

УДК 631.312; 631.316.22

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.132-140>

С.М. Лещенко, доц., канд. техн. наук, **В.М. Сало**, проф., д-р техн. наук, **Д.І. Петренко**, доц., канд. техн. наук, **О.М. Васильковський**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м Кропивницький, Україна
e-mail: serafsgm@ukr.net

Вивчення конструктивно-технологічних параметрів робочих органів комбінованих чизельних глибокорозпушувачів

В роботі проводиться систематизація основних найбільш поширених робочих органів чизельних глибокорозпушувачів з критичною оцінкою їх конструктивно-технологічних параметрів. Доводиться, що незважаючи на конструктивну подібність чизельних лап з прямим стояком, що використовуються в серійних ґрунтообробних агрегатах, конструкцію цих робочих органів не можна вважати повністю обґрунтованою, що насамперед відноситься до використання на лапах додаткових робочих органів і елементів та можливості аналітично розрахувати і практично забезпечити задану глибину суцільного обробітку. Наведені залежності, які дозволяють знайти критичну глибину чизельного обробітку, величину зон деформацій, глибину суцільного обробітку та встановлені значення рекомендованих конструктивних параметрів чизельної лапи з прямим стояком.

чизельний глибокорозпушувач, зона деформації ґрунту, додаткові деформатори, чизельна лапа з прямим стояком

С.Н. Лещенко, доц., канд. техн. наук, **В.М. Сало**, проф., д-р техн. наук, **Д.И. Петренко**, доц., канд. техн. наук, **А.М. Васильковский**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий, Украина

Изучение конструктивно-технологических параметров рабочих органов комбинированных чизельных глибокорыхлителей

В работе проводится систематизация основных наиболее распространенных рабочих органов чизельных глибокорыхлителей с критической оценкой их конструктивно-технологических параметров. Доказывается, что несмотря на конструктивное сходство чизельных лап с прямой стойкой, используемых в серийных почвообрабатывающих агрегатах, конструкцию этих рабочих органов нельзя считать полностью обоснованной, что прежде всего относится к использованию на лапах дополнительных рабочих органов, элементов и возможности аналитически рассчитать и практически обеспечить заданную глубину сплошной обработки. Приведены зависимости, позволяющие найти критическую глубину чизельной обработки, величину зон деформаций, глубину сплошной обработки и установленные значения рекомендуемых конструктивных параметров чизельных лап с прямой стойкой.

чизельный глибокорыхлитель, зона деформации почвы, дополнительные деформаторы, чизельная лапа с прямой стойкой

Постановка проблеми. Світовою тенденцією в ґрунтообробці є поступова відмова від використання ерозійно небезпечних знарядь, до яких відносяться класичні полицеві плуги, машини і знаряддя з сферичними дисками, фрезерні агрегати тощо. Деградація ґрунтів на полях нашої держави, прискорення проявів вітрової та водної ерозій, утворення ущільненої підорної підшви, погіршення інфільтраційних властивостей, зниження рівня гумусу, і зрештою – втрата родючості загалом, вивели питання відмови від ерозійно небезпечних знарядь у життєво необхідні стратегічні завдання агровиробництва, які мають започаткувати впровадження ґрунтозахисних технологій в технологічні процеси вирощування продукції рослинництва.

© С.М. Лещенко, В.М. Сало, Д.І. Петренко, О.М. Васильковський, 2019

Сьогодні, хоча і існує окреслена стратегія відмови від класичної оранки, на етапі основного обробітку ґрунту відсутні чіткі рекомендації по заміні технологій обробітку залежно від тієї культури, що буде вирощуватися, культури-попередника, агрофізичних властивостей та стану ґрунту, наявного забезпечення господарства технікою для реалізації наступних операцій, комплектування альтернативних ґрунтообробних агрегатів, особливості їх конструктивних параметрів і режимів роботи тощо. Проте, ряд дослідників [1...10] доводять, що одним із дієвих способів першого глибокого обробітку ґрунту в умовах ущільнених суглинкових і глинистих ґрунтів є проведення глибокого чизельного обробітку ґрунту із використанням комбінованих чизельних глибокорозпушувачів, насамперед на схилах, за умов переущільнення та на полях із потужною підорною подошвою. Такий спосіб основного обробітку дозволяє сприяти накопиченню і збереженню вологи та забезпечує подальше ефективне використання вологи, яка потрапляє на поле в осінньо-зимовий період. Слід відмітити, що в умовах зміни клімату в Україні на більш посушливий та з врахуванням систематичної відсутності опадів в період вегетації культурних рослин, глибокий чизельний обробіток є основною запорукою отримання стабільних врожаїв.

