

УДК 631.312

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЧИЗЕЛЬНОЇ ЛАПИ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА НА ДЕФОРМАЦІЮ ГРУНТУ

Лещенко С.М., к.т.н., доц.*

Сало В.М., д.т.н., проф.,

Петренко Д.І., к.т.н., доц.

Кіровоградський національний технічний університет

м. Кіровоград, Україна

Тел. +380522390472

e-mail: serafsgm@ukr.net

Лісовий І.О., к.т.н.

Уманський національний університет садівництва

м. Умань, Україна

Анотація. В роботі доводиться необхідність відмови від основного обробітку ґрунту у вигляді відвальної оранки. Це викликано руйнуванням біологічно цінних агрегатів, створенням ущільненої підорної підшви, загостренням проявів вітрової та водної ерозій тощо. Для усунення вказаних недоліків є необхідність проведення глибокого рихлення чизельними знаряддями. Основним робочим органом глибокорозпушувачів є чизельні лапи із прямою стійкою. При дослідженні роботи таких робочих органів не в повній мірі були враховані сили опору та конструктивні параметри лап на зміну зон деформації за різних ґрунтових умов. З метою встановлення раціональних конструктивних параметрів проведено аналітичне вивчення їх впливу на зони деформації ґрунту у вертикальній та горизонтальній площинах. Під час вивчення впливу конструкції чизельної лапи на інтенсивність дії на ґрунт враховано сили опору стояка та долота. Отримані теоретичні залежності зон деформації від глибини ходу чизельного робочого органу при різних умовах роботи та початковому стані ґрунту.

* Публікується по рекомендації: д.т.н., проф., акад. МААО Пастухова В.І.

Ключові слова: комбінований глибокорозпушувач, чизельна лапа, тяговий опір, зона деформації ґрунту

Постановка проблеми. Однією із найбільш важливих задач ефективної реалізації технологій вирощування сільськогосподарських культур є не лише отримання стабільних та високих врожаїв, а й збереження родючості, що неодмінно супроводжується створенням глибокого розпушеного ґрунтового горизонту, наявність якого дозволяє мінімізувати кількість наступних операцій обробітку ґрунту та забезпечити умови для накопичення гумусу [1]. Слід відмітити, що використання відомих ґрунтообробних робочих органів для основного обробітку ґрунту не дозволяє інтенсифікувати всі фактори, які забезпечують підвищення і відтворення ефективної родючості. Окремі види механічного обробітку, такі як традиційна полицева оранка, дискування, фрезерний обробіток та ін., взагалі призводять до інтенсивного руйнування біологічно цінних агрегатів ґрунту та загального обезструктурування та ущільнення ґрунтів. Зважаючи на необхідність проводити основний обробіток як за умов підвищеної вологості, так і пересушеного ґрунту, а особливо у районах із загрозою виникнення ерозій, відмова від традиційного основного обробітку є вимушеною, а ефективною альтернативою вказаних операцій є безвідвальний обробіток у вигляді глибокого розпушування [1, 2, 3].

Аналіз останніх досліджень. Основними робочими органами, за допомогою яких можна ефективно проводити глибоке розпушування ґрунту, залишаються чизельні лапи різноманітних конструкцій [1-3]. Конструктивно чизельні лапи складаються із стояка і вузького долота, а останнім часом, для покращення якості кришення ґрунту і регулювання висоти гребенів на дні борозни, на стояк встановлюють закрilки (крила) різної форми, від глибини роботи і частоти розміщення яких змінюється не лише якість рихлення, а й енергоємність процесу. Причому, більшість чизельних лап, що встановлюються на серійні машини, виготовляються на основі прямого стояка. Використання стояків криволінійних форм обмежується через складність їх виготовлення та відсутність чітких переваг у якості чи енергоємності процесу, що дозволило б виправдати більш складну конструкцію таких лап та підвищені затрати на їх виробництво.

