

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙНИХ І ФУНКЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ СЕКЦІЇ ДИСКІВ З ХВИЛЯСТИМ ПРОФІЛЕМ ТВІРНОЇ

Л. Шустік, канд. техн. наук,
e-mail: shustik@ukr.net, orcid.org/0000-0003-2413-935X

Н. Нілова,
orcid.org/0000-0001-5514-2338

С. Степченко,
orcid.org/0000-0003-2808-9644

О. Лисак,
orcid.org/0000-0003-0708-9784

В. Кальчук,
orcid.org/0000-0002-6659-0032

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

Анотація

Державно-приватним партнерством УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і ТОВ «Агрореммаш-БЦ» досліджено виготовлено та випробувано новий інноваційний робочий елемент – диск із хвилястим профілем твірної, який входить в основу базового робочого органу машини для вертикального обробітку ґрунту. Секція включає два спарених між собою на паралельній осі хвилясті диски, які розміщені на пружній стійці регульованої жорсткості. У роботі наведено кінематично-оціночний аналіз роботи секції і розрахунок кількості елементів диска – півхвиль, які створюють активну дію на необроблений ґрунт за традиційних швидкісних режимів.

Мета. Обґрунтування параметрів хвилястого диска для створення необхідних за зусиллями віброчастотних характеристик обробітку ґрунту.

Методи досліджень. Розрахунок, теоретичне обґрунтування залежності кількості півхвиль диска по його зовнішній твірній, макетування виготовленням натурального зразка диска, інструментальні та приладові дослідження, статистичний аналіз, пропозиція робочої гіпотези.

Результати. Доведено, що вертикальний обробіток ґрунту – це нова ресурсоощадна технологія. Базовим робочим органом для реалізації такої технології є диск із хвилястим профілем твірної, який за високих швидкостей роботи забезпечує в умовах високого вмісту решток на поверхні ґрунту їх інтенсивне розчеплення та створює великорозгалужену мережу тріщин по ширині і глибині роботи. Проведено аналіз наявних робочих дискових органів, виконано розрахунки та запропоновано власний концепт – здвоєні диски на загальній осі. Спільними зусиллями фахівців УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого і ТОВ «Агрореммаш-БЦ» проведена робота з підготовки натурального зразка, після чого пропонується дослідження цього робочого органу на реальній машині.

Висновки. За результатами аналізу встановлено характер взаємодії півхвиль диска, які створюють рекомендовану частоту змушених коливань.

ТОВ «Агрореммаш-БЦ» виготовлено секцію на основі хвилястих дисків, для апробації і впровадження в конструкцію агрегата для вертикального обробітку ґрунту.

Ключові слова: диск, хвилястий профіль твірної, зміщення, коливання, частота.

Постановка проблеми. Останнім часом все більшого поширення набувають ресурсоощадні технології вирощування сільськогосподарських культур [1] однією з яких являється технологія вертикально-

го обробітку [1,2]. Ключовим елементом такого знаряддя є диск з хвилястим профілем твірної (хвилястий диск).

Технологічно від вертикального обробітку ґрунту очікується висока віброудар-

на дія хвилястим диском на ґрунт вкритими рослинними рештками, які мають бути розщеплені для дії води, кисню, біоти. Мають бути утворені широко розгалужені мережі горизонтальних і вертикальних тріщин для проникнення вказаних чинників, які надалі справлятимуть позитивний вплив на майбутній врожай. Саме конструкційні особливості такого робочого органу і сприяють забезпеченню технологічних принципів, на яких має бути створена машина для вертикального обробітку ґрунту. Найкращого технологічного ефекту можна досягти за високошвидкісних (до 20 км/год) режимів роботи, водночас машина має бути універсальною, стійкою до умов роботи за підвищеної вологості ґрунту або його сухості, а також в умовах мерзлого ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальноприйнятого визначення технології вертикального обробітку (ВО) ґрунту немає і тому кожен трактує його по-своєму. Оскільки технологічний набір робочих органів в агрегатах ВО кожної фірми свій, то під поняття вертикального обробітку ґрунту відводять різноманітні технічні засоби. За даними Євростату — це різновид консервативної системи обробітку ґрунту, за якої орна земля не перевертається, у ґрунті утворюються малі ущільнення, а його поверхня залишається густо вкрита рослинними рештками [3].

