

Козаченко О.В.,
Шкрегаль О.М.,
Каденко В.С.,
Блезнюк О.В.

Харківський національний
технічний університет
сільського господарства
імені П. Василенка,
м. Харків, Україна
E-mail: o.v.kozachenko21@gmail.com

**ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТОВОГО
СЕРЕДОВИЩА ТА РЕЖИМІВ РУХУ НА
ФОРМОУТВОРЕННЯ ЛЕЗА РОБОЧОГО ОРГАНУ**

УДК 631.316.022.4

Розглянуто вплив фізико-механічних і реологічних властивостей ґрунту та режимів руху на формоутворення поверхні леза ґрунтообробного робочого органу, на прикладі лапи культиватора, при переміщенні в абразивному середовищі.

Варіюючи вологістю ґрунту, його щільністю, коефіцієнтом бокового тиску і швидкістю переміщення лапи культиватора отримані геометричні форми поверхні леза культиваторних лап. Встановлено, що при зміні робочої швидкості культиватора у бік зростання спостерігається збільшення як початкового значення кута розхилу лапи так і його поточного значення. Найбільш інтенсивне збільшення значення поточного кута спостерігається по ширині крила в межах від 0,04 м до 0,12 м. Окрім кута розхилу змінюється і форма леза лапи культиватора. Найбільш суттєвий вплив на формоутворення поверхні робочого органу культиватора має вологість ґрунтового середовища. При зміні вологості найбільше зростання величини поточного кута розхилу спостерігається в межах від 18 до 22 градусів по усій ширині захвату. При вологості ґрунту 24 % спостерігається найбільший кут розхилу, пов'язане з тим що вологість параболічно впливає на коефіцієнт зчеплення, кут внутрішнього тертя і щільність ґрунту.

Отримані результати вказують, що збільшення значення коефіцієнта бокового тиску зумовлює збільшення поточного значення кута розхилу лапи по ширині захвату. Найбільш вагомий вплив цього показника спостерігається для інтервалу по ширині захвату крила лапи в межах від 0,04 м до 0,10 м. Встановлено, що із збільшенням щільності ґрунту кут розхилу лапи культиватора у його вершини зменшується. Найбільший вплив щільності ґрунту на зміну значення поточного кута розхилу спостерігається для середньої частини в межах від 0,04 м до 0,1 м ширини захвату крила культиваторної лапи.

Ключові слова: ґрунтове середовище, робочий орган, лезо лапи, зношування, формоутворення поверхні.

Вступ. Актуальною проблемою сучасного машинобудування є розробка нових та удосконалення існуючих ґрунтообробних робочих органів машин, що в процесі експлуатації взаємодіють з абразивним ґрунтовым середовищем, забезпечуючи при цьому високу якість виконання технологічного процесу обробки ґрунту та зменшення енергоємності. У процесі взаємодії з ґрунтом ріжучі кромки робочих органів підлягають інтенсивному абразивному зношуванню, що зумовлює необхідність їх заміни або відновлення внаслідок підвищення тягового опору та витрат паливно-мастильних матеріалів.

Аналіз конструкцій робочих органів культиваторів вказує на досить широкий спектр їх конструктивного виконання в залежності від вимог та умов застосування в технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур. При цьому інтенсивність зношування суттєво залежить від параметрів культиваторних лап, а саме: форми та геометричних параметрів леза (кута заточування, товщини тощо). Крім того, значний вплив на зношування має конструкційне виконання – однорідність матеріалу лапи або наявність зміцнюючого твердосплавного шару або локального зміцнення.

Не дивлячись на велику кількість виконаних досліджень у напрямку підвищення ефективності ґрунтообробних робочих органів [1, 2, 3], форма і геометрія леза поки що не отримали значного теоретичного і експериментального обґрунтування з точки зору зносу і агротехнічних вимог, що пред'являються до лап. Цим ускладнюється вибір оптимальних значень параметрів при створенні нових робочих органів ґрунтообробної техніки.

