

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., доцент

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

**“Удосконалення конструкції плуга ПЛН-5-35 з дослідженням
конструкційних параметрів та функціонування дискового ножа”**

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи ГМ-22М-1.2

ОНП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____ Костогризов Ярослав Ігорович

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту

доцент, канд. техн. наук

_____ Віктор ДЕЙКУН

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент

_____ Володимир ДУДІН

м. Кропивницький

ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

| Розділ | Найменування структурних одиниць і розділів | Арк. |
|--------|---|------|
| 1 | Вступ | 5 |
| 2 | Інженерна частина | 7 |
| | 2.1. Сучасний стан питання про машину, яка модернізується. . | 7 |
| | 2.2. Технологічні розрахунки | 12 |
| | 2.3. Кінематичний і силовий аналіз начіпки плуга. | 13 |
| | 2.4. Силовий аналіз | 23 |
| | 2.5 Розрахунок деталей на міцність. | 24 |
| | 2.6. Висновки. Постановка мети і задач досліджень. | 28 |
| 3 | Наукова частина. | 31 |
| | 3.1. Аналітичні дослідження відомих дискових ножів плуга . . . | 31 |
| | 3.2 Проведення досліджень моментів обертання дискових ножів з різним периметром. | 31 |
| | 3.3. Наукові висновки. | 37 |
| 4 | Охорона праці | 39 |
| 5 | Економічна частина | 44 |
| 6 | Висновок | 47 |
| | Список використаної літератури | 47 |
| | Додатки | 49 |

1. ВСТУП

Отримання високих і стабільних врожаїв є першочерговим завданням сільськогосподарського виробництва. Загальна світова тенденція у виробництві продуктів харчування показує, що приріст продовольчих ресурсів досягається за рахунок інтенсифікації землеробства та підвищення родючості ґрунтів.

Обробіток ґрунту – критичний компонент сільськогосподарського виробництва, спрямований на створення сприятливих умов для росту і розвитку культурних рослин. Основними завданнями обробітку є регулювання водного, повітряного, теплового й поживного режимів ґрунту, знищення бур'янів, шкідників та збудників хвороб, загортання післяжнивних решток і добрив, захист ґрунту від ерозії, забезпечення умов для загортання насіння на оптимальну глибину та догляд за посівами. Оранка відіграє ключову роль у досягненні цих завдань, покращуючи структуру ґрунту і забезпечуючи його родючість.

Агротехнічні заходи спрямовані на створення умов для збереження і підвищення продуктивності ґрунту як важливого компонента екосистеми «ґрунт-рослина-повітря». Механічна обробка ґрунту є основним засобом досягнення високої якості виконання агротехнічних операцій, що забезпечує максимальний ефект у вигляді врожайності. Інтеграція нових технологій і сучасної техніки дозволяє ефективно управляти ґрунтовими ресурсами, сприяючи сталому сільськогосподарському виробництву.

Впровадження нових технологій обробітку ґрунту з використанням високопродуктивної універсальної ґрунтообробної техніки є ефективним способом підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Ці технології забезпечують оптимальні умови для росту рослин, зменшують витрати на обробіток та догляд за полями і сприяють екологічній стійкості сільськогосподарських систем.

Тому завдання магістерської роботи, спрямоване на удосконалення дискового ножа плуга ПЛН-5-35, наразі є актуальним.

2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

2.1. Сучасний стан питання про машину, яка модернізується.

Огляд плугів загального призначення наведено в дод. А.

Основні складові частини плугів загального призначення

Рама плуга – основна несуча частина плуга, до якої кріпляться всі інші компоненти. Вона забезпечує жорсткість і стійкість конструкції під час роботи.

Корпус плуга – складається з кількох елементів:

- **леміш**: розрізає ґрунт у горизонтальній площині та піднімає його.
- **відвал**: обертає піднятий лемешем шар ґрунту, розсипаючи його і забезпечуючи загортання рослинних решток.
- **полиця**: передня частина корпусу, яка забезпечує початок розрізання ґрунту.
- **польова дошка**: підтримує корпус плуга в робочому положенні і зменшує бічне зміщення.

Підшва – нижня частина корпусу плуга, яка ковзає по дну борозни.

Колесо плуга виконує дві основні функції: підтримує раму плуга в горизонтальному положенні під час роботи та забезпечує точне налаштування глибини оранки.

Передплужник – додатковий робочий орган, встановлений перед основним корпусом плуга. Він підрізає верхній шар ґрунту і частково піднімає його, забезпечуючи кращу загортання рослинних решток.

Дисковий ніж – розрізає ґрунт у вертикальній площині перед основним корпусом плуга, полегшуючи роботу лемеша та відвалу, зменшуючи тяговий опір і покращуючи якість оранки.

Регулювальні механізми – забезпечують точне налаштування плуга під час роботи: *регулювання глибини оранки*: за допомогою колеса або гвинтових механізмів; *регулювання кута атаки лемешів*: для оптимального розрізання ґрунту; *регулювання ширини захвату*: для налаштування ширини борозни.

Зчіпка – пристрій для приєднання плуга до трактора або іншого тягового

засобу. Може бути одноточковою або триточковою.

Стояки – вертикальні елементи, що з'єднують корпуси плуга з рамою, забезпечуючи їх жорсткість і правильне положення під час роботи.

Опорні колеса (на великих плугах) – допомагають зберігати стабільність плуга на великих полях та при роботі з важкими ґрунтами.

Запобіжні пристрої – захищають плуг від пошкоджень при наїзді на перешкоди: *пружинні механізми*: дозволяють корпусу відхилитися при наїзді на камені або інші тверді предмети; *зрізні болти*: ламаються при надмірному навантаженні, захищаючи основні частини плуга.

Плуги загального призначення складаються з кількох основних компонентів, кожен з яких виконує важливу функцію для забезпечення ефективного і якісного обробітку ґрунту. Правильне налаштування і використання кожного з цих компонентів дозволяє досягти оптимальних результатів при обробці різних типів ґрунту.

Один і з них – дисковий ніж і прийнято до розробки у магістерській роботі.

Ножі плугів відіграють ключову роль у процесі обробітку ґрунту, забезпечуючи розрізання ґрунту у вертикальній площині по лінії відділення оброблюваного ґрунту від масиву. Це сприяє кращому перевертанню шару ґрунту, засипання рослинних решток, забезпеченню стійкості ходу плугів і рівномірності глибини оранки.

Існують ножі: дискові, череслові, плоскі з опорною лижею (рис. 2.1).

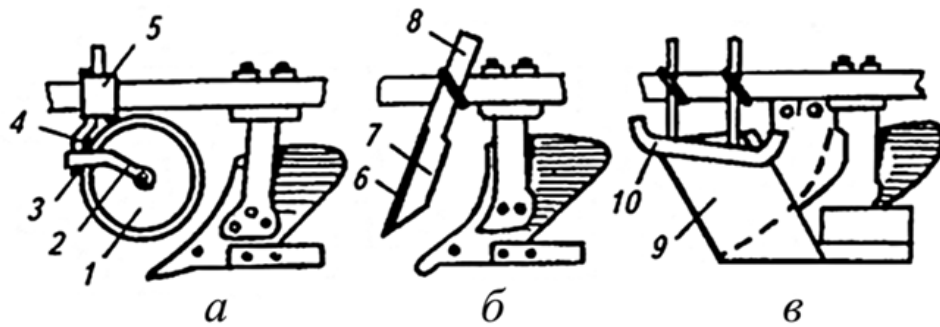


Рис. 2.1. Типи ножів. 1 – диск; 2 – вилка; 3 – корончата шайба; 4 – колінчата вісь; 5 – шарнір; 6 – лезо; 7 – черенковий ніж; 8 – стояк; 9 – полозковий ніж; 10 – опорна лижа.

Дисковий ніж представлено на рис. 2.2.

Диск ножа обертається за допомогою двох кулькових підшипників, які розміщені в ступиці. Диск до ступиці кріпиться за допомогою заклепок. Щоб зменшити осьовий зазор при зношенні тертьових торців на вісь між ступицею та вилкою встановлюються регулювальні кільця.

Вилка закріплена на нижньому кінці стійки корончатою гайкою. Кут повороту вилки в ту й іншу сторони становить 20°

Стойка в нижній частині зігнута у формі коліна, що дозволить регулювати просвіт між поверхнею диска і польовим обрізом корпусу плуга чи передплужника.

Положення ножа в горизонтальній площині регулюється повертанням стійки, попередньо послабивши гайки скоби і державки, через які стійка кріпиться на рамі плуга. Підйом або опускання ножа у вертикальній площині можна здійснити переміщуючи стійку вгору або вниз при послаблених гайках стійки. Диск ножа подвійно заточений на $40..45^\circ$. Товщина диска на пряму залежить від його діаметра. Глибина встановлення дискового ножа має величину меншу глибини орання.

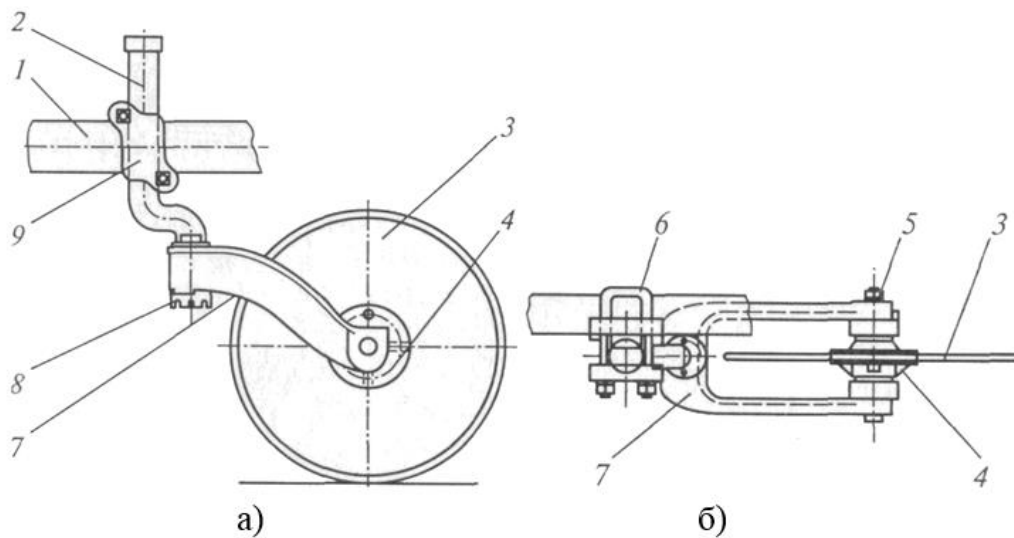


Рис. 2.2. Дисківий ніж: а) – вид з боку; б) – вид зверху; 1 – рама плуга; 2 – стійка; 3 – диск; 4 – ступиця; 5 – вісь; 6 – скоба; 7 – вилка; 8 – корончата гайка; 9 – державка

Під час роботи ніж самовизначається в тій площині, яка співпадатиме з напрямком пересування агрегату. Диск до рами кріпиться через хомут та накладку (рис. 2.3). Має можливість переміщення вгору, вперед і назад та змінювати положення площини обертання диска до польового обрізу корпусу плуга.

