УДК 631.51.014

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ НЕРІВНОСТІ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Г. А. Голуб¹, А. В. Дворник²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

²Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут», Україна.

Кореспонденція авторів: gagolub@ukr.net, a.dvornyk@ukr.net.

Історія статті: отримано – квітень 2019, акцептовано – червень 2019.

Бібл. 4, рис. 12, табл. 1.

Анотація. Для виконання смугового обробітку ґрунту на кожній секції агрегату закріплені робочі органи, призначені для зміни фізико-механічного складу ґрунту. Зміна параметрів розміщення робочих органів зумовлюється досягненням мети – відповідної якості обробітку ґрунту із середньою поперечною нерівністю обробленої смужки в межах до 15 % відповідно до методу видовження шнура. Представлено результати експериментальних досліджень залежності поперечної нерівності обробленої смужки від зміни взаємного розміщення переднього диска, долота та бокових відрізних дисків секції агрегату для смугового обробітку ґрунту.

За результатами візуальної оцінки якості обробітку ґрунту та вимірювань дослідних смужок визначено, що оптимальна відстань від осі переднього диска до долота є 55 см. Підтверджено результати попередніх досліджень, що відстань від долота до осі відрізних дисків повинна бути 50 см. Глибина обробітку долотом від 20 см до 27 см. Подальші дослідження потребують детальнішого вивчення впливу на поперечну нерівність зміни конфігурації розміщення робочих органів секції агрегату для смугового обробітку ґрунту, а також визначення енергетичних показників роботи, таких як витрата палива.

Ключові слова: передній диск, долото, відрізний боковий диск, якість обробітку, глибина обробітку, відстань від долота до осі відрізних дисків, відстань від осі переднього диска до долота.

Постановка проблеми

Якість підготовки ґрунту відіграє важливу роль на формування насінневого ложа, сходи рослин та отримання урожаю. Саме визначення поперечної нерівності оброблених смужок при смуговому обробітку є одним з основних якісних показників. Дослідження зміни параметрів розміщення робочих органів на секції агрегату для смугового обробітку ґрунту є важливим, тому що відхилення одного з параметрів може суттєво впливати на стан поперечної нерівності.

Аналіз останніх досліджень

Питанню розміщення робочих органів і впливу їх на ґрунт присвячені дослідження А. С. Кушнар'ова, П. В. Сисоліна, А. М. Панченка, В. О. Дубровіна, В. І. Кравчука, М. Л. Новохацького, Л. П. Шустіка, А. І. Мороза та інших. Аналіз наукових досліджень агрегатів для смугового обробітку ґрунту, дозволив зробити висновок, що для забезпечення якісно обробленої смужки необхідно здійснювати зміну конструктивних та технологічних параметрів взаємного розміщення робочих органів на секції агрегату [1, 2, 3, 4].

Мета досліджень

Дослідити залежність поперечної нерівності обробленої смужки від зміни взаємного розміщення переднього диска, глибини обробітку долотом та бокових відрізних дисків секції агрегату для смугового обробітку ґрунту.

Результати досліджень

Для проведення досліджень використано загальну схему (рис. 1: 1 – передній диск; 2 – долото; 3 – відрізи бокових дисків; 4 – прикочуючий коток. H – глибина обробітку долотом; L – відстань від осі переднього диска до долота; C – відстань від долота до осі відрізних дисків) розміщення робочих органів секції агрегату для смугового обробітку ґрунту.

Експериментальні дослідження проводилися на полі із стернею після озимої пшениці без соломи, у господарстві «Іскра» с. Талалаївка, Ніжинського району в Чернігівській області. Ґрунт важкий ущільнений суглинок сформований відповідними погодними умовами: температурою 18-24°C вдень, 10-16°C вночі, без опадів.

