

УДК 631.312; 631.316.22

## АДАПТАЦІЯ ОПЕРАЦІЙ ЧИЗЕЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ДО СКЛАДНИХ ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ УКРАЇНИ

Лещенко С.М., к.т.н., доц., \*  
Сало В.М., д.т.н., проф.,  
Васильковський О.М., к.т.н., доц.,  
Петренко Д.І., к.т.н., доц.,  
Дейкун В.А., к.т.н.  
*Кіровоградський національний технічний університет*  
м. Кіровоград, Україна  
Тел. +380994437084,  
e-mail: serafsgm.ua@gmail.com

**Анотація.** Традиційна система основного обробітку ґрунту, яка базується на застосуванні ґрунтообробних знарядь полицевого типу, останнім часом втрачає свої позиції і поступається безполицевим способам обробітку.

В роботі окреслені проблеми реалізації технологій безвідвального обробітку ґрунту в рослинництві. Встановлено ряд причин, як не дозволяють в повній мірі впровадити ресурсозберігаючі методи під час операцій основного обробітку ґрунту в Україні. На основі критичного аналізу розроблено конструкцію вдосконаленого комбінованого чизеля із основними робочими органами, які поєднують роботу горизонтальних та вертикальних деформаторів. На основі методики планування експерименту проведено експериментальну перевірку якості роботи комбінованого чизеля. Встановлено раціональні параметри та режими роботи машини для ґрунтово-кліматичних умов України. На основі проведеного експерименту надані рекомендації щодо виробництва чизельних ґрунторозпушувачів.

**Ключові слова:** безвідвальний обробіток, ґрунторозпушувач, комбінований чизель, горизонтальний та вертикальний деформатори, зубчастий коток.

**Постановка проблеми.** В більшості розвинених держав Європи, в США, в Канаді та ін. країнах поступовий перехід до безвідвальних ресурсозберігаючих технологій розпочався ще в другій половині ХХ століття [1-3]. Так, у 2000 році в зазначених країнах на безполицеві способи обробітку ґрунту переведено до 70% оброблюваних угідь, а до 2020 року заплановано перевести майже 100% [4]. Це пояснюється тим, що реалізація безвідвального обробітку ґрунту супроводжується суттєвим зниженням енерговитрат, підвищенням продуктивності, можливістю забезпечення сприятливих умов для накопичення в ґрунті поживних речовин, вологи, поліпшення процесів аерації і інфільтрації [3, 8, 9, 10, 11]. В Україні на 2010 рік безполицевий обробіток ґрунту реалізувався не більше як на 40-50% орних площ [11, 12, 13], що пов'язане з комплексом не тільки економічних проблем у господарствах, а і відсутністю робочих органів для безвідвального обробітку ґрунту, які є адаптованими для існуючих умов.

**Аналіз останніх досліджень.** Інтенсифікація технологічних процесів у рослинництві нашої держави чітко окреслила дві проблеми: енергетичну, яка пов'язана із загальним зростанням витрат енергії; та екологічну – пов'язану із зниженням родючості через механічну дію на структуру ґрунту [6]. Зважаючи на передовий досвід розвинених країн реальною

---

\* Публікується по рекомендації: чл.кор. НААНУ, д.т.н., проф. Кушнарьова А.С.

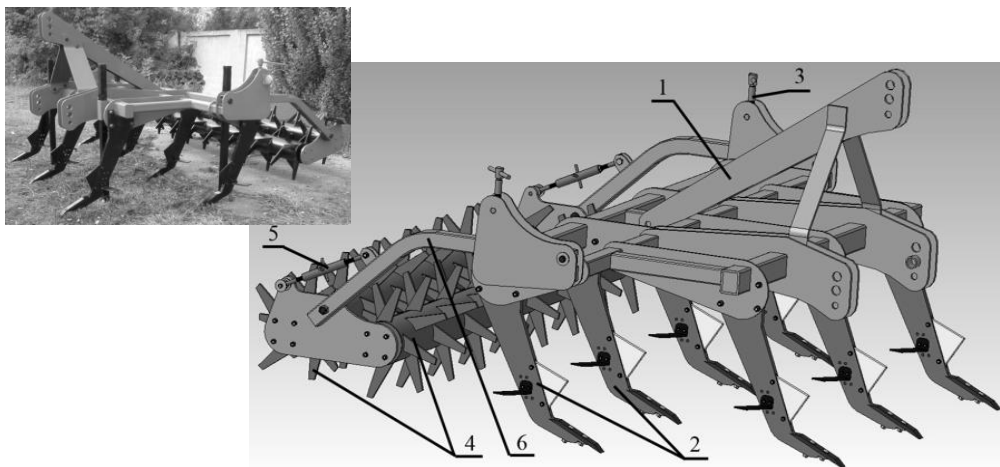
альтернативою вирішення комплексу означених проблем є впровадження технологій безвідвального обробітку ґрунту, зокрема чизельними комбінованими знаряддями.

