

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра машиновикористання
та сервісу технологічних систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Губенко Артем Сергійович

УДК 631.543

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело

_____ А.С. Губенко

Керівник роботи
Білецький Віктор Романович
к.т.н., доцент

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Губенко А.С. Дослідження конструкційних та технологічних параметрів ротаційних робочих органів для підвищення якості обробітку ґрунту. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Розглянуто сучасні методи обробітку ґрунту за допомогою застосування сільськогосподарських машин обладнаних ротаційними робочими органами. Обґрунтовані параметри та функціональні особливості ротаційних органів для підвищення якості обробітку ґрунту.

Ключові слова: обробіток, ротаційні робочі органи, ґрунтове середовище, підвищення якості.

SUMMARY

Hubenko A. S. . Research of Constructional and Technological Parameters of Rotary Working Bodies for Tillage Quality Improvement. – Qualification work on the rights of the manuscript. Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – agroengineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

Modern methods of tillage with the use of agricultural machinery equipped with rotating working bodies are considered. Substantiated parameters and functional features of rotary bodies to improve the quality of tillage.

Key words: tillage, rotary working bodies, soil environment, quality improvement.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СВІТОВОГО ДОСВІДУ З ПРОЕКТУВАННЯ РОТАЦІЙНИХ ЗНАРЯДЬ.....	6
1.1. Огляд типових конструкцій ротаційних знарядь	6
1.2. Аналіз конструкцій ротаційних робочих органів	8
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ	12
2.1. Уточнення конструкційних параметрів роторного робочого органу	12
2.2. Дослідження міцності кільцевого робочого органу	18
РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ ОСНАЩЕНИХ РОТАЦІЙНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ	24
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	29

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасних умовах ведення аграрного виробництва, підвищення якості обробітку ґрунту за допомогою застосування сільськогосподарських машин обладнаних ротаційними робочими органами, є доволі актуальним питанням з огляду на процеси деградації ґрунтового середовища.

Мета роботи, та завдання досліджень. Забезпечення якісного обробітку, особливо на глибину розміщення кореневої системи сільськогосподарських рослин. Виходячи з мети, сформовані задачі досліджень:

1. Аналіз сучасного стану використання ґрунтообробних машин, які обладнані ротаційними робочими органами.
2. Дослідити конструкційно-технологічні параметри ротаційного робочого органу, для ґрунтових умов досліджуваного об'єкту.
3. Експериментально визначити вплив параметрів ротаційних робочих органів на підвищення якості обробітку ґрунту.

Об'єкт досліджень. Ротаційні робочі органи, ґрунтообробних машин та знарядь.

Предмет досліджень. Зміна властивостей шару ґрунту, в якому розміщується коренева система сільськогосподарських рослин.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження виконувались у лабораторно-польових умовах, та з використанням програм математичного моделювання.

Перелік публікацій автора за темою дослідження.

1. Брушко В.В., Губенко А.С., Токовчук О.М. Сучасні технології обробітку ґрунту / Біоенергетичні системи: Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи». Том 2, 27-28 травня 2021 р. –Житомир: Поліський національний університет, 2021. – С. 123-124.

2. Прилуцький І.О., Губенко А.С., Токовчук О.М. Механізований обробіток ґрунту в умовах кліматичних змін / Матеріали XXII Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки». 16–18 жовтня 2021 року. Київ. Ніжин. 2021. – С. 56.

3. Губенко А.С., Токовчук О.М., Прилуцький І.О. Вимоги до проведення основного обробітку ґрунту / Студентські читання–2021: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 15 листопада 2021р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. – С. 176-178.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати можуть бути корисні у виробничій діяльності аграрних підприємств.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів. Кваліфікаційна робота виконана на 31 сторінці, містить 4 таблиці, 14 рисунків. Список використаних джерел містить 28 праць.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СВІТОВОГО ДОСВІДУ З ПРОЕКТУВАННЯ РОТАЦІЙНИХ ЗНАРЯДЬ

1.1. Огляд типових конструкцій ротаційних знарядь

Дискові борони обладнані ротаційними робочими органами, застосовуються для поверхневого обробітку ґрунту, проте ці знаряддя різняться певними важливими особливостями. Основною відмінністю являється можливість зміни кута встановлення дисків. В компактних борін кожний диск вмонтовано в окрему опору, саме тому їх можна встановлювати в двох напрямках, що є істотною відмінністю від класичної дискової борони із суцільною віссю.

Практично всі виробники випускають борони з постійним кутом атаки. До того ж, диски першого ряду встановлено під гострішим кутом до напрямку руху (наприклад, 17°), бо вони мають врізатися в необроблений ґрунт і при цьому не засмічуватися. Другий ряд дисків «бере на себе» пухкий ґрунт і рослинні рештки (небезпека засмічення) від першого ряду й обробляє ґрунт у міжряддях першого ряду. Тут краще встановлювати кут на 25° менший, ніж у першому ряду.

У більшості борін використовують кріплення дисків за допомогою гумових елементів (демпферів), які вперше з'явилися у фірми Vaederstad. Приблизно такий самий принцип дії у листових ресор, встановлених на боронах Heliodor від фірми Lemken. Переваги: проста конструкції, надійне функціонування, не потребує витрат на технічне обслуговування. Однак, ресори й гумові демпфери не компенсують повністю бічне відведення встановлених навскіс дисків.

Залежно від вологості й типу ґрунту, а також від глибини обробітку, зсув дисків потрібно регулювати (як обертання кермового колеса вбік під час руху схилом). Між дисками першого ряду завжди залишається необроблена смуга, яку обробляють диски другого ряду.

Якщо зсув відрегульовано неправильно, тоді на полі залишаються

«гребінці». Борони з дорогою системою примусового керування ведення колією не мають потреби в регулюванні зміщення дисків (наприклад, Rubin від фірми Диски діаметром 450мм часто мають рівний різальний або злегка зазубрений край, відповідно борони легші, що є перевагою начіпних знарядь (рис. 1.1). Основна функція таких знарядь, поверхневий обробіток стерньових полів, ґрунти яких добре піддаються обробітку.



Рис. 1.1. Борона дискова БДН-2,1 із сферичними дисками.

Чим важчий ґрунт, а також більше рослинних решток (особливо – стерня ріпаку, кукурудзи, зернових у разі високого зрізування), що інтенсивніше потрібно перемішувати ґрунт, то більшими мають бути диски (понад 500мм) застосовують борони (рис. 1.2). Вирізні диски інтенсивніше впливають на ґрунт, краще заглиблюються й легше обертаються.



Рис. 1.2. Борона БДН-2 із індивідуальними стійками.

Ротаційно-лопатеві диски (рис. 1.3) переносять із собою більшу кількість землі й таким чином поліпшують ефект перемішування, однак якщо

дискові «хвилі» занадто великі, то диск випуклим боком практично лягає на поверхню землі, внаслідок чого врізання в ґрунт погіршується, а зношування диска підвищується.



Рис. 1.3. Борона дискова БДН-1,8 з ротаційно-лопатевими робочими органами.