Для дослідження залежності поперечної нерівності обробленої смужки від зміни взаємного розміщення переднього розрізного диска, глибини обробітку долотом та бокових відрізних дисків секції агрегату для смугового обробітку ґрунту розроблено

експериментальну установку (рис. 2): трактор Т-40 із трикутною навіскою та секція агрегату для смугового обробітку ґрунту. Ширину між боковими відрізними дисками, відповідно до даних попередніх досліджень, приймаємо сталою, рівною 30 см.

Рис. 1. Загальна схема розміщення робочих органів секції агрегату для смугового обробітку ґрунту. Джерело. Розроблено автором.

Fig. 1. General scheme of placing working bodies of section of assembly for expanded cultivation of soil.

Для дослідження вибрано рівномірну, без схилів та долинок ділянку поля розміром 30 м×140 м. Довжина гонів розділялася на три частини: зона для розгону трактора і тримання усталеного рівномірного режиму роботи; досліджувана частина довжиною 100 м; та зона гальмування. Агрегат починав рух із однієї сторони і рухався з рівномірною середньою швидкістю від 3 до 3,2 км/год.

Основним визначальним показником якості роботи було обрано поперечну нерівність, середнє значення якої повинно становити не більше 15 %, а максимальне відхилення одного із замірів не повинно перевищувати 25 %. Поперечну нерівність поверхні смужки вимірювали методом видовження шнура при копіюванні рельєфу ґрунту [1].

Адекватність моделей експериментальним даним визначали за критерієм Фішера, статистичну значущість коефіцієнтів рівнянь регресії – за критерієм Ст'юдента. Аналіз отриманих математичних моделей проводився із використанням методу побудови поверхонь відгуку.

Рис. 2. Експериментальна установка. Джерело: Розроблено автором.

Fig. 2. Experimental setup.

Таблиця 1. План експерименту за методом Бокса-Бенкіна.

Table 1. Plan of experiment according to method of Box-Benka.

№ досліду	Глибина обробітку долотом H		Відстань від осі переднього диска до долота L		Відстань від долота до осі відрізнних дисків C		Фактична поперечна нерівність B_{ϕ} , %		
	код	см	код	см	код	см	Y1	Y2	Y3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+1	27	+1	60	0	50	7,69	7,89	8,82
2	-1	13	-1	50	0	50	20,00	27,03	27,78
3	+1	27	-1	50	0	50	9,76	10,81	13,89
4	-1	13	+1	60	0	50	13,51	17,95	22,22
5	+1	27	0	55	+1	62	7,50	13,51	14,58
6	-1	13	0	55	-1	38	14,29	19,44	25,00
7	+1	27	0	55	-1	38	2,70	2,86	10,81
8	-1	13	0	55	+1	62	9,52	25,00	25,71
9	0	20	+1	60	+1	62	14,63	17,95	19,05

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0	20	-1	50	-1	38	8,82	10,81	19,44
11	0	20	+1	60	-1	38	2,78	10,81	13,89
12	0	20	-1	50	+1	62	6,52	6,98	15,56
13	0	20	0	55	0	50	2,50	5,00	7,69
14	0	20	0	55	0	50	2,44	2,50	5,00
15	0	20	0	55	0	50	2,44	5,00	5,13

Факторами, що впливають на поперечну нерівність обробленої смужки при смуговому обробітку ґрунту є: глибина обробітку долотом H , см; відстань від осі переднього диска до долота L , см; відстань від долота до осі відрізних бокових дисків C , см. Розроблено план трьох-факторного експерименту за методом Бокса-Бенкіна (табл. 1) згідно якого отримано блок експериментальних даних.

Результати візуальної оцінки стану якості обробітку смужки розділено на групи (за подібністю).

До першої групи відносяться дослід № 1, 7, 11, 14, 15 (з оцінками 4 та 4+), які характеризуються рівномірною поперечною нерівністю вздовж всієї досліджуваної смужки. Рослинні рештки рівномірно зароблені. Форма смужки має невелику заглибину всередині. Ґрунт розпушений. Ґрунтові агрегати знаходяться в межах смужки, деякі мають розмір більше 10 см, що зумовлено значною твердістю ґрунту та недосконалою роботою прикочуючого котка. Дані грудки впливають на відхилення значення поперечної нерівності. Смужка може використовуватись для осіннього внесення добрив і весняного посіву.