Геометрична форма лапи має суттєвий вплив на знос та тяговий опір культиватора. Все це визначає значну увагу до вивчення роботи лап, пошук нових конструкцій, способів запобігання зношування і методів підтримки їх працездатності. Основні напрямки робіт по удосконаленню лап культиваторів полягають в наступному: виконання лап із змінними частинами (носок або лезо); розробка зубчастих лап; розробка самозаточуючих лап підвищеної міцності, оснащених локальним зміцненням твердосплавними матеріалами тощо [4, 5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомі наукові дослідження в напрямку підвищення ефективності ґрунтообробної техніки вказують на суттєвий вплив на якість процесу геометричних параметрів робочого органу, зокрема форми леза. Форма леза культиваторних лап має також суттєвий вплив й на процес зношування робочих поверхонь. Проведеними попередніми теоретичними дослідженнями [6] запропоновано раціональну форму леза лапи культиватора для заданих фізико-механічних і реологічних властивостей ґрунту, що є найбільш енергоощадною та має мінімальну швидкість зношування при взаємодії з абразивним ґрунтовим середовищем. Запропонована в [6] форма леза лапи культиватора отримана для заданих фізико-механічних і реологічних властивостей ґрунту, а саме: $V = 1,5$ м/с, $W_0 = 22$ %, $\zeta = 1340$ кг/м³, $\rho = 0,6274$ рад; $k = 2,10169$ Па; $g = 9,8$ м/с², $\alpha = 0,3978$, $\beta = 0,9604$, $\xi_0 = 0,3$ МПа, $x_0 = 0,165$ м, $y_0 = -0,23$ м, що є найбільш енергоощадною і має мінімальну швидкість зношування при взаємодії з абразивним ґрунтовим середовищем.

Геометричну форму поверхні лапи культиватора отримано у вигляді неявної функції: $0,00006208 \ 39x + 0,36307 \ y - 0,0000447661 \ e^{-3,28983x - 35,0009y} = 0$

Враховуючи те, що властивості ґрунту змінюються в досить широких межах навіть на площі одного поля, є доцільним проведення теоретичних досліджень по визначенню геометричної форми поверхні робочого органу, яка забезпечує отримання обраного критерію ефективності для широкого спектру властивостей ґрунтового середовища. Це дозволить розробляти нові робочі органи ґрунтообробної техніки адаптовані для різних ґрунтових зон країни.

Невирішена частина проблеми. Виходячи з аналізу виконаних теоретичних досліджень обґрунтування раціональної форми лапи культиватора з урахуванням властивостей ґрунтового середовища та режимів руху є доцільним проведення теоретичних досліджень визначення впливу фізико-механічних і реологічних властивостей ґрунту та режимів руху на формоутворення робочої поверхні лапи культиватора з криволінійним профілем леза.

Мета роботи – дослідити вплив фізико-механічних і реологічних властивостей ґрунтового середовища та режимів руху на формоутворення леза робочого органу культиватора.

Результати досліджень. Форма культиваторних лап з криволінійним профілем леза утворюється за рахунок зміни величини початкового і поточного кутів розхилу γ , що, як відомо з наукових досліджень, залежить від характеристик ґрунтового середовища. Визначення геометричної форми поверхні робочого органу культиватора згідно одержаної теоретичної моделі проведено з використанням програмного пакету «Mathematica». Варіюючи вологістю ґрунту W , його щільністю ζ , коефіцієнтом бокового тиску ξ_0 і швидкістю переміщення лапи культиватора V отримано відповідні геометричні форми поверхні леза культиваторних лап, які представлені на рисунку.