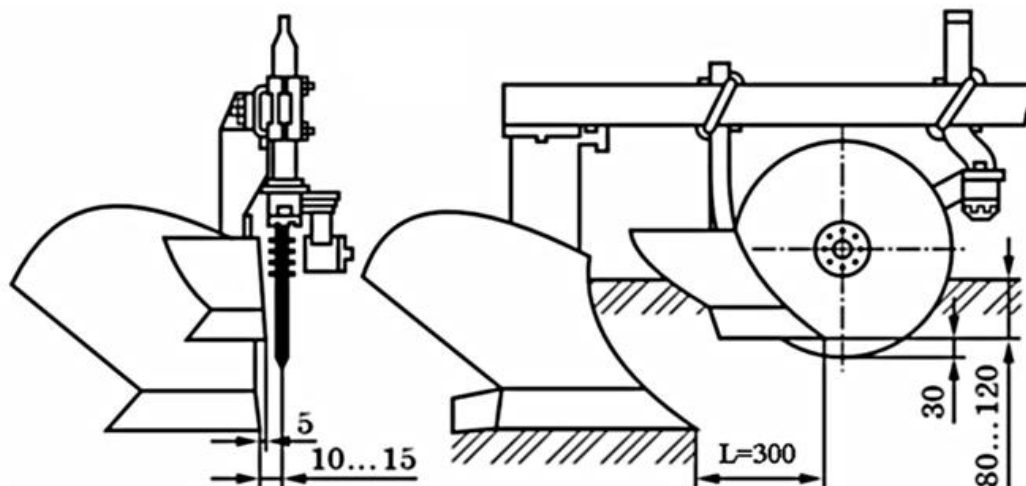


Рис. 2.3. Взаємне розташування робочих органів на рамі плуга.

Дискові ножі використовують на плугах загального призначення, щоб мати можливість зорати ґрунти без каміння та решток коріння дерев.

Щоб забезпечити рівну стінку і чисте дно борозни, дисковий ніж встановлюють, зазвичай, перед останнім корпусом плуга.

Модернізація дискового ножа плуга

Нами запропоновано замінити стандартний серійний дисковий ніж з гладким периметром, що встановлюється на базових моделях, на диск з вирізним периметром, в якого кромки ріжучої частини мають дугоподібну форму. Це дозволить краще розрізати рослинні рештки на поверхні поля завдяки дугоподібним лезам з більш гострим кутом атаки лез. Ця модернізація дозволить зменшити опір диска на розрізання шару ґрунту, що призведе до зменшення забивання робочих органів рослинними рештками та в цілому зменшити час на обслуговування агрегату в роботі.

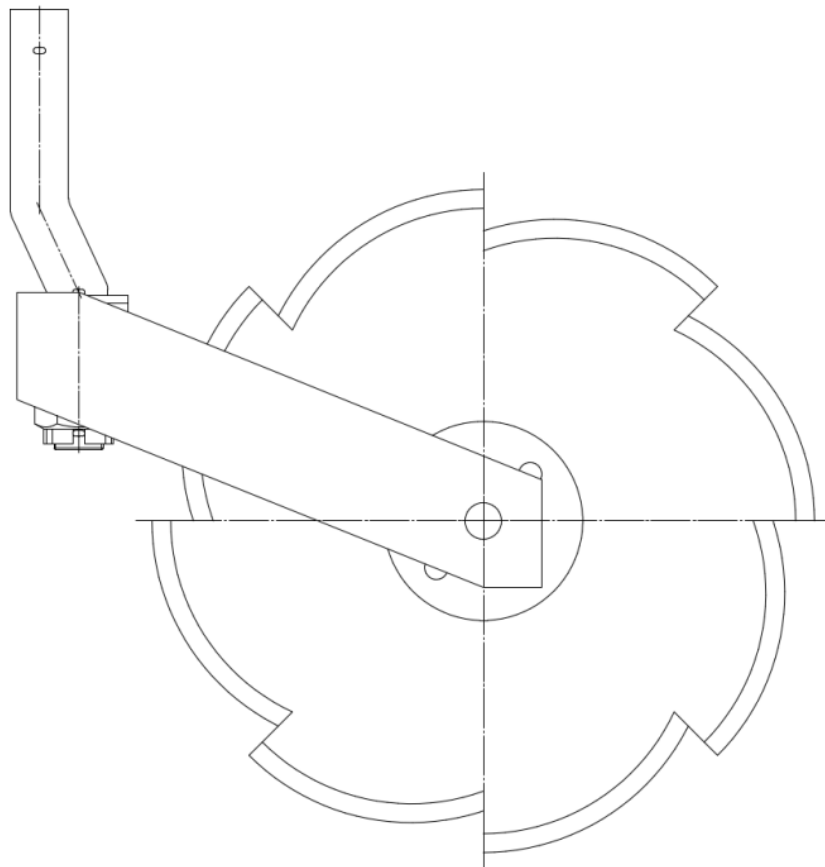


Рис. 2.4. Дисковий ніж модернізований

2.2. Технологічні розрахунки

Визначення ширини захвату плуга

$$B = \frac{\eta P_T}{ak}, \quad (2.1)$$

тут: η – коефіцієнт, який визначає використання тягового зусилля енергетичного засобу;

P_T – тягове напруження енергетичного засобу;

a – глибина обробки;

k – питомий опір ґрунту.

$$B = \frac{0,9 \cdot 2890}{24 \cdot 50} = 1,735 \text{ м.}$$

Обираємо $B=1,75$ м.

Маса плуга визначається за питомої металоємкості на 1 м ширини захвата знаряддя

$$G_{\text{п}} = q_{\text{п}} B, \quad (2.2)$$

тут: $q_{\text{п}}$ – питома металоємність, кг/м.

$$G_{\text{п}} = 406 \cdot 1,75 = 710,5 \text{ кг.}$$

Ширину захвату леміша корпусу плуга можемо збільшити на величину перекриття Δb для забезпечення найбільшого підрізання шару ґрунту, кореневої системи рослин і для попередження виникнення огріхів при оранні (рис. 2.4).

Приймаємо $\Delta b=25$ см для плуга ПЛН-5-35 з конструктивних міркувань.

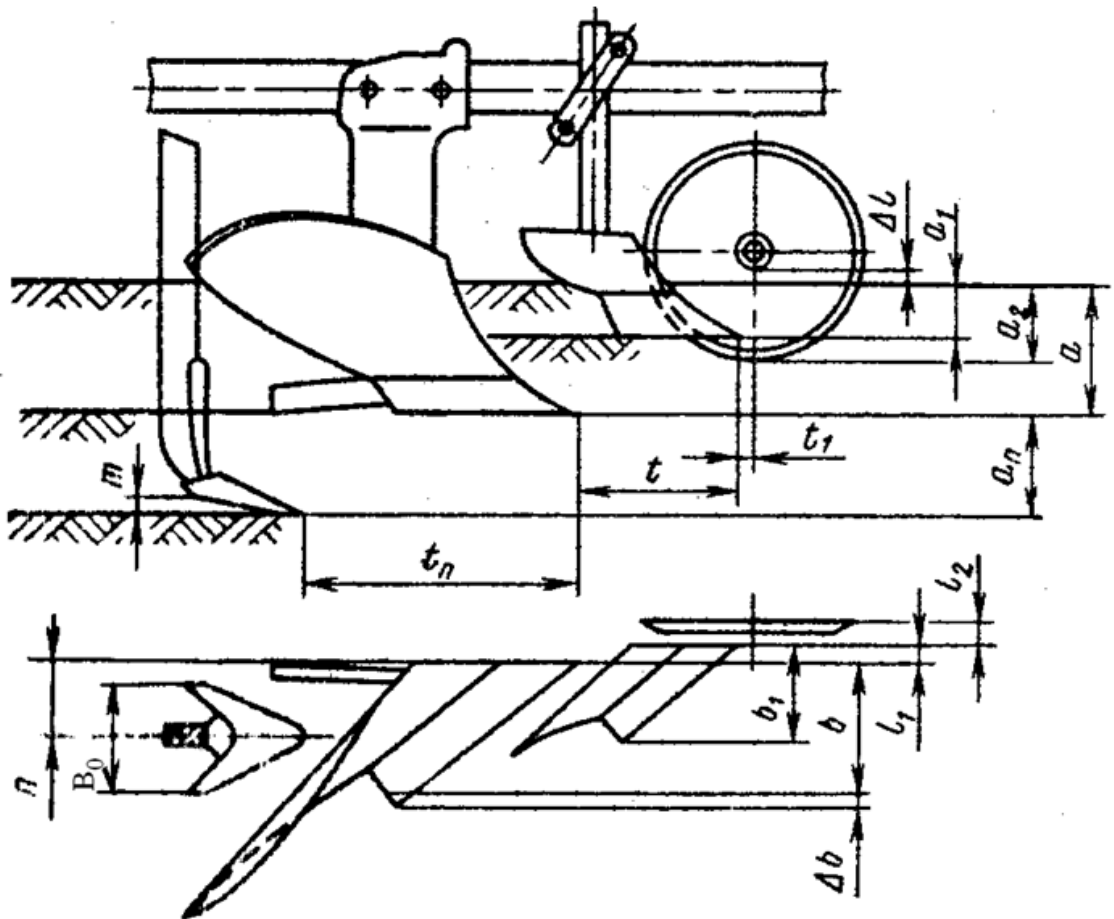


Рис. 2.4. Схема розстановки робочих органів

Ширина захоплення передплужника:

$$b_1 = \frac{2b}{3}, \quad (2.3)$$

$$b_1 = \frac{2 \cdot 35}{3} = 23 \text{ см},$$

При глибині $a_1=10$ см.

Для забезпечення роздільного руху шарів ґрунту з робочих поверхні корпусу та поверхні передплужника і виключити можливість забивання передплужник на рамі встановимо так, щоб відстань від носка його до носка основного корпусу склала 250 мм.

Приблизну розстановку корпусів на рамі плуга проводимо відносно

наступних міркувань (рис. 2.5).

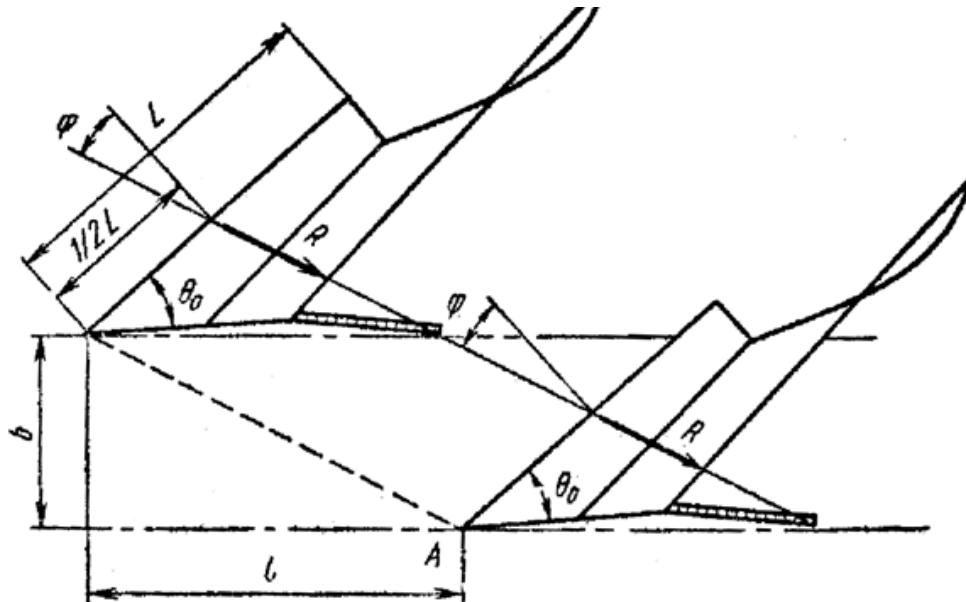


Рис. 2.5. Схема розстановки корпусів у повздовжньому напрямку

Прийmemo умовно силу опору R різанню ґрунту таку, що виникне тоді, коли корпус рухається, і вона буде прикладена на середину довжини леза леміша і буде направлена до площини під кутом тертя, який перпендикулярний лезу ножа.

