

УДК 631.313.6

[https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.158-166](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.158-166)

Ю. В. Мачок, доц., канд. техн. наук, **Д. Ю. Артеменко**, доц., канд. техн. наук,
В. В. Амосов, доц., канд. техн. наук, **Д. І. Петренко**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: machokuv@ukr.net

Обґрунтування пристрою для зменшення тягового опору плуга

Проведений аналіз конструкцій і досліджень плугів, показав, що перспективним напрямом зниження енергоємності процесу оранки є максимальне зменшення тертя п'яти польової дошки об стінку борозни. Запропоновано встановлення у задній частині польової дошки корпусу плуга активного елемента кочення у вигляді вальця бочкоподібного типу, який перетворює тертя ковзання в тертя кочення та знижує енергоємність процесу оранки. Розроблено математичну модель для теоретичного визначення основних параметрів пристрою для зменшення тягового опору корпусу плуга та встановлено залежності, які впливають на процес його роботи.

корпус плуга, польова дошка, навантаження на корпус, активний елемент польової дошки, зменшення тягового опору, зменшення сил тертя

Постановка проблеми. На сьогоднішній день підхід до землеробства набув багатогранного характеру, це знайшло прояв у зростаючому застосуванні інноваційних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Разом із цим активно впроваджуються нові сільськогосподарські машини, конструкції яких поєднують сучасні технологічні та технічні рішення для реалізації процесів обробітку ґрунту [1,2]. Успішне використання машин і знарядь для обробітку ґрунту можливе за умови дотримання ключових вимог: мінімізації енергоємності та забезпечення високої якості виконання технологічного процесу [3,4].

Хоча розвиток технологій і здійснює значний вплив на процеси обробітку ґрунту, і оранка залишається актуальним важливим процесом в агротехнологіях. Оранка дає змогу ефективно підрізати та загортати у ґрунт бур'яни, їх насіння, залишки добрив і пожнивні рештки попередніх культур, а також сприяє підйому колоїдних часток, які зазвичай вимиваються опадами в нижні горизонти ґрунту. Крім того, оранка вважається одним із найефективніших методів боротьби зі шкідниками та хворобами рослин. Це дає змогу включати її до екологічно безпечних технологій землеробства, що зменшують необхідність застосування хімічних засобів захисту рослин [5].

Технологічний процес оранки є одним із найбільш енергоємних серед усіх технологічних операцій рослинництва. Основна частина витрат енергії припадає на подолання сил тертя ґрунту об робочі елементи плуга, які досягають максимальних значень при оранці вологих і перезволожених ґрунтів. Під час роботи плуга на ґрунтах із різними фізико-механічними властивостями та при оранці на різну глибину часто спостерігається нестійкий прямолінійний рух. Це пов'язано з нерівномірним тиском ґрунту на робочі органи плуга. Так, при роботі на легких ґрунтах тиск, який створюється на робочі органи, передається на польову дошку, яка через недостатню зв'язаність ґрунту може просідати і зміщувати корпус у сторони [6-8]. Для компенсації таких недоліків доводиться встановлювати розширювач польової дошки, а це може збільшувати тяговий опір корпусу. Тому актуальним є підвищення ефективності роботи елементів корпусу плуга і їх подальше вдосконалення направлене на зменшення тягового опору в цілому.

© Ю. В. Мачок, Д. Ю. Артеменко, В. В. Амосов, Д. І. Петренко, 2025

Аналіз основних досліджень і публікацій. В сучасній літературі є багато наукових робіт, спрямованих на зменшення тягового опору плуга за рахунок удосконалення його елементів або технологічного процесу їх роботи та принципів дії на ґрунт. Тому проаналізуємо роботи, які пропонують найбільший ефект від використання змін в конструкції на зменшення тягового опору.