Сьогодні вибір конструктивних параметрів чизельних глибокорозпушувачів, що можуть використовуватися в умовах ґрунтозахисного землеробства, зводиться до обґрунтування розстановки робочих органів, оцінки енергоємності процесу та інженерного розрахунку різних функціональних схем машин і механізмів їх регулювання, при цьому немає чітких рекомендацій відносно конструкції основних та додаткових робочих органів, загальної компоновки ґрунтообробних агрегатів і умов за яких ті чи інші машини можуть використовуватися.

Тому питання систематизації існуючих конструктивно-технологічних параметрів робочих органів чизельних глибокорозпушувачів, їх вдале поєднання у межах одного агрегату та пошук раціональних конструкцій для конкретних умов роботи є актуальним, а ефективне використання вдосконалених ґрунтообробних агрегатів дозволить спростити перехід господарств на етапі основного обробітку ґрунту до системи ґрунтозахисного землеробства.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Відомо [1-4], що незалежно від конструкції чизельних лап під час глибокого суцільного обробітку ґрунту слід проводити розпушування на глибину, яка забезпечить нормальний розвиток кореневої системи рослин, що вирощуються на полі, а також достатнє заглиблення ґрунту для накопичення вологи, при цьому слід намагатися мінімізувати енерговитрати [5].

За існуючими агротехнічними вимогами чизельні глибокорозпушувачі для основного безполицевого обробітку ґрунту мають забезпечувати розпушування на глибину від мілкої 20...22 см до глибокої 60...80 см [1, 3]. Хоча рекомендована глибина обробітку, яка встановлена на основі проведених досліджень, в умовах ущільненого чорнозему Центральної України має знаходитися в діапазоні 30...40 см. [1, 3, 7]. На основі проведених теоретико-експериментальних досліджень [6] встановлено, що з конструктивної точки зору долото, яке виконує основну функцію розрізання і сколювання монолітів ґрунту повинно мати ширину 50...80 мм (віддається перевага 60 мм), його нижня площина має бути нахилена донизу та по відношенню до горизонту утворювати кут різання 25°...30°, а передня частина долота повинна забезпечувати кут кришення 15°...20° відносно його верхньої площини. В більшості робочих органів долото кріпиться до самої нижньої точки стояка і виконується з'ємним. Товщина стояка вибирається меншою ширини долота, але при цьому повинна забезпечуватися міцність і жорсткість за умов мінімального лобового опору (у багатьох серійних машин товщина стояка ≈ 30 мм). Більшість виробників віддають перевагу прямим стоякам, оскільки

похилі стояки та стояки типу «Параплау» є більш складні з точки зору виготовлення та їх вартості, а ефективність їх використання у польових умовах не має значних переваг у порівнянні зі звичайними прямими стояками. Наведені деякими дослідниками [1-3] показники зниження тягового опору на 20...29% при використанні похилих стояків в умовах ущільнених ґрунтів Центральної України не підтверджуються, а складають не більше 5...10%.

При використанні чизельних знарядь для суцільного основного обробітку необхідно на етапі розстановки робочих органів на рамі забезпечити їх розміщення з такою відстанню B , щоб зони розповсюдження бокових деформацій ґрунту по обидві сторони від долота, при будь-якій глибині обробітку, яка знаходиться в межах агротехнічних вимог, перетиналися [1, 2, 6]. Ця умова забезпечується виконанням наступної нерівності:

$$0,5(B - b) \leq H, \quad (1)$$

де b – ширина долота;

H – повна глибина обробітку (глибина руху долота).