Практичне впровадження означених технологій стримує ряд факторів, серед яких економічні, які характеризуються необхідністю придбання в господарства не тільки пального і засобів механізації, а і вкрай необхідних для поширення безполицевого обробітку ґрунту хімічних засобів боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами сільськогосподарських культур [5]. Наступним стримуючим фактором впровадження безвідвальних технологій виступає те, що останнім часом набули широкого вжитку такі технології збирання врожаю, при яких на поверхні полів залишається значна кількість пожнивних решток і без їх попереднього подрібнення подальший якісний обробіток полів стає неможливим, навіть із застосуванням полицевих плугів [6, 13]. Врешті під час чизельного чи плоскорізного обробітку не завжди забезпечується задовільний показник подрібнення ґрунту та його рівномірність по глибині обробітку, що передбачає вимушене застосування додаткових знарядь для доведення агрегатного складу ґрунту до рівня передбаченого агротехнічними вимогами [3, 6].

Всі перелічені стримуючі фактори реалізації технології безвідвального обробітку є тимчасовими і виступають як відображення вимушеного відхилення від загально прийнятої культури землеробства. Багаторічне застосування традиційних технологій обробки ґрунтів призводить до погіршення їх агротехнічних і фізико-механічних властивостей, зниження родючості, тому аналіз тенденцій розвитку різних напрямків землеробства свідчить про те, що перевага віддається ґрунтозахисним технологіям, які спрямовані на запобігання поширенню вітрової і водної ерозії ґрунтів, збереження і підвищення їх родючості, захисту навколишнього середовища.

В зв'язку з цим актуальним питанням сьогодення є не тільки обґрунтування оптимальних параметрів окремих робочих органів, їх взаємного розташування при сумісній механічній дії і нових прийомів обробітку, а й удосконалення існуючих та розробка нових енергозберігаючих і екологічно безпечних технологій безполицевого обробітку ґрунту та їх технічного забезпечення в складних ґрунтово-кліматичних умовах України [7, 14, 15].

*Основна частина.* Суттєвим недоліком механізованих процесів глибокого рихлення (чизелювання) без обертання скиби існуючими серійними знаряддями, особливо пересушеного ґрунту, є те, що на поверхні поля утворюється велика кількість крупних глиб із розмірами 50-100 і навіть більше 100 мм. Після таких операцій потрібні додаткові проходи агрегатів і додаткові витрати енергії для доведення поверхні ґрунту до такого стану, коли можливо проводити посів.



1 – рама; 2 – лапа чизельна; 3 – регулювальний механізм; 4 – спарений зубчастий коток; 5 – гвинт; 6 – механізм кріплення котка

