

УДК 631.312; 631.316.22

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОМБІНОВАНИХ ЧИЗЕЛЬНИХ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ З ДОДАТКОВИМИ ДЕФОРМАТОРАМИ

Лещенко С. М., к. т. н., доцент,
Сало В. М., д. т. н., професор,
т. 099-443-70-84, E-mail: serafsgm@ukr.net
Кіровоградський національний технічний університет

Анотація

Мета. Пошук шляхів підвищення ефективності роботи комбінованих чизельних ґрунтообробних знарядь.

Методи. У дослідженні використано методи теоретичного обґрунтування та експериментування. Для з'ясування шляхів підвищення ефективності роботи машини, використано методи аналогій багато фактичного експериментування, системний аналіз.

Результати. В результаті проведених досліджень підтверджено вплив додаткових робочих органів та елементів на якість кришення ґрунту і витрати енергії. Виходячи із досвіду розвинених країн в аграрній сфері та досліджень науковців, саме глибоке рихлення ґрунту комбінованими чизельними знаряддями може бути початком ґрунтозахисних та енергоощадних технологій. Зважаючи на специфіку ґрунтів та різноманітність вимог до технічного забезпечення чизельного обробітку питання вдосконалення конструкцій чизельних глибокорозпушувачів і адаптація існуючих конструкцій до дійсних умов потребує ефективного наукового вирішення. Запропоновано вдосконалену конструкцію чизельної лапи із

додатковими деформаторами. В якості допоміжних робочих органів комбінованого чизеля рекомендується використання спареного зубчастого котка із прямими зубами, який виконує функцію опорного та забезпечує руйнування крупних грудок і рівномірний розподіл поживних решток на заданій глибині. Представлені окремі результати теоретичних та експериментальних досліджень вдосконаленого комбінованого чизеля, які підтверджують його ефективність та можливість використання в складних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Висновки. Встановлено, що при проведенні обробітку важкого і середнього суглинку вдосконалим комбінованим чизелем можна досягти якісного показника кришення ґрунту на рівні 70-75% навіть при твердості 60-85 кг/см². Розроблені рекомендації по практичному використанню запропонованого чизельного глибокорозпушувача.

Ключові слова: комбінований чизель, чизельна лапа, деформатори ґрунту, зниження енергоємності, ефективність кришення, руйнування, розподіл.

UDC 631.312; 631.316.22

THE WAYS OF IMPROVEMENT OF THE OPERATION EFFICIENCY OF COMBINED CHISEL TILLING EQUIPMENT WITH ADDITIONAL DEFORMERS

Leschenko S. M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Salo V. M., Doctor of Technical Sciences, Professor
tel.: 099-443-70-84, E-mail: serafsgm@ukr.net
Kirovohrad National Technical University

Annotation

Purpose. Finding ways to improve the efficiency of combined tillage tools.

Methods. The article gives suggestion on the improvement of deep tillage of soil with the help of combined chisel equipment. Taking into account the existing technologies of tillage and technical equipment for the realization of the above-mentioned operations we concluded that it is reasonable to give up traditional moldboard tillage. Taking into

consideration the experience in the agrarian sphere of the developed countries and researchers' findings the deep tillage by the combined chisel equipment can be the starting point of energy saving and soil protecting technologies. Considering the specificity of soils and variety of requirements for technical support of chisel tillage, the issue of improvement of chisel tillage equipment needs effective scientific solving, including the process of adaptation of the existing designs to certain conditions.

Results. On the basis of the research findings we proved a positive influence of the additional working parts and elements on the quality of soil pulverization and energy costs. The improved design of a chisel sweep with additional deformers was suggested. In the function of the additional working parts of the combined chisel it is recommended to use a coupled cross kill roller with straight teeth which functions as supportive and provides breaking big lumps and equal distribution of useful residues at the set depth. The presented results of theoretical and experimental research of the improved combined

chisel prove its efficiency and enable its application in difficult soil and climatic conditions of Ukraine.

Conclusions. It was specified that cultivation of hard and medium clay loam by a combined chisel increases the quality indicator of soil pulverization at the level of 70-75% with the hardness of 60-85 kg/cm². The recommendations for practical application of the suggested tilling appliance were developed.