1.2. Аналіз конструкцій ротаційних робочих органів

Застосування ґрунтообробних знарядь, обладнаних ротаційними робочими органами, в аграрному виробництві, зумовлено конкретними морфологічними, ґрунтовими, геологічними та іншими умовами, спрямованими на покращення стану ґрунтів сільськогосподарського використання, оптимізацію водно-повітряного режиму, запобігання водної та вітрової ерозії обумовили, відповідно потребують наявності широкого спектру знарядь з ротаційними робочими органами [9, 10].

Ротаційні ґрунтообробні знаряддя можна поділити на дві великі групи: знаряддя з активними робочими органами та знаряддя з пасивними робочими органами. В даній роботі, основну увагу, приділено застосуванню пасивних робочих органів.

Обертання пасивних робочих органів відбувається за рахунок взаємодії робочих органів з ґрунтом без додаткового джерела енергії, тобто відпадає необхідність в ускладненні та підвищенні вартості конструкції.

Основні типи дисків та їх конструкційні параметри передбачені ОСТ 23.2.147-85 [15].

Проведений аналіз ротаційних робочих органів і знарядь, що існуючі конструкції, які серійно випускаються, і перспективні розробки нових конструкцій направлені на покращення таких чинників обробітку, як розпушування ґрунту, та інтенсифікації подрібнюючої здатності, полегшення ремонту і підвищення міцності та зносостійкості ротаційних робочих органів. Разом з цим, слід зазначити, що проектування та розробка існуючих конструкцій ротаційних робочих органів не в повній мірі проводилось з урахуванням забезпечення передумов для подальшого процесу структуроутворення та запобігання руйнування структури ґрунту шляхом корегування характеру робочих процесів обробітку ґрунту.

Отже, аналіз наукових досліджень і досвід практичного застосування ротаційних робочих органів дозволяє узагальнити їх основні агротехнологічні, технічні та конструкційні показники в порівнянні з найбільш широко використовуваними робочими органами відповідними ОСТ 23.2.147-85 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Порівняльна оцінка ротаційних робочих органів, (показники ротаційних робочих органів відповідних ОСТ 23.2.147-85 обрані за 100% або 1)

Основні показники	Суцільний диск (відповідний ОСТ 23.2.147-85)	Кільцевий (пасивного типу)	Голчастий (пасивного типу)	Кільцевий (активного типу)	Голчастий (активного типу)
Якість обробітку за інтенсивністю руйнування структури ґрунту	1,0	1,5	1,3	1,3	1,5
Агротехнологічна якість виконання технологічного процесу	1,0	1,0	0,8	1,1	0,8

Рівень енергозбереження робочого процесу	1,0	1,5	1,3	0,6	0,8
Узагальнена технологічність виготовлення робочого органу	1,0	1,1	0,9	1,2	1,1
Експлуатаційна технологічність ґрунтообробного знаряддя	1,0	0,9	1,0	0,2	0,2
Узагальнена оцінка	1,0	1,18	1,06	0,88	0,84

Якісні показники демонструє, при застосуванні на ґрунтах Полісся України конструкція ротаційного робочого органу «зірчастого» типу [16] (рис.1.4), покращується якість обробітку ґрунту шляхом збереження структури та створення передумов для протікання структуро творних процесів у ґрунтах.

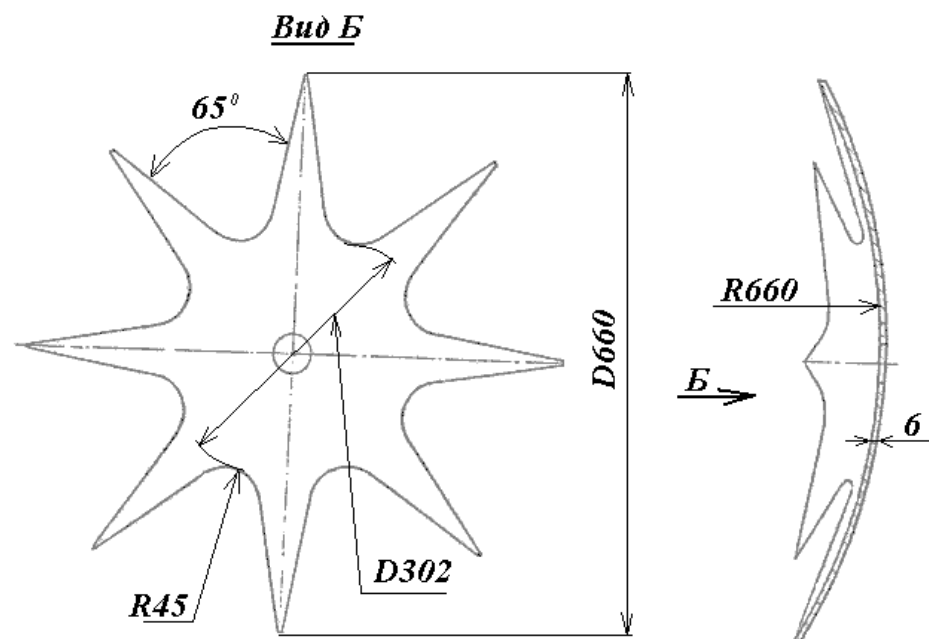


Рис. 1.4. Ротаційний робочий орган «зірчастого типу».

Заслуговує на увагу дисковий робочий орган з вирізними вікнами [19] (рис. 1.5), конструкційні особливості якого суттєво зменшують імовірність забивання рослинними рештками за рахунок збільшення кількості ріжучих поверхонь. Особливістю даного робочого органу є те, що кільце диска працює за принципом плоскоріза, піднімаючи ґрунтову масу і просіюючи її через вирізні вікна.



Рис. 1.5. Диск з «вирізними вікнами».

Висновки до розділу. На підставі аналізу існуючих конструкцій робочих органів ротаційних ґрунтообробних знарядь та за результатами узагальненої порівняльної оцінки ротаційних робочих органів можна зробити висновки:

– робочі органи кільцевого типу є найбільш перспективними з точки зору якості обробітку ґрунту. Однак, проаналізовані типи конструкцій кільцевих робочих органів ротаційних ґрунтообробних знарядь, з огляду на особливості їх робочих процесів, не в змозі забезпечити повною мірою виконання технологічних процесів через недостатню обґрунтованість технологічних параметрів кільцевого робочого органу;

– необхідне удосконалення конструкції ротаційного кільцевого робочого органу, яка б запобігала руйнуванню конструкції даного робочого органу.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

2.1. Уточнення конструкційних параметрів роторного робочого органу

Відрив структури ґрунту робочими органами, які мають прямолінійний напрямок руху відбувається за рахунок горизонтально розташованої площини з шириною $b_{\text{п}}$ і її радіусом кривизни $r=\infty$ та довжиною l і її радіусом кривизни $R=\infty$ [21]. Забезпечення відриву структури ґрунту робочими органами, які мають прямолінійний і обертальний рух буде відбуватись за рахунок площини з шириною $b_{\text{п}}$ і її радіусом кривизни r та довжиною l і її радіусом кривизни R , тобто за рахунок кільця.

