Козаченко О.В.,
Шкрегаль О.М.,
Блезнюк О.В.,
Каденко В.С.
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка,
м. Харків, Україна
E-mail: kozachenko1@rambler.ru

ФОРМУВАННЯ ЗУБЧАСТОГО ЛЕЗА ПРИ ЗНОШУВАННІ ЛАП КУЛЬТИВАТОРА

УДК 631.316

Розглянуто теоретичні передумови формування зубчастого леза при зношуванні, визначено фактори впливу на процес зношування локально зміцнених лап культиватора

Ключові слова: культиваторна лапа, криволінійна форма, зношування, локальне зміцнення, зубчасте лезо, самозагострення

Вступ.

Створення нових та удосконалення існуючих робочих органів ґрунтообробних машин зумовлює пошук ефективних методів керування процесом їх зношування шляхом визначення підходів цілеспрямованого впливу на цей процес. Робочі органи культиваторів є найбільш поширеними серед ґрунтообробних знарядь, що використовуються у виробництві сільськогосподарських культур. Враховуючи періодичність їх використання у технологічному процесі, до них пред'являються певні вимоги відносно якості виконання роботи та забезпечення їх довговічності. Дуже важливим при виробництві ґрунтообробних робочих органів є реалізація ефекту само загострення, принцип якого характеризується вибірковим зношуванням елементів і забезпечення збереження загостреної конфігурації ріжучої крайки в процесі роботи. Обґрунтування раціональних параметрів зміцнення, геометричних параметрів ріжучих крайок леза, удосконалення конструкції робочих органів культиваторів дозволяє підвищити їх довговічність та функціональну здатність.

Постановка проблеми.

Сучасні культиватори вітчизняного і зарубіжного виробництва обладнують, в основному, робочими органами у вигляді стрілчастих лап з прямолінійною формою леза. Відомі дослідження вказують на те, що такі робочі органи не завжди забезпечують виконання процесу з дотриманням вимог агротехніки, мають високу енергоємність та обмежений ресурс роботи. Це пояснюється змінним характером середовища обробітку з точки зору фізико-механічних властивостей, недосконалістю конструкції самих робочих органів, високою абразивністю ґрунту. Відомі наукові дослідження в напрямку підвищення ефективності та довговічності робочих органів культиваторів вказують на доцільність використання локального зміцнення леза із змінною геометричною формою по його довжині. Такі підходи дозволяють, з одного боку, підвищувати задані показники якості виконання технологічного процесу, а з іншого – керувати процесом зношування, що зумовлює підвищення довговічності робочих органів культиваторів. Діючі вимоги до робочих органів культиваторів за довговічністю, при розгляданні їх як елементів трибосистеми, спонукають до більш глибокого вивчення процесів і явищ, що виникають при контактній взаємодії та терті робочих поверхонь з ґрунтом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Аналіз теоретичних і експериментальних досліджень зношування ґрунтообробних робочих органів, в тому числі і культиваторних лап, вказує на те, що їх направленість стосується отримання максимально можливого ресурсу при забезпеченні заданого рівня агротехнічних вимог та зменшення енергоємності процесу [1-7]. Значна увага приділяється можливості управління характером зношування з метою формування змінної геометрії робочої частини, яка б задовольняла якісні показники роботи при заданій довговічності.

Відомі наукові дослідження в напрямку підвищення ефективності культиваторів вказують на перспективність робочих органів, що мають форму робочої поверхні відмінну від традиційної, яка виконується у вигляді симетричних прямолінійних лез встановлених під певним кутом до напрямку руху, та зміцнених твердосплавними матеріалами [8-10].

З точки зору підвищення довговічності значний науковий і практичний інтерес представляють зубчасті робочі поверхні, які формують при виготовленні робочих органів або в процесі експлуатації.