Сила опору передається на стінку борозни там, де розміщена п'ятка польової дошки заднього корпусу плуга.

При проведенні прямої R через носок переднього леміша, то в точці A перетинання із наступною стінкою борозни, на ній розміститься носок наступного корпусу на відстані $\sqrt{b^2 + l^2}$, і т.д.

Розстановка корпусів плуга у повздовжньому напрямку:

$$l = b \cdot \operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi), \quad (2.4)$$

тут: θ_0 – кут нахилу леміша до стіни борозни;

φ – кут тертя ґрунту об метал.

$$l = 35 \cdot \operatorname{tg}(38 + 25) = 750 \text{ мм.}$$

Відстань розташування рами плуга над базовою площиною корпусів визначимо за умови вільного піднімання, обертання і проходження шару під рамою плуга при виконанні першої борозни.

Глибина борозни може визначатися як:

$$H=v+2a/3. \quad (2.5)$$

$$H=35+\frac{2 \cdot 24}{3} = 51 \text{ см.}$$

За ДСТУ 2416-94 приймаємо для плугів загального призначення при ширині захвату корпусу 35 см значення H рівним 54 см, а дорожний просвіт – $h=30\dots40$ см

Розташовуємо опорне колесо плуга ПЛН-5-35, врахувавши оптимальне навантаження, яке передається від плуга на енергетичний засіб і рівновагу ходу плуга за глибиною на відстані яка дорівнює $1/3$ відстані між носками лемішів переднього і заднього корпусів плуга.

2.3. Кінематичний і силовий аналіз начіпки плуга.

Вимоги до начіпки плуга на трактор

Начіпка повинна бути достатньо міцною, щоб витримувати навантаження під час роботи плуга, включаючи удари та вібрації.

Система повинна забезпечувати можливість точного регулювання глибини оранки для досягнення бажаних агротехнічних показників.

Начіпка повинна забезпечувати стійке положення плуга під час роботи, не допускаючи бокових зсувів або нахилів.

Начіпка повинна бути універсальною і підходити до різних моделей тракторів, зокрема забезпечувати триточкове з'єднання для стандартних тракторів.

Процес приєднання та від'єднання плуга повинен бути простим і швидким, не вимагаючи значних зусиль або спеціальних інструментів.

З'єднання повинні бути щільними, щоб уникати люфтів, які можуть призвести до зниження якості оранки та підвищення зносу обладнання.

Начіпка повинна забезпечувати можливість регулювання кута атаки плуга, ширини захвату та горизонтального положення для адаптації до різних умов роботи.

Конструкція начіпки повинна враховувати безпеку оператора, включаючи захист від випадкового роз'єднання або пошкодження під час роботи.

Начіпка повинна бути зручною для технічного обслуговування, включаючи змащування та заміну зношених деталей.

Якщо плуг має гідравлічне регулювання, начіпка повинна бути сумісною з гідравлічною системою трактора, забезпечуючи ефективне підключення і управління.

Начіпка повинна бути обладнана запобіжними механізмами, такими як зрізні болти або пружинні механізми, щоб захистити плуг та трактор від пошкоджень при наїзді на перешкоди.

Управління начіпкою повинно бути зручним і доступним з місця оператора трактора, забезпечуючи легкий контроль над усіма регульовальними механізмами.

Начіпка повинна бути розроблена з урахуванням роботи в різних польових умовах, включаючи роботу на схилах, вологих або сухих ґрунтах.

Використання антикорозійних матеріалів та покриттів для забезпечення довговічності та надійності начіпки у важких польових умовах.

Дотримання цих вимог дозволяє забезпечити ефективну, безпечну і надійну роботу плуга, покращуючи якість оранки та підвищуючи продуктивність сільськогосподарських робіт.

Відповідно до вищенаведеного вирішуємо дві задачі:

Граничний кут ψ (кут, утворений рівнодійною R_{zx} сил повздовжньої R_x і вертикальної R_z з віссю Ox на корпусові) визначимо, провівши кінематичний аналіз схеми начіпки плуга на трактор.

Емпіричний пошук дозволить знайти імовірну зміну розташування ланок начіпки, тобто таке положення миттєвого центру оберте плуга, коли забезпечуватиметься виконання вимог до начіпки, але при найменших значеннях кута ψ . Межі зміни кута $\psi - \pm 12^\circ$ (рис. 2.6, 2.7).

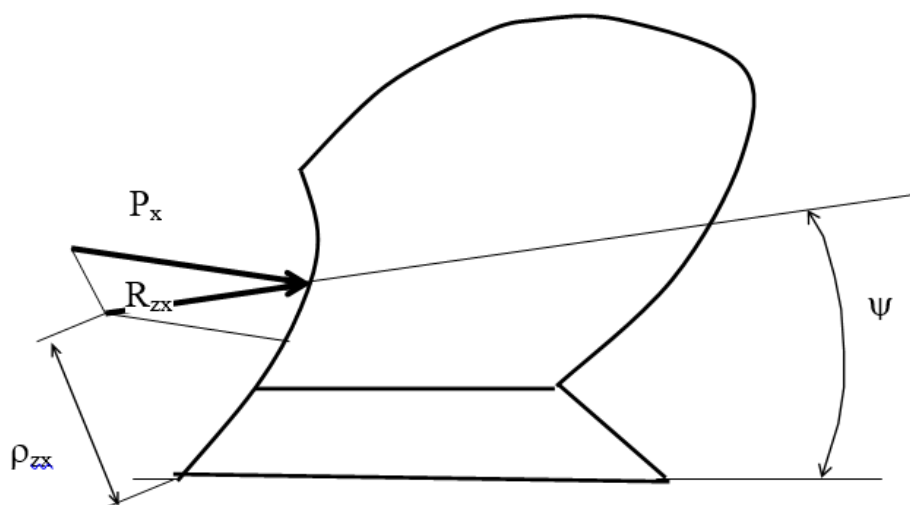


Рис. 2.6. Схема сил, діючих на корпус у вертикально-повздовжній площині при затуплених лемішах.

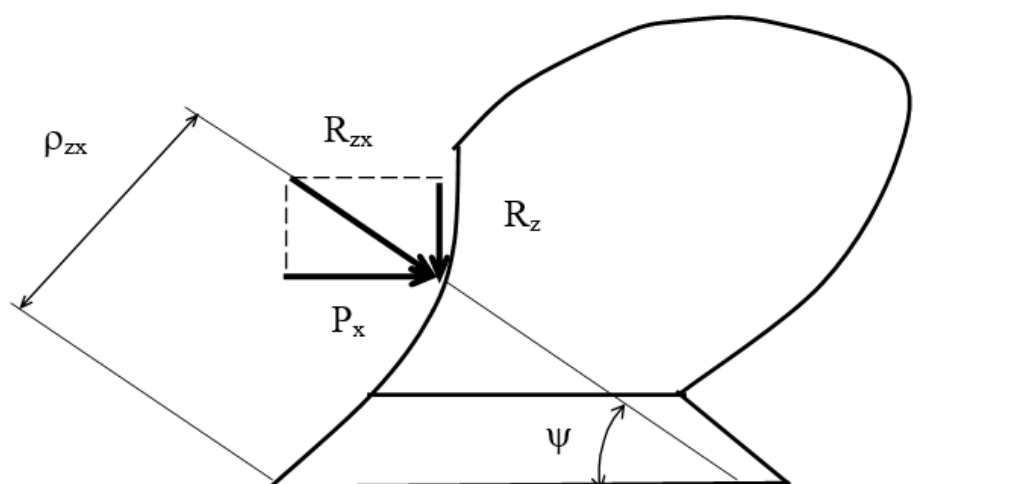
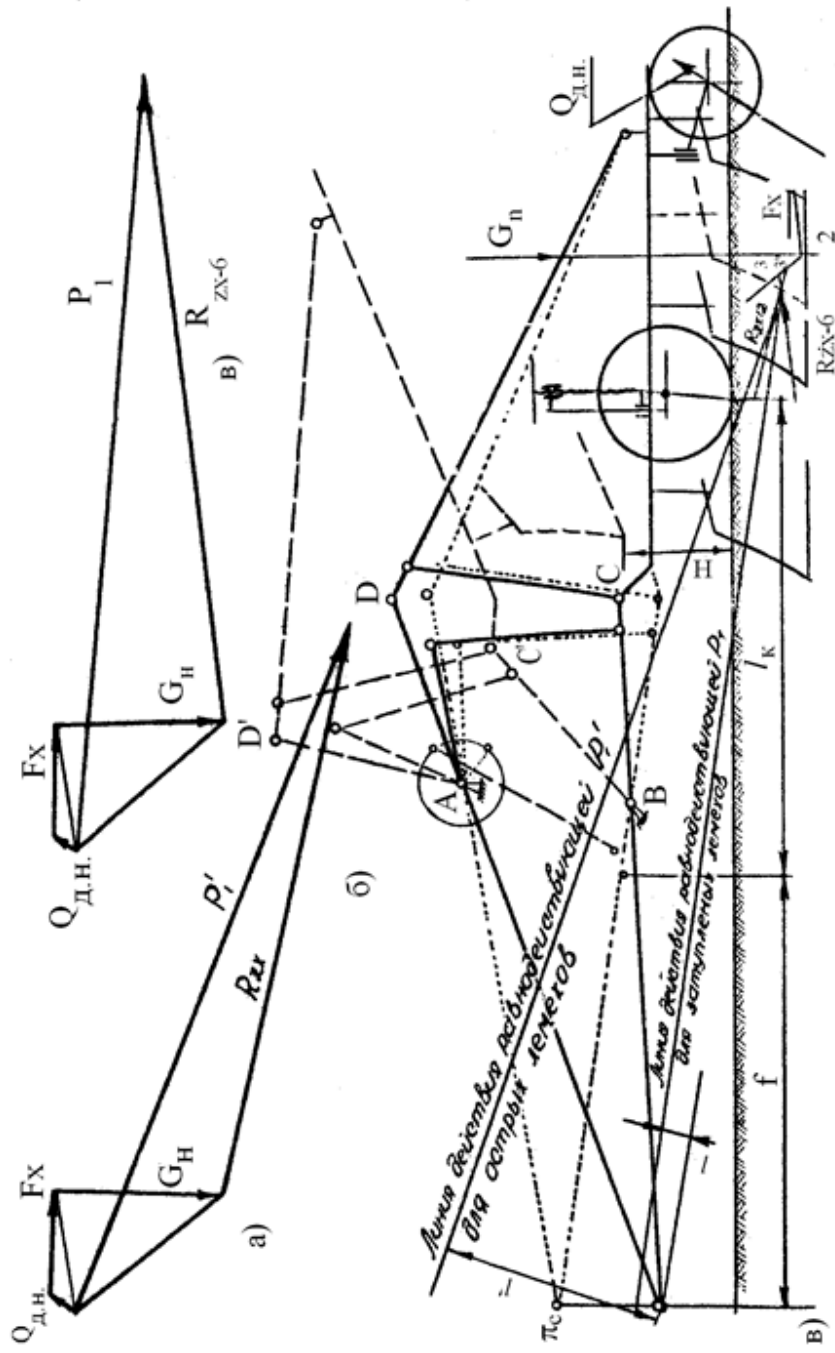


Рис. 2.7. Схема сил, діючих на корпус із гострими лемішами.