Key words: a combined chisel, chisel sweep, soil deformers, decrease of energy consumption, efficiency of soil pulverization, destruction, distribution.

УДК 631.312; 631.316.22

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННЫХ ЧИЗЕЛЬНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ДЕФОРМАТОРАМИ

Лещенко С. Н., канд. техн. наук, доцент,
Сало В. М., докт. техн. наук, профессор,
т.: 099-443-70-84, E-mail: serafsgm@ukr.net
Кировоградский национальный технический университет

Аннотация

Цель. Поиск путей повышения эффективности работы комбинированных чизельных почвообрабатывающих орудий.

Методы. В исследовании использованы методы теоретического обоснования и экспериментирования. Для выяснения путей повышения эффективности работы машины, использованы методы аналогий много фактического экспериментирования, системный анализ.

Результаты. В результате проведенных исследований подтверждено влияние дополнительных рабочих органов и элементов на качество измельчения грунта и расход энергии. Исходя из опыта развитых стран в аграрной отрасли и исследований ученых, именно глубокое рыхление почвы комбинированными чизельными орудиями может быть началом почвозащитных и энерго-сберегающих технологий. Учитывая специфику почв и разнообразие требований к техническому обеспечению чизельной обработки, вопросы совершенствования конструкций чизельных глубоко-рыхлителей и адаптация существующих конструкций к действительным условиям требует эффективного научного решения. Предложена усовершенствованная конструкция чизельной лапы с допол-

нительными деформаторами. В качестве вспомогательных рабочих органов комбинированного чизеля рекомендуется использование спаренного зубчатого катка с прямыми зубьями, который выполняет функцию опорного, обеспечивает разрушение крупных комков и равномерное распределение пожнивных остатков на заданной глубине. Представлены отдельные результаты теоретических и экспериментальных исследований усовершенствованного комбинированного чизеля, подтверждающие его эффективность и возможность использования в сложных почвенно-климатических условиях Украины.

Выводы. Установлено, что при проведении обработки тяжелого и среднего суглинка усовершенствованным комбинированным чизелем можно достичь качественного показателя измельчения почвы на уровне 70-75%, даже при твердости 60-85 кг/см². Разработаны рекомендации по практическому использованию предложенного почвообрабатывающего агрегата.

Ключевые слова: комбинированный чизель, чизельные лапа, деформаторы почвы, снижение энергоемкости, эффективность измельчения, разрушение, распределение.

Постановка проблемы. Актуальным питанням сьогодення є зменшення витрат на вирощування продукції рослинництва. Незважаючи на культуру, що вирощується, однією із найбільш енергоємних операцій залишається основний обробіток ґрунту, проведення якого, в окремих технологічних

процесах, може досягати 25-35% загальних енерговитрат [1-3]. Ще більш гостро проблема вдосконалення технології основного обробітку постає за умов впровадження технологій ресурсозберігаючого та ґрунтозахисного землеробства [3-4].

Відомо, що протягом останніх років, збільшення обсягів вирощування сільськогосподарської продукції в Україні пов'язане із впровадженням інтенсивних технологій, що супроводжувалося використанням надважких машинно-тракторних агрегатів, скороченням чи повною відмовою від сівозмін, зависокою хімізацією виробництва, проведенням ряду операцій ерозійно-небезпечними знаряддями тощо. Ці та інші перелічені фактори призвели до різкої втрати родючості ґрунту, ущільнення ґрунтів, погіршення інфільтраційних властивостей, загострення проявів вітрової та водної ерозії і, як наслідок, – до зменшення рівня гумусу та загального зниження природньої родючості [3, 8-10]. Тому питання забезпечення агровиробництва надійною та ефективною технікою, яка здатна в комплексі системи машин не лише забезпечувати агротехнічні вимоги до окремих операцій, а й загалом знизити негативний вплив машин і знарядь на ґрунт та родючість в цілому, має стати базисом для впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій і є досить актуальним науково-прикладним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням збереження та відновлення родючості ґрунтів аграрного призначення присвячена значна кількість робіт [1-8]. Дослідниками встановлено, що серед технологічних операцій, які мають найбільш негативний вплив на стан орного горизонту та рівень органічної речовини є класичний основний обробіток ґрунту у вигляді відвальної оранки. Доведено, що використання полицевих плугів, сферичних дисків та інших ерозійно-небезпечних знарядь призводить до руйнування біологічно цінних агрегатів ґрунту, утворення ущільненої підорної підшви, переущільнення орного горизонту тощо. Відомо, що альтернативними операціями основного обробітку є безвідвальне розпушування, причому саме за умов важких суглинкових та глинистих ґрунтів найбільш доцільною операцією є обробіток ґрунту комбінованими чизельними знаряддями [3, 5, 6, 8].