Існує також суперечка в тому, під яким кутом атаки (кут між напрямком руху і площиною диска) повинні бути встановлені самі диски, які мають хвилястий профіль. Вважається, що до цієї категорії машини слід віднести допустимий поворот від 0 до 6°. Саме такі кути використовуються в найбільш відомих агрегатах в Україні:

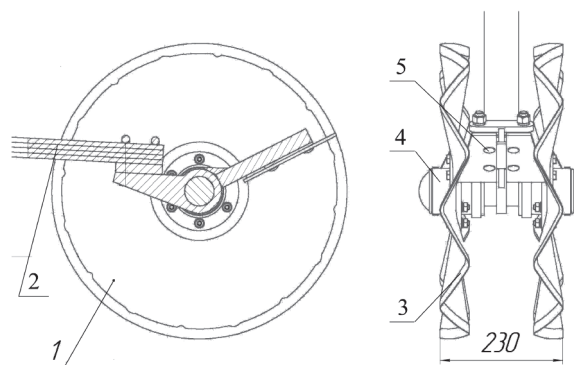
- канадському Salford (моделі RTS 1-1100....1-2200) закладено кут 0°;
- виробництва США Great Plains (моделі Turbo-Max 1200TM....4000TM) закладено кут 0-6°;
- виробництва США Kuhn Krause (моделі Exelerator 8005-11...8005-50) закладено кут 0-5°).

Вітчизняний виробник ПАТ «Велес—Агро» запропонував власну конструкцію агрегата Verti-till під назвою Zeus Verti-till Veles [4].

Усі вказані машини є потужною, адаптованою під великі типорозмірні господарства, дорогою технікою. Фірма ТОВ «Агрореммаш-БЦ», яка позиціонується як виробник для малих і середніх господарств, враховуючи світовий досвід виробництва машин для Verti-till, розпочала роботи зі створення агрегата, доступного для малих і середніх господарств.

Першим кроком постало завдання обґрунтувати параметри і дослідити конструкційні характеристики хвилястого диска для використання в агрегаті Verti-till, надалі з перенесенням досліджень у технологічний напрямок. Особливість конструкції полягає в тому, що диски мають бути встановлені попарно на загальній осі. Для цього проведено аналітичні дослідження і за результатами виготовлено експериментальний зразок дисків. Слід відмітити, що стосовно робочих органів — хвилястих дисків, практично відсутні дослідження, тому прийнято рішення запропонувати власні підходи до розрахунків характеристик диска і на цій основі інтерпретувати функційно-технологічні особливості його роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Добре відомий вітчизняний виробник ТОВ «Агрореммаш-БЦ» запропонував секцію з хвилястими робочими органами диска (рис 1).



1 – диск, 2 – пружна криволінійна стійка, 3 – півхвиля диска, 4 – вісь, 5 – чистик

Рисунок 1 – Конструкція секції ґрунтообробного знаряддя на основі хвилястих дисків

Відомо, що навіть на малих швидкостях 1,0-2,0 м/с процес обробки ґрунту носить ударний характер [5], за якого ударні навантаження трансформуються в пластичну деформацію. Використання цього ударного ефекту закладено в роботу дискових робочих органів з хвилястим профілем твірної, що додатково покращується їх установкою на пружній стійці регульованої жорсткості.