Виходячи з вимог до характеру робочого процесу обробітку ґрунту виконуваного ротаційним ґрунтообробним знаряддям запропонована конструкція робочого органу з кільцевою периферією 1 та двома ріжучими кромками (внутрішньою 2 та зовнішньою 3) (рис. 2.1). Так, відповідно до [22] за основу кільцеутворюючої поверхні як матеріального тіла обрано тороїдальну поверхню, яка є типовою геометричною формою кільця. При цьому, перетином трьох тороїдальних поверхонь 5, 6, 7 було утворено робочу кільцеву поверхню 4 органу (рис. 2.1).

Під час роботи, запропонований ґрунтообробний робочий орган переміщуючись в напрямку руху машинно-тракторного агрегату обертається навколо осі розташованої під певним кутом α до напрямку руху агрегату за рахунок сил тертя, які виникають в зоні контакту «ґрунт-робочий орган». При цьому зовнішня ріжуча кромка 3 підрізає оброблюваний профіль ґрунту H , за рахунок дії напружень відриву відбувається відокремлення скиби поверхнею 4 кільця 1 та подальше переміщенням її в середину кільця (рис. 2.1). Однак переміщення скиби ґрунту по поверхні кільця можливе лише при виконанні умови ковзання [23]:

$$\frac{\pi}{2} - \alpha_k \geq \varphi; \quad (2.1)$$

де φ - кут тертя ґрунту по робочій поверхні клина, прийнятий $\varphi = 26^\circ$ [23];

α_k - кут нахилу робочої грані клина.

Оскільки поверхня 4 кільця 1 має криволінійний профіль СМ (рис. 2.2), то кут α_k буде визначатись кутом нахилу дотичної в кожній точці кільцевої поверхні СМ до площини паралельної напрямку руху ґрунтообробного знаряддя. В характерних точках С, N, F на поверхні кільця 1 (рис. 2.2) кут α_k набуває таких значень: $\alpha_C=60^\circ$; $\alpha_N=90^\circ$; $\alpha_F>90^\circ$. Відповідно до умови (2.1) кут α_k в характерних точках С, N, F поверхні кільця має становити не більше 64° , в іншому випадку тиск ґрунту на робочий орган в зоні контакту буде зростати, а це призведе до заклинювання ґрунту робочою поверхнею кільця і, як наслідок до зсуву та часткового руйнування структури ґрунту.

В цьому випадку значення кута α_k в точці С (рис. 2.2) задовольняє умові ковзання, а величину кута α_k в точках N та F буде визначати радіус r_B тора 5 та відповідно, координати В його центра (рис. 2.2).

Отже, для забезпечення переміщення ґрунту по поверхні кільця пропонованого робочого органу необхідно визначити оптимальний радіус кривизни r робочої поверхні (рис. 2.2), при цьому $r_B \rightarrow r$.

Прийmemo вихідні дані робочого органу:

$FC = b_k$ – хорда перерізу робочої поверхні при глибині обробітку $H \geq b_k$ (рис.2.2) (приймаємо $b_k = 46\text{мм}$);

$BC = r_B$ - радіус кривизни робочої поверхні (радіус тора 5 (рис. 2.2)) (приймаємо $r_B = b_k$);

$AC = r_A$ - радіус зовнішньої поверхні (радіус малого тора 6 (рис. 2.2)) (приймаємо $r_A = 0,5r_B$);

$KC = r_C$ - радіус робочого органу, $2 r_C = D$ - діаметр робочого органу (рис. 3.1), (рис. 2.2) (приймаємо $D = 660\text{мм}$).

X_M – внутрішній радіус кільця робочого органу (рис. 2.1), (рис. 2.2)

(приймаємо $X_M = 0,5D - b_k$)

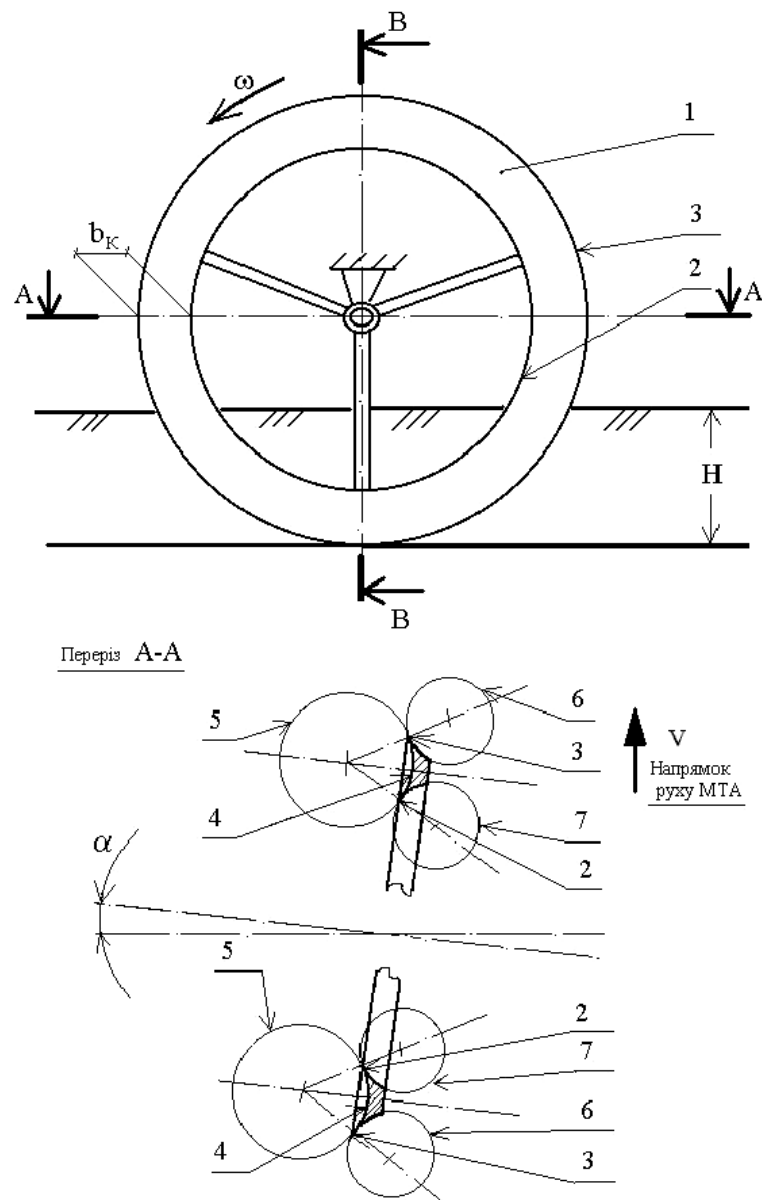


Рис. 2.1. Загальний вигляд ротаційного кільцевого робочого органу.