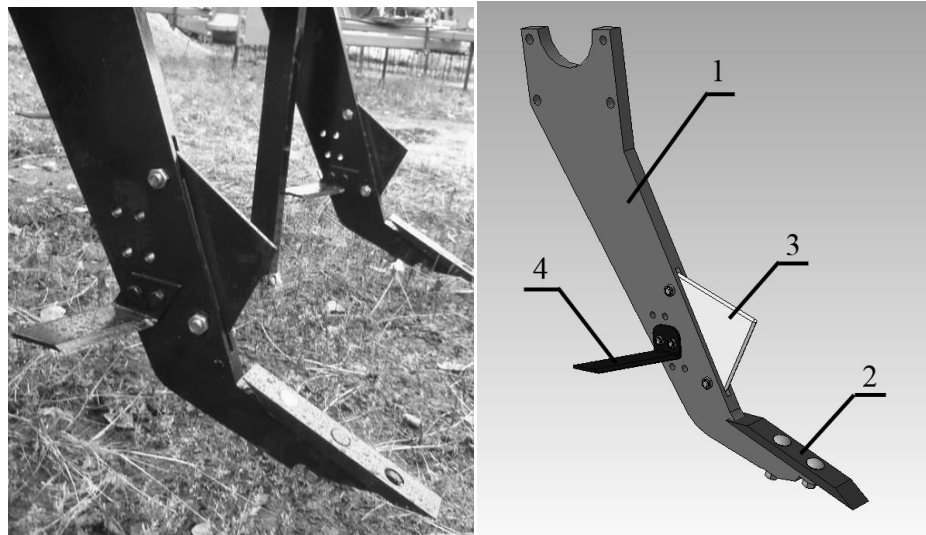
Рисунок 1 – Загальний вигляд комбінованого чизеля

З метою зниження глибистості обробленого ґрунту за один прохід, більш якісного підрізання кореневої системи рослин, і відповідно зниження витрат енергії на основі пошукових методів досліджень запропоновано вдосконалену конструкцію комбінованого чизеля з допоміжним робочим органом – спареним зубчастим котком (рис. 1). Однак для запропонованих робочих органів необхідно знайти раціональні робочі параметри і перевірити якість обробки ґрунту.

Виходячи з вищесказаного сформульовані задачі досліджень, однією із яких є знаходження раціональних значень параметрів чизельної лапи, іншою – експериментальна перевірка якості обробки ґрунту комбінованим чизелем.

Основним робочим органом розробленої машини є чизельна лапа, яка складається з стояка 1, долота 2, зуба для подрібнення брил 3 та крил 4 (рис. 2). Допоміжним робочим органом є спарений зубчастий коток 5 (рис. 1), який крім функції регулювання глибини обробки проводить розбивання крупних грудок, заробку рослинних решток в нижні горизонти і їх перемішування на глибину 15-20 см. Залежно від умов роботи спареним зубчастим котком можна регулювати глибину обробки чизелем та інтенсивність перемішування і подрібнення часток ґрунту після чизелювання.

Під час рихлення ґрунту чизельною лапою долото 2 сколює суцільне середовище, зуб 3 інтенсивно подрібнює брили і відводить їх від стояка 1, а крила 4 крім підрізання бур'яну додатково кришать ґрунт, та залежно від їх місця розміщення на стояку можуть зменшувати нерівності дна борозни. Зміна положення крил 4 відносно дна борозни відбувається шляхом переміщення останніх відносно отворів на стояку та їх закріплення гвинтами. Аналіз процесу рихлення ґрунту запропонованою чизельною лапою дозволяє умовно виділити горизонтальні та вертикальні деформатори. До горизонтальних можна віднести долото 2 та крила 4, які підрізають кореневу систему рослин та рихлять ґрунт; до вертикальних – стояк 1 та зуб 3, які подрібнюють ґрунт та розбивають брили.



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

Рисунок 2 – Чизельна лапа з горизонтальними та вертикальними деформаторами

Для проведення експериментальних досліджень виготовлено експериментальний зразок комбінованого чизеля з можливістю регулювання ряду параметрів, серед яких – відстань між лапами в ряду та відстань між рядами лап. Дослідження по пошуку раціональних конструктивних параметрів та режимів роботи запропонованого комбінованого чизеля проводилися на основі методики планування багатofакторного експерименту із використанням пакету прикладних програм STATISTICA 10. Критерієм оптимізації  $Y(k)$  виступав показник якості кришення ґрунту, який визначався відношенням маси структурних

агрегатів ґрунту розміром менше 50 мм до загальної маси навіски, виражений у відсотках. Основними впливовими факторами визначено: глибину обробки  $h$ , см; швидкість трактора,  $V$ , км/год; відстань між рядами робочих органів,  $l$ , см; відстань між робочими органами в ряду,  $b$ , см; глибину встановлення крил,  $h_k$ , мм. Під час проведення цієї серії досліджень, із врахуванням попередніх напрацювань [14], вважали, що найефективнішої роботи чизеля можна досягти при роботі обома зубчастими котками одночасно.