До другої групи відносяться дослід № 3, 4, 9, 10, 12, 13 (з оцінками 3 та 3+) із поперечною нерівністю без значних перепадів вздовж всієї дослідної смужки.

Ширина смужки майже однорідна, посередині розміщена борозенка, іноді ґрунт просто підірваний без зміщення і не подрібнений, на поверхні залишена певна кількість рослинних решток. Деякі грудки закинуті за межі смужки. Спостерігаються ґрунтові агрегати більше 10 см. Грудкуватість рівномірна по всій довжині. Смужки можуть використовуватись лише для осіннього обробітку та внесення добрив. За умови зменшення розмірів грудок у межах вимірювань якісним спрацюванням прикочуючого котка, можливе використання смужок і при весняному посіві.

До третьої групи відносяться дослід № 2, 5, 6, 8 (з оцінками 2 та 2+). Для смужки характерним є глибока борозна посередині. Смужка насичена великими брилами розміри 10 см і більше, які хаотично нерівномірно розкидані вздовж смужки. Багато підірваних але не перевернутих плах. Місцями смужку погано видно. Нерівномірність розподілу ґрунту по ширині та довжині із значними перепадами поперечної нерівності від 3 до 26 % і більше, унеможливує використання даної смужки.

На рисунку 3 приведені фото зразків відповідних груп після візуальної оцінки: смужка № 1 відноситься до першої групи, дослід № 12 – другої групи, а № 5 – до третьої.

Рис. 3. Фото зразків кожної групи за даними візуальної оцінки.

Fig. 3. Photo samples of each group according to visual estimation.

Статистичною обробкою отриманих сукупностей встановлювалась кількісна залежність поперечної нерівності обробленої смужки від зміни взаємного розміщення робочих органів секції агрегату для смугового обробітку ґрунту: переднього диска, глибини обробітку долотом та бокових відрізних дисків:

$$B_{\phi} = 829,6071 - 6,2821H - 23,1627L - 4,8207C + 0,1367H^2 + 0,189L^2 + 0,0233C^2 + 0,0475LC$$

де B_{ϕ} – поперечна нерівність, %; H – глибина обробітку долотом, см; L – відстань від осі переднього диска до долота; C – відстань від долота до осі відрізних дисків, см.

Графіки залежності поперечної нерівності від зміни глибини обробітку долотом при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см, мають параболічну залежність (рис. 5), яка із збільшенням глибини обробітку спочатку зменшується до позначки 22 см, а потім поступово збільшується. Штрихована лінія, що характеризує відстань від осі переднього диска до долота 55 см, знаходиться нижче всіх, тобто значення поперечної нерівності найменше серед отриманих.

Пунктирна лінія 60 см відстані від осі переднього диска накладається на суцільну лінію 50 см, що характеризується однаковими середніми значеннями поперечної нерівності. Отже згідно даних графіків можемо зробити висновок, що при зміні

глибини обробітку долотом від 13 до 27 см поперечна нерівність змінюється і раціональна відстань від осі переднього диска до долота становить 55 см з дотриманням заданих меж поперечної нерівності 15 % при глибині обробітку долотом від 15 см.

Графіки залежності поперечної нерівності від осі переднього диска до долота (рис. 6) при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см, мають плавну параболічну залежність із вершинами на відстані від осі переднього диска до долота 55 см. Лінії глибини обробітку долотом 20 см та 27 см знаходяться в межах 15% поперечної нерівності, що відповідає вимогам, а суцільна лінія 13 см знаходиться вище зазначеної межі. Отже, при зміні відстані від осі переднього диска до долота від 50 см до 60 см поперечна нерівність змінюється за параболічною функцією з оптимальним найменшим значенням 55 см при глибині обробітку долотом від 20 см.