Розрахунок r виконуємо з припущенням, що координати точок А і В не змінюються. При цьому основний параметр робочого органу, радіус r_c є незмінним. В цьому випадку координата центра кола перерізу тора 5, яка визначає кривизну поверхні робочого органу, буде лежати на прямій, яка проходить через точки А і В (рис. 2.2). Тоді шуканий радіус кривизни робочого органу рівний $r=DC$ (рис. 2.2). При заданих вихідних даних радіус r може бути знайдений з подібності трикутників CDK і CBN (рис. 2.3) як:

$$r = CD = CB \frac{CK}{CN} = r_B \frac{2r_C}{b_k}. \quad (2.2)$$

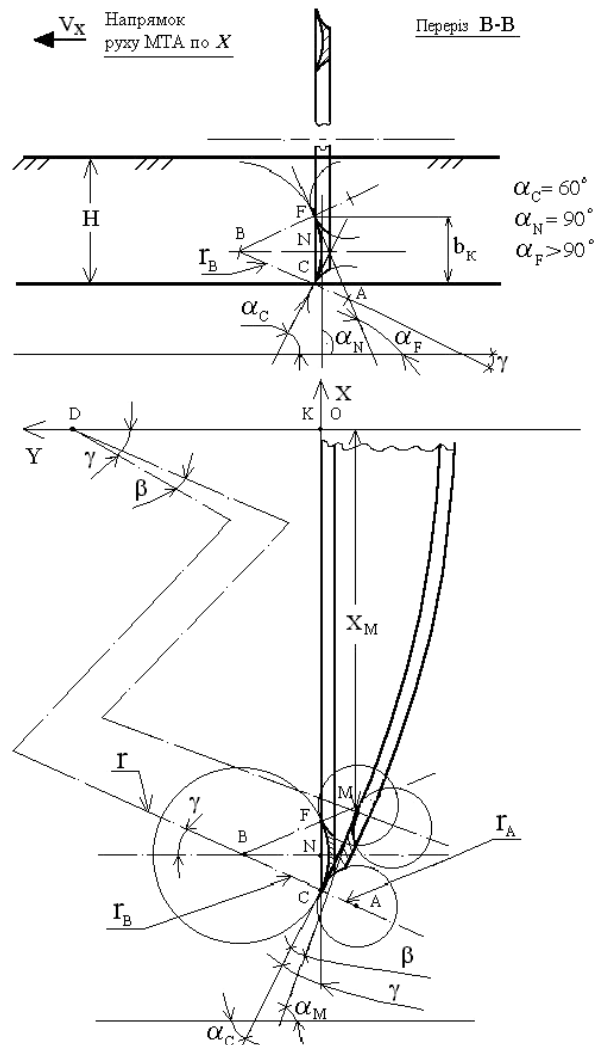


Рис. 2.2. Розрахункова схема радіусу кривизни робочої поверхні пропонуваного кільцевого робочого органу.

Враховуючи, що $2r_c = d$, радіус кривизни буде визначатись як:

$$r = d \frac{r_B}{b_k}. \quad (2.3)$$

Довжину дуги MC можна визначити за допомогою виразу відповідно до [24]:

$$\overset{\cup}{MC} = \beta d \frac{r_B}{b_k}; \quad (2.4)$$

де β - заданий кут (виражений в радіанах) (рис. 3.2) і визначається як:

$$\beta = \alpha_M - \alpha_C; \quad (2.5)$$

де α_M – максимальний кут нахилу дотичної в точці М (рис. 2.2.) до горизонту $\alpha_M = \alpha_K$ і визначається за формулою (2.1);

α_C – кут нахилу дотичної в точці С (рис. 2.2) до горизонту і визначається як:

$$\alpha_C = 90^0 - \gamma, \quad (2.6)$$

де γ - половина центрального кута сектора (рис. 2.2) $\gamma = \angle NBC = \angle KDC$.

Підставивши вирази (2.1) та (2.6) у формулу (2.5) отримуємо:

$$\beta = \gamma - \varphi. \quad (2.7)$$

Позначимо шукану координату центра кола перерізу тора 5 точкою D. Сумістимо з точкою К системи координат додатній напрямок осі абсцис з прямою КС, а осі ординат з прямою КD (рис. 2.2). Рівняння лінії, що описує кривизну робочого органу в даній системі координат буде мати вигляд [24]:

$$x^2 + (y - y_D)^2 = r^2; \quad (2.8)$$

де y_D - ордината точки D.

Розв'язком рівняння (2.8) відносно у, буде:

$$y = y_D - \sqrt{r^2 - x^2}. \quad (2.9)$$

Для визначення радіусу кривизни тора 5 (рис. 2.2) з рівняння (2.9) маємо:

$$y' = \frac{x}{\sqrt{r^2 - x^2}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{r^2}{x^2} - 1}}. \quad (2.10)$$

Тоді абсциса x_M точки М може бути визначена з умови:

$$y'_M = \frac{1}{\sqrt{\frac{r^2}{x_M^2} - 1}} \geq \operatorname{tg}(\gamma - \beta). \quad (2.11)$$

Після відповідних перетворень отримуємо:

$$r \leq \frac{x_M}{\sin(\gamma - \beta)}; \quad (2.12)$$

де, кут γ визначається з виразу:

$$\sin \gamma = \frac{b_k}{2r_B}. \quad (2.13)$$

З врахуванням (2.13) вираз (2.12) матиме вигляд:

$$r \leq \frac{x_M}{\cos \beta \cdot \frac{b_k}{2r_B} - \sin \beta \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{b_k}{2r_B}\right)^2}}. \quad (2.14)$$

Підставивши у формулу (2.14) вирази для визначення x_M , β , r_B та провівши відповідні перетворення остаточно отримуємо рівняння для визначення радіусу кривизни кільцевого робочого органу:

$$r \leq \frac{D/2 - b_k}{0,5 \cdot \cos(30^\circ - \varphi) - 0,86 \cdot \sin(30^\circ - \varphi)}. \quad (2.15)$$

Як походить з формули (2.15), зі збільшенням ширини кільця b_k та коефіцієнта тертя ґрунту радіус кривизни робочого органу r зменшується, при цьому обчислений відповідно до (2.15) радіус кривизни r робочої тороїдальної поверхні (поверхня 5 (рис. 2.1, рис. 2.2)) має не перевищувати 648мм.

Таким чином, виходячи з нормалізованого діаметра пропонованого робочого органу $D = 660$ мм і розрахованим радіусом кривизни $r = 648$ мм тороїдальної поверхні 5 (рис. 2.1, рис. 2.2), для забезпечення ковзання ґрунту по робочій поверхні кільця 1, радіус r поверхні тора 5 відповідає радіусу сфери передньої поверхні робочого органу і становить $r = 640$ мм.

2.2. Дослідження міцності кільцевого робочого органу.

Для забезпечення роботоздатності конструкції ротаційного робочого органу з кільцевою периферією, необхідно накласти обмеження на конструкцію диску за умовами міцності [25]:

$$\sigma_D = \frac{M}{W} \leq [\sigma]; \quad (2.16)$$

де σ_D – діючі напруження в перерізах елементів конструкції диска, МПа;

$[\sigma]$ – допустимі нормальні напруження для матеріалу диска, МПа (матеріал диска сталь 65Г) (табл. 2.1) [26];

M – діючий згинаючий момент в перерізі спиці або кільця, Нм.

W – момент опору розглядуваного перерізу спиці або кільця, м³.

Відповідно до схеми силового навантаження кільцевого ротаційного робочого органу (рис. 2.3) складено розрахункові схеми навантаження елементів його конструкції: спиці та полотна кільця.