На сьогодні перший підхід широко використовується провідними зарубіжними фірмами, що виробляють ґрунтообробні знаряддя. При цьому, у літературних джерелах відсутні дані методологічного підходу до формоутворення зубчастого профілю леза лап, параметрів зміцнення , складу матеріалу основного та зміцнюючого шарів робочих органів тощо.

Перевагою другого способу отримання зубчастої форми леза є більш проста технологія виробництва та можливість керування спрацюванням робочих органів для забезпечення заданої довговічності та дотримання технологічних показників робочого процесу.

Отримання зубчастого леза можливо при виконанні локального зміцнення робочих органів, що передбачає нанесення зміцнюючого шару певної форми. За даними [10] точкове зміцнення забезпечує в процесі роботи формування зубчастого леза, що зумовлює його самозагострення та зменшення на 20% тягового опору. При цьому автори не наводять значення раціональних параметрів локального зміцнення, що забезпечують отримання зубчастої поверхні леза заданої форми для досягнення ефекту самозагострювання, показників якості виконання функції призначення та підвищення довговічності.

Оснащення елементами локального зміцнення у вигляді смуг, що розташовані на поверхні лапи під певним кутом до напрямку руху запропоновано в [11]. При цьому, параметри нанесення локального зміцнення не враховують розмірні характеристики рослин бур'янів, що зумовлює імовірність забивання зубчастого леза лапи. Крім того, нанесення на поверхню леза елементів зміцнення довжиною 40…50 мм з кроком 30…40 мм [11] збільшує тяговий опір робочого органу, що зумовлює підвищення енергоємності технологічного процесу. Згідно існуючих загальних вимог [12], форма лапи повинна бути обтічною та не мати граней на поверхні. Не дивлячись на велику кількість виконаних досліджень у напрямку підвищення ефективності робочих органів культиваторів, форма і геометрія леза поки що не отримали належного теоретичного і експериментального обґрунтування з точки зору зношування і агротехнічних вимог, що пред'являються до лап культиваторів. Цим ускладнюється вибір раціональних значень параметрів при створенні нових робочих органів.

Невирішена частина проблеми. Відсутні теоретичні та експериментальні

передумови формоутворення зубчастої поверхні при виконанні локального зміцнення по довжині криволінійного леза лапи культиватора.

Мета досліджень – вивчення параметрів локального зміцнення лап культиваторів з криволінійною формою леза для підвищення їх функціональної здатності і довговічності.

Результати досліджень.

Зубчасту поверхню самозагострюваного леза можна забезпечити за умови локального нанесення зносостійкого матеріалу по усій його довжині. При відомих умовах, за рахунок різної швидкості зношування основного і наплавленого шарів, в процесі спрацювання лезо приймає зубчасту форму (рис.1).

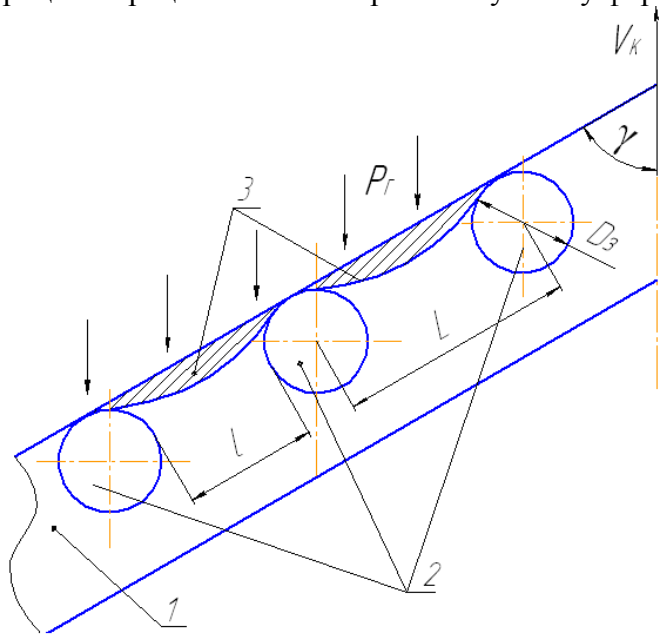

Рис. 1. Схема спрацюван-ня локально зміцненого леза лапи культиватора: 1 – основа; 2 – локальне зміцнення; 3 – зони спрацювання