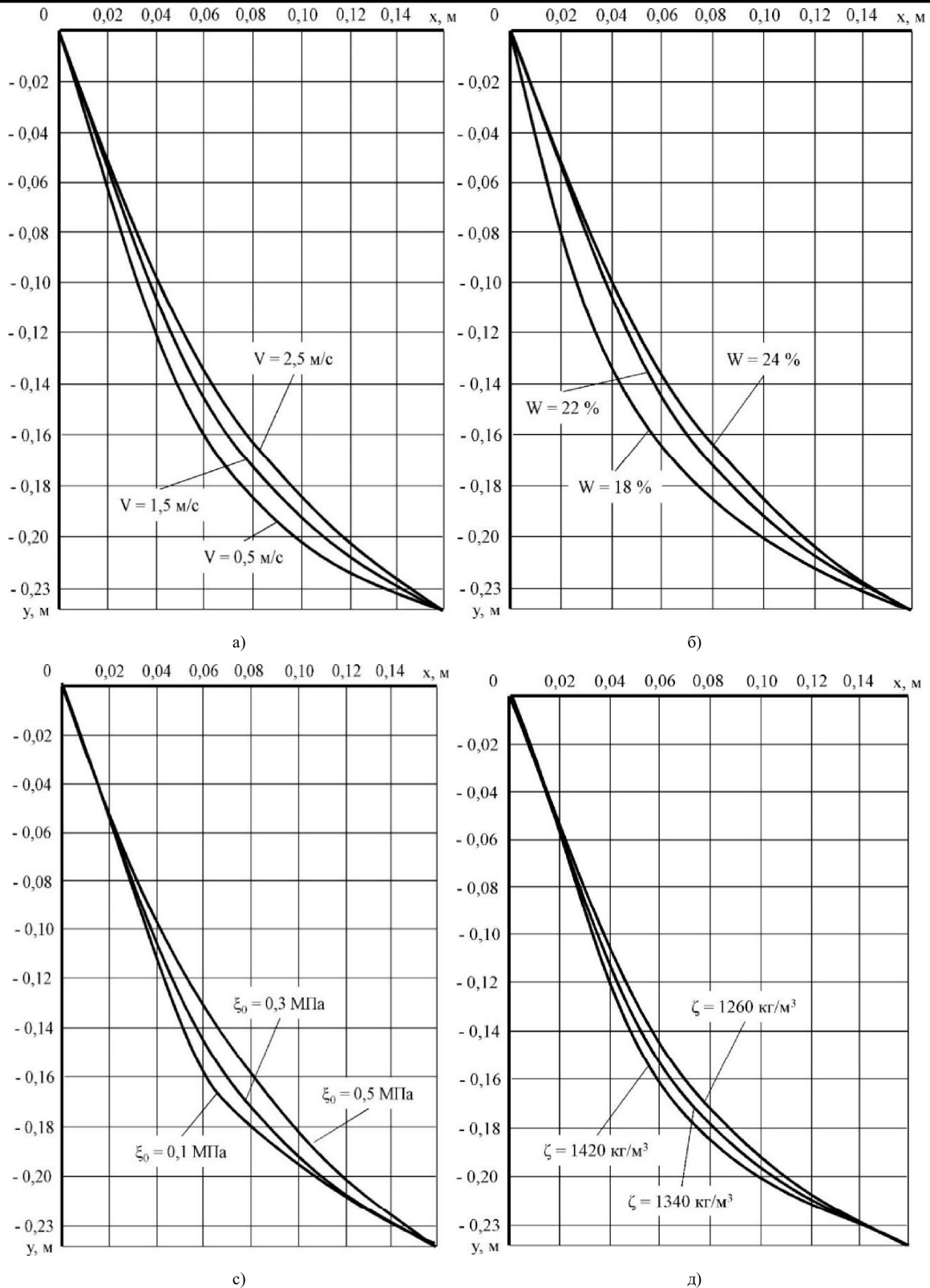


Рис.1 – Геометрична форма поверхні лапи культиватора в залежності від:
 а) швидкості її переміщення; б) вологості ґрунту; в) коефіцієнту бокового тиску; д) щільності ґрунту

Аналіз отриманих теоретичних залежностей вказує на те, що усі прийняті до розгляду чинники впливу на формування робочої поверхні леза культиваторної лапи носять значущий характер. Так при зміні робочої швидкості культиватора у бік зростання спостерігається також збільшення як початкового значення кута розхилу лапи так й поточного значення кута γ . Найбільш інтенсивне збільшення значення поточного кута

γ спостерігається по ширині крила в межах від 0,04 м до 0,12 м. З рисунку а) видно, що із збільшенням швидкості переміщення лапи культиватора в ґрунтового середовищі від 0,5 м/с до 2,5 м/с кут розхилу у його вершини збільшується і відповідно складає $\gamma_{V=0,5} = 17,2^\circ$, $\gamma_{V=1,5} = 19,9^\circ$, $\gamma_{V=2,5} = 22,1^\circ$. Окрім кута розхилу змінюється і форма леза лапи культиватора, так при швидкостях $V = 2,5$ м/с вона наближається до лінійного закону.

Найбільш суттєвий вплив на формування поверхні робочого органу культиватора має вологість ґрунтового середовища (рис. б). При зміні вологості найбільш суттєве зростання величини поточного кута розхилу γ спостерігається в межах від 18 до 22 градусів по усій ширині захвату. З рисунку б) видно, що при відповідних значеннях вологості ґрунту в межах від 18 % до 24 % кут розхилу лапи культиватора у його вершини складає $\gamma_{W=18\%} = 15,4^\circ$, $\gamma_{W=22\%} = 19,9^\circ$, $\gamma_{W=24\%} = 22,6^\circ$. При вологості ґрунту $W = 24$ % спостерігається найбільший кут загострення $\gamma = 22,6^\circ$, це пов'язано з тим, що вологість параболічно впливає на коефіцієнт зчеплення k , кут внутрішнього тертя ρ і щільність ζ ґрунту.