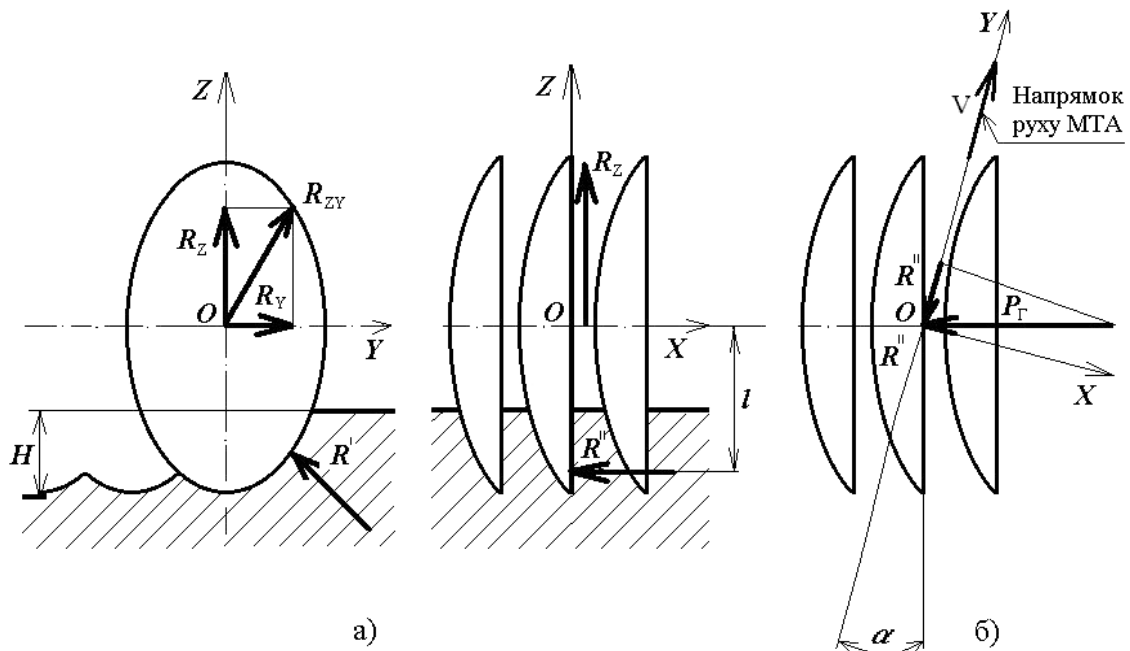


Рис. 2.3. Розрахункова схема сил діючих на кільцевий робочий орган.

а) – у вертикально-поперечній площині. б) – у горизонтальній площині.

Розрахунок конструкції кільцевого ротаційного робочого органу
(табл. 3.1) проведений з урахуванням коефіцієнту динамічності $[n] \geq 3$ [25].

Таблиця 2.1

Дані до визначення конструкційно-технологічних
параметрів кільцевого робочого органу

Назва показника	Позначення	Розмірність	Значення	Розрахункові формули
1	2	3	4	5
Складова сила опору ґрунту	R''	Н	$1,78 \times 10^3$	$R'' = P_{\Gamma} \sin \alpha$,
Кут атаки	α	град.	$12^0 - 24^0$	
Опір ґрунту	P_{Γ}	Н	$4,36 \times 10^3$	$P_{\Gamma} = k \cdot A_{\text{кіл}}$,
Питомий опір ґрунту	k	МПа	0,2	
Площа контакту (сектора) кільця диска з ґрунтом	$A_{\text{кіл}}$	м^2	$2,18 \times 10^{-2}$	$A_{\text{кіл}} = \sin \alpha \frac{\pi \beta}{360^0} \left(\frac{D^2}{4} - \frac{d_k^2}{4} \right)$
Площа вікна (сегмента) поміж спицями	A_1^B	м^2	–	$A_1^B = \frac{d_k^2}{4} \cdot \frac{\pi \beta_C}{360^0}$
Відстань (кут) поміж спицями	β_C	град	Від 36^0 до 360^0	
Зовнішній діаметр диска	D	м	0,66	
Внутрішній діаметр кільця	d_k	м	0,568	
Ширина спиці в (і-тому) перерізі	b_{ci}	м	табл.3.2	$b_{ci} = \frac{W_i \cdot 6}{h_{\Pi}^2}$
Товщина полотна диска	h_{Π}	м	6×10^{-3}	$h_{\Pi} = 0,008D$
Момент опору (і-того) перерізу спиці	W_{ci}	м^3	табл.3.2	$W_{ci} = \frac{M_i \sin \alpha}{[\sigma]}$

продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Згинаючий момент в (і-тому) перерізі спиці	M_i	Нм	табл.3.2	$M_i = R''(l - Y_{ci})$
Ордината (і-того) перерізу спиці	Y_{ci}	м	табл.3.2	–
Довжина спиці	l_c	м	0,23	$l_c = 0.5(D - H + 2b_k)$
Глибина обробітку	H	м	0,05...0,2	
Допустимі напруження	$[\sigma]$	Па	196×10^6	$[\sigma] = \frac{\sigma_{TCT}}{n}$,
Межа текучості матеріалу диска	σ_{TCT}	Па	785×10^6	(Сталь 65Г)
Коефіцієнт динамічності	n	–	3	[102]
Розподілене навантаження	q	Н/м	$3,42 \times 10^3$	$q = \frac{R''}{l_k}$ [102]
Довжина дуги кільця робочої зони	l_k	м	0,52	$l_k = \frac{\pi \cdot D \arcsin \sqrt{\frac{H}{D}}}{90^\circ}$
Момент опору перерізу кільця	W_k	м ³	678×10^{-9}	$W_k = \frac{b_k h_{II}^2}{6 \sin \alpha}$
Ширина кільця	b_k	м	46×10^{-3}	$b_k = 0,5(D - d)$
Згинаючий момент в перерізі кільця	M_k	Нм	$0,12 \times 10^3$	$M_k = \frac{ql_k^2}{8}$
Нормальні напруження в перерізі кільця	σ_k	Па	177×10^6	$\sigma_k = \frac{M_k}{W_k}$
Умова міцності	–	–	–	$[\sigma] \geq \sigma_D$

Теоретичне обґрунтування кількості спиць робочого органу, що

наведено в табл. 2.1, проводилось з урахуванням умови міцності кільця та умови забезпечення максимально можливої площі вікна між спицями. Відповідно до проведених розрахунків отримані залежності (рис. 2.4) міцності кільця та площі вікна поміж спицями від кількості спиць в робочому органі.