Забивання глибокорозпушувача пожнивними рештками і глибами ґрунту безпосередньо залежить від відстані між робочими органами B , а її збільшення в поперечній площині призводить до утворення більших гребенів на дні борозни та наближення їх вершин до поверхні поля [6]. З міркувань часткового вирівнювання дна борозни і забезпечення на поверхні поля суцільного розпушування (на глибину до 20 см) застосовують не лише розміщення чизельних лап у кілька рядів, а й закріплюють до стояка лапи додаткові деформатори у вигляді закрилок, лап, відвалів та інших активаторів різних конструкцій.

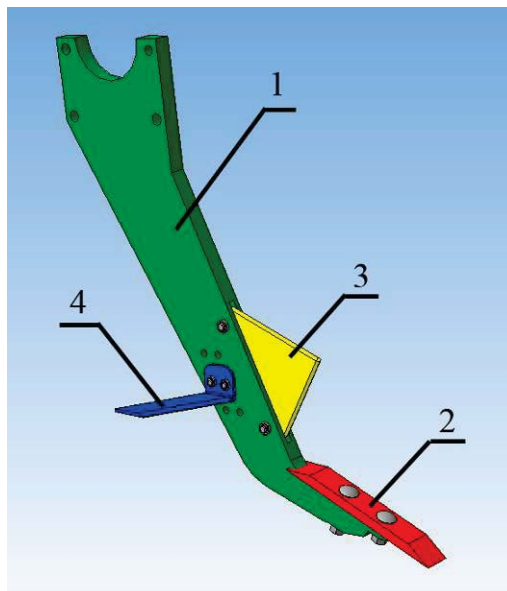
Незважаючи на значну кількість досліджень, що направлені на обґрунтування раціональних параметрів робочих органів чизельних глибокорозпушувачів, конструкцію чизельної лапи не можна вважати повністю обґрунтованою, що насамперед відноситься до використання додаткових робочих органів і елементів. Слід зазначити, що напрямки вдосконалення чизельних лап мають бути орієнтовані на забезпечення агротехнічних вимог за ускладнених умов роботи, підвищення функціональних можливостей чизельних глибокорозпушувачів шляхом використання додаткових елементів, що дозволяють вирівнювати дно борозни, зберігати на поверхні поля пожнивні рештки чи рівномірно перемішувати їх на заданій глибині, зниження енергоємності чизелювання тощо.

Постановка завдання. Отже, метою даної роботи є вивчення конструктивно-технологічних параметрів чизельних лап комбінованих глибокорозпушувачів загального призначення.

Виклад основного матеріалу. На кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету проведено ряд робіт, направлених на розробку раціональної конструкції комбінованих чизельних глибокорозпушувачів [5, 7, 9], які були б адаптовані до роботи в умовах важких ґрунтів Центральної України. Результатом проведених робіт стала розробка функціональної схеми, конструкторської документації та впровадження у виробництво серії начіпних чизельних глибокорозпушувачів залежно від ширини захвату яких можна комплектувати ґрунтообробні агрегати на базі тракторів тягового класу від 2 до 5 як закордонного, так і вітчизняного виробництва.

Основним робочим органом розроблених машин є чизельна лапа з прямим стояком (рис. 1), у якій в якості додаткових горизонтальних деформаторів, які забезпечують вирівнювання дна борозни та краще підрізання кореневих систем рослин,

використовуються плоскі крила, що встановлюються під певним кутом до напрямку руху, і в поєднанні з долотом забезпечують сколювання ґрунту у горизонтальній площині. Крім того, з врахуванням специфіки ґрунтово-кліматичних умов і можливих наявних рослинних решток та стерні на полі, яке потрібно обробляти, на стояку встановлюється з'ємний загострений зуб, який виконує функцію додаткового горизонтального деформатора та забезпечує розбивання крупних брил, відводить рослинні рештки від стояка і частково їх перерізає та захищає стояк від інтенсивного зношення.