Збільшення значення коефіцієнта бокового тиску ξ_0 зумовлює збільшення поточного значення кута розхилу лапи γ по ширині захвату (див. рис. 1в). Найбільш вагомий вплив цього показника спостерігається для інтервалу по ширині захвату крила лапи в межах від 0,04 м до 0,10 м. Рисунок в) демонструє зміну геометричної форми поверхні лапи культиватора в залежності від коефіцієнта бокового тиску ґрунту ξ_0 в межах від 0,1 МПа до 0,5 МПа. Із збільшенням коефіцієнта бокового тиску ґрунту кут розхилу лапи культиватора у його вершини збільшується: $\gamma_{\xi=0,1} = 18,8^\circ$, $\gamma_{\xi=0,3} = 19,9^\circ$, $\gamma_{\xi=0,5} = 20,4^\circ$.

Важливим чинником впливу на утворення форми робочого органу має щільність ґрунту. Варіюючи значеннями щільності ґрунту ζ в діапазоні від 1100 кг/м³ до 1500 кг/м³ (рис. с) встановлено, що із збільшенням щільності ґрунту кут розхилу лапи культиватора у його вершини зменшується: $\gamma_{\zeta=1260} = 21,0^\circ$, $\gamma_{\zeta=1340} = 19,9^\circ$, $\gamma_{\zeta=1420} = 18,7^\circ$. Найбільший вплив щільності ґрунту на зміну значення поточного кута розхилу γ спостерігається для середньої частини в межах від 0,04 м до 0,1 м ширини захвату крила культиваторної лапи.

Висновки:

1. Із збільшенням швидкості переміщення лапи культиватора від 0,5 м/с до 2,5 м/с кут її розхилу збільшується і, відповідно, складає $\gamma_{V=0,5} = 17,2^\circ$, $\gamma_{V=1,5} = 19,9^\circ$, $\gamma_{V=2,5} = 22,1^\circ$.

2. При відповідних значеннях вологості ґрунту, що змінюється в межах від 18% до 24% кут розхилу лапи культиватора у його вершини складає $\gamma_{W=18\%} = 15,4^\circ$, $\gamma_{W=22\%} = 19,9^\circ$, $\gamma_{W=24\%} = 22,6^\circ$. При вологості ґрунту $W = 24$ % спостерігається найбільший кут розхилу $\gamma = 22,6^\circ$, це пов'язано з тим що вологість параболічно впливає на коефіцієнт зчеплення k , кут внутрішнього тертя ρ і щільність ζ ґрунту.

3. Із збільшенням коефіцієнта бокового тиску ґрунту кут розхилу лапи культиватора у його вершини збільшується: $\gamma_{\xi=0,1} = 18,8^\circ$, $\gamma_{\xi=0,3} = 19,9^\circ$, $\gamma_{\xi=0,5} = 20,4^\circ$, що визначає форму леза робочого органу.

4. Варіюючи значеннями щільності ґрунту ζ в діапазоні від 1100 кг/м³ до 1500 кг/м³ встановлено, що із збільшенням щільності ґрунту кут розхилу лапи культиватора зменшується: $\gamma_{\zeta=1260} = 21,0^\circ$, $\gamma_{\zeta=1340} = 19,9^\circ$, $\gamma_{\zeta=1420} = 18,7^\circ$.

Література:

1. Гаврильченко А.С. Параметрический метод проектирования полольных культиваторных лап с криволинейным лезвием / А.С. Гаврильченко // Зб. наук. пр. Таврійської держ. агр. академії. – Мелітополь, 2002.– Вип.17.– С. 67-71.
2. Данилин А.И. Современные концепции совершенствования рабочих органов почвообрабатывающих машин / А.И. Данилин, В.Я. Коваль // Зб. наук. пр. Технічний сервіс в АПК. Техніка та технології у с.г. машинобудуванні. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 67. – С. 49-54.
3. Козаченко О.В. Математичне моделювання взаємодії леза з ґрунтовим середовищем / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, В.С. Каденко // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ХНТУСГ, 2014. - №2. – С.86-91.
4. Кобець А.С. Исследование износа культиваторных лап, оснащенных элементами локального упрочнения рабочей поверхности / А.С. Кобець, Б.А. Волик, А.Н. Пугач // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ. – 2007. – Вип. 59.– Т.1. – С. 76-80.
5. Саїнус О.Д. Підвищення довговічності лап культиваторів композиційним покриттям перемінного складу: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Саїнус О.Д. – Кіровоград, 2008. – 20 с.
6. Козаченко О.В. Теоретичне обґрунтування раціональної геометричної форми лапи культиватора /О.В. Козаченко, В.С. Каденко, О.М. Шкрегаль// Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів. Вип.10/1 (29), 2016. – С.48-52.