Основним конструктивним елементом комбінованих чизелів є чизельні лапи різноманітних конструкцій, які складаються зі стояка і долота, а останнім часом на стояку закріплюють додаткові деформатори у вигляді крил, що призначені для покращення якості кришення ґрунту та регулювання висоти гребенів на дні борозни. Стояки чизельних лап можуть мати як прямолінійні так і

криволінійні форми, причому використання стояків криволінійних форм обмежується через складність їх виготовлення та відсутність чітких переваг у якості чи енергоємного процесу, що дозволило б виправдати більш складну конструкцію таких лап та підвищені затрати на їх виробництво.

Обмежуючим фактором, який сьогодні не дозволяє більш широко впроваджувати технології безвідвального обробітку комбінованими чизельними знаряддями є майже повна відсутність на ринку сільськогосподарської техніки глибокорозпушувачів, які були б адаптовані до дійсних ґрунтових умов України, та на відміну від машин закордонного виробництва (фірми «Gaspardo», «Amazon», «John Deere», «Lemken», «Great Plains» та ін.), мали б нижчу вартість та були доступними для вітчизняних господарств. Ті ж комбіновані чизельні агрегати, які сьогодні випускаються місцевими виробниками, є аналогами закордонних машин, а якість виконання ними технологічного процесу рихлення не завжди є задовільною.

Цілі статті. Виходячи із наведеного, задачею даної роботи є пошук шляхів підвищення ефективності роботи комбінованих чизельних ґрунтообробних знарядь.

Викладення основних результатів досліджень. Незважаючи на значну кількість конструктивних рішень чизельних лап, всі вони поділяються на робочі органи загального призначення та робочі органи з додатковими функціями [1-3], причому переважна більшість робочих органів машин загального призначення виготовляється з прямим стояком, про що сказано вище. Проте, існуючі конструктивні рішення не завжди забезпечують виконання агротехнічних вимог до означених робіт, що особливо чітко проявляється на важких безструктурних ґрунтах, та ґрунтах із недостатчею чи надлишком вологи.

Під час проведення глибокого рихлення для забезпечення максимальної рівномірності розпушування по всій площі перерізу оброблюваного ґрунту відомою є практика поєднання у конструкції чизельної лапи вертикальних і горизонтальних рушіїв (деформаторів). Горизонтальні рушії найбільш часто представлені у вигляді крил серповидної форми (Італійська фірма Gaspardo) (рис. 1 а), плоскими зі взаємним кутом розхилу лез відносно напрямку руху близьким до 60° , які використовують у власних конструкціях автори (рис. 1 б), чи крилами сформованими криволінійною робочою

поверхню, запропонованою В. І. Корабельським (рис. 1 в) [7]. Навіть під час використання чизельних лап із додатковими деформаторами, існує проблема утворення на поверхні обробленого ґрунту великогрудкуватої структури, що сприяє інтенсивному випаровуванню вологи та ускладнює проведення наступних операцій, особливо якщо на поверхні поля залишилася значна кількість пожнивних решток. З метою

вирішення вказаної проблеми до конструкції простих чизельних знарядь включають додаткові робочі органи, які переводять ці машини в розряд комбінованих. Додаткові робочі органи можуть бути представлені рубчастими, зубчастими, голчастими, кільчатошпоровими котками, зубовими боронами, дисковими батареями та іншими знаряддями [9, 10].