У вертикально-повздовжній площині на плуг у його робочому стані діють такі сили (рис.2.8) – вага плуга G_n , прикладена до середнього корпусу плуга R_{xz} , та сила тертя польових дошок об стінку борозни F_x .



- положення ланок плуга-аналога
- транспортне положення плуга
- нове положення ланок націпки

Рис. 2.9. Кінематична схема націпки плуга на трактор:

а – многокутник сил у випадку гострих лемішів;
 б – те ж, але у випадку затуплених лемішів;
 в – кінематична схема націпки плуга на трактор.

Після визначення граничного кута ψ маємо можливість змінити положення автоначіпки.

Визначаємо нове положення автоначіпки.

Розрахуємо кут нового положення миттєвого центра оберту π такий, щоб кут ψ , утворений силою R_{zx} з оссю Ox , буде набагато меншим за кут плуга-аналога.

Положення π задаємо двома координатами L і f (рис. 2.7, 2.8).

Сила опору плуга, приведена до середини корпусу

$$R_{zx} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} \quad (2.6)$$

тут $R_x = a\eta bkn$ – повздовжній складник;

η – коефіцієнт корисної дії плуга;

a і b – розміри перерізу пласта ґрунту;

k – питомий опір ґрунту;

n – число корпусів плуга.

Маємо переконатися, що

$$R_x = (0,85 \dots 0,9) P_{тр}, \quad (2.7)$$

тут $P_{тр}$ – тяговий опір трактора при передачі коробки зміни передач не менше другої;

R_{zx} – вертикальний складник

$$R_{zx} = \pm 0,2 R_x. \quad (2.8)$$

$$l = \frac{M_{\min}}{P_1}, \quad (2.9)$$

тут M_{\min} – найменший заглиблювальний момент, що забезпечує якісну роботу плуга;

$$M_{\min}=Vm \quad (2.10)$$

тут V – ширина захвату плуга;

m – заглиблювальний момент, який припадає на один сантиметр ширини захвату.

Стала робота плуга без надмірного запасу заглиблювального моменту забезпечується при

$$m=6\dots 8 \text{ кгс/см.}$$

У нашому випадку

$$M_{\min}=140\cdot 7=980 \text{ кгс.}$$

Величину f вибираємо за умови гарантії придатного копіювання плугом поверхні поля. Для енергетичного засобу Т-150К

$$f=L\dots 2L$$

тут L – віддаль між вісями передніх і задніх колес енергетичного засобу Т-150К.

$$f=2,86.$$

Рівнодійну \bar{P}_1 визначимо як векторну суму сил

$$\bar{P}_1 = \bar{R}_{zx} + \bar{G}_n + \bar{Q}_H + \bar{F}_x \quad (2.11)$$

Тут G_n – вага плуга;

Q_H – сила опору ножа; дисковий ніж ми встановлюємо разом з опорним колесом, то її додаємо до сили $Q_{оп.к.}$ – напруження на опорному колесі і застосовуємо при перевірці рівноваги плуга за глибиною.

Плече ρ_{zx} – має дорівнювати половині величини глибини оранки при додатніх кутах ψ , і одній третій цієї величини – при від’ємних.

$$R_x = 0,7 \cdot 30 \cdot 35 \cdot 0,9 \cdot 4 = 2646 \approx 2650 \text{ кгс.}$$

$$R_x = 0,2 \cdot 2646 \approx 530 \text{ кгс.}$$

$$R_{zx} = \sqrt{2650^2 + 530^2} = 2702 \text{ кгс.}$$

Сила тертя польових дошок об стіну борозни буде наступною:

$$F_x = fR_y \quad (2.12)$$

де R_y – зусилля, яке сприймає польова дошка;

f – коефіцієнт тертя сталі об ґрунт.

$$F_x = 1/3 \cdot 2650 \cdot 0,5 = 442 \text{ кгс.}$$

Будуємо план сил, які діють у поздовжньо-вертикальній площині на плуг, на кінематичній схемі агрегування, визначаємо P_1 – їх рівнодіючу та точку прикладання її, спрямувавши R_{zx} під таким кутом $\psi = -5^\circ$, який на 5° менше, ніж для плуга-аналога при затуплених лемішах (рис. 2.9, б).

У нашому випадку $P_1 = 3144$ кгс.

Разом з тим віддаль миттєвого центра обертання π від межі дії сили P_1

$$l = \frac{M}{P_1}, \quad (2.13)$$

$$\ell = \frac{980}{3144} = 0,311.$$

У підсумку, розроблена нами нова кінематична схема начіплювання плуга на трактор буде забезпечувати рівномірну та стійку роботу плуга за кутів ψ до -5° . Наступне зменшення кута ψ при постійній конструкції начіпки трактора спричинить нерівномірну роботу плуга.

Водночас заглиблювальний момент буде:

$$M = 3370 \cdot 1,1 = 3700 \text{ кг}\cdot\text{м},$$

реакція на опорному колесі стане:

$$Q_{\text{оп.к.}} = 3700/3,6 = 102,7 \approx 103 \text{ кгс}.$$

2.4. Силовий аналіз.

Розрахунок зусиль, що діють на дисковий ніж.

Для стандартного ножа горизонтальний складник:

$$R_x = 2600 \text{ Н} \qquad \text{при } K = 9,0 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}.$$

Вертикальний складник:

$$R_z = (1,1 \dots 1,3) \qquad R_x = 1,15 \times 2600 = 3000 \text{ Н}.$$

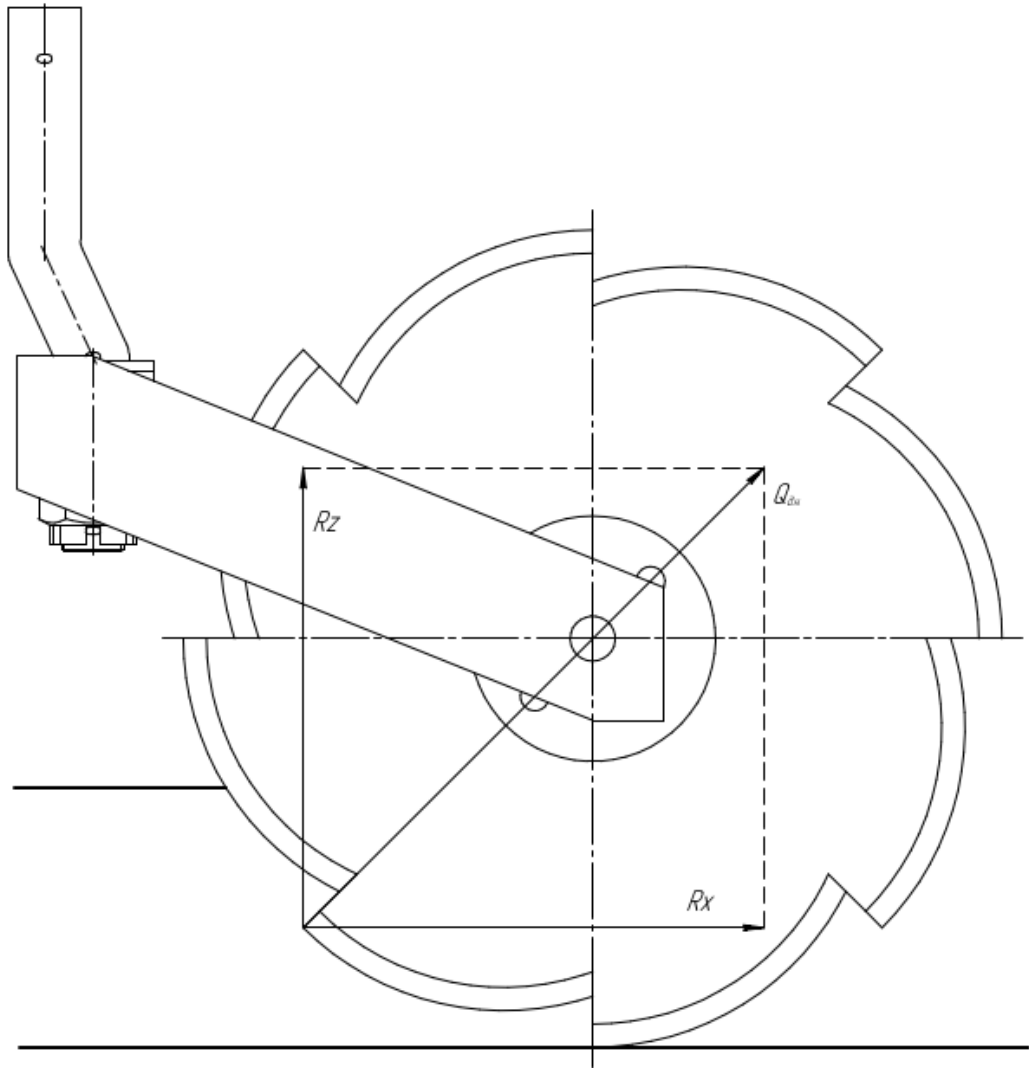


Рис. 2.10. Схема сил, діючих на дисковий ніж

Тоді силу, яка діє на дисковий ніж визначимо так:

$$Q_{д.н} = \sqrt{2600^2 + 3000^2} = 3970 \text{ Н} = 3,97 \text{ кН.}$$

2.5. Розрахунок деталей на міцність.

Проектний та перевірочний розрахунок вісі дискового ножа

Вісь не передає крутного моменту, а сприймає тільки поперечні навантаження.