Так, в роботі Єрмакова С.В. [9], пропонується виконувати конструкції орних агрегатів вібраційними. Для здійснення цієї мети в леміш корпусу встановлюється пневмомолоток, який дає можливість здійснюючи зворотно-поступальний рух по ходу трактора, віброударами розпушувати ґрунт, зменшуючи опір його руйнування лемішами. Проведені експериментальні дослідження такого підходу показали позитивний ефект по зменшенню тягового опору плуга. Але в дослідженні увага приділяється лише лемішу корпусу і не приділяється польовій дошці, а значний відсоток тягового опору корпусу виникає саме на ній.

Дзюба О.А. для зменшення тягового опору орного агрегату пропонує замість польової дошки використовувати активний блок польового диска з опорним колесом, які мають вирізи та приводяться до руху гідравлічним мотором [10]. Виконання польової дошки у вигляді диска з вирізами і примусовим обертанням на думку авторів може суттєво зменшити опір орного агрегату і зменшити витрати паливно мастильних матеріалів на виконання операції оранки. Але в запропонованій конструкції є один суттєвий недолік – використання гідравлічного двигуна примусового приводу диска з опорним колесом потребує постійного догляду за справністю системи і її обслуговування, а несвоєчасність проведення ремонтних робіт приводу може звести нанівець всі переваги такої конструкції.

Кутковецька Т.О. в [11] наголошує, що за рахунок зменшення тертя польової дошки корпусу плуга можна зменшити тяговий опір орного агрегату до 35-40%, а використання додаткових пристроїв з боку польової дошки є доцільним і ефективним. Автор пропонує встановлювати плоскорізальні робочі елементи з боку польового обрізу, що може забезпечити більшу стійкість ходу орного агрегату та зниження енергоємності виконання технологічного процесу оранки. Однак розміщення додаткових елементів з боку польового обрізу тягне за собою додаткове їх обслуговування і своєчасну заміну, а оскільки такі елементи працюють при значних навантаженнях і терті то частота їх заміни буде високою, а обслуговування буде нести додаткові фінансові витрати.

Стародинський Д.З. [12], пропонує для зменшення спрацювання польової дошки і зменшення тягового опору корпусу плуга виконувати її закріплення на підпружиненому вертикальному шарнірі, який допомагає виконувати коливання польової дошки під час зміни навантаження на неї. Також рекомендується в такому виконанні польову дошку оснащувати на робочій поверхні пластиною зі зносостійкого матеріалу. На думку автора, така конструкція може значно покращити зносостійкість поверхні польової дошки і зменшити тяговий опір корпусу в цілому. Але є і суттєвий недолік такої конструкції – вертикальний шарнір з часом може забиватись ґрунтом і втрачати спроможність змінювати положення польової дошки, що може вплинути на роботу агрегату.

Львутін І.Г. [13], продовжуючи удосконалення попередньої конструкції польової дошки з метою підвищення надійності її роботи, рекомендує рухомий шарнір встановлювати в передній частині, а пружинний блок – в задній. На його думку такий підхід сприятиме більш правильному процесу роботи польової дошки і підвищенню надійності самого механізму руху шарніра, а також усунення забивання польової дошки ґрунтом, що в свою чергу буде приводити до зменшення тягового опору

агрегату. Але недоліком такої конструкції є те, що для правильної роботи запропонованого механізму необхідно ретельно слідкувати за справністю всіх його елементів тому, що неправильна робота механізму може змінити тягові характеристики в інший бік.

Курка В.П. в [14], наводить велику кількість конструкцій плугів і їх елементів, аналізуючи які можна впевнено стверджувати, що робота над їх вдосконаленням буде продовжуватись і надалі. А робота над покращенням конструкції польової дошки з метою зменшення її тягового опору є актуальним завданням.

Проведений аналіз конструкцій і досліджень плугів, спрямований на зменшення тягового опору орного агрегату, показав, що на сьогоднішній день не запропоноване рішення, яке могло б забезпечити значне зменшення тягового опору із мінімальними експлуатаційними витратами. Перспективним напрямом для подальшого удосконалення польової дошки корпусу плуга є максимальне зменшення тертя її п'яти об стінку борозни.