1 – стояк; 2 – долото; 3 – зуб; 4 – крила

Рисунок 1 – Чизельна лапа з прямим стояком

Джерело: розроблено авторами з використанням [1...4]

Під час розробки конструкції лапи, як і в дослідженнях проведених раніше [1...4], приймали припущення, що дія долота на ґрунт аналогічна дії на ґрунт двогранного клина. Крім того, для забезпечення ефективної роботи чизельної лапи з мінімальними витратами енергії необхідно, щоб задана глибина обробітку не була більшою за критичну глибину різання H_2 (рис. 2). У випадку невиконання наведеної умови спостерігається зменшення зони кришення ґрунту, при цьому суттєво зростає зона пластичних деформацій, а отже – зростають енерговитрати. Зважаючи на те, що у зоні руху долота має місце значне ущільнення ґрунту, його кришення (розпушування) починається дещо вище леза, а критична глибина різання H_2 має прямий зв'язок із кутом сколювання ґрунту $\psi_{ск}$. Кут сколювання ґрунту можна визначити за формулою В.П. Горячкіна

$$\psi_{ск} = 90^\circ - \frac{(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)}{2}, \quad (2)$$

де α – кут кришення ґрунту;

φ_1 – кут тертя ґрунту по лапі;

φ_2 – кут внутрішнього тертя ґрунту.

Під час проведення теоретичних досліджень кут сколювання $\psi_{ск}$ з достатньою точністю приймають в середньому рівним 45° .

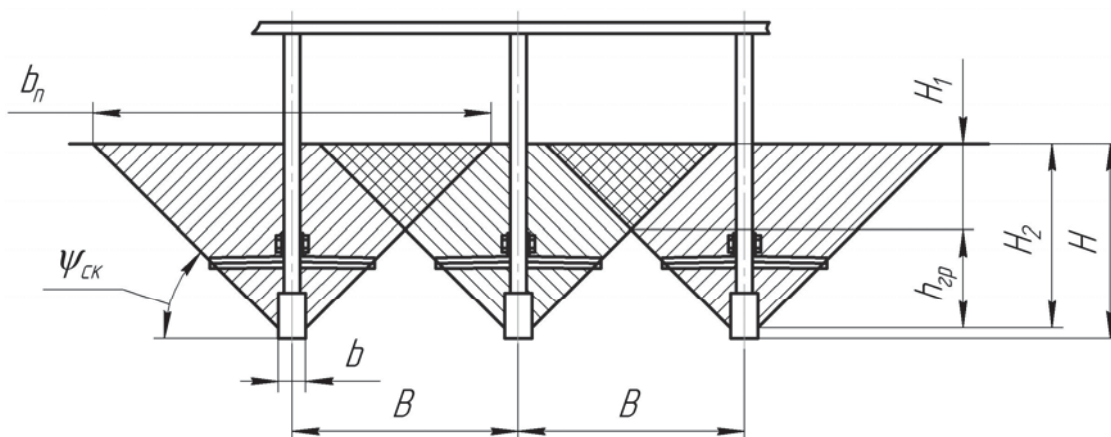


Рисунок 2 – Профіль зони деформації ґрунтового середовища чизельними лапами
Джерело: розроблено авторами з використанням [1...16]

Відомо [8...16], щоб оцінити якість роботи чизельних лап, крім коефіцієнта кришення ґрунту необхідно враховувати ще й показник повноти розпушування, який враховує відношення площі поперечного перетину розпушеного ґрунту до площі поперечного перетину, яка може бути сформована за умови суцільного розпушування по всій глибині ходу робочих органів. Виходячи з цього проведено аналіз зон розпушування ґрунту та вплив їх зміни на енергоємність процесу [5]. Отже, приймаючи кут сколювання, який дорівнює $\psi_{ск} = 45^\circ$, за умови, що $B < 2H$, а повна глибина обробітку пов'язана з критичною глибиною $H < H_2$, висота гребенів на дні борозни та товщина суцільного обробітку поверхневого шару знаходиться за співвідношеннями:

$$h_{ep} = H_2 - H_1 = 0,5 \cdot B; \quad (3)$$

$$H_1 = H_2 - 0,5 \cdot B, \quad (4)$$

де h_{ep} – висота гребенів;

H_1 – глибина (товщина) суцільного обробітку;

H_2 – критична глибина сколювання ґрунту;

B – відстань між робочими органами у поперечно-вертикальній площині.