З попередніх розрахунків:

$$Q = 3,97 \text{ кН.}$$

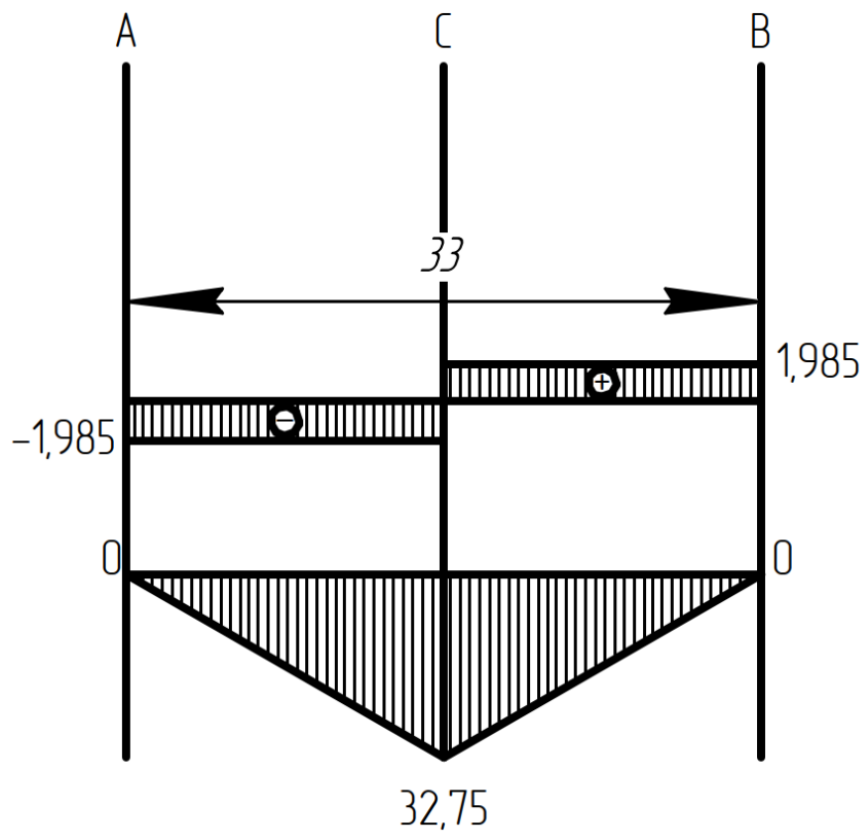


Рис. 2.11. Епюра згинального моменту вісі

Розрахункова схема:

Знайдемо реакції опор:

$$\sum M_A = 0 \quad -R_B \times l + Q \times 0,5 \times l = 0$$

$$R_B = \frac{Q \times 0,5 \times l}{l} = 0,5 \times Q = 0,5 \times 3,97 = 1,985 \text{ кН.}$$

Аналогічно $R_A = -R_B = -1,985 \text{ кН.}$

На ділянці AC: $Q_A = R_A = -1,985 \text{ кН}; \quad M_A = 0;$

$$Q_C = R_A = -1.985 \text{ кН}; \quad M_C = R_A \times 0.5 \times l = 1.985 \times 10^3 \times 0.5 \times 0.033 = 32.75 \text{ Н} \times \text{м}. \quad =$$

На ділянці ВС: $Q_B = R_B = Q_C = Q_A = 1.985 \text{ кН}; \quad M_B = 0;$

$$M_C = R_B \times 0.5 \times l = 1.985 \times 10^3 \times 0.5 \times 0.033 = 32.75 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Для циліндричної осі визначаємо:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{зг}}{0.1 \times [\sigma_{зг}]}} = \sqrt[3]{\frac{32.75 \times 10^3}{0.1 \times 102.5}} = 14.7 \text{ мм},$$

тут $[\sigma_{зг}]$ – понижене допустиме напруження при згині, Н/мм²;

$$[\sigma_{зг}] = 102.5 \text{ Н/мм}^2.$$

$M_{зг}$ – згинальний момент.

Приймаємо $M_{зг} = M_C = 32.75 \text{ Н} \times \text{м}.$

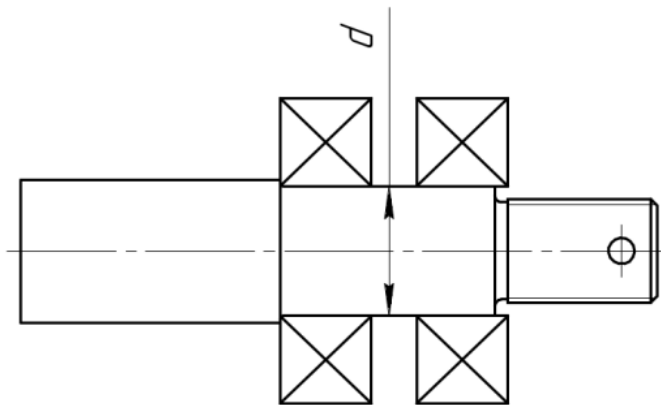


Рис. 2.12. Схема для визначення діаметру вісі.

Так, як на всій довжині ділянки вісі під підшипники єдиний діаметр, то приймаємо $d = 20 \text{ мм}$, щоб задовольнити розмір під підшипник.

Вибір та розрахунок підшипників

Кульковий радіальний однорядний підшипник №204, у якого:

$$d = 20 \text{ мм};$$

$$D = 47 \text{ мм};$$

$$B = 14 \text{ мм};$$

$$r = 1.5 \text{ мм};$$

$$c = 1000 \text{ кгс.}, \quad C_0 = 630 \text{ кгс.}$$

Визначаємо довговічність:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \times n} \times \left(\frac{C}{P_3} \right)^\alpha,$$

тут n – частота обертів ножа $n = 100 \dots 200$ об/хв,

приймаємо $n = 150$ об/хв;

C – динамічна вантажопідйомність, $C = 10000 \text{ Н} = 10 \text{ кН}$;

P_3 – приведені навантаження:

$$P_3 = x \times V \times Q \times K_B \times K_T,$$

тут x – коефіцієнт радіального навантаження, $x = 1$;

V – коефіцієнт обертання, обертається зовнішнє кільце $V = 1.2$;

K_B – коефіцієнт безпеки, $K_B = 1.3$;

K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1$.

$$P_3 = 1 \times 1.2 \times 3.97 \times 10^3 \times 1.3 \times 1 = 6193.2 \text{ Н.}$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \times 150} \times \left(\frac{10 \times 10^3}{6193.2} \right)^3 = 4.67 \times 10^4 \text{ год.}$$

Довговічність підшипників забезпечує роботу плуга протягом всього часу його роботи у господарстві без зміни його механізмів (у вузлі дискового ножа).

2.6. Висновки. Постановка мети і задач досліджень.

Ефективний обробіток ґрунту є критично важливим для досягнення високих врожаїв сільськогосподарських культур. Виконання всіх цих завдань сприяє створенню сприятливих умов для росту та розвитку рослин, зниженню витрат на боротьбу з бур'янами та шкідниками, поліпшенню родючості ґрунту та підвищенню продуктивності аграрного виробництва.

Обробіток ґрунту є комплексом механічних дій, спрямованих на поліпшення його структури та створення оптимальних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур. Основними завданнями обробітку ґрунту є:

1. Створення розпушеного орного шару

Регулювання водного режиму: розпушування ґрунту сприяє покращенню інфільтрації води, що запобігає застою води і покращує дренаж.

Регулювання повітряного режиму: забезпечується доступ повітря до кореневої системи, що важливо для дихання коренів та активності мікроорганізмів.

Регулювання теплового режиму: розпушений ґрунт швидше прогрівається, що сприяє ранньому проростанню насіння та розвитку рослин.

Регулювання поживного режиму: розпушування допомагає у рівномірному розподілі добрив та органічних речовин, покращуючи доступність поживних елементів для рослин.

2. Знищення бур'янів, шкідників та збудників хвороб

Знищення бур'янів: обробіток знищує насіння та кореневі системи бур'янів, знижуючи їх конкуренцію з культурними рослинами.

Боротьба зі шкідниками та хворобами: обробіток руйнує місця зимівлі та розмноження шкідників, а також зменшує кількість патогенних

мікроорганізмів у ґрунті.

3. Загортання післяжнивних решток та добрив

Післяжнивні рештки: оранка загортає рослинні рештки, що сприяє їх розкладанню і збагаченню ґрунту органічними речовинами.

Органічні та мінеральні добрива: глибоке загортання добрив забезпечує їх ефективне засвоєння рослинами, зменшуючи втрати поживних елементів.

4. Захист ґрунту від ерозії

Запобігання водній ерозії: обробіток зменшує швидкість поверхневого стоку води, що запобігає змиванню родючого шару ґрунту.

Запобігання вітровій ерозії: розпушений ґрунт менш схильний до вітрової ерозії завдяки збільшеній щільності ґрунтової поверхні.

Ми знаємо, що в ролі робочого органу диск погано розрізає ґрунтово-рослинну масу, через що збільшується тяговий опір знаряддя, виникає зниження якості обробки ґрунту. Також ми знаємо, що необхідною вимогою до ґрунтообробної техніки є енерго- і ресурсозбереження.

Розглянувши моменти оберту дисків, можна в майбутньому вирішити питання зі зниження енергоємності ґрунтообробних знарядь.

Беручи до уваги вищевказане, визначимо наступне:

Мета дослідження: Проаналізувати моменти обертання дисків зі звичайним та вирізним периметрами в залежності від швидкості руху.

Задачі.

– встановити закономірність зміни моментів оберту дискових ножів залежно від конструкції їх та швидкості руху;

– сформулювати відповідно до конструкції та швидкості руху дискових ножів схему зміни моментів їх обертання.

Об'єкт дослідження: ножі дискові: дві моделі – круглий та диск з вирізами, які мають однакову площу.

Предмет: дисковий ніж, технологічні та конструктивні параметри його.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Аналітичні дослідження відомих дискових ножів плуга.

Вивчення знарядь для обробітку ґрунту вітчизняних та закордонних виробників вказує на потребу в розробленні та удосконаленні їх для використання в степовій зоні України.

Основні напрями удосконалення існуючих знарядь включають: вибір типу та конструкції робочих органів, доведення якісних показників їх роботи, використання дискових ножів для забезпечення мінімального опору і зменшення витрат енергії.

Відповідно завданню магістерської кваліфікаційної роботи ми проведемо дослідження дискового ножа плуга.

При використанні стандартного дискового ножа на плуг ПЛН-5-35 якість роботи його не завжди задовольняє агротехнічні вимоги.

Нами пропонується встановлення на плуг диска особливої конструкції з вирізним периметром.

3.2 Проведення досліджень моментів обертання дискових ножів з різним периметром.

Обов'язковою умовою при використанні ґрунтообробної техніки є її енерго- і ресурсозбереження. Ми знаємо з аналізу досліджень, що дисковий ніж як робочого орган може незадовільно розрізавати ґрунтову та рослинну масу, при цьому знижується якість обробітку ґрунту і може збільшуватися тяговий опір агрегату.

Розглянувши моментів обертання дискових ножів, ми зможемо вирішити питання зі зниження енергоємності знарядь ґрунтообробних.

Мета дослідження: Вивчення моментів обертання дисків з різним за формою периметром в залежності від швидкості руху.

Для досягнення поставленої мети ми повинні вирішити наступні

технічного університету.

Порядок підготовки ґрунту був наступним: розпушення, потім зволоження з подальшим підсушенням ґрунту до потрібної вологості, отримання потрібної твердості застосовували спеціальний планувальник, що був встановлений під різними кутами до горизонту і до лінії ходу установки. Ущільнювали вирівняний ґрунт гладким водоналивним катком. Зміною маси гир на рухомому плечі регулювали тиск катка на хитному плечі рами притискних роликів. За допомогою твердоміром Ревякіна визначали твердість ґрунту на глибині 0...0,2 м. Усі заміри проводили шаховим порядком по довжині каналу з чотирикратною повторністю на кожні 2 м².

Відбором проб у 4-х різних точках по всій довжині каналу в пластах 0...5×10⁻², 5...10×10⁻², 10...15×10⁻², 15...20×10⁻² м визначили вологість ґрунту.

