Із найперспективніших напрямків зниження енерговитрат є застосування ресурсозберігаючих технологій з використанням комбінованих агрегатів й комплексів машин, і таким чином, збільшення їх продуктивності за рахунок оптимізації в них конструктивно-режимних параметрів [4, с. 10].

У зв'язку з тим, що на технологічні операції з обробітку ґрунту, як правило, припадає до 40 % всіх виробничих витрат, удосконалення технології обробітку ґрунту є завданням значимим і першочерговим.

Аналіз останніх досліджень. Вирішенню питань, що пов'язані з конструкцією робочих органів знарядь для обробітку ґрунту присвячені роботи В. А. Бодрова [1, с. 25], А. С. Стеценка [1, с. 40], В. М. Булгакова [2, с. 51], О. М. Свірень [2, с. 58], О. І. Калениченка [5, с. 14], О. В. Поліщука [7, с. 440] та ін. Але, на сьогодні, існують ще питання, щодо конструктивних параметрів вібраційних ґрунтообробних знарядь, які будуть енергоємними та забезпечувати якісний обробіток ґрунту.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою статті є проведення дослідження відносно підвищення якості та зниження енерговитрат обробітку ґрунту шляхом



обґрунтуванням раціональних параметрів роботи вібраційного ґрунтообробного знаряддя для виконання даної технологічної операції.

Основна частина. У вітчизняному та зарубіжному науковому середовищі виділяються два основні напрямки вирішення проблеми енергоресурсозберігання при виконанні операцій з обробітку ґрунту – це зниження тягового опору та розробка широкозахватних комбінованих агрегатів [1, с. 12].

Найкращим вирішенням поставленого завдання вважається напрямок щодо зниження тягового опору ґрунтообробних машин, оскільки при створенні комбінованих широкозахватних машин неминучою проблемою є збільшення тягового опору агрегату.

Аналіз досліджень показав, що досягти зменшення тягового опору ґрунтообробних машин можна кількома способами [6, с. 69]:

- удосконаленням конструкції знаряддя та зменшення його ваги;
- удосконаленням геометрії робочих органів;
- зменшення сил тертя ґрунту по поверхні робочих органів.

Головним завданням удосконалення ґрунтообробних машин, у тому числі й комбінованих, є зниження їх тягового опору без значного ускладнення конструкції.

Використання вібраційної та імпульсної техніки у вирішенні поставленого завдання дозволяє по-новому розглянути процес концентрації енергії в часі та більш раціональної її витрати при виконанні технологічних операцій з обробітку ґрунту [3, с. 5].

На сьогодні існують різні коливальні контури, що відрізняються видами збурювачів коливань. Гідравлічні та пневматичні збурювачі коливань схильні до зміни характеристик при зміні параметрів рідини чи газу (наприклад, при зміні температури навколишнього повітря), що обумовлює ускладнення їх конструкції. Електричні збурювачі коливань вимагають достатньо потужного джерела енергії для забезпечення тривалої безперебійної роботи. Механічні – мають велику масу і швидко зношуються в процесі роботи.

Особливу увагу фахівці приділяють застосуванню вібрації при обробітку ґрунту, тому, що він є найбільш енергоємною операцією в сучасному сільськогосподарському виробництві [9].

На даний час спостерігається тенденція до використання широкозахватних комбінованих ґрунтообробних знарядь. В цьому випадку процес застосування вібрації в ґрунтообробних машинах для зниження тягового опору недостатньо вивчений і вимагає нових інженерних підходів.

На підставі аналізу існуючих технічних засобів [7, с. 441] для обробітку ґрунту нами пропонується новий технічний засіб вібраційної дії (рис. 1).

Новими елементами є стійка, що в нижній фронтальній частині має направляючу круглого перерізу, на якій встановлено долото [10, 11], при цьому на стійці закріпленій гвинтами кожух, в який встановлено соленоїд, виконаний у вигляді котушки. Стрілчасті лапи закріплені нерухомо у горизонтальній площині за допомогою пазів у кронштейні з різьбовою віссю штифтом.

Сукупність нових елементів дозволяє долоту й стрілчастим лапам здійснювати коливальні рухи, при цьому ударник періодично взаємодіє з корпусом, забезпечуючи дрібно-амплітудні збурення, що забезпечує зниження енергоємності процесу та покращення якості обробітку ґрунту [8, с. 24].

Схема ґрунтообробного знаряддя з електронним збурювачем коливань напрямної дії показано на рис. 2.