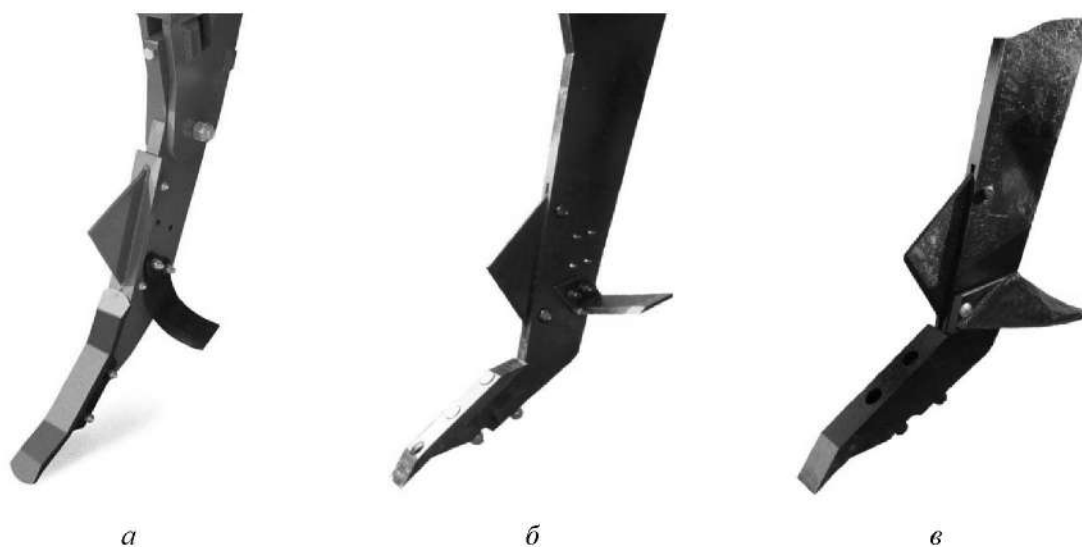


Рис. 1. Загальний вигляд горизонтальних рушіїв на стояках чизельних лап
а – крила на чизельних лапах фірми Gaspardo; б – плоскі крила; в – крила з криволінійною робочою поверхнею

Fig. 1. General view of horizontal deformaters in chisel cultivator point

Після проведення аналізу існуючих конструктивних рішень безвідвальних ґрунтообробних робочих органів і схем компоновки агрегатів та на основі сучасних тенденцій вдосконалення чизельних глибокорозпушувачів запропоновано вдосконалену схему комбінованого чизельного ґрунтообробного агрегату (рис. 2).

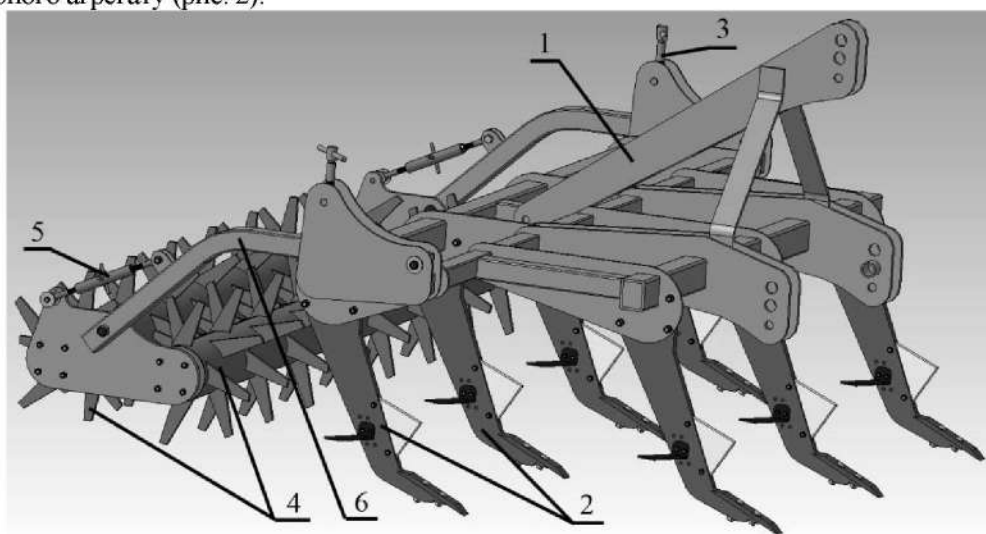


Рис. 2. Загальний вигляд комбінованого чизеля
1 – рама; 2 – лапа чизельна; 3 – механізм регулювання глибини;
4 – спарені зубчасті котки; 5 – гвинт стяжний; 6 – кронштейн кріплення котка