За допомогою сушильної шафи ШС150, в яку встановлювали бокси з ґрунтом, при температурі 105°С його висушували протягом 6 год. Експеримент проводили у триразовій повторності.

Результати дослідів.

Визначення сумарного моменту диска з вирізним приметром відносно вісі обертання

$$M_0 = K \left(\frac{2}{5} a^{\frac{5}{2}} + \frac{fr}{\sqrt{3}} a^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{3} a + \frac{r}{3} \right) \sqrt{\sin \alpha}, \quad (3.1)$$

тут K – коефіцієнт, яким характеризується фізичний стан ґрунту;

a – величина довжини ділянки леза, яке занурене в ґрунт;

f – коефіцієнт тертя досліджуваних лез об ґрунт;

r – радіус вирізного ножа;

α – кут защемлення.

Щоб виконати розрахунки за формулою 3.1, нам потрібно знати величину коефіцієнта K який має складну залежність від швидкості руху, твердості і вологості ґрунту

Залежність $K = f(V)$ показана на рис. 3.2.

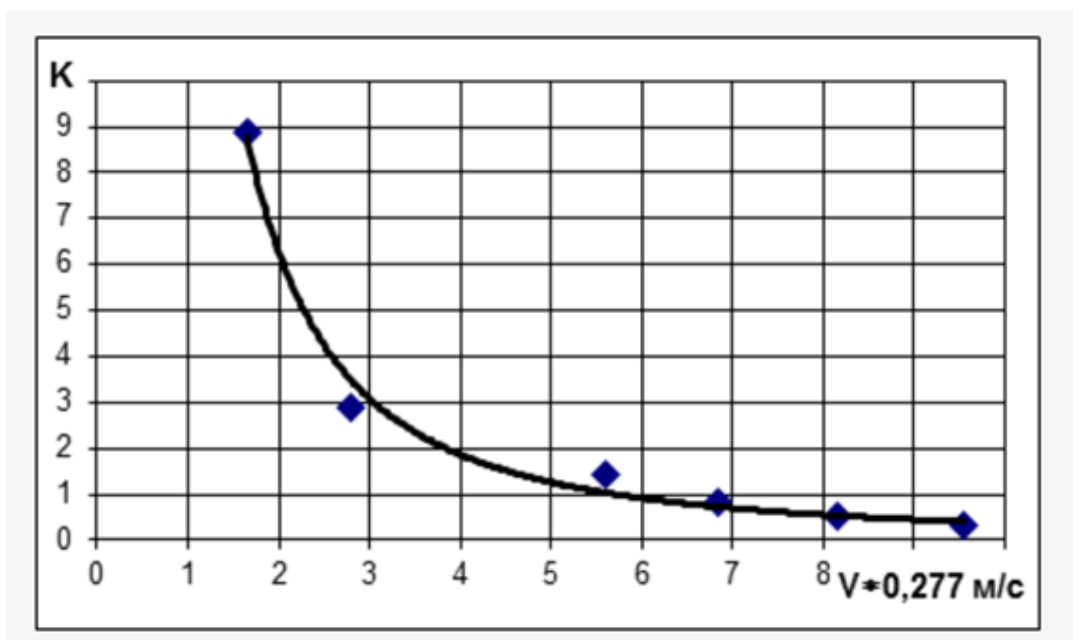


Рис. 3.2. Залежність коефіцієнта $K = f(V)$.

Розглянувши графік (рис. 3.2) бачимо: коли збільшується швидкість, то величина коефіцієнта зменшується. Використавши програму Microsoft Excel, ми методом накладення лінії тренду, визначили формульну залежність

$$K = 21,154V^{-1,7515} \quad (3.2)$$

Значення моментів дисків теоретичні представимо в табл. 3.1.

При збільшенні швидкості V (табл. 3.1) збільшуються середньоквадратичне відхилення S і коефіцієнт варіації v , при цьому вони досягають найбільшого значення, коли $V=9,55 \times 0,277$ м/с і $S_{\bar{x}} = 7,0 \dots 9,35$ Нм.

Таблиця 3.1

Зміна моментів M_1 і M_2 оберту ножів залежно від швидкості руху V ;

$d = 0,4$ м; $h = 13 \times 10^{-2}$ м; $T_{\Pi} = 4,4 \dots 4,9$ МПа; $W_{\Pi} = 16,3\%$; $t_{05} = 2,01$

| Швидкість руху, $V=0.277$ v/c | Круглий ніж, $M_1, \text{Нм}$ | $S_1,$ НМ | $v_1, \%$ | $S\bar{x}_1$ | Вирізний ніж, $M_2, \text{Нм}$ | $S_2,$ НМ | $v_2, \%$ | $S\bar{x}_2$ | t | Кратність підвищення моментів, M_2/M_1 |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------|--------------|------|---|
| 1,65 | $\frac{142}{149,1}$ | 23,34 | 16,44 | 3,30 | $\frac{193}{202,6}$ | 33,62 | 17,42 | 4,75 | 8,82 | 1,36 |
| 2,8 | $\frac{213}{2191}$ | 38,27 | 17,97 | 5,41 | $\frac{263}{273,1}$ | 48,97 | 18,62 | 6,92 | 5,69 | 1,23 |
| 5,6 | $\frac{228}{239,4}$ | 44,19 | 19,38 | 6,25 | $\frac{295}{307,7}$ | 59,12 | 20,04 | 8,36 | 6,14 | 1,29 |
| 6,85 | $\frac{235}{246,7}$ | 46,78 | 19,91 | 6,62 | $\frac{306}{319,3}$ | 62,45 | 20,41 | 8,83 | 6,44 | 1,30 |
| 8,15 | $\frac{240}{252}$ | 48,52 | 20,22 | 6,86 | $\frac{311}{328,5}$ | 64,38 | 20,70 | 9,10 | 6,23 | 1,29 |
| 9,55 | $\frac{243}{255,2}$ | 49,50 | 20,37 | 7,00 | $\frac{313}{328,7}$ | 66,14 | 21,13 | 9,35 | 5,99 | 1,28 |

Примітка:

- чисельник – теоретичне значення,
- знаменник – експериментальне значення.

Дослідні дані (рис. 3.3) визначаються за формулою:

$$M = V / (1,54 + 3,7V), \quad (3.3)$$

тут M – момент оберту ножа, кНм;

V – швидкість руху лабораторної установки, м/с.

При збільшенні швидкості V (табл. 3.1) збільшуються

середньоквадратичне відхилення S і коефіцієнт варіації v і досягають максимального значення, коли $V=9,55 \times 0,277$ м/с і $S\bar{x} = 7,0 \dots 9,35$.

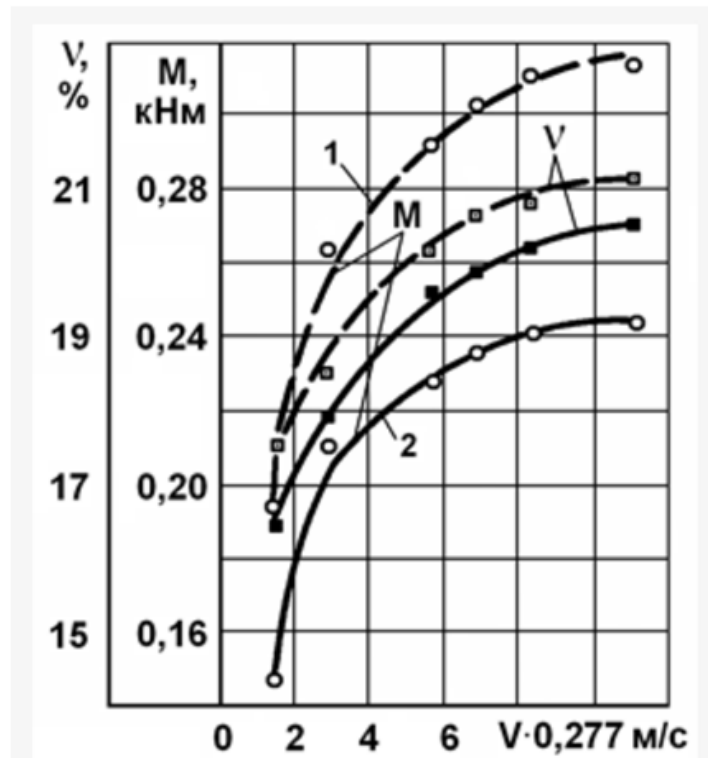


Рис. 3.3. Зміна моментів обертання M вирізного і круглого дискових ножів і коефіцієнта варіації v в залежності від швидкості руху: 1 – вирізний ніж; 2 – круглий ніж; $W_{\pi} = 16,3\%$; $T_{\pi} = 4,4 \dots 4,9$ МПа.

Проаналізувавши дані табл. 3.1 і рис. 3.3 ми можемо відзначити, що, коли збільшується швидкість руху лабораторної установки, то моменти обертання дисків суттєво збільшуються.

Тобто, в результаті лабораторних дослідів ми встановили закономірність зміни моментів обертання ножів дискових залежно від форми їх конструкції і швидкості руху.

3.3. Наукові висновки

Уніфіковані серійні диски з гладкими лезами, встановлені на плугах загального призначення, працюють в умовах різного технологічного впливу на ґрунтово-рослинну масу. Це впливає на кілька важливих аспектів роботи плуга:

1. Невідповідність агротехнічним вимогам

Основний обробіток ґрунту: Гладкі диски можуть не забезпечувати достатнього розрізання і перевертання ґрунту, що важливо для глибокої оранки та загортання рослинних решток.

Поверхневий обробіток ґрунту: Недостатнє подрібнення ґрунту та бур'янів, що негативно впливає на підготовку насінневого ложа.

2. Зниження технологічної надійності роботи плугів

Забивання дисків: При роботі в умовах підвищеної вологості або на полях з великою кількістю рослинних решток диски можуть забиватися, що призводить до зупинок і підвищених витрат на обслуговування.

Знос дисків: Гладкі диски піддаються швидкому зносу, особливо при роботі на важких ґрунтах, що зменшує їхній термін служби і вимагає частішої заміни.

3. Зниження якості обробки ґрунту

Нерівномірне оброблення: Гладкі диски можуть не забезпечувати рівномірне розрізання і перемішування ґрунту, що впливає на якість підготовки ґрунту для посіву.

Недостатнє загортання рослинних решток: Це може призвести до нерівномірного розкладання органічних матеріалів і нерівномірного розподілу поживних речовин.

4. Підвищення енергетичних витрат

Збільшений тяговий опір: Гладкі диски можуть створювати підвищений опір при русі плуга, що вимагає більших витрат енергії на обробіток ґрунту.

Витрати на паливо: Збільшення тягового опору призводить до підвищених витрат палива, що знижує загальну ефективність роботи плуга.

Використання уніфікованих серійних дисків з гладкими лезами на плугах загального призначення вимагає ретельного аналізу та адаптації до конкретних умов експлуатації. Для підвищення технологічної надійності, якості обробки ґрунту та зниження енергетичних витрат необхідно розглянути можливість використання альтернативних типів дисків або

модернізації існуючих, враховуючи агротехнічні вимоги і специфіку ґрунтово-кліматичних умов. На що і були направлені розробки магістерської роботи.

Нами були отримані аналітичні залежності для визначення моментів обертання ножів від функції глибини заглиблення їх в розрізаний пласт і фізико-механічних властивостей ґрунту, на якому працює плуг.