Рухливість ґрунтообробного знаряддя забезпечується електронним збурювачем коливань напрямної дії. Стрижень соленоїда здійснює зворотно-поступальні рухи в різні боки й створює збурювальну силу $F_{зб}$. Таким чином, ґрунтообробне знаряддя здійснює коливання в горизонтальній та вертикальній площинах з амплітудами A_x і A_y [2, с. 55].

Нами виведено рівняння тягового опору пропонованого ґрунтообробного знаряддя з вібраційними робочими органами.

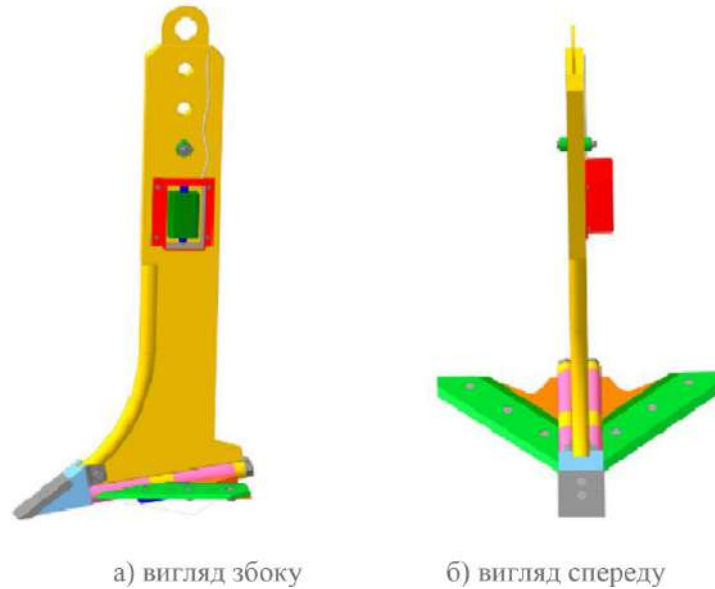


Рис. 1. Вібраційний робочий орган чизельного плуга

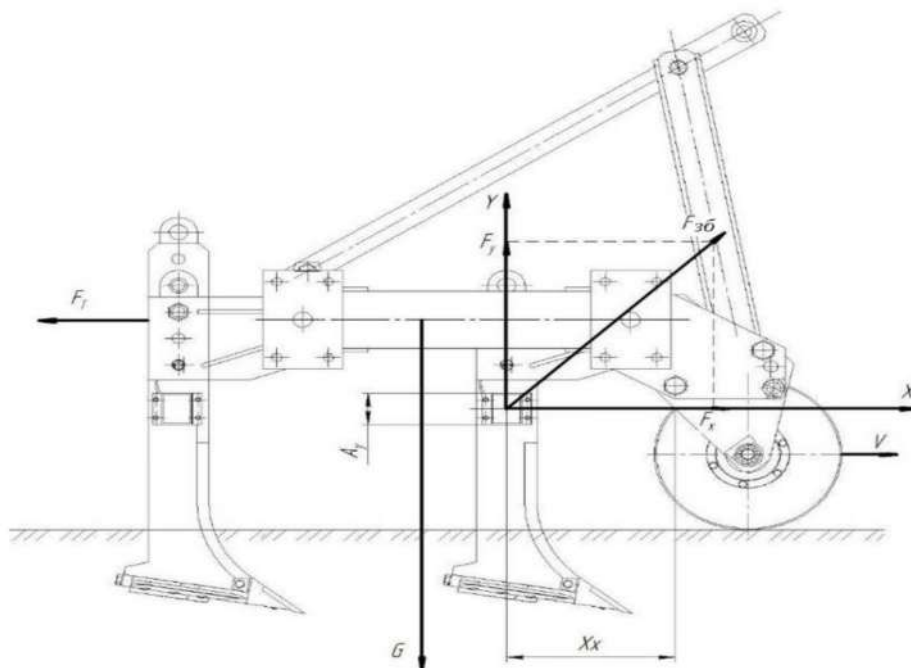


Рис. 2. Схема ґрунтообробного знаряддя з електронним збудювачем коливань:

$F_{зб}$ – збудювальна сила; F_y – вертикальна складова збудювальної сили; F_x – горизонтальна складова збудювальної сили; R – сила впливу робочого органу; A_x , A_y – амплітуда коливань у горизонтальній та вертикальній площинах; G – вага знаряддя; V – напрямок швидкості руху

Для спрощення розрахунків приймалися такі обмеження:

- ґрунт є суцільним пружно-в'язким, ізотропним середовищем, пружність середовища проявляється у відновленні деформацій після розвантаження, в'язкість – в тому, що деформація розвивається із запізненням по відношенню до прикладеного напруження;
- власні коливання системи залежать від початкових умов і протягом деякого часу швидко загасають, тому розглядається вирішення тільки для встановлених примусових коливань;
- розглядається плоска, одновимірна задача;