Встановлено [5-10], що при роботі чизельної лапи на глибині більше 250...300 мм відбувається два види деформації ґрунту: перший – до певної критичної глибини, під час якого спостерігається розширення зони деформації, під дією внутрішнього і зовнішнього тертя; другий – в нижній частині робочої поверхні лапи утворюється щілина без відділення ґрунту з боків лапи, в цій зоні ґрунт зминається та ущільнюється, в результаті чого утворюється ядро, яке періодично руйнується і відновлюється знову. Таким чином, критична глибина обробки залежить від типу ґрунту та ширини захвату лапи. Саме виходячи із положення зон деформації ґрунту під час глибокого рихлення, їх геометричних розмірів і інтенсивності сколювання, можна провести раціональне розміщення чизельних лап на рамі глибокорозпушувача. За існуючими аналітичними методиками [5, 6], розрахунок зон деформації ґрунту чизельними лапами не в повній мірі враховує конструктивні особливості лап та зміну тягового опору знаряддя. Тому, питання вивчення впливу конструктивних параметрів чизельної лапи глибокорозпушувача є актуальним та дозволить знайти не тільки раціональні параметри робочого органу, але й найбільш ефективну компоновку знаряддя з точки зору як якості обробки, так і енергоефективності.

Мета дослідження. Метою даної роботи є аналітична оцінка впливу конструктивних параметрів чизельної лапи глибокорозпушувача із прямою стійкою на зони деформації ґрунту у поперечному та поздовжньому напрямку під час основного безвідвального обробітку.

Основна частина. Чизельну лапу можна охарактеризувати наступними параметрами (рис. 1) [5]: a – глибина обробки; β – кут установки долота до дна борозни; d – ширина захвату долота; b – ширина зони рихлення долотом; R_{xi} , R_{zi} – горизонтальні і вертикальні сили, що діють на чизельний робочий орган.

Відомо, що тяговий опір чизельної лапи складається із сил, які витрачаються на підрізання скиби ґрунту лезом долота і ножем стояка, на тертя часток ґрунту по долоту і стояку робочого органу та на підіймання і розпушування ґрунту. Цілком очевидно, що значення цих сил залежить від конструктивних параметрів долота і стояка.

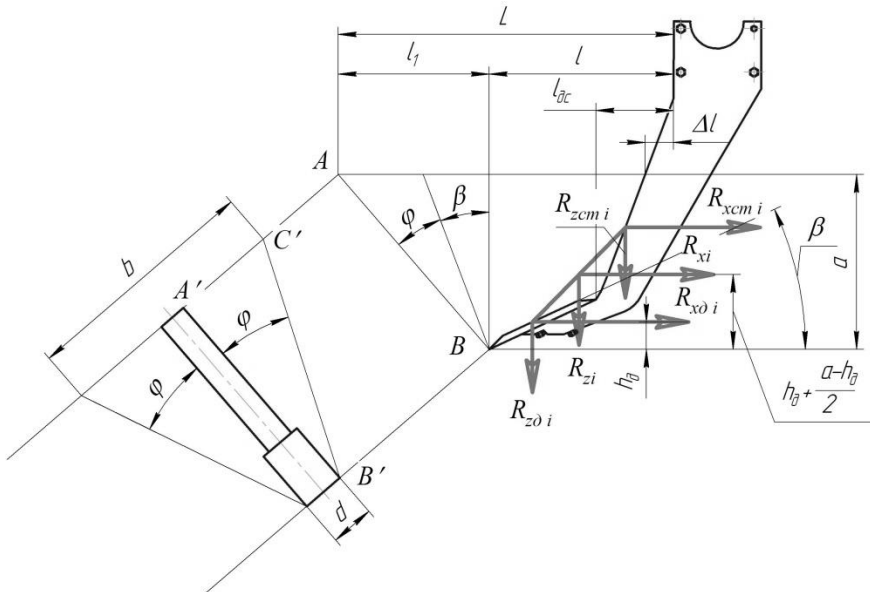


Рисунок 1 – Схема зон деформації ґрунту чизельною лапою у вертикальній та горизонтальній площинах та схема дії сил опору

Горизонтальну силу опору чизельного робочого органу можна знайти за формулою [6]:

$$R_{xi} = R_{xcm i} + R_{xdi}, \quad (1)$$

де $R_{xcm i}$ – сила опору стояка чизельної лапи, кН;

R_{xdi} – сила опору долота, кН.

Точки прикладання сил опору стояка та долота чизельної лапи знайдено графоаналітичним методом (рис. 1).