Ширина деформованої зони ґрунту на поверхні поля складає:

$$b_n = b + 2 \cdot H_2 \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{180 - 2 \cdot \psi_{ск}}{2} \right). \quad (5)$$

Тоді ширина деформованого ґрунту на поверхні на відстані l від носка долота знаходиться за виразом

$$b'_n = b + \frac{2H_2 \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{180 - 2 \cdot \psi_{ск}}{2} \right)}{\cos(\alpha + \varphi_1)}. \quad (6)$$

Зона розповсюдження деформацій ґрунту чизельною лапою в поздовжньому напрямку залежить від величини H та кутів α і φ_1

$$l = H \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1). \quad (7)$$

Знаючи реакцію недеформованого ґрунту Q , яка отримана на основі перетворень, проведених В.М. Щировим [8], з метою уникнення забивання ґрунту, слід забезпечувати достатній підпор, що описується нерівністю:

$$\sigma_e \geq \frac{Q}{S}, \quad (8)$$

де σ_e – опір ґрунту стисканню кПа;

S – площа поперечного перетину скиби, що деформується.

Враховуючи значення кута сколювання (2) та знаючи силу ваги ґрунту, що обробляється G і розписавши силу інерції, після деяких перетворень отримали умову незащемлення ґрунту перед робочим органом

$$\sigma_e \geq \frac{V_{ap}^2 \cdot \gamma \cdot \left(\frac{\sin(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)}{2} - \sin^2 \left(\frac{\alpha + \varphi_1 + \varphi_2}{2} \cdot \text{ctg}(\alpha + \varphi_1) \right) \right) + L \cdot g \cdot \gamma}{\sin \left(\frac{\alpha + \varphi_1 + 3\varphi_2}{2} \right) + \cos \left(\frac{\alpha + \varphi_1 + 3\varphi_2}{2} \right) \cdot \text{ctg}(\alpha + \varphi_1)}, \quad (9)$$

де γ – об'ємна вага (щільність ґрунту);

L – довжина долота;

g – прискорення вільного падіння.

На основі нерівності (7) можемо знайти розрахункове значення довжини долота:

$$L = \frac{1}{g \cdot \gamma} \cdot \left[\left[\sigma_e \cdot \left(\sin \left(\frac{\alpha + \varphi_1 + 3\varphi_2}{2} \right) + \cos \left(\frac{\alpha + \varphi_1 + 3\varphi_2}{2} \right) \cdot \text{ctg}(\alpha + \varphi_1) \right) \right] - \left[V_{ap}^2 \cdot \gamma \cdot \left(\frac{\sin(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)}{2} - \sin^2 \left(\frac{\alpha + \varphi_1 + \varphi_2}{2} \cdot \text{ctg}(\alpha + \varphi_1) \right) \right) \right] \right]. \quad (10)$$

Таким чином, при відомому розмірі долота L (10) та відстані розповсюдження деформацій ґрунту чизельною лапою в поздовжньому напрямку (відстань розпушування ґрунту перед долотом) l можна розрахувати мінімальну відстань між рядами чизельних лап

$$\Delta L = H \cdot \text{ctg} \left(\frac{\alpha + \varphi_1 + \varphi_2}{2} \right) + L \cdot \cos \alpha. \quad (11)$$

Таким чином отримані залежності дозволяють аналітично обґрунтувати деякі конструктивні параметри чизельних глибокорозпушувачів, що забезпечують необхідну глибину суцільного обробітку з врахуванням зовнішніх умов роботи і компоновки знаряддя.

Отже, провівши розрахунки використовуючи наведені залежності, можна констатувати, що для обробітку суглинкових ґрунтів щільністю $\gamma = 1,3 \text{ г/см}^3$ з кутами тертя $\varphi_1 = 25^\circ$ $\varphi_2 = 45^\circ$ та опору ґрунту стисканню $\sigma_e = 3,5$ кПа при швидкості руху ґрунтообробного агрегата $V_{ap} = 2,5$ м/с, раціональні значення окремих параметрів складають: кут кришення ґрунту (кут установки долота до дна борозни) $\alpha = 25 \dots 30^\circ$; фактична довжина долота $L = 0,26 \dots 0,35$ м.; відстань між рядами чизельних лап $\Delta L = 0,45 \dots 0,55$ м при глибині роботи чизельного глибокорозпушувача H до 40...45 см.