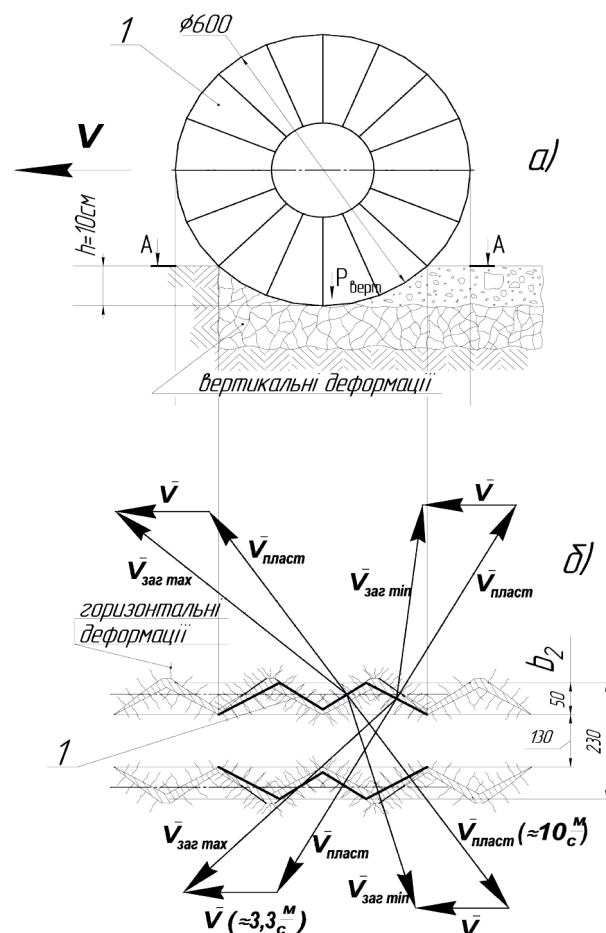
Під час роботи агрегата в полі доцільним інтервалом швидкостей його руху $V \in 12-20$ км/год (3,3-5,5 м/с), рекомендованою створюваною частотою для обробки ґрунту вібрувальними коливаннями є інтервал 5-20 Гц [5, 6].

Підсилення і створення стійких коливань комбінації пружної стійки та диска з хвилястим профілем твірної можливе, насамперед, завдяки рухомих елементам, які контактують з ґрунтом та генерують найбільш виражені змушені коливання. Під час руху зануреного диска в ґрунт (рис. 2) на глибину h його маса, підвішена на пружній стійці, діє на ґрунт з вертикальною силою $P_{\text{верт}}$, а хвилястий профіль твірної виконує ударну дію кожною напівхвилею, яка трансформується в пластичну деформацію, вектор поширення якої $V_{\text{заг}}$ є сумою вектора $V_{\text{пласт}}$ зі швидкістю ≈ 10 м/с, спрямованого по нормалі до поверхні, яка діє на ґрунт, та швидкості руху агрегата $\bar{V}$ в напрямку його руху, причому ці сумарні вектори спрямовані в різні боки і мають різну величину $V_{\text{заг. min}}$ та $V_{\text{заг. max}}$. Тому рухомий в ґрунті робочий орган з хвилястим профілем твірної буде створювати вібрувальну дію змушених коливань з частотою, залежною від швидкості агрегата та почергових різнонаправлених ударів півхвиль загальною кількістю N .

Наведена інформація дає змогу встановити кількість елементів активної дії півхвиль на необроблений ґрунт.

Необхідна кількість N напівхвиль диска по довжині твірної її хвилястого профіля складає

$$N_3 \geq \frac{\pi D \cdot f}{V}, \quad (1)$$



а – вид збоку заглибленого диска; б – слід профілю заглибленого диска; 1 – півхвиля; $\bar{V}$ – швидкість руху секції; $\bar{V}_{\text{пласт}}$ – вектор швидкості сумарних деформацій; $\bar{V}_{\text{заг max}}$ – вектор швидкості сумарних деформацій ґрунту фронтальною площиною півхвилі; $\bar{V}_{\text{заг min}}$ – вектор швидкості сумарних деформацій ґрунту тильною площиною півхвилі

Рисунок 2 – Функційно-технологічна схема роботи секції на основі диска з хвилястим профілем твірної та криволінійної стійки регульованої жорсткості

де D – діаметр диска з хвилястим профілем твірної, м;

f – рекомендована частота змушених коливань, 20 Гц;

V – мінімальна рекомендована швидкість агрегата, 3,3 м/с.

Виходячи з формули (1), рекомендована кількість півхвиль повинна складати не менше 12 шт.

У таблиці 1 наведено коротку характеристику диска.

Таблиця 1 – Технічна характеристика диска

Назва параметра	Одиниця виміру	Значення
Диски з хвилястим профілем твірної		
Діаметр диска	мм	600
Кількість напівхвиль	шт	12
Ширина диска по хвилястому профілю	мм	50
Віддаль між дисками		
мін	мм	130
макс	мм	240

ТОВ «Агрореммаш-БЦ» розробив секції на основі хвилястих дисків (рис. 3).