В практичних цілях для знаходження горизонтальної сили опору використовується вираз:

$$R_{xi} = \frac{k \cdot a \cdot b}{2}, \quad (2)$$

де k – питомий опір чизельного робочого органу, $k = 20 \dots 120$ кН/м²;

a – глибина обробки, $a = 0,27 \dots 0,45$ м;

b – ширина зони рихлення чизельною лапою на поверхні поля, м.

Вертикальна сила опору чизельної лапи складається із наступних складових:

$$R_{zi} = R_{zcm i} + R_{z\partial i} = R_{xi} \cdot \delta, \quad (3)$$

де δ – коефіцієнт пропорційності, який є змінним для різних умов роботи та залежить від властивостей ґрунту, швидкості руху, глибини обробки і стану робочого органу. Експериментально встановлено, що для умов важкого та середнього суглинку $\delta = 0,35 \dots 0,65$.

З метою визначення ширини зон розпушування слід розглянути зону деформації ґрунту перед і збоку від чизельної лапи. Знайдемо зону деформації ґрунту перед чизельною лапою наступним чином:

$$L = l_1 + l - \Delta l, \quad (4)$$

де l – виліт долота відносно прямолінійної частини стояка, м;

$$l = l_o \cdot \cos \beta + l_{oc},$$

l_{oc} – зміщення краю долота відносно стояка (рис. 1) у горизонтальній площині, м;

l_o – довжина долота, м;

Δl – відстань від прямолінійної частини стояка лапи до місця контакту стояка із поверхнею ґрунту, м;

l_1 – довжина зони деформації ґрунту перед чизельною лапою, м

$$l_1 = a \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi). \quad (5)$$

Тоді

$$L = a \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi) + (l_o \cdot \cos \beta + l_{oc}) - \Delta l. \quad (6)$$

Зона деформації ґрунту збоку від чизельної лапи визначається за формулою:

$$b = d + 2 \cdot A'C' = d + 2 \cdot A'B' \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (7)$$

$$\text{З врахуванням того, що } A'B' = AB = \frac{a}{\cos(\beta + \varphi)}$$

$$b = d + \frac{2 \cdot a \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\cos(\beta + \varphi)}, \quad (8)$$

де φ – кут внутрішнього тертя ґрунту, $\varphi = 30^\circ$.

Значення зон рихлення L і b при $d = 0,05$ м і глибині обробки чизельною лапою $a = 0,27 \dots 0,45$ м, представлені на рис. 2. Інші конструктивні параметри дорівнювали: $l_0 = 0,25$ м; $\beta = 25^\circ$; $l_{oc} = 0,22$ м.; при $a = 0,27 \rightarrow \Delta l = 0,02$ м, при $a = 0,45 \rightarrow \Delta l = 0,007$ м.

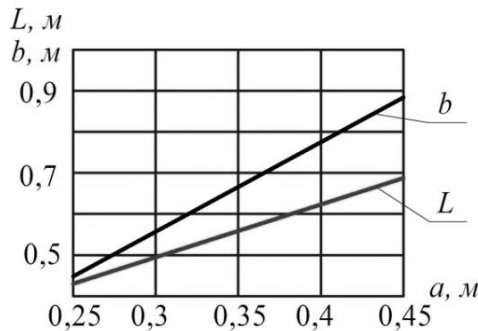


Рисунок 2 – Залежність зон деформації L і b від глибини обробітку чизельною лапою для важкого суглинку

Після визначення зон деформації при різних глибинах обробітку ґрунту за залежностями (2) та (3) можна розрахувати сили опору, які діють на чизельну лапу в різних площинах. Результати розрахунків представлені у вигляді графіків на рис. 3 та 4.

На основі отриманих розрахункових значень горизонтальної та вертикальної сил опору, які знаходяться, виходячи із зон деформації ґрунту, можна проводити обґрунтування інших конструктивних параметрів.