Постановка завдання. Мета роботи: обґрунтування конструктивних параметрів пристрою для зменшення тягового опору корпусу плуга для основного обробітку ґрунту.

Для досягнення мети, вирішували наступні задачі:

- провести аналіз сучасних конструкцій корпусів плуга із елементами або механізмами зменшення тягового опору з метою визначення їх переваг і недоліків при виконанні процесу оранки ґрунту;

- розробити математичну модель для теоретичного визначення основних параметрів пристрою для зменшення тягового опору корпусу плуга та встановити залежності, які впливають на процес його роботи.

Викладення основного матеріалу. Енергоефективність із забезпеченням високої якості виконання сільськогосподарських операцій залишається одним із ключових завдань аграрного сектору. Зменшити енерговитрати на підготовку ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур можливо двома основними способами: скороченням кількості проходів ґрунтообробної техніки, зменшенням глибини обробітку або навіть повною відмовою від механічного втручання; а також розробкою конструктивних рішень для мінімізації впливу сил тертя на опір, що виникає при роботі основних і допоміжних органів.

Перше завдання переважно вирішується агрономічними службами шляхом впровадження відповідних технологій вирощування рослин. Друге питання є полем діяльності дослідників і конструкторів, які працюють над технічним вдосконаленням.

Подолання впливу сил тертя є особливо важливим у процесі оранки, де їх частка може становити до 60% загального опору плуга [15-17]. Основну роль у формуванні цього опору відіграє корпус плуга, що є пасивним робочим органом. Тертя ковзання, яке виникає під час взаємодії ґрунтової скиби з робочою поверхнею корпусу і польовою дошкою, визначає величину цього опору.

Існують два підходи до зменшення впливу сил тертя:

- технологічний підхід – використання матеріалів із низьким коефіцієнтом тертя при взаємодії з ґрунтом, таких як полімери чи композити;

- конструктивний підхід – часткова або повна заміна тертя ковзання тертям кочення, що дозволяє суттєво знизити опір.

Досягнення цієї мети можливе шляхом мінімізації впливу сил тертя, які виникають під час оранки, зокрема у місці контакту ґрунту з польовою дошкою. Одним із візуальних проявів такого впливу є інтенсивне зношування задньої частини польової дошки, яка піддається найбільшому навантаженню. Для вирішення цієї проблеми

запропоновано встановлення у задній частині польової дошки корпусу плуга активного елемента кочення у вигляді вальця (рис. 1). Це дасть змогу перетворити частину тертя ковзання на тертя кочення, що дозволить знизити тяговий опір плуга приблизно на 10-15% та збільшити термін служби польової дошки.

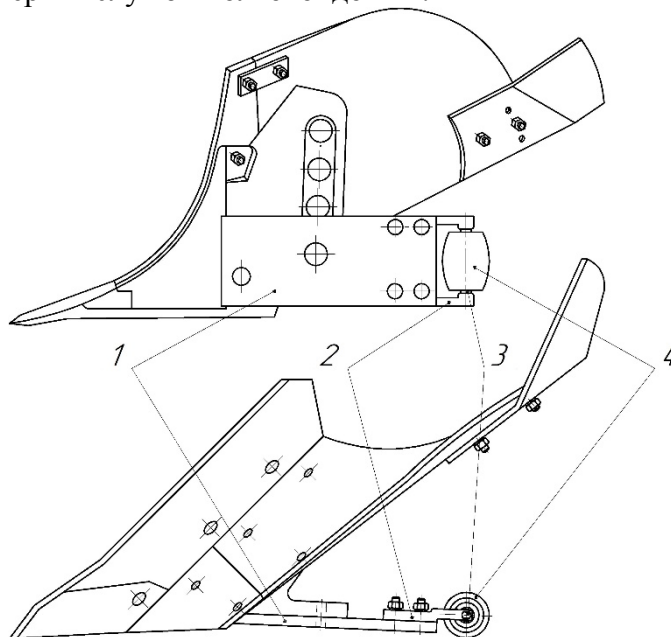


Рисунок 1 – Удосконалений корпус плуга

Джерело: розроблено авторами

Запропонована конструкція корпусу плуга має польову дошку, яка жорстко закріплена в передній частині, а в задній частині ближче до п'яти має активний елемент кочення у вигляді вальця, вісь якого розміщена в вертикальній площині, причому з метою зменшення сил тертя в процесі його кочення по стінці борозни його поверхня виконана бочкоподібною. Польова дошка корпусу плуга має такі складові частини: польова дошка 1, кронштейн 2, вертикальна вісь 3, робоча поверхня вальця 4.