В таблиці 1 наведено матрицю планування експерименту у вигляді центрального композиційного плану + зіркові точки. Експериментальні дослідження проведені рандомізовано, тобто у випадковій послідовності, для виключення впливу систематичних похибок, викликаних зовнішніми факторами (наприклад неточність вимірювання тощо). Перевірка відтворюваності отриманої статистичної математичної моделі за критерієм Кохрена, адекватності за критерієм Фішера та значимості коефіцієнтів рівняння регресії за критерієм Стюдента проводилася в системі STATISTICA 10.

Таблиця 1 – Матрицю планування експерименту по визначенню раціональних параметрів комбінованого чизеля

№ пп	$x_1$ ( $h$ , см)	$x_2$ ( $V$ , км/год)	$x_3$ ( $l$ , см)	$x_4$ ( $b$ , см)	$x_5$ ( $h_k$ , мм)	$Y(k)$
1	20,00	5,90	20,00	50,00	28,00	52
2	20,00	5,90	20,00	90,00	18,00	48
3	20,00	5,90	60,00	50,00	18,00	65
4	20,00	5,90	60,00	90,00	28,00	44
5	20,00	8,90	20,00	50,00	18,00	58
6	20,00	8,90	20,00	90,00	28,00	55
7	20,00	8,90	60,00	50,00	28,00	50
8	20,00	8,90	60,00	90,00	18,00	54
9	40,00	5,90	20,00	50,00	18,00	54
10	40,00	5,90	20,00	90,00	28,00	61
11	40,00	5,90	60,00	50,00	28,00	53
12	40,00	5,90	60,00	90,00	18,00	58
13	40,00	8,90	20,00	50,00	28,00	66
14	40,00	8,90	20,00	90,00	18,00	60
15	40,00	8,90	60,00	50,00	18,00	51
16	40,00	8,90	60,00	90,00	28,00	71
17	30,00	7,40	40,00	70,00	23,00	65
18	7,25	7,40	40,00	70,00	23,00	28
19	52,75	7,40	40,00	70,00	23,00	55
20	30,00	3,99	40,00	70,00	23,00	48
21	30,00	10,81	40,00	70,00	23,00	66
22	30,00	7,40	0,00	70,00	23,00	58
23	30,00	7,40	85,50	70,00	23,00	62
24	30,00	7,40	40,00	24,50	23,00	66
25	30,00	7,40	40,00	115,50	23,00	61
26	30,00	7,40	40,00	70,00	11,62	50
27	30,00	7,40	40,00	70,00	34,38	54
28	30,00	7,40	40,00	70,00	23,00	64

Після реалізації матриці планування експерименту отримано статистичну математичну модель у вигляді рівняння регресії, що оцінює ефективність роботи комбінованого чизеля:

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & 64,247 + 4,152x_1 + 2,692x_2 + 0,079x_3 - 0,356x_4 + 0,497x_5 - \\
 & -4,259x_1^2 - 1,264x_2^2 - 0,692x_3^2 - 0,008x_4^2 - 2,23x_5^2 + \\
 & +0,875x_1x_2 - 0,5x_1x_3 + 3,125x_1x_4 + 3,25x_1x_5 - 1,125x_2x_3 + \\
 & +1,75x_2x_4 + 2,125x_2x_5 + 0,875x_3x_4 - 1,5x_3x_5 + 1,125x_4x_5
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

Графічні результати статистичної математичної моделі можна представити у вигляді профілів для передбачених значень і бажаності взаємозв'язку критерію оптимізації та факторів (рис. 3).