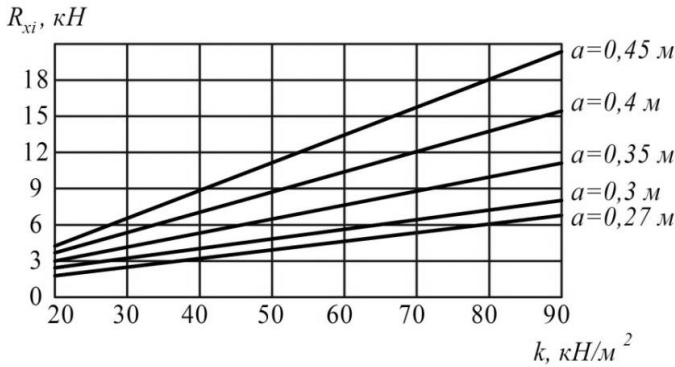


Рисунок 3 – Залежність горизонтальної сили опору R_{xi} від питомого опору ґрунту k при різних глибинах обробки чизельною лапою

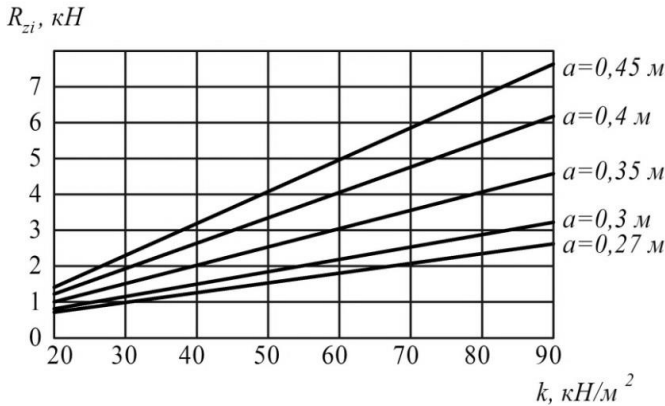


Рисунок 4 – Залежність вертикальної сили опору R_{zi} від питомого опору ґрунту k при різних глибинах обробки чизельною лапою ($\delta = 0,4$)

Висновки. Керуючись сучасною концепцією реалізації системи відновлення та підвищення родючості ґрунту, робиться висновок про необхідність впровадження основного обробітку ґрунту у вигляді глибокого розпушування чизельними знаряддями із прямим стояком.

Під час аналізу зміни зон деформації ґрунту в різних площинах, з врахуванням сил опору, стану ґрунту і конструктивних параметрів чизельної лапи, отримані аналітичні залежності, що дозволять провести раціональну компоновку чизельного знаряддя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лещенко С. Состояние вопроса и перспектива интенсификации работы чизельных орудий с целью сохранения естественного плодородия / С. Лещенко, В. Сало, А. Васильковский // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. Vol. 16 - №2, Lublin – Rzeszów: Polish Academy of Sciences, 2014. – P. 195-201.
2. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка / Я.С. Гуков – К.: Нора-Прінт, – 1999.– 280 с.
3. Лещенко С.М. Адаптація операцій чизельного обробітку до складних ґрунтово-кліматичних умов центральної України / Лещенко С.М., Сало В.М., Васильковський О.М., Петренко Д.І., Дейкун В.А. // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип. 3. – Мелітополь: Копіцентр «Документ-сервіс», 2015. – С. 102-110.
4. Сало В. Технічне забезпечення процесів глибокого розпушування ґрунту / В. Сало, С. Лещенко // Пропозиція: український журнал з питань агробізнесу. Інформаційний щомісячник. – 2015. – № 10. – С.122-124.
5. Руденко Н.Е. Механизация обработки почвы: Учебное пособие. / Руденко Н.Е. – Ставрополь: «АГРУС». – 2005. – 112 с.
6. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 1. Машини для рільництва / Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. за ред. Черновола М.І. – К.Урожай, 2001. – 384 с.
7. Leschenko S., Salo V., Petrenko D.. Experimental estimate of the efficiency of basic tilling by chisel equipment in the conditions of soil // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2014. – Вип. 44 – С. 237-243.
8. Лещенко С.М. Експериментальна оцінка якості роботи комбінованого чизеля з додатковими горизонтальними та вертикальними деформаторами / Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Василенка. – Харків, 2015. – Вип. 156. Механізація сільського господарства – С. 25-34.
9. Лещенко С.М. Обґрунтування доцільності проведення глибокого чизельного рихлення на переущільнених та ерозійно-

небезпечних ґрунтах/ Лещенко С.М., Сало В.М. //Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип.28.–Кіровоград, 2015р.–С.181-186.