Робочий процес плуга із запропонованим корпусом відбувається таким чином: корпус плуга в робочому положенні, рухаючись у ґрунті, своїм лемішем підрізає шар ґрунту і направляє його на полицю, яка здійснює кришення і укладання ґрунту в борозну. Польова дошка 1 корпусу, приймає на себе навантаження від шару ґрунту, який рухається по полиці, при цьому завдяки розміщенню в задній частині польової дошки елемента кочення у вигляді вальця зменшується навантаження на п'яту. Обертювий рух робочої поверхні вальця 4, який встановлений на вертикальній осі 3 зменшує сили тертя, які виникають у зоні роботи п'яти польової дошки 1, що в свою чергу впливає на зниження тягового опору корпусу. За рахунок конструкції робочої поверхні вальця 4 активного елемента кочення бочкоподібного типу його контакт із стінкою борозни відбувається лише в зоні максимального радіуса кривизни бочкоподібною поверхні в горизонтальній площині, а виникаючі в процесі роботи сили тертя мінімальні. Конструкція кронштейна 2 усуває забивання елемента кочення п'яти ґрунтом і сприяє його самоочищенню.

Ефективність запропонованої конструкції корпусу плуга забезпечується:

- підвищеною надійністю задньої частини польової дошки за рахунок встановлення активного елемента кочення у вигляді вальця бочкоподібного типу, який забезпечує зменшення навантаження на польову дошку, забезпечуючи перетворення тертя ковзання в тертя кочення;

- зменшенням зусилля тертя польової дошки за рахунок обертання вальця в горизонтальній площині і контакту борозни із ним лише в зоні максимального радіуса кривизни бочкоподібної поверхні в горизонтальній площині. Конструкція кронштейна і самого вальця сприяє його самоочищенню і усуванню налипання вологого ґрунту на його робочу поверхню.

Для обґрунтування основних конструктивних елементів польової дошки, а саме – її активного елементу вальця, необхідно розглянути його взаємодію із стінкою борозни. Щоб забезпечити стійкий рух плуга, необхідно збалансувати силу, яка намагається змістити корпус у бік незораного поля, та реакцію ґрунту на польовій дошці. У цьому випадку вирішальне значення мають геометричні параметри польової дошки, які визначають площу контакту з ґрунтом. У такому разі питомий опір зминання ґрунту можна визначити за наступною формулою:

$$Q = \frac{P}{S}, \quad (1)$$

де Q – питомий опір зминання ґрунту, $H / \text{см}^2$;

P - сила опору ґрунту зминанню, H .

Значимо, що глибина вмивання польової дошки в ґрунт становить $h = 5-10 \text{ мм}$. У процесі такої дії деформується певний об'єм ґрунту, який описується об'ємним коефіцієнтом зминання, що залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту та геометрії польової дошки:

$$q_0 = \frac{P}{V}. \quad (2)$$

Відомо, що $q_0 = 10-25H / \text{см}^2$ [6-8]