В процесі зношування такого леза зуби займають певне положення та форму, що зумовлюється параметрами робочого органу та локального зміцнення, а також абразивними властивостями ґрунтового середовища. Є доцільним розміщення зон зміцнення таким чином, коли максимальний тиск ґрунту приходиться на зносостійкий шар. Такого ефекту можна досягти врахуванням кута розхилу стрілчастої лапи культиватора γ та обґрунтуванням параметрів локального зміцнення леза (діаметр D, крок зміцнення l).

При цьому необхідно забезпечити виконання технологічного процесу без забивання леза рослинами бур'янів, імовірність якого зумовлена зубчастою поверхнею леза.

Необхідною умовою відсутності забивання лапи є перерізання рослини бур’яну або ковзання уздовж зубчастого леза і схід з нього.

Рух рослин бур’яну можна розглядати як рух по поверхнях локального зміцнення у вигляді кіл з діаметром $D_1 = D_2$ (рис.2).

При переході від зуба 1 до 2 кут β приймає мінімальне значення для даного моменту взаємодії із зубом 2. З боку зуба 2 на рослину діє нормальна сила N і сила тертя F. Рух рослини по поверхні зуба 2 є можливим коли $P\sin\beta \geq F$ або $P\sin\beta \geq fN$, де f - коефіцієнт тертя рослини по матеріалу зміцнення леза лапи. Переходячи від кута тертя φ можна записати $tg\varphi = f$ та враховуючи, що $N = P\cos\beta$ отримаємо $\beta \geq \varphi$ – умову руху рослини по поверхні зуба.

Подальший рух рослин по поверхні зуба 2 зумовлює збільшення кута β. З рисунка 2 випливає, що:

$$\beta = \gamma - \frac{\alpha}{2},\ \sin\frac{\alpha}{2} = \frac{l}{D_p + D_з}, \qquad (1)$$

де $D_p, D_з$ - відповідно, діаметр рослини і зуба.

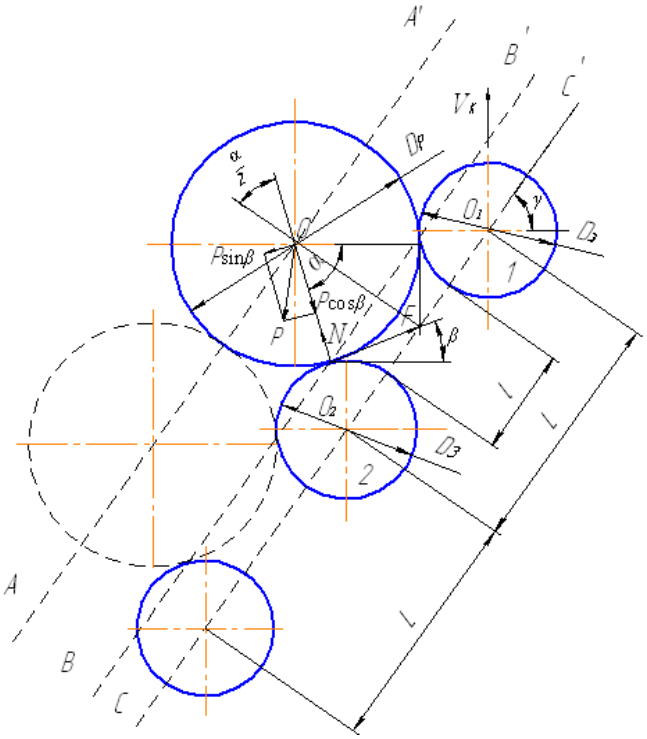

Рис.2. Розрахункова схема взаємодії рослини із зубчастою поверхнею леза

Тоді

$$\beta = \gamma - \arcsin\left(\frac{l}{D_p + D_з}\right).$$

Доцільним є значення $D_з = l\cos\gamma$ і з урахуванням $\beta \geq \varphi$ отримаємо:

$$\gamma - \arcsin\left(\frac{D_з\cos\gamma}{D_p + D_з}\right) \geq \varphi. \qquad (2)$$