Fig. 2. General view of the combined chisel cultivator

Основним робочим органом розробленої машини є чизельна лапа 2 (рис.2), яка складається зі стояка, долота, зуба для подрібнення глибистих агрегатів та крил. Допоміжний робочий орган – спарені зубчасті котки 4, які крім опорної функції розбиває крупні грудки, заробляє рослинні рештки в нижні горизонти і перемішує їх на глибині 10-15 см. Залежно від умов роботи спареними зубчастими котками можна регулювати інтенсивність перемішування і подрібнення часток ґрунту та органіки після чизелювання.

Під час розпушування ґрунту чизельною лапою долото сколює суцільне середовище, зуб подрібнює крупні глиби зрушені долотом, а крила крім підрізання бур'яну додатково кришать ґрунт, та залежно від їх місця розміщення на стояку зменшують нерівності дна

$$R = \sum (N_G + N_C + N_K) + \sum [fG + f_1(N_G + N_C + N_K) + 2f_B(R_{ГВ} + R_{БС} + R_{БК})] + (K + \varepsilon_D V^2 + \varepsilon_K V^2)(Bh_B + Sh_D + Sh_K),$$

де N_G – горизонтальні складові сил, що діють на долото; N_C, N_K – опори переміщенню стояка і крил відповідно (лобовий опір); fG – сила тертя по дну борозни; $f_1(N_G + N_C + N_K)$ – горизонтальна складова сил тертя від нормальних сил; $2f_B(R_{ГВ} + R_{БС} + R_{БК})$ – горизонтальні та бокові складові сил тертя на бокових площинах долота стояка та крил відповідно; K – коефіцієнт, який характеризує здатність ґрунту протидіяти деформації; $\varepsilon_D, \varepsilon_K$ – коефіцієнти, що залежать від форми робочої поверхні долота і крил відповідно, властивостей і розміру ґрунтового перетину, що

$$Y_1 = 62,622 + 4,152x_1 + 2,692x_2 + 0,042x_3 - 0,356x_4 + 0,497x_5 - 4,333x_1^2 - 1,339x_2^2 - 0,759x_3^2 - 0,083x_4^2 - 2,305x_5^2 + 0,875x_1x_2 - 0,5x_1x_3 + 3,125x_1x_4 + 3,25x_1x_5 - 1,125x_2x_3 + 1,75x_2x_4 + 2,125x_2x_5 + 0,875x_3x_4 - 1,5x_3x_5 + 1,125x_4x_5.$$

В якості показника кришення прийнято відсоток агрегатів розміром до 50 мм в загальному об'ємі розпушеного ґрунту.

Аналіз отриманого рівняння регресії та його графічного відображення [11, 12] дозволяє відмітити, що найбільше впливає на процес кришення ґрунту лінійна та квадратична взаємодія глибини обробки h , робочої швидкості V , квадратична взаємодія глибин встановлення крил h_k та попарна взаємодія глибини обробки h і відстань між робочими органами в ряду b разом з

борозни. Зміна положення крил відносно дна борозни відбувається шляхом перестановки їх в отворах на стояку та закріплення гвинтами.

На етапі аналітичних досліджень силової взаємодії вдосконаленої чизельної лапи з ґрунтом було умовно розділено долото, стояк та крила на окремі елементи. На основі раціональної формули В. П. Горячкіна для відвальних плугів та її інтерпретації В. В. Труфановим для плоскорізних знарядь [2], яка враховує лише суму статичних сил і сил тертя була доповнена динамічна складова. Після проведення перетворень отримано рівняння для визначення опору чизельного робочого органу із прямим стояком і додатковими горизонтальними деформаторами, що враховує нормальні сили, сили тертя, швидкість руху МТА і інші фактори:

деформується відповідними елементами; $Bh_B + Sh_D + Sh_K$ – сума активних площ стояка, долота і крил.