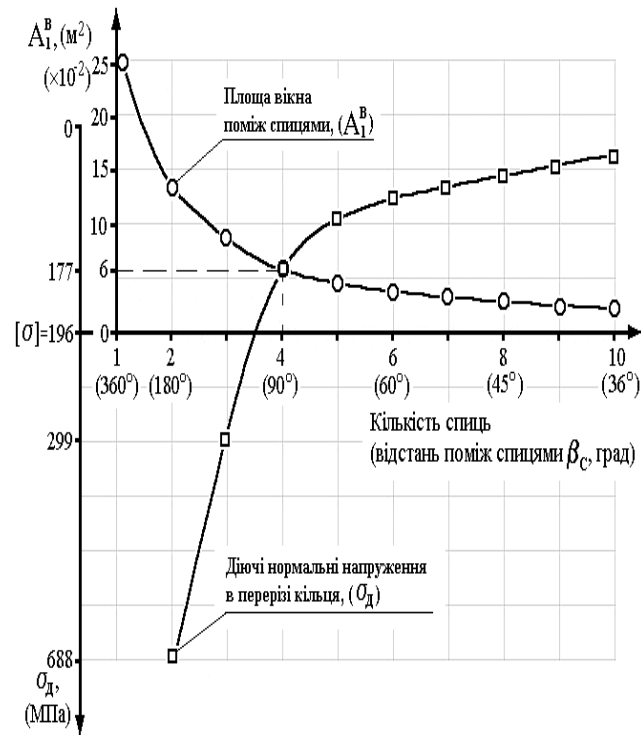
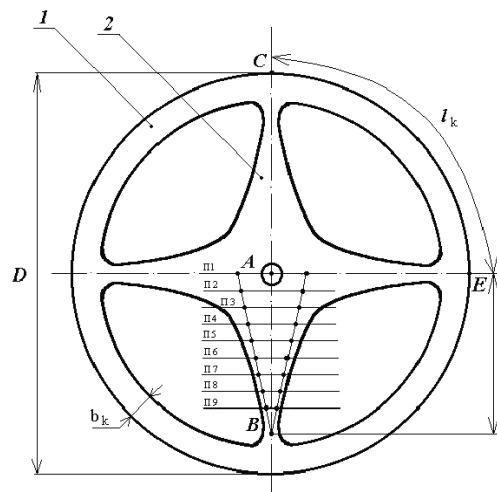


Рис. 2.4. Графік залежності величин нормальних напружень σ_D в перерізі кільця від площі A_1^B вікна поміж спицями.

Аналіз залежностей (рис. 2.4) вказує на те, що мінімальна кількість спиць, яка забезпечує умову міцності кільця становить чотири, при збільшенні кількості спиць до п'яти і більше міцність кільця буде зростати, а площа вікна між спицями буде різко зменшуватись. Тому виходячи з вище зазначеного приймаємо для пропонованого робочого органу чотири спиці (рис. 2.5).

Теоретичний профіль спиці диска наведений на рис. 2.5, а основні розміри, які визначають конструкцію кільця та спиць, відповідно, в табл. 2.1 і табл. 2.2. За теоретично обґрунтованою кількістю та профілем спиць і периферією диска окреслено конструкційний профіль вирізних вікон полотна пропонованого ротаційного робочого органу з урахуванням концентрації напружень в найбільш небезпечних зонах.



1-периферія диска (кільце).
2-спиця диска.
-----Теоретичний профіль спиці.

Рис. 2.5. Схема пропонуваного кільцевого ротаційного робочого органу.

Таблиця 2.2

Основні розрахункові конструкційно-технологічні параметри спиці диска

Номер перерізу спиці (рис. 3.5).	Ордината (і-того) перерізу спиці $(l - Y_{ci})$ (м).	Згинаючий момент в (і-тому) перерізі спиці M_{ci} (Нм).	Момент опору (і-того) перерізу спиці W_{ci} (м ³).	Ширина спиці в (і-тому) перерізі b_{cni} (м).
П1	0,27	$0,481 \cdot 10^3$	$996 \cdot 10^{-9}$	0,166
П2	0,24	$0,427 \cdot 10^3$	$886 \cdot 10^{-9}$	0,148
П3	0,21	$0,373 \cdot 10^3$	$777 \cdot 10^{-9}$	0,129
П4	0,18	$0,321 \cdot 10^3$	$667 \cdot 10^{-9}$	0,111
П5	0,15	$0,267 \cdot 10^3$	$553 \cdot 10^{-9}$	0,092
П6	0,12	$0,213 \cdot 10^3$	$443 \cdot 10^{-9}$	0,074
П7	0,09	$0,161 \cdot 10^3$	$333 \cdot 10^{-9}$	0,056
П8	0,06	$0,107 \cdot 10^3$	$224 \cdot 10^{-9}$	0,038
П9	0,03	$0,053 \cdot 10^3$	$110 \cdot 10^{-9}$	0,018

За результатами аналітичних досліджень процесу роботи і параметрів пропонуваного ротаційного кільцевого робочого органу розроблено його експериментальний зразок, параметри якого наведено в (табл. 2.3) і встановлено:

Таблиця 2.3

Рекомендовані конструкційно-технологічні параметри
пропонованого кільцевого ротаційного робочого органу

Назва параметрів	Позначення, розмірність	Значення
Діаметр робочого органу (зовнішній діаметр кільця)	D , мм.	Відповідно до [15] прийнято 660
Внутрішній діаметр кільця	d , мм.	528
Радіус кривизни робочої поверхні	r , мм.	640
Ширина кільця	b_k , мм.	46
Мінімальна ширина спиці	b , мм.	50
Радіус заокруглення в спряженні спиця→кільце	R , мм.	20
Радіус кривизни профілю спиці	R , мм.	674
Радіус заокруглення в спряженні спиця→спиця	R , мм.	12
Експлуатаційний кут установки робочого органу (кут атаки)	α , град.	$14^0 \dots 20^0$
Кут заточки зовнішньої ріжучої кромки	i , град.	15^0 , [11]
Кут заточки внутрішньої ріжучої кромки	i , град.	15^0 , [27]

Висновок до 2-го розділу.

Значення радіусу кривизни r кільцевого робочого органу для уніфікованого діаметра ($D = 660$ мм) залежить від величини лінійного розміру b_k (ширина кільця) та кута тертя ґрунту φ по робочій поверхні і становить 640мм;

– профіль вирізних вікон полотна пропонованого ротаційного робочого органу має форму еліпса, видовжена менша вісь якого становить 188мм; більша вісь – 344мм, що визначає радіус спряження спиця→кільце $R = 20$ мм;

– мінімальна ширина спиці $b = 50$ мм;

– ширина кільця $b_k = 46$ мм.

РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ ОСНАЩЕНИХ РОТАЦІЙНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

За результатами попередніх аналітичних досліджень розроблено та виготовлено ґрунтообробний кільцевий робочий орган, уніфікований до борін БДН-1,8, БДВ-3, БДВ-7 (рис. 3.1). Ефективність запропонованої розробки, оцінювалась за показниками якості обробітку ґрунту.

Результати порівняльних польових випробувань представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати порівняльних випробувань ротаційного знаряддя БДН-1,8

Показники якості обробітку ґрунту	Варіант - агрофон	Варіант - базовий	Варіант - запропонований	
			схема 1	схема 2
Значення коефіцієнта структурності	0,94	1,48	1,70	1,57
Площа поверхні поля з повною заробкою рослинних решток, %	-	72	82	75
Величина опору зминання ґрунту (твердість), кН/м ²	87,4	59,0	49,8	55,7
Абсолютна вологість ґрунту, %	22,0	17,3	18,4	17,9
Щільність ґрунту, г/см ³	1,90	1,28	1,20	1,23
Мікрорельєф поверхні поля, см	-	0...5,3	0...5,6	0...5,2

З таблиці видно, що кількість агрегатів ґрунту які не відповідають агро вимогам з точки зору ерозійної стійкості, зменшилось десь в межах 25%, в залежності від варіанту застосування дисків.