Висновки. 1. Підтверджена можливість, а в деяких випадках необхідність використання у вигляді основного робочого органу чизельних глибокорозпушувачів лап з прямим стояком і додатковим горизонтальним деформатором у вигляді плоских крил.

2. На основі проведених досліджень встановлено, що в умовах суглинкових ґрунтів чизельними глибокорозпушувачами забезпечуються показники роботи в межах агротехнічних вимог при швидкості руху агрегату до 2,5 м/с, кут установки долота до дна борозни при цьому складає 25...30°, довжина долота 0,26...0,35 м при відстані між рядами робочих органів в поздовжньому напрямку 0,45...0,55 м.

3. Незважаючи на загальноприйняту тенденцію відмови від ерозійно небезпечних знарядь на етапі основної обробки ґрунту, чизельні глибокорозпушувачі, що є ефективною заміною класичній відвальній оранці, не мають повністю обґрунтованих функціональних схем і рекомендацій щодо конструкцій як основних так і додаткових робочих органів, а тому потребують проведення подальших досліджень.

Список літератури

1. Панов И.М., Ветехин В.И. Физические основы механики почв: монография . Київ: Феникс, 2008. 266 с.
2. Руденко Н.Е. Механизация обработки почвы: учебное пособие. Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС». 2005. 112 с.
3. Шевченко І.А. Керування агрофізичним станом ґрунтового середовища. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2016 – 320 с.
4. Борисенко П.И. Совершенствование технологического процесса чизелевания за счет применения рабочего органа для минимальной обработки почвы с полосным углублением. Дис...канд.техн. наук: 05.20.01 / Борисенко Павел Иванович. Волгоград, 2016. 190 с.
5. Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. Оцінка енергоємності глибокого обробки ґрунту комбінованими чизельними глибокорозпушувачами. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровоград. нац. техн. ун-ту.* 2018. Вип. 31. С. 10–20.
6. Борисенко И.Б. Совершенствование ресурсосберегающих и почвозащитных технологий и технических средств обработки почвы в острозасушливых условиях нижнего Поволжья. дис...доктора техн. наук: 05.20.01 / Борисенко Иван Борисович. Волгоград, 2006. 402 с.
7. Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. Експериментальна оцінка якості роботи комбінованого чизеля з додатковими горизонтальними та вертикальними деформаторами . *Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка.* 2015. Вип. 156. С. 25–34.
8. Щиров В.Н., Пархоменко Г.Г. Определение параметров глубокорыхлителей для обработки почвы в засушливых условиях . *Вестник аграрной науки Дона.* Зерноград. 2012. №4 (20). С. 17–22.
9. Лещенко С. М., Сало В.М. Шляхи підвищення ефективності роботи комбінованих чизельних ґрунтообробних знарядь з додатковими деформаторами. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник.* 2016. Вип. №4 (103). С. 31-37.
10. Аналіз процесів чизелювання ґрунтів з застосуванням різних комбінацій робочих органів / В.М. Сало, С.М. Лещенко, В.А. Пашинський, Р.В. Ярових. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 2015. Вип. 45, Ч.1. С. 126-132.
11. Пашенко В.Ф., Корниенко С.И., Гусаренко Н.П. Теория воздействия рабочих органов орудий на почву: монография. Харьков : ХНАУ, 2013. 90 с.
12. Лещенко С., Сало В., Васильковский А. Состояние вопроса и перспектива интенсификации работы чизельных орудий с целью сохранения естественного плодородия. *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.
13. 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: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 2014. Вип. 44. С. 237-243.
14. Вплив конструктивних параметрів чизельної лапи глибокорозпушувача на деформацію ґрунту / С.М. Лещенко, В.М. Сало, Д.І. Петренко, І.О. Лісовий . *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти.* 2016. Вип. 4. С. 115-124.