Під час визначення якісних показників роботи вдосконаленого комбінованого чизеля на основі методики планування багатфакторного експерименту [11] отримано рівняння регресії оцінки впливу глибини обробки $h(x_1)$, робочої швидкості $V(x_2)$, відстані між рядами робочих органів $l(x_3)$, відстані між робочими органами в одному ряду $b(x_4)$ та глибини встановлення крил $h_k(x_5)$ на показник кришення ґрунту:

попарною взаємодією глибини обробки h і глибиною встановлення крил h_k .

На основі аналізу результатів проведених досліджень встановлено, що при швидкості 8-9 км/год, глибині обробки 35-38 см, глибині встановлення крил 25 см та відстані між робочими органами в ряду 100 см якісний показник кришення ґрунту складає 70-75%, що перевищує аналогічні показники закордонної техніки (наприклад в умовах важких чорноземів, важкого та середнього суглинку для Artiglio S 250-500

«Gaspardo» $k = 55 - 60 \%$, Ceniis 400/18 «AMAZONE» $k = 58 - 65 \%$ [8])

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. Запропоновано схему комбінованого знаряддя із чизельними лапами з прямим стояком та додатковими горизонтальними деформаторами у вигляді крил, при цьому в якості додаткових робочих органів можуть бути використані спарені зубчасті котки, які дозволяють підвищити інтенсивність кришення ґрунту і частково заробляти рослинні рештки на певну глибину.

Бібліографія

1. Гуков Я. С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка / Я. С. Гуков – К.: Нора-Прінт, – 1999. – 280 с.
2. Руденко Н. Е. Механизация обработки почвы: Учебное пособие. / Руденко Н. Е. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС». – 2005. – 112 с.
3. Сисолін П. В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 1. Машини для рільництва / Сисолін П. В., Сало В. М., Кропівний В. М. за ред. Черновола М. І. – К. Урожай, 2001. – 384 с.
4. Безуглий М. Д. Стратегія техніко-технологічного переоснащення агропромислового виробництва // М. Д. Безуглий, В. В. Адамчук. // Механізація та електрифікація сільського господарства – В. 95. – Глеваха, 2011. – С. 12-27.
5. Шевченко І. А. Теоретичне обґрунтування розміщення робочих органів глибокорозпушувача на рамі знаряддя / І. А. Шевченко, Ю. М. Лобатюк // Механізація та електрифікація сільського господарства – В. 97, Т.1. – Глеваха, 2013. – С. 168-176.
6. Ветехин В. И. Системные и физико-механические основы проектирования рыхлителей почвы: Дис... д-ра техн. наук. / В. И. Ветехин // НТУУ «Киевский поли-технический институт», ОАО «ВИСХОМ». – К.-М.: КПИ – ВИСХОМ, 2010. – 284 с.
7. Корабельский В. И. Технологические основы формообразования криволинейных рабочих органов рыхлителей / Корабельский В. И., Погорельский В. В. // Труды Таврической гос. агротехн. академии. – Мелітополь, 2006. – Вып.40. С. 74–82.
8. Лещенко С. Состояние вопроса и перспектива интенсификации работы чизельных орудий с целью сохранения естественного плодородия / С. Лещенко, В. Сало, А. Васильковский // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. Vol. 16 - №2, Lublin – Rzeszów: Polish Academy of Sciences, 2014. – pp. 195-201.
9. Лещенко С. М. Адаптація операцій чизельного обробітку до складних ґрунтово-кліматичних умов центральної України / Лещенко С. М.,

2. Наведено аналітичну залежність для визначення опору чизельного робочого органу із прямими стояком і додатковими деформаторами, яка враховує нормальні сили, сили тертя, швидкість руху МТА і інші фактори.

3. На основі рівняння регресії отримані раціональні конструктивні та технологічні параметри комбінованого чизельного глибокорозпушувача при роботі якого навіть за підвищеної твердості ґрунту до 85 кг/см^2 можна досягти якісного показника кришення ґрунту на рівні 70-75%.