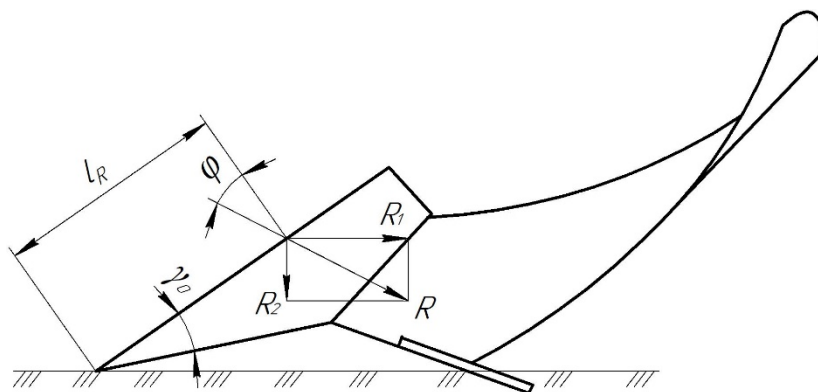


Рисунок 2 – Силове навантаження польової дошки

Джерело: розроблено авторами

Аналізуючи (рис. 2) видно, що сила, яка діє на польову дошку дорівнює

$$R_2 = R \cdot \cos(\gamma_0 + \varphi), \quad (3)$$

де $\gamma_0 = 42^\circ$ - кут установки леміша до стінки борозни;

φ - кут тертя ґрунту об сталь;

R - сила опору ґрунту різанню, H .

Сила опору різанню діє нерівномірно на валець уздовж дуги ACB лінії контакту в місці найбільшого діаметру бочкоподібної поверхні вальця в горизонтальній площині (рис. 3), основою якої є хорда AB . Довжина дуги у зоні, де відбувається зминання ґрунту, може бути визначена за допомогою виразу Гюйгенса [18], що застосовується для наближеного обчислення дуг кривих:

$$L_{\text{дуги}} = 2CB + \frac{2CB - AB}{3}, \quad (4)$$

Оскільки, трикутник BCE прямокутний, то довжина відрізка BC визначиться з виразу:

$$BC = \sqrt{CE^2 - BE^2}, \quad (5)$$

Позначимо

$$AE = BE = l,$$

$$DB = AD = r.$$

тоді

$$AB = 2 \cdot l, \quad (6)$$

$$CE = r - h.$$

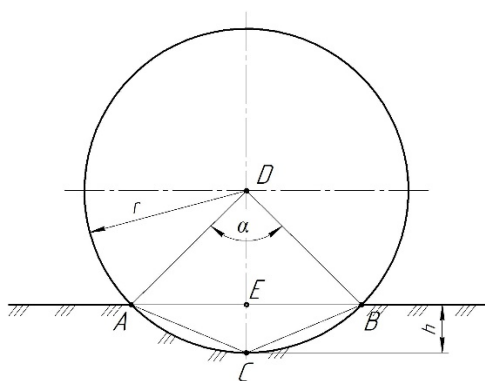


Рисунок 3 – Схема взаємодії вальця з ґрунтом

Джерело: розроблено авторами

Тоді, з трикутника DEB отримаємо:

$$r^2 = (r - h)^2 + l^2. \quad (7)$$

Здійснивши перетворення отримаємо:

$$l = \sqrt{2rh - h^2}. \quad (8)$$

Підставляючи вираз 8 та 5 у вираз 4 і перетворень отримаємо:

$$L_{\text{дуги}} = \frac{8\sqrt{2rh} - 2\sqrt{h(2r - h)}}{3}. \quad (9)$$

де $L_{\text{дуги}}$ - довжина дуги опорної поверхні, см.

Тоді, площа опорної поверхні вальця буде:

$$S_{\text{опори}} = \frac{8\sqrt{2rh} - 2\sqrt{h(2r - h)}}{3} l_{\text{вал}}, \quad (10)$$

де $S_{\text{опори}}$ - площа опорної поверхні польової дошки;

$l_{\text{вал}}$ - довжина твірної вальця, що контактує з ґрунтом, см

Площа сегменту ґрунту, який витискує валець польової дошки визначається:

$$S_{\text{сезм}} = r^2 \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) - (r-h)\sqrt{h(2r-h)}. \quad (11)$$

Об'єм ґрунту $V_{\text{зр}}$, який витискується вальцем:

$$V_{\text{зр}} = (r^2 \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) - (r-h)\sqrt{h(2r-h)}) \cdot l_{\text{вал}}. \quad (12)$$