**Рисунок 3** – Загальний вигляд секції

Висновки. За результатами спільних досліджень ТОВ «Агрореммаш-БЦ» і УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого:

- зроблено прогноз ефективного використання робочого хвилястого диска в енергоощадному екологічному та посушливому землеробстві, а також високої адаптивності роботи хвилястого диска в широкому діапазоні умов: на мерзлоталому, дуже вологому і сухому ґрунті, за наявності високого вмісту рослинних решток, на підвищених до 20 км/год швидкостях;

- виконано розрахунки необхідної кількості напівхвиль диска по довжині

хвилястого профіля твірної;

- встановлено характер взаємодії півхвиль диска які створюють рекомендовано частоту змущених коливань.

- ТОВ «Агрореммаш-БЦ» виготовлено секцію на основі хвилястих дисків для апробації і впровадження в конструкцію агрегата для вертикального обробітку ґрунту.

Література

1. Інтернет-ресурс. Агрегат Salford RTS 1-2100.

2. Шустік Л., Нілова Н. – Смуговий обробіток ґрунту – важливий агротехнічний прийом волого збереження. – Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України: зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2018. – Вип. 23 (37). С 158-168.

3. Атлантична вертикаль: що виробляє США та Канада для Verti-till і що потрапило в Україну.

4. Інтернет-ресурс. Агрегат Zeus Verti-till.

5. Панов И. М., Ветохин В. И. Физические основы механики почв. Монография. – К.: Феникс, 2008.

6. Патент РФ2342820 «Способ почвообработки и устройство его реализации».

Literature

1. Internet resource. Assembly Salford RTS 1-2100.

2. Shustik L., Nilova N. - Straw cultivation of soil - an important agrotechnical method of wet storage. - Techno-technological aspects of development and testing of new technology and technologies for agricultural production in Ukraine. Collection of scientific works. L. Pogorilyy UkrNDIPVT. Doslidnytske, 2018. - Vip. 23 (37). From 158-168.

3. Atlantic vertical: produced by the USA and Canada for Verti-till and what got to Ukraine.

4. Internet resource. Zeus Verti-till aggregate.

5. Panov I. M., Vetokhin V. I. Physical bases of soil mechanics. Monograph - K.: Phoenix, 2008.

6. Patent RF2342820 «The method of soil cultivation and the device for its implementation».

Literatura

1. Internet-resurs. Agregat Salford RTS 1-2100.
2. Shustik L., Nilova N. – Smugovij obrobitor rruntu – vazhlij agrotehnični prijom vologo zberezhenja. – Tehniko – tehnologični aspekty rozvytku ta oprobuvannja novoi' tehniky i tehnologij dlja sil's'kogo gospodarstva Ukrai'ny: zb. nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. Doslidnyc'ke, 2018. – Vip. 23 (37). S 158-168.s.
3. Atlantichna vertikal': shho virobljae SShA ta Kanada dlja Verti-till i shho potrapilo v Ukraïnu.
4. Internet-resurs. Agreget Zeus Verti-till.
5. Panov I.M., Vetohin V.I. Fizicheskie osnovy mehaniki pochv. Monografija. – K.: Feniks, 2008.
6. Patent RF2342820 «Sposob pochvoobrabotki i ustrojstvo ego realizacii».

UDC 681.11.033.1

ANALYSIS OF THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL FEATURES OF THE SECTION DISCS WITH WAVY PROFILE OF THE GENERATRIX

L. Shustik, candidate of technical sciences,

e-mail: shustik@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2413-935X>

S. Stepchenko, <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

N. Nilova, e-mail: nilova-n@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5514-2338>

O. Lysak, <https://orcid.org/0000-0003-0708-9784>

V. Kalchuk, <https://orcid.org/0000-0002-6659-0037>

SSO « L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

Summary

As a result of the public-private partnership L. Pogorilyy UkrNDIPVT and LLC «Agroremmash-BC», a new innovative working element - a disk with a wavy profile of the generatrix - was created and tested, which forms the basis of the basic working body of the machine for vertical tillage of the soil. The section, which includes two paired with each other, on a parallel axis, wavy disks are located on an elastic rack of adjustable rigidity. In the work of the kinematic-evaluation analysis of the section and the calculation of the number of disk elements - half-waves, creating an active action of rough soil in the traditional speed modes.