Сало В. М., Васильковський О. М., Петренко Д. І., Дейкун В. А. // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип. 3. – Мелітополь: Копіцентр «Документ-сервіс», 2015. – С. 102-110.

10. Сало В. Технічне забезпечення процесів глибокого розпушування ґрунту / В. Сало, С. Лещенко // Пропозиція: український журнал з питань агробізнесу. Інформаційний щомісячник. – 2015. – № 10. – С.122-124.

11. Лещенко С. М. Експериментальна оцінка якості роботи комбінованого чизеля з додатковими горизонтальними та вертикальними деформаторами / Лещенко С. М., Сало В. М., Петренко Д. І. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Василенка. – Харків, 2015. – Вип. 156. Механізація сільського господарства – С. 25-34.

12. Лещенко С. М. Обґрунтування доцільності проведення глибокого чизельного рихлення на переущільнених та ерозійно-небезпечних ґрунтах / Лещенко С. М., Сало В. М. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015 р. – С. 181-186.

Reference

1. Gukov Ya. S. Obrobitok gruntu. Tekhnologiya i tehnika / Ya. S. Gukov – K.: Nora-Print, – 1999. – 280 s.
2. Rudenko N. E. Mexanyzacyya obrabotky pochvi: Uchebnoe posobyе. / Rudenko N. E. – Stavropol: «AGRUS». – 2005. – 112 s.
3. Sysolin P. V. Silskohospodarski mashyny: teoretychni osnovy, konstrukttsiia, proektuvannia, Knyha 1. Mashyny dlia rilnytstva / Sysolin P. V., Salo V. M., Kropivnyi V. M. za red. Chernovola M. I. – K. Urozhai, 2001. – 384 s.
4. Bezuhlyi M. D. Stratehiia tekhniko-tekhnologichnoho pereosnashchennia ahropromyslovoho vyrobnytstva // M. D. Bezuhlyi, V. V. Adamchuk. // Mekhani-zatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva – V. 95. – Hlevakha, 2011. – S. 12-27.

5. Shevchenko I. A. Teoretychne obgruntuvannya rozmishchennia robochykh orhaniv glybokorozpushuvacha na rami znariaddia / I. A. Shevchenko, I. M. Lobatiuk // *Mekhani-zatsiia ta elektrifikatsiia silskoho hospodarstva* – V. 97, T.1.– Hlevakha, 2013.– S.168-176.

6. Vetohin V. I. Sistemnyie i fiziko-mehaniicheskie osnovy proektirovaniya ryihlitley pochvyi: Dis...d-ra tehn. nauk: / V. I. Vetohin // NTUU «Kievskiy politehnicheskyy institut», OAO «VISHOM». – K.-M.: KPI – VISHOM, 2010. – 284 s.

7. Korabelskiy V. I. Tehnologicheskie osnovy formoobrazovaniya krivolineynykh rabochih organov ryihlitley / Korabelskiy V. I., Pogorelyiy V. V. // *Trudy Tavricheskoy gos. agrotehn. akademii.* – Melitopol, 2006. – Vyp.40. S. 74–82.

8. Leschenko S. Sostoyanie voprosa i perspektiva intensivatsii raboty chizelnykh orudiy s tselyu sohraneniya estestvennogo plodorodiya / S. Leschenko, V. Salo, A. Vasilkovskiy // 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. – pp. 195-201.

9. Leshchenko S. M. Adaptatsiia operatsii chyzelnogo obrobitku do skladnykh gruntovo-klimatychnykh umov tsentralnoi Ukrainy / Leshchenko S. M., Salo V. M., Vasylovskiy O. M., Petrenko D. I., Deikun V. A. // *Visnyk Ukrainskoho viddilennia Mizhnarodnoi akademii aharnoi osvity* – Vyp. 3. – Melitopol: Kopitsentr «Dokument-servis», 2015. – S. 102-110.

10. Salo V. Tekhnichne zabezpechennia protsesiv hlybokoho rozpushuvannia gruntu / V. Salo, S. Leshchenko // *Propozytsiia: ukrainskyi zhurnal za pytan ahrobiznesu. Informatsiinyi shchomisiachnyk.* – 2015. – № 10. – S.122-124.