10. Сало В.М. Формалізація процесу глибокого рихлення ґрунту комбінованими чизельними знаряддями / В.М. Сало, С.М. Лещенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 15. Том 4 – Мелітополь, 2015. – С. 39-46.

BIBLIOGRAPHY

1. Leshchenko S., Salo V., Vasylovskyy A. Situation and prospect of intensifying the work of chisel tools to preserve the natural fertility. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. Vol. 16 - №2, Lublin – Rzeszów: Polish Academy of Sciences, 2014. – P. 195-201.

2. Gukov J.S. The cultivation of the soil. Technology and engineering – С.: Nora-Print – 1999. – 280 p. (in Ukrainian).

3. Leshchenko S.M., Salo V.M., Vasylovskyy O.M., Petrenko D.I., Deykun V.A. Adapting operations chyzelnoho cultivation to difficult soil and climatic conditions of central Ukraine. Bulletin of the Ukrainian branch of the International Academy of Agricultural Education – Vol. 3. – Melitopol: Copy Shop «Document service», 2015. – P. 102-110. (in Ukrainian).

4. Salo V., Leshchenko S. Technical support processes of deep soil loosening. Offer: Ukrainian magazine on agribusiness. Information Monthly. – 2015. – № 10. – P. 122-124. (in Ukrainian).

5. Rudenko N.E. Mechanization of soil tillage: Textbook. – Stavropol: Izd SSAU "Agrus". – 2005. – 112 p. (in Russian).

6. Sysolin P.V., Salo V.M., Kropivnyy V.M. Farm equipment, theoretical foundations, construction, design, Book 1. Arable farming machines. K.Urozhay, 2001. – 384 p. (in Ukrainian).

7. Leshchenko S., Salo V., Petrenko D. Experimental estimate of the efficiency of basic tilling by chisel equipment in the conditions of soil. Design, production and operation of agricultural machinery. A national interdepartmental scientific and technical collection. – Kirovograd, 2014. – Vol. 44 – P. 237-243. (in Ukrainian).

8. Leshchenko S., Salo V., Petrenko D. Experimental evaluation of the quality of chyzelya combined with optional horizontal

and vertical drivers. Journal of Kharkov National Technical University of Agriculture. – Kharkiv, 2015. – Vol. 156. Agricultural Engineering – P. 25-34. (in Ukrainian).

9. Leschenko S., Salo V. Justification chyzelnoho feasibility of deep loosening on compaction and erosion-hazardous soils. Proceedings of Kirovograd National Technical University. Technology in agriculture, industrial engineering, automation. Vol. 28. – Kirovograd: KNTU, 2015 – P. 181-186. (in Ukrainian).

10. Salo V., Leshchenko S. The formalization process of deep soil loosening combined chyzelnymy tools. Labor Tauride Agrotechnological State University. Vol. 15. Volume 4 – Melitopol, 2015. – P. 39-46.

INFLUENCE OF DESIGN SPECIFICATIONS OF CHISEL SHANK OF A DEEP TILLER ON SOIL DEFORMATION

S.M. Leshchenko, V.M. Salo, D.I. Petrenko, I.O. Lisovyy

Summary

The article proves the necessity to refuse from basic soil cultivation in the form of moldboard plowing. It is due to the destruction of biologically valuable aggregates, creation of compacted subsoil layer, exacerbation of wind and water erosions. To solve these problems it is necessary to use deep tillage with chisel equipment. The main working parts of a deep tiller are chisel sweeps with a straight shank. While analyzing the operation of such working parts we did not take into consideration to the full extent the traction resistance and design specifications of the sweeps on the change of area deformations in different soil conditions. In order to determine rational design specifications we held analytical study of their influence on the areas of soil deformations in vertical and horizontal planes. While studying the influence of the construction of chisel sweep on the intensity of impact on soil we took into consideration the resistance force of the shank and sweep. We received theoretical dependences of the deformation areas on the depth of operating working part of the chisel in different working conditions and the initial condition of soil.

Key words: combined deep tiller, chisel shank, traction resistance, area of soil deformation