Визначимо питому силу тиску вальця на стінку борозни:

$$P_{\text{зр}} = \frac{3R_2}{(8\sqrt{2rh} - 2\sqrt{h(2r-h)}) \cdot l_{\text{вал}}}. \quad (13)$$

Після перетворень отримаємо залежність для визначення радіусу вальця активного елемента кочення польової дошки:

$$r = \left(24 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot R_2^2 \cdot l_{\text{вал}}^2 \cdot h^4}{P_{\text{зр}}^2} - \frac{64 \cdot R_2^2 \cdot l_{\text{вал}} \cdot h^4}{P_{\text{зр}}^2} + \frac{9 \cdot R_2^4 \cdot l_{\text{вал}} \cdot h^2}{P_{\text{зр}}^4} - 64 \cdot l_{\text{вал}} \cdot h^3} + 4 \cdot l_{\text{вал}}^2 \cdot h^3 + \frac{144 \cdot R_2^2 \cdot h}{P_{\text{зр}}^2} + \frac{9 \cdot R_2^2 \cdot l_{\text{вал}} \cdot h}{P_{\text{зр}}^2} \right) / 8 \cdot h^2 \cdot (l_{\text{вал}} - 16) \quad (14)$$

З урахуванням отриманого виразу та припущень, що $l_{\text{рол}} = 140 \text{ мм} = 0,14 \text{ м}$, $h = 5 - 10 \text{ мм} = 0,005 - 0,01 \text{ м}$, $R_2 = 1000 - 2000 \text{ Н}$, $P_{\text{зр}} = 40 \text{ кПа}$ побудуємо графічні залежності раціональних значень радіусу вальця в місці контакту із стінкою борозни від сили, яка діє на польову дошку.

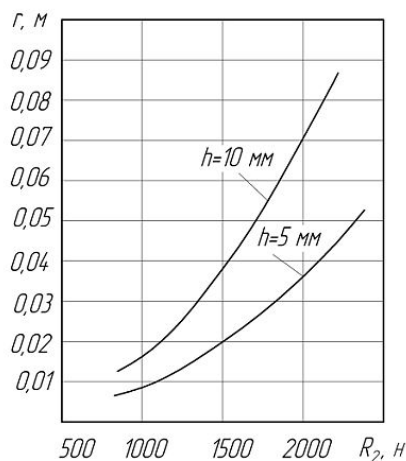


Рисунок 1 – Графік залежності радіусу вальця від сили дії на польову дошку

Джерело: розроблено авторами

Отримані графічні залежності є важливими для практичного застосування. Виходячи з відомих ґрунтово-кліматичних умов, глибини оранки, ширини захвату корпусу плуга та сили, що діє на польову дошку, можна визначити раціональний діаметр вальця. Це дозволить зменшити навантаження на польову дошку та знизити негативний вплив сил тертя під час виконання технологічного процесу.

Висновки.

1. Розроблено математичну модель для теоретичного визначення основних параметрів пристрою для зменшення тягового опору корпусу плуга та встановлено залежності, які впливають на процес його роботи.

2. Запропоновано встановити у задній частині польової дошки корпусу плуга активний елемент кочення у вигляді вальця бочкоподібного типу, який забезпечує зменшення навантаження на польову дошку.

3. Виходячи з відомих ґрунтово-кліматичних умов, глибини оранки, ширини захвату корпусу плуга та сили, що діє на польову дошку, можна визначити раціональний діаметр вальця. Це дозволить перетворити тертя ковзання в тертя кочення та підвищити надійність і знизити енергоємність процесу оранки.