11. Leshchenko S. M. Eksperymentalna otsinka yakosti roboty kombinovanoho chyzelia z dodatkovymy horizontalnymy ta vertykalnymy deformatoramy / Leshchenko S. M., Salo V. M., Petrenko D. I. // *Visnyk Kharkivskoho natsionalnogo tekhnichnogo universytetu silskoho hospodarstva im. Vasylenka.* – Kharkiv, 2015. – Vyp. 156. Mekhanizatsiia silskoho hospodarstva – S. 25-34.

12. Leshchenko S. M. Obgruntuvannia dotsilnosti provedennia hlybokoho chyzelnogo rykhleniia na pereushchilnenykh ta eroziino-nebezpechnykh gruntakh / Leshchenko S. M., Salo V. M. // *Zbirnyk naukovykh prats Kirovohrads'koho natsionalnogo tekhnichnogo universytetu. Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia.* Vyp. 28. – Kirovohrad: KNTU, 2015 r. – S. 181-186.

2. Rudenko N. E. Mechanization of soil tillage: Textbook. / Rudenko N. E. - Stavropol: Izd SSAU "Agrus". - 2005. - 112 p.

3. Sysolin P. V. Farm Machinery theoretical basis, design, engineering, Book 1. Arable farming machines / Sysolin P. V., Salo V. M., Kropivnyy V. M. ed. Chernovola M. I. – K. Vintage, 2001. - 384 p.

4. Bezugly N. D. Strategy technical and technological re-equipment of the agricultural production // M. D. Bezugly, V. V. Adamchuk. // *Mechanization and electrification of agriculture.* – V. 95. – Glevakha, 2011. - pp. 12-27.

5. Shevchenko I. Theoretical study of job placement the frame implement / I. Shevchenko, M. Lobatyuk // *Mechanization and electrification of agriculture* - №. 97, Vol.1. - Glevakha, 2013. - pp. 168-176.

6. Vetohin V. I. System and the physical and mechanical design fundamentals soil rippers.: Dis ... Dr. tehn. Sciences: / V. I. Vetohin // NTU "Kiev Poly-Technical Institute", JSC "VISK" .- K .: CPI-M - VISKO, 2010. - 284 p.

7. Korabelskiy V. I. Technological bases forming curved working rippers / Korabelskiy V. I., Pogorelov V. V. // *Proceedings Taurian state. agrotechnical. Academy.* - Melitopol, 2006. - Vyp.40. - pp 74-82.

8. Leshchenko S. Situation and prospect of intensifying the work of chisel tools to preserve the natural fertility / S. Leshchenko, V. Salo, A. Vasilkovskiy // 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. - pp. 195-201.

9. Leshchenko S. Adaptation operations cultivation to difficult soil and climatic conditions of central Ukraine / Leshchenko S. M., Salo V. M., Vasylovskyy O. M., Deykun V. A. / *Bulletin of the Ukrainian branch of the International Academy of Agricultural education* - Vol. 3. - Melitopol: Copy Shop "Document service", 2015. - pp. 102-110.

10. Salo V. Technical support process deep loosening of soil / V. Salo, S. Leshchenko // *Offer: Ukrainian magazine on agribusiness. Information Monthly.* - 2015. - № 10. - pp.122-124.

11. Leshchenko S. Experimental quality work combined with optional horizontal and vertical deformatoramy / Leshchenko S. M., Salo V. M., Petrenko D. I. // *Journal of Kharkov National Technical University of Agriculture. Vasilenko.* - Kharkiv, 2015. - Vol. 156. Agricultural Engineering - pp. 25-34.

12. Leshchenko S. Rationale feasibility of deep loosening on compaction and erosion-hazardous soils / Leshchenko S. M., Salo V. M. // *Proceedings of Kirovograd National Technical University. Technology in agriculture, industrial engineering, automation.* Vol. 28. - Kirovograd: KNTU, 2015 - pp. 181-186.

Reference

1. Gukov J. S. Tillage. Technology and engineering / J. S. Gukov - C.: Nora-Print - 1999.- 280 p.