Графік залежності (рис. 7) поперечної нерівності від глибини обробітку долотом та від відстані від осі переднього диска до долота при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см показує, що впливовим фактором є зміна глибини обробітку та із її збільшенням до 20 см покращується поперечна нерівність, тобто зменшується, а при збільшенні до 27 см – збільшується. Оптимальним значенням відстані від осі переднього диска до долота приймаємо 55 см.

Рис. 4. Залежність поперечної нерівності від глибини обробітку долотом при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см.

Fig. 4. The dependence of the unevenness of the depth of the treatment a bit when the distance from the bit to the axis of the cutting disc 50 cm.

Рис. 5. Залежність поперечної нерівності від відстані від осі переднього диска до долота при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см.

Fig. 5. Dependence of unevenness of distance from axis of front drive to bit when distance from bit to axis of cutting disc 50 cm.

Рис. 6. Залежність поперечної нерівності від глибини обробітку долотом та від відстані від осі переднього диска до долота при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см.

Fig. 6. The dependence of the unevenness of the depth of the treatment chisel and the distance from the axis of the front drive to the bit when the distance from the bit to the axis of the cutting disc 50 cm.

Рис. 7. Залежність поперечної нерівності від відстані від долота до осі відрізних дисків при відстані від осі переднього диска до долота 55 см.

Fig. 7. The dependence of the unevenness of the distance from the bit to the axis of the cutting disks at a distance from the axis of the front drive to the bit 55 cm.

Рис. 8. Залежність поперечної нерівності від глибини обробітку долотом при відстані від осі відрізного диска до долота 55 см.

Fig. 8. The dependence of the unevenness of the depth of the treatment a bit with the distance from the axis of the cutting disc to the bit 55 cm.

Графіки залежності поперечної нерівності відстані від долота до осі відрізних дисків (рис. 8) при відстані від осі переднього диска до долота 55 см, мають вигляд паралельних парабол. Аналізуючи дані графіки можна зробити висновок, що глибина обробітку долотом 13 см (суцільна лінія) знаходиться за допустимою межею поперечної нерівності 15 %, тоді як 20 см та 27 см повністю знаходяться в заданих межах. Зі зміною відстані від долота до осі відрізних дисків поперечна нерівність змінюється неоднозначно. Спочатку зі збільшенням відстані від долота до осі відрізних дисків поперечна нерівність зменшується, досягає значень від 44 до 50 см, а потім збільшується при збільшенні відстані. Мінімальне значення поперечної нерівності отримано при відстані від долота до осі відрізних дисків від 44 до 50 см.

Графіки залежності поперечної нерівності від глибини обробітку долотом (рис. 9) при відстані від

осі переднього диска до долота 55 см, мають вигляд плавної параболічної залежності.

Графік (рис. 9) показує, що мінімальна глибина обробітку долотом, яка може використовуватись становить 15 см. Відстань від долота до осі відрізних дисків із найменшим відсотковим значенням поперечної нерівності позначено штрих-пунктирною лінією і становить 50 см. Значення відстані від долота до осі відрізних дисків 38 см та 62 см паралельні лінії 50 см, але знаходяться вище і входять у межі агротехнічних вимог поперечної нерівності 15 %. Можна зробити висновок, що значення відстані від долота до осі відрізних дисків для забезпечення агротехнічних вимог і використання при різних глибинах обробітку становить 50 см.

Графік залежності поперечної нерівності від глибини обробітку долотом та відстані від долота до осі відрізних дисків при відстані від осі переднього диска до долота 55 см показано на рис. 10.

Рис. 9. Залежність поперечної нерівності від глибини обробітку долотом та відстані від долота до осі відрізних дисків при відстані від осі переднього диска до долота 55 см.

Fig. 9. The dependence of the unevenness of the depth of the treatment chisel and the distance from the bit to the axis of the cutting disks at a distance from the axis of the front drive to the bit 55 cm.

Рис. 10. Залежність поперечної нерівності від відстані від осі переднього диска при глибині обробітку долотом 20 см.