Список літератури

1. Brunotte J., Sommer K., Gattermann B. Architektur moderne Pflanzen. *Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG*. Hasbergen, 2014. 188 p.
2. Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. Вплив конструктивно-технологічних параметрів комбінованого глибокорозпушувача на обробіток ґрунту. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. 2016. Вип. 46. С. 78-87.
3. Розвиток інтенсивних систем землеробства на зрошуваних землях України: науково-технологічне забезпечення : метод. рекомендації / за ред. Р.А. Вожегової. Херсон : «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 254 с.
4. Використання сучасних технологій обробітку ґрунту для підвищення якості кукурудзи./ Дробітько А., Качанова Т., Маркова Н., Малкіна В. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28, No. 1. P. 19-28. URL: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2024.19>
5. Чернілевський М.С., Білявський Ю.А., Кропивницький Р.Б. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту : навч. посібник : вид. 2-ге, допов. Житомир : Вид-во «ЖНАУ», 2012. 84 с.
6. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / Войтюк Д.Г. та ін. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
7. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропивний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Київ : Урожай, 2001. Кн. 1 : Машини для рільництва. 384 с.
8. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Харків : Око, 2002. Т. 1; Ч. 1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. 444 с.
9. Розробка і обґрунтування раціональності застосування на корпусах плуга пневморозпушувачів вібраційної дії / Єрмаков С.В. та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2023. Вип. 3 (53). С. 26-31.
10. Орний агрегат: пат. 121013 Україна: МПК А01В 15/20. № а201906157; заявл. 03.06.2019; опубл. 10.03.2020, Бюл. № 5.
11. Кутковецька Т.О. Аналіз способів і засобів зниження навантаження на польову дошку відвального плуга. *Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва* : матер. VII міжнар. наук.-практ. online-конф. (27-28 тра. 2021 р., м. Умань). Умань, 2021. С. 53-55.
12. Корпус плуга: пат. 662032 Україна: МПК А01В 15/00. № 2322646/30-15; заявл. 11.02.1976; опубл. 15.05.1979, Бюл. № 18.
13. Корпус плуга: пат. 1160945 Україна: МПК А01В 15/00. № 3598608/30-15; заявл. 30.05.1983; опубл. 15.06.1985, Бюл. № 22.
14. Розвиток конструкцій плуга у XVIII – XXI століттях : монографія / Курка В.П. та ін. Київ : НУБіП України, ЦП «Компринт», 2018. 250 с.
15. Випробування плуга з текроновими полицями : звіт про НДР. Відп. виконавець Надикто В.Т. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. 31 с.
16. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 “Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва”. / Бендера І.М. та ін. Кам’янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. 640 с.
17. Смолінський С., Смолінська А., Марченко В. Корпус плуга визначає ефективність оранки. *Agroexpert*. 2017. №1. URL: <https://agroexpert.ua/korpus-pluha-vyznachaie-efektyvnist-oranky>.
18. Дубовик В.П., Юрик І.І. Вища математика : навч. посібник. Київ : А.С.К., 2006. 648 с.

References

1. Brunotte, J., Sommer, K., & Gattermann, B. (2014). Architektur moderne Pflanzen. Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG.
2. Leshchenko, S. M., Salo, V. M., & Petrenko, D. I. (2016). Influence of constructive and technological parameters of combined deep-rippers on soil cultivation. Designing, Manufacturing and Operating Agricultural Machines, 46, 78–87 [in Ukrainian].