- ґрунт активно взаємодіє з робочим органом по всій товщині оброблюваного шару;
- розуцільнення відбувається внаслідок впливу нормальних навантажень, що виникають від робочого органу в горизонтальному та вертикальному напрямках, без врахування дотичного напруження у ґрунті; ґрунтообробне знаряддя не відривається від поверхні ґрунту, оскільки процес обробітку має відбуватися з найменшими енерговитратами;
- рама та стійки робочих органів ґрунтообробного знаряддя є жорсткою конструкцією, тобто деформації відсутні;
- кутовими коливаннями у поздовжній площині ґрунтообробного знаряддя нехтуємо, тобто знаряддя здійснює строго вертикальні та горизонтальні коливання;
- поверхню оброблюваного ґрунту приймаємо рівною, що виключає вертикальні коливання знаряддя через нерівномірність рельєфу поля [2, с. 58].

Таким чином, було визначено значення сили опору, використовуючи прийняту нами реологічну модель ґрунту. Для цього всі робочі органи ґрунтообробного знаряддя приведено до однієї точки O .

Робочий орган впливає на ґрунтовий об'єм V у горизонтальній і вертикальній площинах через точку O . При цьому сила впливу R робочого органу буде витрачатися на деформації пружного C_{sp} і в'язкого b_{sp} елементів. Тоді сила впливу, що викликає опір ґрунтового об'єму R_z і R_g , дорівнює:

$$R_z = n(F_1(t) + F_2(t)) + F_T - F_x, \quad (1)$$

$$R_g = n(F_3(t) + F_4(t)) - F_y, \quad (2)$$

- де F_1, F_3 – сила, що витрачається на подолання пружних опорів ґрунту, Н;
 F_2, F_4 – сила, що витрачається на подолання в'язких опорів ґрунту, Н;
 G – вага ґрунтообробного знаряддя, Н;
 F_x, F_y – амплітудне значення збурювальної сили відносно осей X та Y , Н;
 F_T – сила опору протягування ґрунтообробного знаряддя, Н;
 f – коефіцієнт опору пересування ґрунтообробного знаряддя;
 n – кількість робочих органів знаряддя, шт.

В результаті математичних перетворень було отримано рівняння тягового опору ґрунтообробного вібраційного знаряддя, яке має вигляд:

$$R = \sqrt{R_z^2 + R_g^2}, \quad (3)$$

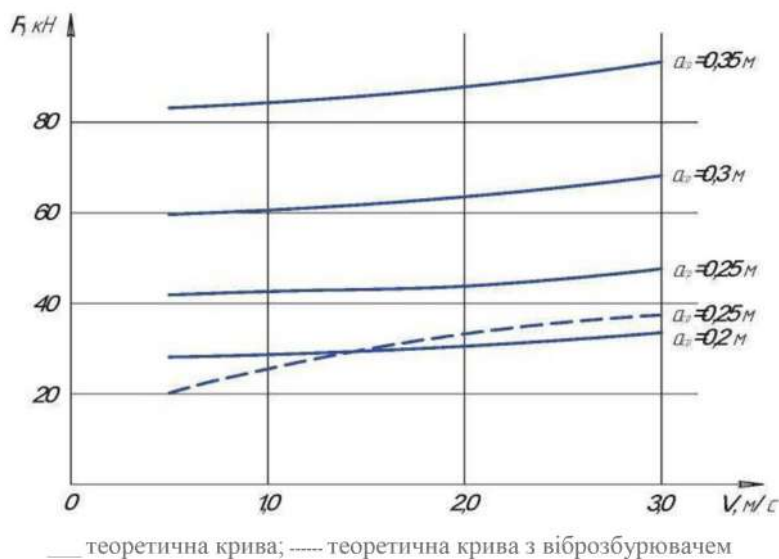


Рис. 3. Залежність тягового опору від швидкості руху при різній глибині обробітку

Графік зміни тягового опору ґрунтообробного знаряддя залежно від швидкості руху за різної глибини обробітку ґрунту показано на рис. 3.

Як видно з графіку, спостерігається помітне зниження теоретичного тягового опору знаряддя з вібраційними робочими органами для виконання обробітку ґрунту.