Нами встановлено залежність сумарного моменту диска з вирізним периметром від довжини ділянки ножа, яка занурена в ґрунт, від радіуса вирізного ножа, його кута защемлення, коефіцієнті тертя леза об ґрунт та такого, характеризує фізичний стан оброблюваного ґрунту. Момент сил на лезі стандартного ножа відносно осі обертання може визначатися тільки силами тертя. Тоді потенційний момент обертання ножа з вирізним периметром у 1,2-1,5 рази більше за момент ножа з круглим периметром, це підвищує його розрізаючу здатність і працездатність взагалі.

Результат проведених досліджень: нами встановлено, що зі збільшенням швидкості з $1,65 \times 0,277$ до $5,6 \times 0,277$ метри за секунду моменти обертання ножів збільшуються до 41...57%. При наступному збільшенні швидкості руху з $5,6 \times 0,277$ до $9,55 \times 0,277$ метри за секунду зростання моментів стишується, і його збільшення складе для ножа з гладким периметром круглого і ножа з вирізним периметром 9 і 13% відповідно.

За швидкості руху $V=(1,65...9,55) \times 0,277$ метрів за секунду момент обертання ножа з вирізним периметром вище за момент звичайного ножа на 28...36%.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Експлуатація сільськогосподарської техніки, зокрема плуга ПЛН 5-35, супроводжується низкою небезпечних та шкідливих факторів. Визначення цих факторів і аналіз ризиків є важливими для забезпечення безпеки праці та зменшення негативного впливу на здоров'я працівників.

Основні небезпечні та шкідливі фактори

1. Механічні небезпеки

– рухомі частини: Робочі органи плуга, які обертаються та рухаються під час роботи, можуть спричинити травмування.

– падіння та перекидання: Нестабільність техніки на схилах або нерівних ділянках поля може призвести до падіння або перекидання.

2. Фізичні фактори

– вібрація: Тривала робота з технікою може викликати вібраційні захворювання, зокрема синдром "білої руки".

– шум: Високий рівень шуму під час роботи двигуна та інших компонентів техніки може спричинити зниження слуху та інші проблеми зі здоров'ям.

3. Хімічні фактори

– вихлопні гази: Робота двигуна внутрішнього згорання енергетичного засобу призводить до викидів шкідливих речовин (CO, NO_x, SO_x), що можуть спричинити отруєння та хронічні захворювання дихальної системи.

4. Ергономічні фактори

– незручна робоча поза: Тривале перебування в одній позі може призвести до м'язових та суглобових проблем.

– перевантаження: Фізичне перенапруження під час керування технікою та проведення ремонтних робіт може викликати травми опорно-рухового апарату.

5. Психосоціальні фактори

– стрес: Високий рівень відповідальності та тривале виконання монотонної роботи можуть спричинити психологічний стрес і втому.

Аналіз ризиків

1. Оцінка ймовірності виникнення ризиків

– висока ймовірність: Механічні травми від рухомих частин, вібраційні та шумові впливи.

– середня ймовірність: Хімічні ризики від вихлопних газів, ергономічні проблеми.

– низька ймовірність: Психосоціальні ризики, за умови належної організації праці.

2. Оцінка серйозності наслідків

– високий ступінь серйозності: Механічні травми (від ампутацій до смертельних випадків), хімічні отруєння.

– Середній ступінь серйозності: Вібраційні захворювання, шумові ушкодження слуху, ергономічні проблеми.

– Низький ступінь серйозності: Психосоціальні ризики, які можуть бути знижені за допомогою належного управління працею.

Заходи щодо зниження ризиків

1. Механічні ризики

– захисні огороження: Встановлення захисних кожухів на рухомі частини.

– системи стабілізації: Використання систем для підвищення стійкості техніки на нерівних ділянках.

2. Фізичні фактори

– захист від вібрації: Використання амортизуючих матеріалів та засобів індивідуального захисту.

– захист від шуму: Використання шумопоглинаючих матеріалів, носіння захисних навушників.

3. Ергономічні фактори

- регулювання робочого місця: Регулювання сидіння, керма та інших елементів керування для забезпечення комфортної робочої пози.
- робочі перерви: Регулярні перерви для зниження навантаження на опорно-руховий апарат.

4. Психосоціальні фактори

- організація праці: Оптимізація робочого графіка для зменшення стресу та втоми.
- психологічна підтримка: Наявність програм підтримки та консультацій для працівників.

Аналіз ризиків під час експлуатації плуга ПЛН 5-35 показує наявність численних небезпечних та шкідливих факторів. Проте, застосування відповідних захисних заходів і засобів індивідуального захисту може значно знизити ці ризики, забезпечуючи безпечні умови праці та підвищуючи ефективність роботи.

Забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці на модернізованому плугові є ключовим аспектом для збереження здоров'я працівників і підвищення продуктивності праці. Модернізація плуга передбачає не лише технічні вдосконалення, але й впровадження заходів, спрямованих на покращення умов праці та зниження впливу шкідливих факторів.

Основні напрямки забезпечення санітарно-гігієнічних умов

1. Контроль за викидами та якістю повітря

- системи фільтрації вихлопних газів: Встановлення сучасних систем для фільтрації вихлопних газів з метою зменшення концентрації шкідливих речовин у повітрі.
- періодичне технічне обслуговування двигунів: Регулярна перевірка та налаштування двигунів для забезпечення оптимального згорання палива і зниження викидів шкідливих речовин.

2. Зниження рівня шуму

- шумопоглинаючі матеріали: Використання матеріалів для поглинання шуму на робочому місці оператора.
- засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Забезпечення працівників захисними навушниками або берушами для зменшення впливу шуму.

3. Контроль за вібрацією

- амортизуючі системи: Встановлення амортизуючих підвісок на сидіння оператора та інших робочих місцях для зниження рівня вібрації.
- антивібраційні рукавиці: Використання рукавиць з антивібраційними вставками для захисту рук оператора.

4. Поліпшення ергономіки робочого місця

- регулювання робочих елементів: Забезпечення можливості регулювання сидіння, керма та інших елементів керування для створення комфортних умов роботи.
- робочі перерви та зміна діяльності: Встановлення режиму праці, що включає регулярні перерви для зниження фізичного навантаження і втоми.

5. Забезпечення чистоти і порядку

- регулярне прибирання техніки: Проведення регулярного прибирання та обслуговування плуга для запобігання накопиченню бруду і пилу, що можуть потрапляти в робочу зону оператора.
- використання захисних чохлів: Використання чохлів для захисту сидіння та інших поверхонь від забруднень.

6. Гігієна праці

- особиста гігієна працівників: Забезпечення працівників засобами для миття рук, дезінфекційними засобами та доступом до чистої води.
- місця відпочинку та харчування: Організація спеціальних зон для відпочинку і прийому їжі, забезпечення їх чистотою і комфортом.

7. Навчання і інструктажі

– регулярні тренінги: Проведення навчальних семінарів і тренінгів для працівників з метою підвищення їх обізнаності щодо безпеки праці та правильного використання захисних засобів.

– інструктажі з техніки безпеки: Регулярне проведення інструктажів з техніки безпеки і санітарно-гігієнічних норм праці.

Впровадження зазначених заходів сприятиме створенню безпечних і комфортних умов праці на модернізованому плугові, що в свою чергу підвищить ефективність роботи і знизить ризики для здоров'я працівників. Забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов є невід'ємною складовою сучасного сільськогосподарського виробництва і важливим кроком до сталого розвитку галузі.

Безпека праці при експлуатації модернізованого плуга є важливим аспектом, який впливає на ефективність роботи, збереження здоров'я працівників і загальну продуктивність. Враховуючи специфіку роботи з плугом, необхідно впровадити низку заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків і забезпечення безпечних умов праці.

Впровадження комплексних заходів по забезпеченню безпечних умов праці на модернізованому плугові є необхідним для збереження здоров'я працівників і підвищення ефективності виробничого процесу. Забезпечення безпеки праці включає технічні, організаційні та освітні заходи, які в комплексі мінімізують ризики та сприяють створенню комфортних і безпечних умов роботи.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У магістерській роботі нами удосконалено конструкцію плуга ПЛН-5-35 за допомогою застосування дискового ножа з вирізним периметром.

У дисковому ножі нами змінено геометричну форму його конструкції – периметр диска зроблено вирізним. Кромки ріжучої частини ножа мають дугоподібну форму, що забезпечить зниження коефіцієнту ковзання, підвищить якість розрізання рослинних залишків і покращить роботи плуга в цілому.

Ця модернізація дозволить зменшити опір диска на розрізання шару ґрунту, що призведе до зменшення забивання робочих органів рослинними рештками та в цілому зменшити час на обслуговування агрегату в роботі.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Магістерська кваліфікаційна робота має за мету удосконалити конструкцію плуга ПЛН-5-35 та дослідити конструкційні параметри та функціонування дискового ножа.

Дискові ножі є ключовим компонентом плуга, який значно впливає на якість обробітку ґрунту. Їх ефективне використання має кілька суттєвих переваг:

Дискові ножі допомагають розрізати ґрунт у вертикальній площині, що сприяє ефективнішому перевертанню і змішуванню ґрунтових шарів.

Завдяки правильному розрізанню та перевертанню ґрунту, дискові ножі сприяють більш повному загортанню рослинних решток. Це важливо для запобігання розвитку бур'янів і покращення родючості ґрунту.

Дискові ножі забезпечують стабільність руху плуга, допомагаючи йому підтримувати заданий напрямок і рівномірність глибини обробітку. Це зменшує ризик відхилень і знижує зусилля, необхідне для роботи.

Правильне налаштування і використання дискових ножів дозволяє забезпечити однакову глибину обробітку по всій ширині плуга, що є критично важливим для рівномірного проростання рослин.

Ефективне використання дискових ножів у конструкції плуга має критичне значення для забезпечення високої якості обробітку ґрунту. Дослідження і вдосконалення конструкції та матеріалів дискових ножів, а також проведення польових випробувань дозволять визначити оптимальні рішення для підвищення ефективності обробітку ґрунту в степових умовах України. Це сприятиме покращенню агротехнічних показників, зниженню енергетичних витрат і підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

Модернізований плуг відрізняється від базового дисковим ножем оригінальної конструкції, в якого кромки ріжучої частини мають дугоподібну форму.

Проведена модернізація підвищить продуктивність та якість оранки за рахунок того, що леза диска розміщені під гострішим кутом, ніж в базовому варіанті. Це забезпечить зменшення опору диска на входження в ґрунт, краще розрізання рослинних решток, що зменшить забивання робочих органів плуга.