Тоді:

$$D_з \leq D_p \frac{\sin(\gamma - \varphi)}{\cos\gamma - \sin(\gamma - \varphi)}. \qquad (3)$$

Аналіз (3) вказує на те, що раціональний розмір локального зміцнення залежить від конструктивного виконання лапи, розмірних характеристик рослин бур'яну та їх властивостей до переміщення уздовж зубчастої поверхні леза.

На рис. 3 представлені залежності безрозмірного показника $z = \frac{D_з}{D_p}$ від реальних кутів розхилу культиваторних лап при певних значеннях кутів тертя φ.

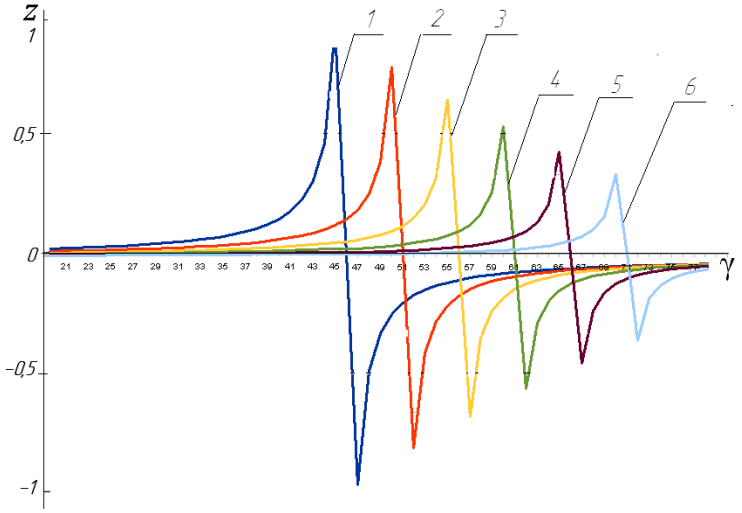

Рис.3. Залежності показника Z від кутів розхилу культиваторних лап γ та кутів тертя φ: 1 - φ = 0°; 2 - φ = 10° ; 3 - φ = 20° ; 4 - φ = 30° ; 5 - φ = 40° ; 6 - φ = 50°

Отримані залежності вказують на те, що для ефективної роботи лапи

культиватора є доцільним: - діаметр локального зміцнення лапи повинен наближатися до розмірів рослин бур'яну при мінімальній відстані між зубами леза; - кут розхилу лапи – змінний, що враховує весь інтервал властивостей оброблюваного середовища.

Змінний кут розхилу культиваторної лапи по довжині леза реалізований в [13] забезпечує формування зубчастого леза в процесі зношування робочого органу при взаємодії з ґрунтовим середовищем.

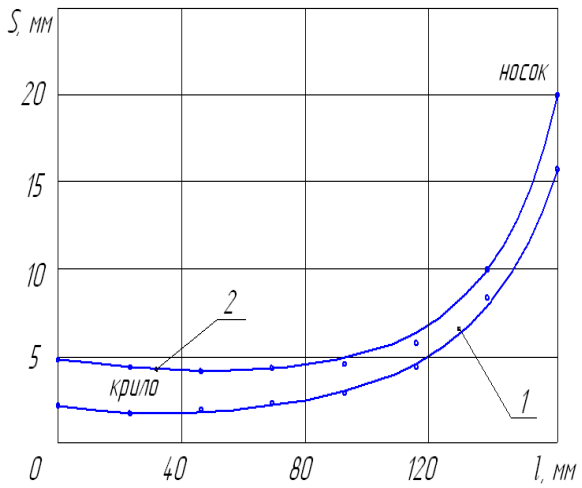

Рис. 4. Залежність зносу культиваторних лап по довжині леза: 1- розроблена експериментальна лапа; 2 – серійна стрілчаста лапа

Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено комплект культиваторних лап шириною захвату 330 мм з криволінійною формою леза та локально зміцнених електродом Т-590. Польові випробування проводилися у порівнянні із серійною стрілчастою культиваторною лапою, що мала аналогічну ширину захвату. Аналіз отриманих результатів випробувань (рис.4) вказує на те, що інтенсивність зношування експериментальної лапи є меншою у порівнянні із серійною.

При напрацюванні 20 га значення зносу носка експериментальної лапи на 4,1 мм, а крил, в середньому, на 2 мм менше у порівнянні із серійною лапою.

Отримані попередні дані процесу зношування культиваторних лап дозволяють стверджувати про більшу їх зносостійкість по ширині захвату. В процесі зношування експериментальної лапи з елементами локального зміцнення відбувається формування зубчастого леза (рис.5,б). Це зумовлює зміну процесів, що відбуваються на лезі, зокрема руйнування ґрунту та схід рослинних залишків.

а) **б)**

Рис. 5. Культиваторні лапи з криволінійним локально зміцненим лезом: а – початкова форма лапи; б) – форма леза після напрацювання 20 га

Висновки

1. Застосування локального зміцнення зумовлює формування зубчастого леза в процесі зношування культиваторних лап за рахунок різної зносостійкості основного і зміцнюючого матеріалів, що забезпечує ефект самозагострювання.

2. Найбільший ефект виконання заданих показників функції призначення

робочих органів культиваторів та їх довговічності можна досягти виконанням лапи з криволінійною формою по довжині леза, що враховує весь інтервал властивостей оброблюваного середовища.

3. З метою керування процесом зношування та отримання зубчастої поверхні леза заданої форми є доцільним визначення раціональних параметрів локального зміцнення із врахуванням зношувальної здатності основного і зміцнюючого матеріалу.

Література

1. Козаченко О.В. Обґрунтування режимів роботи культиватора з удосконаленими робочими органами / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. –Харків:ХНТУСГ, 2010. – Вип 103. –С.279-284.

2. Аулін В.В. Вплив зміцнюючих композиційних покриттів на зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин / Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин: Праці І-ї міжнародної науково-технічної конференції (DSRAM-I). – Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2004. – С. 303-307.

3. Волошко Н.И. Исследование влияния основных параметров лезвия на работу и износ полольных лап культиваторов: автореф. дис. канд. техн. наук. – Ленинград. – Пушкин, 1963. – 15 с.

4. Гаврильченко О.С. Напрацювання в галузі підвищення технічного рівня культиваторів / О.С. Гаврильченко, Б.А. Волик, А.М. Пугач // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 67.– Т.2 – С. 195-201.

5. Бабицкий Л.Ф. Влияние способов заточки лезвий почвообрабатывающих орудий на долговечность их работы / Л.Ф. Бабицкий, В.И. Тарасенко, В.А. Куклин // Збірник наукових праць Луганського національного технічного університету. Серія : Технічні науки. – Луганськ: ЛНАУ, 2006. - №68(91). – С. 7-13.

6. Бондарев С.І. Обґрунтування оптимального міжремонтного наробітку стрілчастих лап культиваторних агрегатів: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Бондарев С.І. – Київ, 2007. – 20 с.

7. Козаченко О.В. Дослідження конструкцій і режимів роботи робочих органів культиваторів / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль // Техніка і енергетика АПК: Науковий вісник НУБіП України. – Київ: НУБіП, 2010. – Вип. 144, ч.4. – С. 122-127.