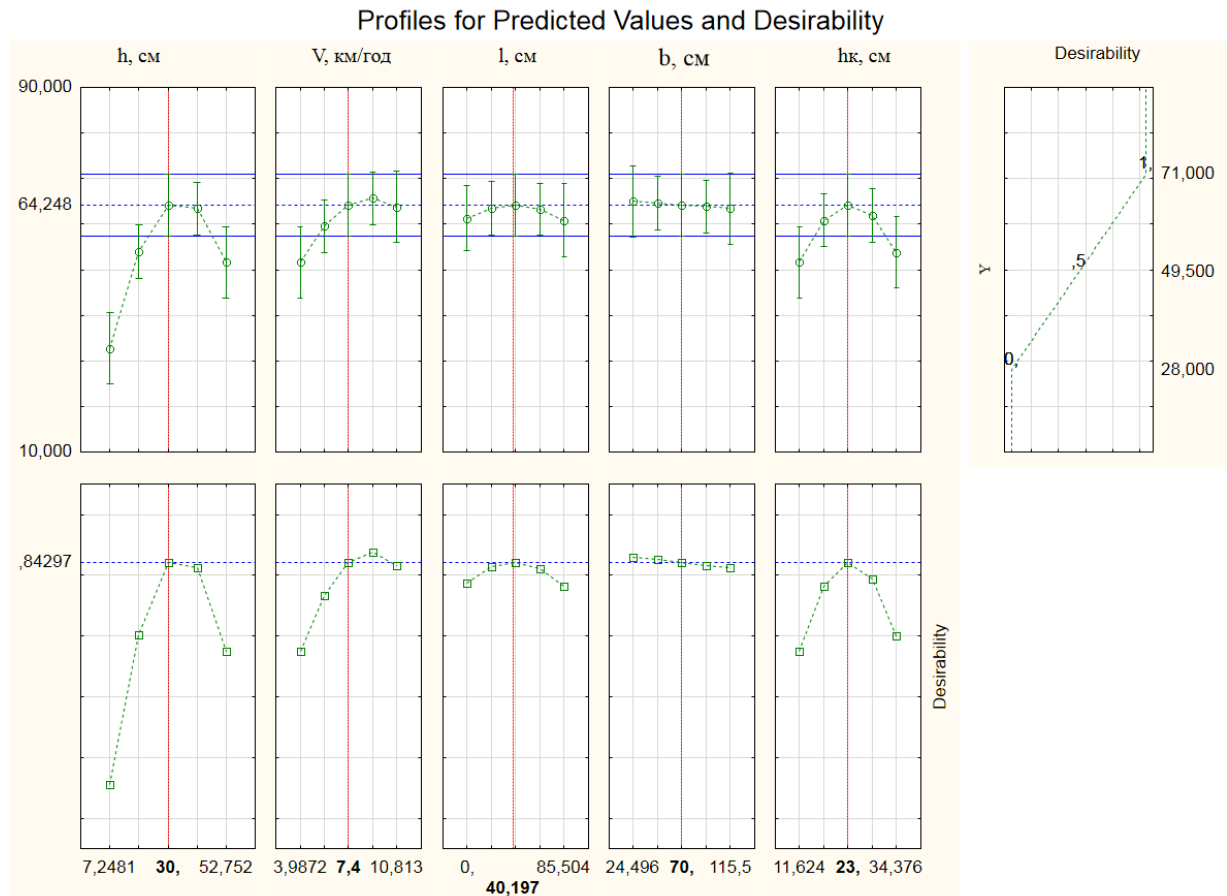


Рисунок 3 – Профілі для передбачених значень і бажаності результатів досліджень

Аналіз рівняння регресії (1) і графічного відображення результатів (рис. 3) дозволяє стверджувати, що навіть за найгіршого поєднання рівнів обраних факторів мінімальний показник якості кришення ґрунту знаходиться на рівні 28%, при цьому за найкращим поєднанням рівнів факторів значення критерію оптимізації знаходиться в межах 71%. Найбільш впливовими факторами на якісний показник рихлення є швидкість агрегату та глибина рихлення, при цьому раціональними значеннями цих параметрів є:  $h = 30 - 40$  см;  $V = 8 - 9$  км/год. Відстань між рядами робочих органів та відстань між робочими органами в одному ряду очевидно пов'язані не тільки із енерго- та металоємністю машини а й перерозподілом зон деформації ґрунту. Саме тому ці два фактори мають посилений попарний вплив у поєднанні із глибиною обробки. Встановлено, що задані показники якості досягаються при  $b = 80 - 100$  см. та  $l = 20 - 50$  см. Глибина встановлення крил  $h_k$  впливає в більшій степені на профіль дна борозни (висоту гребеня між суміжними проходками лап) та призводить до додаткових енерговитрат, проте квадратична взаємодія цього фактору та його попарний вплив у поєднанні із глибиною обробки впливає і на якість

подрібнення структурних агрегатів, а раціональні значення цього параметру складають  $h_k = 22 - 26$  см.