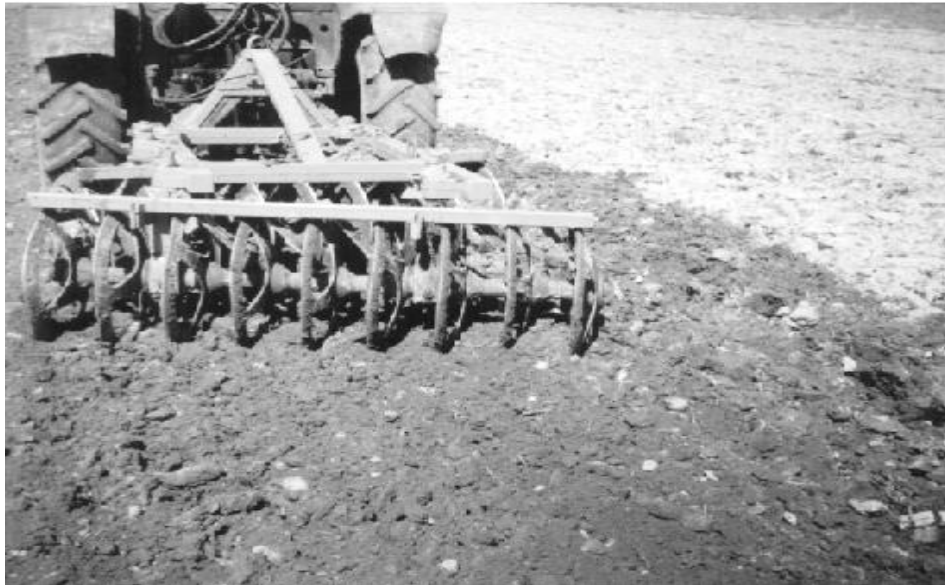


Рис. 3.1. Характер обробітку ґрунтообробним агрегатом у складі МТЗ–82+БДН-1,8РЛ-1 (два ряди пропонованих робочих органів).

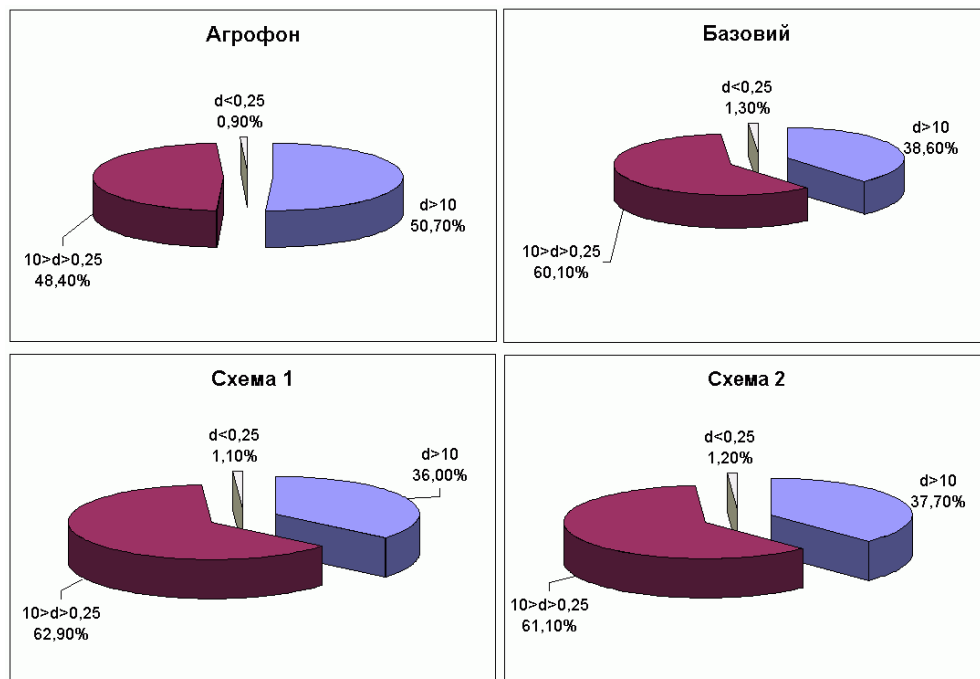


Рис. 3.2. Розподіл ґрунтових агрегатів за гранулометричним складом у шарі ґрунту 0...20 см.

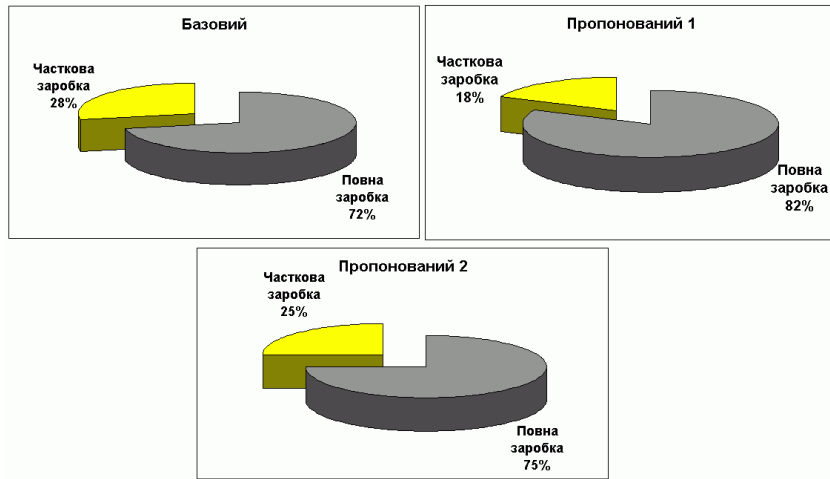


Рис. 3.3. Показник заробки рослинних решток.

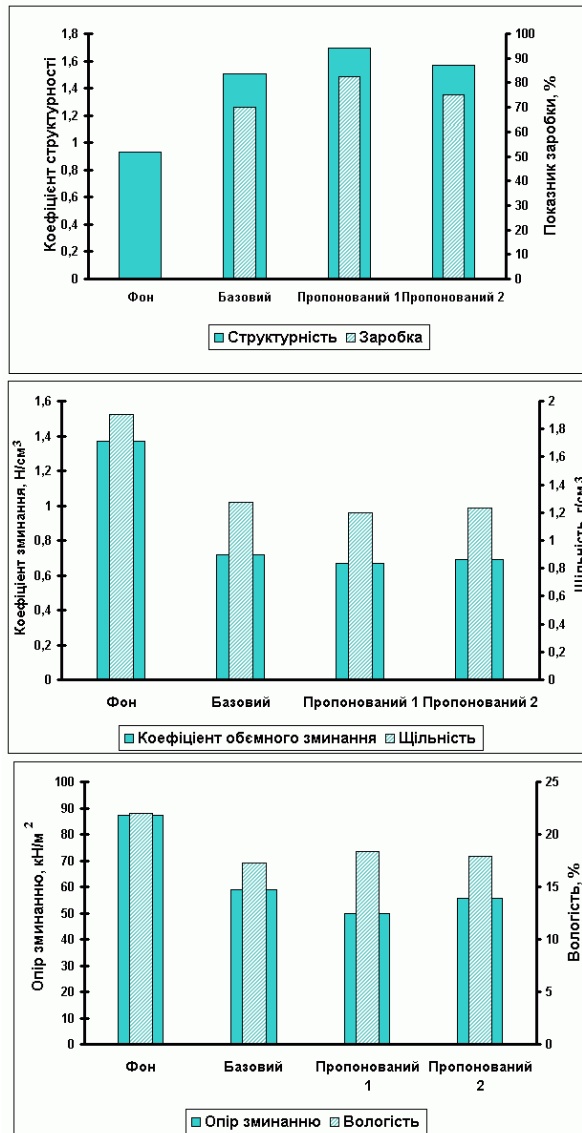


Рис. 3.4. Показники якості обробітку ґрунту (коефіцієнт структурності, вологість, щільність, твердість, коефіцієнт об'ємного змінання, показник заробки).