8. Демидко М.О. Вплив ступеня спрацювання лез культиваторних лап на якісні показники їх роботи / М.О. Демидко, С.І. Бондарев // Науковий вісник НАУ. – К.:НАУ, 2004. – Вип. 73, ч.2. – С. 60-64.

9. Бойко А.И. Упрочнение лезвий как метод управления их геометрической формой при изнашивании / А.И. Бойко, А.В. Балабуха // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства – Харків: ХДТУСГ, 2000.– Вип. 4. – С. 49-56.

10. Гаврильченко А.С. Особенности износа культиваторных лап с криволинейным лезвием / А.С. Гаврильченко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2006. – Вип. 44. – Т.2 – С. 34-38.

10. Саінсус О.Д. Підвищення довговічності лап культиваторів композиційним покриттям перемінного складу: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Саінсус О.Д. – Кіровоград, 2008. – 20 с.

10. Балан В.П. Точечное упрочнение рабочих органов почвообрабатываю-щих

машин / В.П. Балан, В.Н. Клюенко, В.И. Олисеенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1991. - №2. – С. 44-45.

11. 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, 2007. – Вип. 59.– Т.1 – С. 195-201.

11. Пугач А.М. Обґрунтування параметрів культиваторних лап, оснащених елементами локального зміцнення: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Пугач А.М.– Вінниця, 2010. – 20 с.

12. Справочник конструктора сельськохозяйставенных машин / Под ред. М.И.Клецкина. – Т.2, М.: Машиностроение, 1967. – 830 с.

13. Пат. 77000 Україна, МПК A01B 35/20. Робочий орган культиватора / Козаченко О.В., Шкрегаль О.М.Вотченко О.С., Зиков В.В., Блезнюк О.В., Ситніков М.Л.; заявник та власник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – № u201208102; заявл. 02.07.12; опубл. 25.01.13, Бюл. № 2.

Kozachenko O.V, Shkrega O.M, Bleznyuk O.V, Kadenko V.S **Theoretical background of formation serrated blade in wear paws cultivators**

The article analyzes theoretical foundations of the shaping of cultivator paw blade over the course of wearing out; also the factors that influence the process of wearing out of the reinforced cultivator paws are defined.

Keywords: Cultivator paw, curved shape, wear, local strengthening, serrated blade, self sharpening

References

1. Kozachenko O.V. Obgruntuvannya rezhimiv roboti kultivatora z udoskonalenimi robochimi organami / O.V. Kozachenko, O.M. Shkregal // Visnik Harkivskogo natsionalnogo tehnichnogo universitetu silskogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. –Harkiv:HNTUSG, 2010. – Vip 103. –S.279-284.

2. AulIn V.V. Vpliv zmitsnyuyuchih kompozitsiynih pokrittiv na znosostiykist robochih organiv gruntoobrobnih mashin / Dinamika, mitsnist i nadiynist silskogospodarskih mashin: Pratsi I-Yi mizhnarodnoyi naukovo-tehnichnoyi konferentsiyi (DSRAM-I). – Ternopilskiy derzhavniy tehnichniy universitet imeni Ivana Pulyuya. – Ternopil, 2004. – S. 303-307.

3. Voloshko N.I. Issledovanie vliyaniya osnovnyih parametrov lezviya na rabotu i iznos pololnyih lap kultivatorov: avtoref. dis. kand. tehn. nauk. – Leningrad. – Pushkin, 1963. – 15 s.

4. Gavrilchenko O.S. Napratsyuvannya v galuzi pidvischennya tehnichnogo rivnya kultivatoriv / O.S. Gavrilchenko, B.A. Volik, A.M. Pugach // Visnik Harkivskogo natsionalnogo tehnichnogo universitetu silskogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. – Harkiv, 2007. – Vip. 67.– T.2 – S. 195-201.