Fig. 10. The dependence of the unevenness of the distance from the axis of the front drive when the depth of tillage with a chisel 20 cm.

Рис. 11. Залежність поперечної нерівності від відстані від долота до осі відрізних дисків при глибині обробітку долотом 20 см.

Fig. 11. The dependence of the unevenness of the distance from the bit axis to the cutting discs with a depth of treatment chisel 20 cm.

Графік (рис. 10) показує, що впливовим фактором є зміна відстані від долота до осі відрізних дисків в межах 44-50 см, з мінімальним значенням поперечної нерівності при відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см. При збільшенні глибини обробітку долотом до 20 см, поперечна нерівність зменшується, а при збільшенні від 24 см поступово збільшується.

Графіки залежності поперечної нерівності від відстані від осі переднього диска при глибині обробітку долотом 20 см (рис. 11), мають гіперболічні залежності. Штрих-пунктирна лінія, що відповідає 50 см відстані від долота до осі відрізних дисків, із всіма значеннями поперечної нерівності знаходиться в межах норми 15 %. Лінія рівномірно параболічна з вершиною на позначці 55 см відстані від осі переднього диска до долота. Суцільна лінія, яка відповідає відстані від долота до осі бокових дисків 38 см, спочатку спадає до значення 56 см, а далі

зростає. Значення пунктирної лінії (62 см) зменшується до відстані від осі переднього диска до долота 54 см, потім збільшується і після 59 см виходить за задані межі поперечної нерівності 15 %.

Графіки залежності поперечної нерівності від відстані від долота до осі відрізних дисків при глибині обробітку долотом 20 см (рис. 12), мають параболічну залежність з перехресними значеннями.

Відстань від осі переднього диска до долота із найменшими відсотками поперечної нерівності позначено штрихованою параболічною лінією і становить 55 см із вершиною у значенні 48 см. Суцільна лінія (50 см) параболічна, спочатку залежність зменшується до 52 см, а потім збільшується. Штрихована лінія (60 см) навпаки прямує від меншого до більшого, при чому у точці рівній відстані від долота до осі відрізних дисків 50 см. Отже, оптимальним значенням відстані від долота до осі відрізних дисків буде 50 см.

Рис. 12. Залежність поперечної нерівності від відстані від переднього диска та відстані від долота до осі відрізних дисків при глибині обробітку долотом 20 см.

Fig. 12. The dependence of the unevenness of the distance from the front of the disk and the distance from the bit axis to the cutting discs with a depth of treatment chisel 20 cm.

Графік залежності (рис. 13) поперечної нерівності від відстані від осі переднього диска та відстані від долота до осі відрізних дисків при глибині обробітку долотом 20 см показує, що оптимальна відстань від осі переднього 55 см, тоді як відстань від долота до осі відрізних дисків в межах від 48 до 50 см.

Висновки

За результатами візуальної оцінки якості обробітку ґрунту та вимірюваннями, встановлено, що секція агрегату для смугового обробітку ґрунту має мінімальну поперечну нерівність обробленої смужки в межах допустимих 15 % при значенні відстані від осі переднього диска до долота 55 см, відстані від долота до осі відрізних дисків – 50 см та глибини обробітку долотом від 20 до 27 см.

Список літератури

1. Голуб Г., Дворник А. Обґрунтування показників якості та агрономічних вимог до смугового обробітку ґрунту. Наукові горизонти. Науковий журнал. 2018. № 12 (73). С. 37–44.
2. Лебедев С., Коробко А., Козлов Ю. До питання оцінювання точності вимірювань під час випробувань сільськогосподарських машин. Техніка і технологія. 2017. № 10 (97). С. 22–25.
3. Спосіб смугового обробітку ґрунту і пристрій для його здійснення: патент на корисну модель 3102 Україна: МПК А01В 79/00, А01В 13/16. №2004010550; заявл. 26.01.2004, опубл. 15.10.2004, Бюл. №10. 2 с.
4. Спосіб смугового обробітку ґрунту за допомогою систем ґрунтообробних пристроїв: патент 25742 Україна: МПК А01В 49/02; А01В 79/02. №111055; заявл. 28.09.2015, опубл. 10.03.2016, Бюл. №5.