15. Корабельский В.И., Погорелый В.В. Технологические основы формообразования криволинейных рабочих органов рыхлителей. *Труды Таврической гос. агротехн. академии*. Мелитополь, 2006. Вып. 40. С. 74–82.
16. Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting / K.V. Vasytkovska, S.M. Leshchenko, O.M. Vasytkovskyi, D.I. Petrenko. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2016. Vol.50, No.3, P.13-20 ref.18.

Referencis

1. Panov, Y.M. & Vetokhyn. V.Y. (2008). *Fyzycheskye osnovy mekhanyky pochv [Physical bases of soil mechanics]*. Kyiv: Fenyks [in Russian].
2. Rudenko, N.E. (2005). *Mekhanyzatsiya obrabotky pochvi [Mechanization of soil tillage]*. Uchebnoe posobyе. Stavropol: Yzd-vo StHAU «AHRUS» [in Russian].
3. Shevchenko, I.A. (2016). *Keruvannya agrofizichnim stanom gruntovogo seredovisha [Management of Agrophysical Condition of Soil Environment]*. Kyiv: Vidavnychij dim «Vinichenko» [in Ukrainian].
4. Borisenko, P.I. (2016). Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa chizelevaniya za schet primeneniya rabocheho organa dlya minimalnoj obrabotki pochvy s polosnym uglubleniem [Improvement of the technological process of chiseling through the use of working body for minimum tillage of the soil with a belt depression]. Dis...kand.tehn. nauk: 05.20.01. Volhohrad [in Russian].
5. Leshchenko, S.M., Salo, V.M. & Petrenko, D.I. (2018). Otsinka enerhoiemnosti hlybokoho obrobitku gruntu kombinovanymy chyzelnymy hlybokorozpushuvachamy [Assessment of energy intensity of deep cultivation of soil by combined chisel deep tillers]. *Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannya, avtomatyzatsiia, Vol. 31*, 10–20 [in Ukrainian].
6. Borysenko, Y.B. (2006). Sovershenstvovanye resursosberehaiushchykh y pochvozasushlyvnykh tekhnolohiy y tekhnicheskyykh sredstv obrabotky pochvy v ostrozasushlyvnykh uslovyakh nyzhnego Povolzhia [Improving resource-saving and soil-protective technologies and technical means of tillage in the arid dry conditions of the lower Volga region]. Dys...doktora tekhn. nauk: 05.20.01. Volhohrad [in Russian].
7. Leshchenko, S.M., Salo, V.M. & Petrenko, D.I. (2015). Eksperymentalna otsinka yakosti roboty kombinovanoho chyzelia z dodatkovymy horizontalnymy ta vertykalnymy deformatoramy [Experimental performance evaluation chisel combined with extra horizontal and vertical warp]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu im. P. Vasylenka, Vol. 156*, 25–34 [in Ukrainian].
8. Shirov, V.N.& Parhomenko, G.G. (2012). Opredelenie parametrov glubokoryhlytelej dlya obrabotki pochvy v zasushlyvykh uslovyakh [Determination of parameters of deep plows for tillage in dry conditions]. *Bulletin of Agrarian Science of Don. Zernograd. №4* (20). [in Russian].
9. Leshchenko, S.M. & Salo, V.M. (2016). Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti roboty kombinovanykh chyzelnykh gruntoobrobnykh znariad z dodatkovymy deformatoramy [The ways of improvement of the operation efficiency of combined chisel tilling equipment with additional deformer]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: [zahalnodержавnyi zbirnyk, Vol. 4 (103)*, 31-37 [in Ukrainian].
10. Salo, V.M., Leshchenko, S.M., Pashynskiy, V.A. & Yarovykh, R.V. (2015). Analiz protsesiv chyzeliuvannya gruntiv z zastosuvanniam riznykh kombinatsii robochykh orhaniv [Analysis of the processes of chiseling soils with the use of various combinations of working bodies]. *Konstruiuvannya, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn. Zahalnodержавnyi mizhvidomchyi nauko-tekhnichniy zbirnyk, Vol. 45, Ch.1*, 126-132 [in Ukrainian].
11. Pashchenko, V.F., Korniyenko, N.P. & Husarenko S.Y. (2013). *Teoriya vozdeistviya robochykh orhanov orudyi na pochvu. [Theory of the impact of the working bodies of guns on the soil.]*. Monohrafiya. Kharkov : KhNAU [in Russian].
12. Leshchenko, S., Salo, V. & Vasytkovskyi A. (2014). Sostoianye voprosa i perspektyva intensyfykatsyy raboti chyzelnykh orudyi s tseliu sokhraneniya estestvennoho plodorodiyia [Condition of the question and perspective of the intensification of work of diesel tools for the purpose of preserving 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 195–201 [in Russian].
13. Leschenko, S., Salo, V.& Petrenko, D. (2014). Experimental estimate of the efficiency of basic tilling by chisel equipment in the conditions of soil. *Konstruiuvannya, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn. Zahalnodержавnyi mizhvidomchyi nauko-tekhnichniy zbirnyk, Vol. 44*, 237-243 [in English].