Слід зазначити, що експериментальні дослідження проводилися на полях Новоукраїнського та Кіровоградського районів Кіровоградської області. Механічний склад ґрунту – важкий і середній суглинок. Твердість ґрунту складала 0-10 см – 20-25 кг/см<sup>2</sup>; 10-20 см – 35-50 кг/см<sup>2</sup>; 20-30 см – 60-85 кг/см<sup>2</sup>.

*Висновки.* Експериментально встановлено область раціональних значень параметрів і режимів роботи комбінованого чизеля, при яких спостерігаються підвищення якісних показників роботи (коефіцієнт якості кришення ґрунту  $k = 65 - 71\%$ ):

- глибина обробки  $h = 30 - 40$  см;
- швидкість руху агрегату  $V = 8 - 9$  км/год;
- глибина встановлення крил  $h_k = 22 - 26$  см;
- відстань між робочими органами в ряду  $b = 80 - 100$  см;
- відстань між рядами робочих органів  $l = 20 - 50$  см.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Моргун Ф.Т. Почвозащитное земледелие / Моргун Ф.Т., Шикула Н.К., Тарарико А.П. – К.: Урожай, 1988.– 256 с.
2. Сисолін П. В. Передумови виникнення та перспективи впровадження нових агротехнічних прийомів основного безполицевого обробітку ґрунту / Сисолін П. В., Сало В. М., Кошеленко І. І. // Зб. наук. праць Кіровоградського інст. с.-г. машинобудування.– Вип. 2.– Кіровоград, 1998.–С. 206-211.
3. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка / Я.С. Гуков – К.: Нора-Прінт, – 1999.– 280 с.
4. Борисенко И.Б. Совершенствование ресурсосберегающих и почвозащитных технологий и технических средств обработки почвы в острозасушливых условиях нижнего Поволжья: Дисс... д-ра техн. наук: 05.20.01 / И.Б. Борисенко – Волгоград, 2006. – 402 с.
5. Ґрунтознавство з основами геології: Навч. пос./ О. Ф. Гнатенко, М. В. Капшик, Л. Р. Петренко, С. В. Вітвицький. – К.: Оранта, 2005. – 648 с.
6. Черновол М.І., Обґрунтування перспективного напрямку в розробці ґрунтообробних машин / Черновол М.І., Сало В.М. // Вісник інженерної академії України – К., 1998.–С.72-75.
7. Ветохин В.И. Систематизация рабочих органов для рыхления почвы на основе физики процесса / В.И. Ветохин // Техника АПК №9-10, 2008, С.21-25.
8. Гуков Я.С. Механіко-технологічне обґрунтування засобів для механізації обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур в Україні: Дис... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Я.С. Гуков // ІМЕСГ УААН. – Глеваха, 1998. – 386 с.
9. Руденко Н.Е. Механизация обработки почвы: Учебное пособие. / Руденко Н.Е. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС». – 2005. – 112 с.
10. Бледных В.В. Устройство, расчет и проектирование почвообрабаты-вающих орудий: Учебное пособие / Бледных В.В. – ЧГАА, Челябинск – 2010. – 214 с.
11. Лещенко С.М. Технічне забезпечення збереження родючості ґрунтів в системі ресурсозберігаючих технологій. / Лещенко С.М., Сало В.М. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2013. – Вип. 43, ч.1 – С. 96-102.
12. 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. – P. 195-201.

13. Сало В.М. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві / Сало В.М., Богатирьов Д.В., Лещенко С.М., Савицький М.І. // Техніка і технології АПК. Науково-виробничий журнал. №10(61), 2014. – С 16-19.

14. Leschenko S. Experimental estimate of the efficiency of basic tilling by chisel equipment in the conditions of soil / Sergey Leschenko, Vasil Salo, Dmitry Petrenko. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2014. – Вип. 44 – С. 237-243.

15. 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 ім. П. Василенка. – Харків, 2015. – Вип. 156 – С. 25-34.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Morhun F.T. Conservation agriculture / F.T Morhun., N.K.Shykula, A.P. Tararyko - Kiev: Vintage, 1988.- 256 s.