5. Babitskiy L.F. Vliyanie sposobov zatochki lezviy pochvoobrabatyivayuschih orudiy na dolgovechnost ih rabotyi / L.F. Babitskiy, V.I. Tarasenko, V.A. Kuklin // Zbirnik naukovih prats Luganskogo natsionalnogo tehnichnogo unIversitetu. Seriya : Tehnichni nauki. – Lugansk: LNAU, 2006. - №68(91). – S. 7-13.

6. Bondarev S.I. Obgruntuvannya optimalnogo mizhremontnogo narobitku strilchastih lap kultivatornih agregativ: avtoref. dis. kand. tehn. nauk: 05.05.11 / Bondarev S.I. – KiYiv, 2007. – 20 s.

7. Kozachenko O.V. Doslidzhennya konstruktsiy i rezhimiv roboti robochih organiv kultivatoriv / O.V. Kozachenko, O.M. Shkregal // Tehnika i energetika APK: Naukoviy visnik NUBIP Ukrayini. – Kiyiv: NUBIP, 2010. – Vip. 144, ch.4. – S. 122-127.

8. Demidko M.O. Vpliv stupenya spratsyuvannya lez kultivatornih lap na yakisni pokazniki yih roboti / M.O. Demidko, S.I. Bondarev // Naukoviy visnik NAU. – K.:NAU, 2004. – Vip. 73, ch.2. – S. 60-64.

9. Boyko A.I. Uprochnenie lezviy kak metod upravleniya ih geometricheskoy formoy pri iznashivanii / A.I. Boyko, A.V. Balabuha // Visnik Harkivskogo derzhavnogo tehnichnogo universitetu silskogo gospodarstva – Harkiv: HDTUSG, 2000.– Vip. 4. – S. 49-56.

10. Gavrilchenko A.S. Osobennosti iznosa kultivatornyih lap s krivolineynyim lezviem / A.S. Gavrilchenko // Visnik Harkivskogo natsionalnogo tehnichnogo universitetu silskogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. – Harkiv, 2006. – Vip. 44. – T.2 – S. 34-38.

11. Sainsus O.D. Pidvischennya dovgovichnosti lap kultivatoriv kompozitsiynim pokrittyam pereminnogo skladu: avtoref. dis. kand. tehn. nauk: 05.05.11 / SaInsus O.D. – KIrovograd, 2008. – 20 s.

12. Balan V.P. Tochechnoe uprochnenie rabochih organov pochvoobrabatyivayuschih mashin / V.P. Balan, V.N. Klyuenko, V.I. Oliseenko // Mehanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo hozyaystva, 1991. - №2. – S. 44-45.

13. Kobets A.S. Issledovanie iznosa kultivatornyih lap, osnaschennyih elementami lokalnogo uprochneniya rabochey poverhnosti / A.S. Kobets, B.A. Volik, A.N. Pugach // Visnik Harkivskogo natsionalnogo tehnichnogo universitetu silskogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. – Harkiv, 2007. – Vip. 59.– T.1 – S. 195-201.

14. Pugach A.M. Obgruntuvannya parametriv kultivatornih lap, osnaschenih elementami lokalnogo zmitsnennya: avtoref. dis. kand. tehn. nauk: 05.05.11 / Pugach A.M.– Vinnitsya, 2010. – 20 s.

15. Spravochnik konstruktora selskohozyaystavennyih mashin / Pod red. M.I.Kletskina. – T.2, M.: Mashinostroenie, 1967. – 830 s.

16. Pat. 77000 Ukrayina, MPK A01V 35/20. Robochiy organ kultivatora / Kozachenko O.V., Shkregal O.M.,Votchenko O.S., Zikov V.V., Bleznyuk O.V., Sitnikov M.L.; zayavnik ta vlasnik HNTUSG im. P. Vasilenka. –u201208102; zayavl. 02.07.12; opubl. 25.01.13, Byul. № 2.