14. Leshchenko, S.M., Salo, V.M., Petrenko, D.I. & Lisovyi I.O. (2016). Vplyv konstruktyvnykh parametriv chyzelnoi lapy glybokorozpushuvacha na deformatsiiu gruntu [Influence of design specifications of chisel shank of a deep tiller on soil deformation]. *Visnyk Ukrainiskoho viddilennia Mizhnarodnoi akademii ahrarnoi osvity, Vol. 4*, 115-124 [in Ukrainian].
15. Korabelskij, V.I. & Pogorelyj, V.V. (2006). Tehnologicheskie osnovy formoobrazovaniya krivolinejnyh rabochih organov ryhlitelej [Technological bases of shaping of curvilinear working bodies of rippers]. *Trudy Tavricheskoj gos. agrotehn. akademii, Vol.40*, 74–82 [in Russian].
16. Vasytkovska, K.V., Leshchenko, S.M., Vasytkovskyi, O.M. & Petrenko, D.I. (2016). Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting. *INMATEH-Agricultural Engineering. Vol.50 No.3*, 13-20 [in English].

Sergiy Leshchenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Vasyl Salo**, Prof., DSc., **Dmytro Petrenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Olexiy Vasytkovskyi**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

The Study of Structural and Technological Parameters of the Operating Elements of Combined Chisel Deep-tillers

Gradual abandonment of application of erosion-hazardous tools is a worldwide trend in soil tillage. The tools include classic ploughs, machines and equipment with spherical disks, milling units and the like. The article deals with the systematization of the most widespread operating elements of chisel deep-tillers with a critical assessment of their structural and technological parameters. The objective of the work is to study the structural and technological parameters of chisel blades of combined deep-tillers for general purpose, depending on the layout of the unit and the structure of the main operating elements.

Regardless of the generally accepted tendency to abandon erosion-hazardous tools at the basic tillage stage, chisel deep-tillers, which are an effective substitute for classic heap plowing, do not have fully substantiated functional schemes and recommendations for the design of both major and additional operating elements. At the Department of Agricultural Engineering of Central Ukrainian National Technical University, a functional scheme, design documentation and a series of hinged chisel aggregates were developed. The main operating element of the developed machines is a straight-leg chisel blade, in which, as additional horizontal deformers, which provide alignment of the bottom of the furrow and better pruning of the root systems of plants, the flat wings are set at a certain angle to the direction of movement, and in combination with the chisel, provide ground clearance in the horizontal plane. Taking into account certain generally accepted assumptions and using known dependencies, the formulas were obtained for theoretical substantiation of rational construction and specific parameters of the proposed chisel blade.

As a result of the work, the possibility of using operating elements of chisel deep-tiller blades paws with a straight leg and an additional horizontal deformer was proved. On the basis of the conducted research it is established that in loamy soil conditions chisel deep-tillers provide performance within agrotechnical requirements at the velocity of movement of the unit up to 2.5 m/s, the angle of installation of the chisel to the bottom of the furrow is 25... 30°, chisel length is 0.26...0.35 m at the distance between rows of the operating elements in the longitudinal direction 0.45...0.55 m.

chisel deep-tiller, soil deformation area, additional deformers, chisel blade with straight leg

Одержано (Received) 06.12.2019

Прорецензовано (Reviewed) 17.12.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019