2. Sysolin P.V. Background of and prospects for the introduction of new agricultural practices of primary mouldboardless tillage / Sysolin P.V., Salo V.M., Koshelenko I.I. // Collection science works Kirovograd institute of agricultural engineering.- Vol. 2.- Kirovograd, 1998.- S. 206-211.

3. Hukov Ya.S. Tillage. Technology and engineering / Hukov Ya.S. - Kyiv: Nora-Print - 1999.- 280 s.

4. Borysenko I.B. Improving resource and soil conservation technologies and technical means for tillage conditions in high draughty lower Volga region: Dis. ... Dr. tehn. Sciences: 05.20.01 / I.B. Borisenko - Volgograd, 2006. - 402 s.

5. Soil basics of geology: Training. Ref. / O. F. Hnatenko, M. V. Kapshtyk, L. R. Petrenko, S. V. Vitvytskyi. - Kyiv: Orans, 2005. - 648 s.

6. Chernovol M.I. Promising direction substantiation in the development of tillage machines / Chernovol M.I., Salo V.M. // Journal of Engineering Academy of Ukraine - Kyiv, 1998.-.S. 72-75.

7. Vetokhyn V.I. Systematization of working bodies for loosening the soil on the basis of physics of the process / V.I. Vetokhyn // Technique agribusiness №9-10, 2008 S. 21-25.

8. Hukov, Ya.S. Mechanical and technological means substantiation for mechanization of soil when growing crops in Ukraine: Dis ... Dr. Sc. Sciences: 05.20.01 / Hukov, Ya.S. // IMESH UAAN. - Glevaha, 1998. - 386 s.

9. Rudenko N.Ye. Mechanization of tillage: Textbook. / Rudenko N.Ye. - Stavropol Univ SSAU "Agrus." - 2005. - 112 s.

10. Blednyh V.V. The device, calculation and tillers design: Textbook / Blednyh V.V. - CHGAA, Chelyabinsk - 2010. - 214 s.

11. Leschenko S.M. Technical support conservation of soil fertility in the system saving technologies. / Leschenko S.M., Salo V.M. // Design, production and operation of agricultural machinery. A national interagency scientific and technical collection. - Kirovograd, 2013. - Vol. 43, Part 1 - S. 96-102.

12. Leschenko S. Situation and Prospects of work intensification of chisel tools in order to preserve the natural fertility / 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. – S. 195-201.

13. Salo V.M. Our modern logistics processes in crop / Salo V.M., Bogatirov D.V., Leschenko S.M., Savitskiy M.I. // Engineering and Technology APC. Scientific Production Journal. №10 (61), 2014. - S. 16-19.

14. Leschenko S. Experimental estimation of the efficiency of basic tilling by chisel equipment in the conditions of soil / Sergey Leschenko, Vasil Salo, Dmitry Petrenko. // Design, manufacture and operation of agricultural machinery. A national interagency scientific and technical collection. - Kirovograd, 2014. - Vol. 44 - S. 237-243.

15. Leschenko S.M. Experimental evaluation of the quality of chisel combined with additional horizontal and vertical deformaters / Leschenko S.M., Salo V.M., Petrenko D.I. // Journal of Kharkov National Technical University. P. Vasilenko. - Kharkiv, 2015. - Vol. 156 - S. 25-34

### **CHISEL CULTIVATION OPERATIONS ADAPTATION TO DIFFICULT SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS IN CENTRAL UKRAINE**

Leschenko S.M., Salo V.M., Vasilkovskiy O.M., Petrenko D.I., Deikun V.A.

#### ***Summary***

Traditional primary tillage being based on the use of tillage implements of mouldboard type, is currently losing its position and forgoes mouldboardless methods of cultivation.

This paper outlines the implementation problems of mold technologies in crop cultivation. A number of reasons has been defined that don't allow to fully implement saving techniques during basic soil tillage operations in Ukraine. Based on the critical analysis developed the advanced design combined with chisel basic working tools that combine work horizontal and vertical deformaters has been worked out. Based on the experimental design technique has been experimentally tested the quality of the combined chisel. Rational parameters and modes of the machine for soil and climatic conditions of Ukraine have been established. Based on the experiment having been conducted the recommendations on chisel rippers production have been given.

***Key words:*** moldboardless cultivation, ripper, combined chisel, horizontal and vertical engines, gear roller.