References

1. Golub G., Dvornik A. (2018). Reference of quality and hornomic requirements for groundwater protection indicators. *Scientific Horizons. Scientific Journal*. Zhytomyr, 12 (73), 37-44.
2. Lebedev S., Korobko A., Kozlov Yu. (2017). On the measurement of accuracy of measurements during tests of agricultural machines. *Technics and technology*, 10 (97), 22–25.
3. Ovcharenko A. S., Ovcharenko A. A. (2004). Method of belt soil cultivation and device for its implementation. Patent of Ukraine for utility model. A01B 79/00, A01B 13/16. № 2004010550 declared 26.01.2004; published 15.10.2004, № 10.
4. Ponomar Yu. V., Korniyushyn V. M., Datko V. D., Ponomar M. Yu., Palahniuk A. A., Lukashenko R. M. (2016). The method of strip tillage with the help of systems of soil-working devices. Patent of Ukraine for invention. A01B 49/02; A01B 79/02. № 111055 declared 28.09.2015; published 10.03.2016, № 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОЛОСОВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Г. А. Голуб, А. В. Дворник

Аннотация. Для выполнения полосовой обработки на каждой секции агрегата закреплены рабочие органы, предназначенные для изменения физико-механического состава почвы. Изменение параметров размещения рабочих органов обусловлено достижением цели – соответствующего качества обработки со средней поперечной неравномерностью обработанной полосы в пределах до 15% в соответствии методу удлинения шнура. Представлены результаты экспериментальных исследований зависимости поперечной неравномерности обработанной полосы от изменения взаимного расположения переднего диска, долота и боковых отрезных дисков секции агрегата для полосовой обработки почвы.

По результатам визуальной оценки качества обработки, а также измерений исследуемых полосок определено, что оптимальное расстояние от оси переднего диска к долоту является 55 см. Подтверждено результаты предыдущих исследований, расстояние от долота к оси отрезных дисков должна быть 50 см. Глубина обработки долотом от 20 см до 27 см. Дальнейшие исследования требуют более детального изучения влияния на поперечную неравномерность изменения конфигурации размещения рабочих органов секции агрегата для полосовой обработки почвы, а также определения энергетических показателей работы, таких как расход топлива.

Ключевые слова: передний диск, долото, отрезной боковой диск, качество обработки, глубина обработки, расстояние от долота к оси отрезных дисков, расстояние от оси переднего диска к долоту.

STUDY OF TRANSVERSE NEGATIVITY OF STRIP TILLING SOIL

G. A. Golub, A. V. Dvornik

Abstract. To perform band processing on each section of the unit, working bodies are fixed, designed to change the physical and mechanical composition of the soil. Changing the parameters of the placement of the working bodies due to the achievement of the goal - the appropriate quality of processing with an average transverse unevenness of the treated strips up to 15% in accordance with the method of cord elongation. The results of experimental studies of the dependence of the transverse non-uniformity of the treated strip on the change in the relative position of the front disc, chisel and side cutting discs of the section of the unit for strip tillage are presented.

According to the results of visual evaluation of processing quality, as well as measurements of the test strips, it was determined that the optimal distance from the axis of the front disc to the bit is 55 cm. The results of previous studies were confirmed, the distance from the bit to the axis of the cutting discs should be 50 cm. up to 27 cm. Further studies require a more detailed study of the influence on the transverse non-uniformity of changes in

the configuration of the placement of the working bodies of the section of the unit for strip tillage, as well as energy performance indicators, such as fuel consumption.

Key words: front disc, chisel, cutting side disc, processing quality, depth of processing, distance from the bit to the axis of the cutting discs, distance from the axis of the front disc to the bit.

Г. А. Голуб ORCID 0000-0002-2388-0405.

А. В. Дворник ORCID 0000-0002-4119-0520.