Поверхня поля оброблена в 2 сліди (попередник – просапні), пропонованими ротаційними ґрунтообробними органами відповідає вимогам до сівби сільськогосподарських зернових культур без виконання додаткових технологічних переходів.

Таким чином, проведені порівняльні лабораторно-польові дослідження, підтвердили правильність обраної теми магістерської роботи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Проаналізовано сучасний стан питання обробітку ґрунту сільськогосподарськими знаряддями, які обладнані робочими органами відповідного типу.

Дослідження конструкційних особливостей ґрунтообробних машин, які обладнані робочими органами ротаційного типу, за результатами узагальненої порівняльної оцінки ротаційних робочих органів можна зробити висновки:

- робочі органи кільцевого типу є найбільш перспективними з точки зору якості обробітку ґрунту. Однак, проаналізовані типи конструкцій кільцевих робочих органів ротаційних ґрунтообробних знарядь, з огляду на особливості їх робочих процесів, не в змозі забезпечити повною мірою виконання технологічних процесів через недостатню обґрунтованість технологічних параметрів кільцевого робочого органу;

- необхідне удосконалення конструкції ротаційного кільцевого робочого органу, яка б запобігала руйнуванню конструкції даного робочого органу.

Значення радіусу кривизни r удосконаленого кільцевого робочого органу для уніфікованого діаметра ($D=660\text{мм}$) залежить від величини лінійного розміру b_k (ширина кільця) та кута тертя ґрунту φ по робочій поверхні і становить 640мм ;

- профіль вирізних вікон полотна пропонованого ротаційного робочого органу має форму еліпса, видовжена менша вісь якого становить 188мм ; більша вісь – 344мм , що визначає радіус спряження спиця→кільце $R=20\text{мм}$;

- мінімальна ширина спиці $b=50\text{мм}$;

- ширина кільця $b_k=46\text{мм}$.

В сучасних умовах ведення аграрного виробництва, коли антропогенне навантаження на ґрунти сільськогосподарського призначення досить суттєве, запропоновані технологічні прийоми обробітку ґрунтів, є досить актуальними та мають суттєву перспективу застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агроэкология / Под ред. В.А. Черникова. – М.:Колос, 2010. – 536с.
2. Білявський Ю.А. Агроєологічна ефективність добрив та способів основного обробітку сірих опідзолених ґрунтів в умовах Полісся. Автореф. дис. канд. наук – К.: 2002.
3. Булгаков В.М., Шелудченко Б.А. Самоорганізація ґрунтових структур. – Київ: Видавництво НАУ, 1998. – 58с.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416с.
5. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Наукова монографія /Національний аграрний університет. Під редакцією Н.К. Шихули. Київ, ПФ «Оранта», 1998 – 680с.
6. Гуков Я.С Обробіток ґрунту: технологія і техніка. – К.: Нора-принт, 2011. – 279с.
7. Дубровін В.О., Гуков Я.С., Єсепчук М.І. Напрямки розвитку механізації рослинництва // Вісник аграрної науки. – 2010. - №1. – С.58-62.
8. Енергетична оцінка агроєкосистем: навчальний посібник / О.Ф. Смаглій, А.С. Малиновський, А.Т. Кардашов, І.В. Шудренко, М.Ф. Рибак; За ред. О.Ф. Смаглія . Ж.:ДАУ, 2002. – 160с.
9. Мазитов Н.К. Машины почвоводоохранного земледелия. – М.: Россельхозиздат, 2007. – 96с.
10. ОСТ 23.2.147-85. Детали сельскохозяйственных машин. Диски. Общие технические условия. – М.: 1985.
11. Забродський П.М. Обґрунтування процесу роботи і параметрів дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь: Дис. канд. техн. наук: 05.20.01. – Житомир, 1997. – 199с.
12. Шелудченко Б.А., Забродський П.М. Використання критеріальних методів в проектуванні агротехнічних ґрунтообробних систем. – Житомир, 1993. – 45с.

13. Шубенко В.О. Обґрунтування процесу роботи та параметрів кільцевого робочого органу дискової борони: Дис. канд. техн. наук:05.05.11. – Житомир, 2002. – 168с.
14. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теорий рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.И. Кленин, В.А. Саун. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 671с.
15. Числові імітаційні моделі в агротехнологічній механіці ґрунтів. За ред. Б.А. Шелудченка. – Житомир: ПМАН, 1996. – 89с.
16. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – Совместное издание. М., Лейпциг: Наука, Тойбнер, 1981. – 720с.
17. Листопад Г.Е., Демидов Г.К., Зонов Б.Д., и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. / Под общ. ред. Листопада Г.Е. -М.: Агропромиздат, 1986. – 688с.
18. Булгаков В.М., Шубенко В.О., Фомін М.П., Шелудченко Б.А., Загородній Ю.В., Обґрунтування повноти обробітку ґрунту кільцевим ротаційним робочим органом // Збірник наукових праць Національного аграрного університету «Механізація сільськогосподарського виробництва». Том VII. – Київ: НАУ, 2000. – С.184-186.
19. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів / за ред. Г.С. Писаренка. – К.: Вища шк., 2003. – 655с.
20. Скороходов Е.А., Законников В.П., Пакнис А.Б. и др. Общетехнический справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 469с.
21. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328с.
22. Надійність роботи ґрунтообробного знаряддя з «кільцевими» ротаційними робочими органами за наявності у них технологічних тріщин /Б.А. Шелудченко, В.О. Шубенко, С.М. Кухарець та ін. // Вісник Державної агроекологічної академії України. – Ж.:ДААУ,1999. – №1-2. – С.124-129.

23. Діденко М.К. Експлуатація машинно-тракторного парку. – К.: Вища школа, 1983. – 441с.
24. ГОСТ 23728-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Изд-во стандартов. 1979. – 24 с.
25. ГОСТ 24055-88 – ГОСТ24059-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Изд-во стандартов. 1980. – 45с.
26. Удовенко Е.Я., Вовк В.Е. и др. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: ВНИИПИ, 1983. – 149с.
27. Ільченко В.Ю. та інші. Машиновикористання в землеробстві. – К.: Урожай, 1991. – 382с.
28. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. – К.: Урожай, 2001. – 472с.