3. Vozhehova, R. A. (Ed.). (2020). Development of intensive farming systems on irrigated lands of Ukraine: Scientific and technological support (Methodological recommendations). OLDI-PLUS [in Ukrainian].
4. Drobitko, A., Kachanova, T., Markova, N., & Malkina, V. (2024). Use of modern soil cultivation technologies to enhance corn quality. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(1), 19–28. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2024.19> [in Ukrainian].
5. Chernilevskiy, M. S., Biliavskiy, Yu. A., & Kropyvnytskyi, R. B. (2012). Agro-technical requirements and evaluation of soil cultivation quality (2nd ed.). *ZhNAU* [in Ukrainian].
6. Voitiuk, D. H., et al. (2005). *Agricultural machinery: Fundamentals of theory and calculation*. Vyscha Osvita.
7. Sysolin, P. V., Salo, V. M., & Kropivnyi, V. M. (2001). *Agricultural machines: Theoretical fundamentals, design, engineering*. Book 1: Machines for crop production. Urozhai [in Ukrainian].
8. Zaika, P. M. (2002). *Theory of agricultural machines*. Vol. 1, Part 1: Machines and implements for soil cultivation. *Oko* [in Ukrainian].
9. Yermakov, S. V., et al. (2023). Development and rationale for pneumatic vibration rippers application on plough bodies. *Bulletin of Sumy National Agrarian University, Series "Mechanization and Automation of Production Processes"*, 3(53), 26–31 [in Ukrainian].
10. Plowing aggregate (Patent No. 121013). (2020). Ukrainian Patent Office. <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=262849> [in Ukrainian].
11. Kutkovetska, T. O. (2021). Analysis of methods and means to reduce the load on the plowshare board of the moldboard plow. In *Proceedings of the VII International Conference on Innovative Technologies in Cultivation, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production* (pp. 53–55). Uman [in Ukrainian].
12. Plow body (Patent No. 662032). (1979). Ukrainian Patent Office. *Bulletin No. 18* [in Ukrainian].
13. Plow body (Patent No. 1160945). (1985). Ukrainian Patent Office. *Bulletin No. 22* [in Ukrainian].
14. Kurka, V. P., et al. (2018). Development of plow designs in the XVIII–XXI centuries. *NUBiP Ukraine, CP "Komprint"* [in Ukrainian].
15. Nadykto, V. T. (2020). Testing of a plow with Tekron moldboards (Research Report). TDATU [in Ukrainian].
16. Bendera, I. M., et al. (2011). Design of agricultural machinery: A handbook for course projects in agricultural engineering for specialists in the field 6.100202 "Processes, machines, and equipment of agro-industrial production." FOP Sysyn O.V. [in Ukrainian].
17. Smolinskyi, S., Smolinska, A., & Marchenko, V. (2017). The plow body determines the effectiveness of plowing. *Agroexpert*, (1). <https://agroexpert.ua/korpus-pluha-vyznachaie-efektyvnist-oranky> [in Ukrainian].
18. Dubovyk, V. P., & Yuryk, I. I. (2006). *Higher mathematics: Textbook*. A.S.K. [in Ukrainian].

Yuri Machok, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Dmytro Artemenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Volodymyr Amosov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Dmytro Petrenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Justification of the Device to Reduce the Traction Resistance of the Plow

Plowing remains an important process in agrotechnology, but also one of the most energy -intensive ones. The analysis of plow structures and research aimed at reducing the traction resistance of the arable unit, showed that a solution that could not provide a significant reduction in traction resistance with minimal operating costs has been proposed today. A promising direction for further improvement of the plow of the plow is the maximum reduction of friction of its five on the wall of the furrow.

Purpose: reducing the traction resistance of the plow housing for basic tillage by justifying its structural parameters.

A mathematical model has been developed for the theoretical determination of the basic parameters of the device to reduce the traction resistance of the plow body and the dependencies that affect the process of its operation and the specific force of pressure of the roller on the wall of the furrow are established. The graphic dependencies obtained are important for practical use.

It is proposed to install on the bracket in the back of the field board of the plow of the plow of the active element of rolling in the form of a barrel -shaped roller, which, rotating in the horizontal plane, provides contact with the furrow with it only in the zone of the maximum radius In the friction of rolling, and reduces the traction resistance of the plow body during plowing. The construction of the bracket and the roller itself contributes to its self -cleaning and elimination of moist soil on its working surface.

Based on the known soil and climatic conditions, the depth of plowing, the width of the grip of the plow and the force acting on the field board, you can determine the rational diameter of the roller. This will convert sliding into rolling friction and increase the reliability and reduce the energy consumption of the plowing process.

plow housing, field board, load on the body, active element of the field board, reduction of traction resistance, reduction of friction forces

Одержано (Received) 17.02.2025

Прорецензовано (Reviewed) 28.02.2025

Прийнято до друку (Approved) 14.03.2025