Summary

Kozachenko O.V, Shkregal O.M, Kadenko V.S., Bleznyuk O. V. Influence of the properties of the soil environment and the regimes of motion on the shaping of the blade of the working member

The influence of the physical-mechanical and rheological properties of the soil and the modes of motion on the formation of the surface of the blade of the soil working machinery, on the example of the cultivator's paw, when moving in the abrasive medium is considered.

The geometric shapes of the surface of the cultivator legs blade are obtained by varying the soil moisture, its density, the coefficient of lateral pressure and the speed of the cultivator's paw. It is established that when the working speed of the cultivator changes in the direction of growth, an increase in the initial value of the angle of the paw of the paw and its current value is observed. The most intense increase in the value of the current angle is observed in the width of the wing in the range from 0.04 m to 0.12 m. In addition to the angle of the slope, the shape of the blade of the paw of the cultivator is also changing. The most significant influence on the shaping of the surface of the cultivator's working body is the moisture content of the soil. When changing the humidity, the greatest increase in the value of the current angle of inclination is observed in the range from 18 to 22 degrees throughout the width of the capture. With a moisture content of 24%, the greatest angle of inclination is observed, due to the fact that the moisture is pumped into the coupling coefficient, the angle of internal friction and the density of the soil.

The obtained results indicate that an increase in the value of the lateral pressure coefficient results in an increase in the current value of the angle of the paw in the width of the capture. The most significant influence of this index is observed for the interval on the width of the capture of the wings of the foot in the range from 0.04 m to 0.10 m. It was established that

with increasing density of soil, the angle of the lap of the cultivator at its apex decreases. The greatest influence of soil density on the change in the value of the current angle of inclination is observed for the middle part in the range from 0.04 m to 0.1 m in the width of the capture of the wing of the cultivar.

Keywords: *soil environment, working organ blade of paw, wear, formation of the surface*

References

1. Gavrilchenko A.S. Parametricheskij metod proektirovaniya pololnyh kultivatornyh lap s krivolinejnym lezviem / A.S. Gavrilchenko // Zb. nauk. pr. Tavrijskoj derzh. agr. akademij. – Melitopol, 2002. – Vip.17. – S. 67-71.
2. Danilin A.I. Sovremennye koncepcii sovershenstvovaniya rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin / A.I. Danilin, V.Y. Koval // Zb. nauk. pr. Tekhnichnij servis v APK. Tekhnika ta tekhnologij u s.g. mashinobuduvanni. – Harkiv: HNTUSG, 2007. – Vip. 67. – S. 49-54.
3. Kozachenko O.V. Matematichne modelyuvannya vzajemodii leza z gruntovim seredovishchem / O.V. Kozachenko, O.M. Shkregal, V.S. Kadenko // Tekhnichnij servis agropromislovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv: Naukovij zhurnal. – Harkiv: HNTUSG, 2014. - №2. – S.86-91.
4. Kobec A.S. Issledovanie iznosa kultivatornyh lap, osnashchennyh ehlementami lokalnogo uprochneniya rabochej poverhnosti / A.S. Kobec, B.A. Volik, A.N. Pugach // Visnik Harkivskogo nacionalnogo tekhnichnogo universitetu silskogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. – Harkiv: HNTUSG. – 2007. – Vip. 59.– T.1. – S. 76-80.
5. Sainsus O.D. Pidvishchennya dovgovichnosti lap kultivatoriv kompozicijnim pokrittyam pereminnogo skladu: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk: 05.05.11 / Sainsus O.D. – Kirovograd, 2008. – 20 s.
6. Kozachenko O.V. Teoretichne obgruntuvannya racionalnoi geometrichnoi formi lapi kultivatora /O.V. Kozachenko, V.S. Kadenko, O.M. Shkregal // Visnik Sumskogo nacionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya «Mehanizaciya ta avtomatizaciya virobnychih procesiv. Vip.10/1 (29), 2016. – S.48-52.