Aim. *Substantiation of parameters of a wavy disk for the creation of the required vibratory-frequency characteristics of soil tillage.*

Research methods. *Calculation, theoretical substantiation of the dependence of the number of half-waves of the disk on its external creation, the layout by the manufacture of a complete sample of the disk, instrumental and instrumental research, statistical analysis, the proposal of the working hypothesis.*

Results. *It is proved that vertical soil cultivation is a new resource-saving technology. The basic working body for the implementation of such technology is a disk with a wavy profile creator, which, at high speeds, provides high levels of residues on the surface of the soil, their intense decoupling and creates a large-scale network of cracks in width and depth of work. An analysis of existing working disk organs was carried out, calculations were made and the own concept - double discs on the general axis was proposed. Joint efforts of specialists of L. Pogorilyy UkrNDIPVT and LLC «Agroremmash-BC» work on the preparation of a full-scale sample, after which the study of this working body is proposed on a real machine.*

Conclusions. According to the results of the analysis, the nature of the interaction of a half-wavelength disk is determined which creates the recommended frequency of forced oscillations. «Agroremmash-BC» Ltd. manufactured a section on the basis of wavy discs, for approbation and introduction into the design of the unit for vertical soil cultivation.

Key words: disc, wavy profile of the generatrix, displacement, oscillation, frequency.

УДК 681.11.033.1

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ СЕКЦИИ ДИСКОВ С ВОЛНИСТЫМ ПРОФИЛЕМ ОБРАЗУЮЩЕЙ

Л. Шустик, канд. техн. наук

e-mail: shustik@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2413-935X>

С. Степченко, <https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

Н. Нилова, e-mail: nilova-n@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5514-2338>

А. Лысак, <https://orcid.org/0000-0003-0708-9784>

В. Кальчук, <https://orcid.org/0000-0002-6659-0037>

ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

Аннотация

Государственно-частным партнерством УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого и ООО «Агрореммаш-БЦ» исследован изготовлен и испытан новый инновационный рабочий элемент - диск с волнистым профилем образующей, который входит в основу базового рабочего органа машины для вертикальной обработки почвы. Секция включает два спаренные между собой на параллельной оси волнистые диски, которая размещены на упругой стойке регулируемой жесткости. В работе приведен кинематически-оценочный анализ работы секции и расчет количества элементов диска - полуволн, которые создают активное действие необработанный почву при традиционных скоростных режимах.

Цель. Обоснование параметров волнистого диска для создания необходимых по усилиям виброчастотных характеристик обработки.

Методы исследований. Расчет, теоретическое обоснование зависимости количества полуволн диска по внешней его образующей, макетирование путем изготовления натурального образца диска, инструментальные и приборные исследования, статистический анализ, предложение рабочей гипотезы.

Результаты. Доказано, что вертикальная обработка почвы – это новая ресурсосберегающая технология. Базовым рабочим органом для реализации такой технологии является диск с волнистым профилем образующей, который при высоких скоростях работы обеспечивает в условиях высокого содержания остатков на поверхности почвы их интенсивное расщепление и создает разветвленную сеть трещин по ширине и глубине работы. Проведен анализ существующих рабочих дисковых органов, выполнены расчеты и предложен собственный концепт - сдвоенные диски на общей оси. Совместными усилиями специалистов УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого и ООО «Агрореммаш-БЦ» проведена работа по подготовке натурального образца, после чего предлагаются исследования данного рабочего органа в реальной машине.

Выводы. По результатам анализа установлен характер взаимодействия полуволн диска, которые создают рекомендуется частоту вынужденных колебаний. ООО «Агрореммаш-БЦ» изготовил секцию на основе волнистых дисков для апробации и внедрения в конструкцию агрегата для вертикальной обработки.

Ключевые слова: диск, волнистый профиль образующей, смещения, колебания, частота.