Висновки. Таким чином, нами проведені теоретичні дослідження щодо параметрів роботи вібраційного ґрунтообробного знаряддя з метою зниження енерговитрат, зменшення тягового опору та покращення обробітку ґрунту. За результатами досліджень наведено конструкцію вібраційного ґрунтообробного знаряддя та здійснено теоретичний аналіз запропонованого технічного рішення. При цьому визначено, що застосування нового технічного засобу вібраційної дії забезпечує зниження енергоємності процесу та покращення якості обробітку ґрунту. Вище викладене вказує на досягнення поставленого завдання в дослідженнях і є актуальним. Це дає передумови для подальших досліджень даної проблематики та впровадження у виробництво запропонованої розробки.

Список використаних джерел

1. Бодров В. А., Стеценко А. С., Харченко І. Ю. Модернізація сільськогосподарських машин: монографія. Київ : Аграрна наука, 2020. 176 с.
2. Булгаков В. М., Головач І. В., Горобей В. П., Свірень О. М. Побудова математичної моделі коливального руху у ґрунті. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник КНТУ.* 2015. Вип. 45. Ч.1. С. 50–62.
3. Булгаков В. М., Свірень О. М., Кісільов Р. В., Оріщенко С. Б., Лісовий І. О. Дослідження вібраційних процесів при основному обробітку ґрунту. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету.* 2015. Вип. 5, т.1. С. 3–13.
4. Глушенко В. В. Сучасні тенденції в розвитку ґрунтообробної техніки. *Інженерія сільськогосподарського виробництва.* 2022. № 2. С. 8–14.
5. Калениченко О. І. Вплив конструктивних параметрів робочих органів на якість обробітку ґрунту. *Техніка АПК.* 2020. № 3. С. 12–17.
6. Кутковецька Т. О., Мелентьев О. Б. Модернізація корпусу плуга з обґрунтуванням його конструктивних параметрів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання.* / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. Вип. 15, т. 1. С. 68–74. DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-1-7>
7. Поліщук О. В., Загнітко Я. В. Вібраційний обробіток ґрунту: аналіз технологій та перспективи застосування. *Вісник Хмельницького національного університету.* Технічні науки. 2025. Вип. 35, № 3. С. 438–443.
8. Філімонов С. О., Яценко С. С. Вдосконалена конструкція віброплуга з п'єзокерамічним виконавчим механізмом. *Вісник Черкаського державного технологічного університету.* Технічні науки. 2023. № 1. 23–31.
9. Candea I., Popescu S. Theoretical and experimental study on soil vibrators used for the germinal layer preparation. *Agricultural and Food Sciences.* 2023.
10. Lipengcheng Wan, Yonglei Li, Jinyu Song, Xiang Ma, Xiangqian Dong, Chao Zhang, Jiannong Song. Vibration Response of Soil under Low-Frequency Vibration Using the Discrete Element Method. *Agriculture.* 2023, 13(10), 1958; <https://doi.org/10.3390/agriculture13101958>
11. Wang Y., Zhang D., Yang L., Cui T., Jing H., Zhong X.. Modeling the interaction of soil and a vibrating subsoiler using the discrete element method. *Computers and Electronics in Agriculture.* Volume 174, July 2020, Page 105518 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105518>

Дата першого надходження статті до видання: 28.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)





T. Kutkovetska
Uman National University

JUSTIFICATION OF THE WORKING PARAMETERS OF A VIBRATORY LAND CULTIVATION TOOL FOR SOIL CULTIVATION

Summary

The article presents research on reducing energy consumption and improving the quality of soil cultivation by using vibrating working elements in soil cultivation implements with justification of their operating parameters. From the analysis of literary sources, it was found that existing vibration disruptors are classified into mechanical, electrical, hydraulic and pneumatic. One of the most promising areas of development and application of vibration sources for tillage tools is electrical exciters of mechanical vibrations, namely a solenoid with a metal core inside. Based on the analysis of existing technical means for soil cultivation, we propose a new technical means of vibration action for mound-free soil cultivation. The scientific novelty is the installation of additional elements on the racks of the working elements, which will perform their oscillatory movements during soil cultivation and thus better loosen it. A structural and technological scheme of a combined tillage implement with an electric vibration exciter and a device for automatic regulation of the technological process of the tillage machine have been developed. At the same time, the practical value lies in the fact that the vibrating tool will reduce traction resistance and reduce energy consumption by up to 20 % for performing the technological operation of soil cultivation. The obtained research results showed that the proposed development will ensure high-quality soil cultivation indicators that meet agrotechnical requirements. In addition, the results of the research determined that the proposed constructive technical solution will also ensure high performance of the soil tillage tool of vibration action and can be used for soil cultivation on different agro-backgrounds with different soil hardness.

Keywords: tillage implement, soil cultivation, operating parameters, working bodies, vibration action, traction resistance, energy consumption, technical solution, loosening the soil, technological operation.