Модернізований плуг відповідає вимогам техніки безпеки при його експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник / М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р. Б. Кропивницький, Л. І. Ворона. – вид. 2-ге, допов. – Житомир: вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. – 84 с.
2. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Х.: Мачулін. 2016. 204 с.
3. ДСТУ 2189-93. «Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки».
4. ДСТУ 2416-94. Плуги загального призначення та лушильники лемішні. Загальні технічні умови. – 9 с.
5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1; Ч.1: Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: ОКО, 2001. – 444 с.
6. Машиновикористання у рослинництві. Методичні вказівки до виконання курсової роботи для студентів спец. 8.130102 – «Агрономія» / Укл. Лузан П.Г., Осипов І.М., Мороз С.М., Мартиненко С.В., Глобенко Г.О. – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 56 с.
7. Мокін Б. І. Методологія та організація наукових досліджень : навчальний посібник / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін. – 2-е вид., змін. та доп. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 317 с.
8. Оригінальні способи і засоби обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур: навч. посібник / С. І. Шмат, П. Г. Лузан, В. М. Сало. – Х.: ПП Озеров, 2018. – 234 с.
9. Основи конструювання машин: Підручник / Рудь Ю.С. – 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
10. Охорона праці (Законодавство. Організація роботи): Навч. посіб. / За заг.ред. к.т.н., доц. І.П. Пістуна. – Львів: «Тріада плюс», 2010.
11. Охорона праці (практикум): Навч. посіб. / За заг. ред. к.т.н., доц.

І.П.Пістуна. –Львів: «Тріада плюс», 2011.48.

12. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.: іл.

13. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Машини для рільництва /За редакцією Черновола М.І. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.

14. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. – К.: Вища освіта, 2005. 464 с.

ДОДАТКИ

ОГЛЯД ЛЕМІШНИХ ПЛУГІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Плуги загального призначення, сільськогосподарські або лемішні, класифікуються по наступних ознаках:

- виду тяги – кінні і тракторні.
- способу з'єднання з трактором – причіпні, начіпні, напівначіпні;
- числу корпусів – однокорпусні і багатокорпусні;
- швидкості обробки ґрунту – звичайні (швидкість обробки до 1,4 м/с) і швидкісні (швидкість обробки вище 2,2 м/с).
- за технологією оранки – на плуги для звально-розвальної і гладкої оранки. Останні оснащені право- і лівообертаючими корпусами, що поперемінно включаються в роботу, і не утворюють звальних гребенів і рознімних борозен.

Призначені для оранки різних ґрунтів після збирання зернових, технічних культур, багаторічних трав на глибину 18-30 см. Універсальні корпуси забезпечують відвальний обробіток ґрунту на швидкостях, характерних для сучасних тракторів. Робочі органи оснащені змінними елементами (лемеші, відвали і т.д.), що уніфіковані для всіх плугів загального призначення. Агрегатуються з тракторами класів від 0,6 до 5.

Промисловість випускає начіпні плуги з різноманітною шириною захвату, розраховані на сучасний типаж тракторів.

Однією з найбільших фірм Європи по виробництву плугів є норвезька фірма **Kverneland**, причому 90 % її продукції йде на експорт. Фірма випускає 70 типів плугів загального призначення, з них звичайні плуги репрезентовані одинадцятьма типами з різною шириною захвату – від 2-і 12-корпусних. Як правило, плуги забезпечені автоматичними запобіжниками для захисту від пошкодження при наїзді на перешкоди. Фірма випускає полицево-лемішні плуги начіпними або напівначіпними для звально-розвальної оранки. Більшість із них обладнано гідрофікованою системою Variomat для безступінчастої зміни ширини захвату знаряддя з кабіни трактора, що дозволяє більш ефективно використовувати агрегат на оранці різних по конфігурації та рельєфу полів.

Ширина захвату регулюється шляхом зміни кута між тяговим брусом, зв'язаним із гідроциліндром, і головним брусом з одночасним поворотом кожного корпусу на необхідний кут (рис. 1).

Начіпні плуги фірма випускає з кількістю корпусів від 2 до 5, напівначіпні – з кількістю корпусів від 4 до 12.



Рис. 1. Плуг 2-8-и корпусний (Kverneland AB/AD)

Призначений для полицевого обробітку ґрунту в умовах відсутності загрози ерозії. Переріз балок плуга 100×200 мм. Основні відмінності між моделями AB і AD в тому, що у моделі AB механічна зміни ширини захвату, а у моделі AD – гідравлічна.

Фірма **John Deere** (США) випускає причіпні (5...12-корпусні), напівначіпні (4...8-корпусні) і начіпні оборотні (3...6-корпусні) плуги.

Причіпні і напівначіпні плуги мають ручне (за допомогою стяжного гвинта) або гідрофіковане регулювання ширини захвату. Зверху полиці корпусів обладнано сталевими або пластмасовими кутознімачами, що заміняють передплужники.



Рис. 2. Плуг 6-10-ти корпусний лемішний (John Deere 3710).

Плуги призначені для полицевого обробітку ґрунту. Виконуються зі зчіпкою для роботи «по полю», 6-тикорпусной плуг випускається також у виконанні «в борозні».

Провідна фірма Швеції Överum Tive випускає широку гаму плугів як у начіпному, так і в напівначіпному виконанні.

Начіпні 2-5-корпусні плуги моделей ВТ/СТ виготовляють з фіксованим брусом і трьома різними виконаннями систем об'їзду каменів, які можуть працювати на ґрунтах від найлегших до важких. Робоча ширина регулюється вибором чотирьох видів ширини борозни (25, 30, 35 і 40 см) у висококліренсному виконанні (75 см) шляхом зміни положення одного із болтів. Передня ширина борозни і лінія тяги корегується регулюванням одного поворотного хомута.

Для легких ґрунтів при невеликій кількості каменів застосовується автоматичний пристрій об'їзду каменів, при якому тиск вивільнюючої пружини регулюється налаштувальним гвинтом. Для легких і середніх типів ґрунтів пропонується автоматичний механізм об'їзду каменів з туковими блоками.



Рис. 3. Плуг Överum 4-корпусний

Плуги Bomet (Польща) володіють високою продуктивністю, якістю і надійністю.



Рис. 4. Плуг Bomet (Польща).

Плуги Vomet навісні 3-х, 4-х и 5-ти корпусні з шириною корпусів 250 мм, 300 мм и 350 мм. Плужний корпус складається із циліндроїдальної полиці і лемеша, який має подовжений долотоподібний носок підвищеної міцності

Над полицею кріпиться кутознім, який зрізає верхній шар ґрунту і скидає його на дно борозни, тим самим досягається більш якісне загортання рослинних залишків

Плуг оснащений гвинтовим механізмом регулювання ширини захвату першого корпусу. Глибина оранки може бути відрегульована за допомогою сталевого або пневматичного опорного колеса. Високі 700 мм стояки запобігають забиванню плуга рослинними залишками під час оранки. Перед останнім корпусом плуг має отвір для кріплення дискового ножа, який не входить до складу стандартного обладнання знаряддя.

Плуг 7-ми корпусний навісний ППГ-7-40-3 оснащений системою пневмогідравличного захисту. При наїзді на перешкоду корпус разом з гряділем повертається навколо пальця, при цьому витіснене і гідроциліндра мастило надходить по мастилопроводу в пневмо-гідравлічний акумулятор, стискає газ і підвищує його потенційну енергію. Після подолання перешкоди під дією стисненого газу відбувається зворотне переміщення плунжера гідроциліндра, завдяки чому корпус повертається у вихідне положення.



Рис. 5. Плуг 7-ми корпусний навісний ППГ-7-40-3.

Плуг начіпний чотирьохкорпусний ПЛН-4-35 вітчизняного виробництва, випущений замість плуга ПН-35, призначений для оранки під зернові та технічні культури на глибину до 30 см різноманітних ґрунтів, не засмічених каменями, плитняком і іншими перешкодами, з питомим опором до 0,09 МПа.



Рис. 6. Плуг чотирьохкорпусний начіпний ПЛН-4-35.

Лемішні плуги FINIST (рис. 7) призначені для відвальної обробки ґрунтів під зернові і технічні культури на глибину до 30 см, не засмічених камінням, плитняком і іншими перешкодами. Плуги FINIST підрізають, розпушують, кришать і обертають пласт ґрунту; сприяють поліпшенню проникнення повітря, води і поживних речовин до коренів рослин; заорюють бур'яни.

Технологічний процес обробки ґрунту виконується наступним чином: при заїзді агрегату в смугу передплужник підрізає пласт ґрунту і перевертає його, скидаючи на дно попередньої борозни. В результаті досягається глибока і повна заробка бур'янів, рослинних і поживних залишків, і подрібнення пласта.



Рис. 7. Плуг навісний FINIST ПЛН 8-35.

Високоєфективний п'ятикорпусний плуг ПСКу-5 (рис. 8) призначений для основної відвальної і безвідвальної обробки ґрунтів під сільськогосподарські культури на глибину до 30 см. Плуг може застосовуватися на полях всіх типів ґрунтів з рівним рельєфом, що мають ухил до 8 градусів. Нові високоєфективні плуги ПСК-5 при оранці забезпечують збільшену ширину захвату за рахунок конструктивної особливості робочих органів. Якісна оранка плугами ПСК-5 з гвинтовими відвалами є елементом енергозбереження зважаючи на зменшення силових зусиль і витрат енергії на подальшу обробку поля.

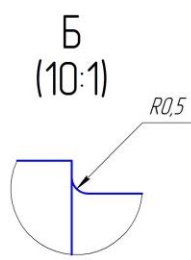
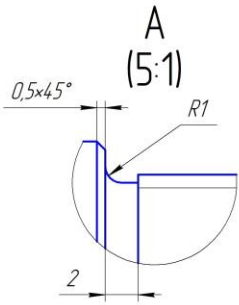
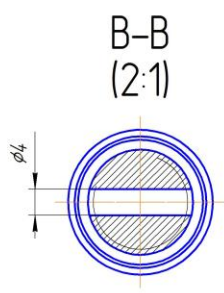
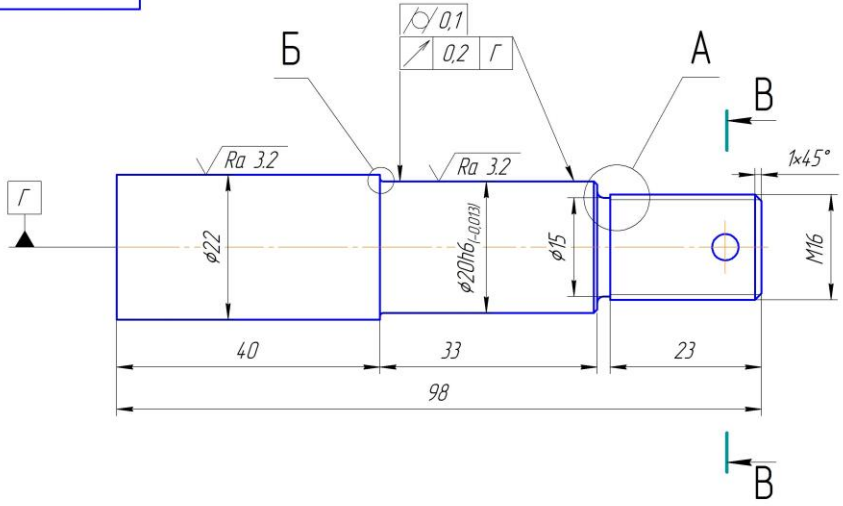


Рис. 8. Плуг ПСКу-5.

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

П/НК 00.504

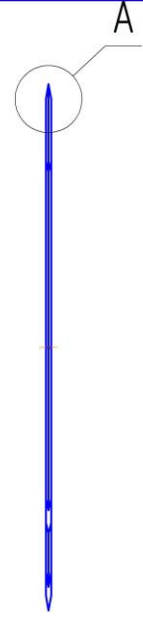
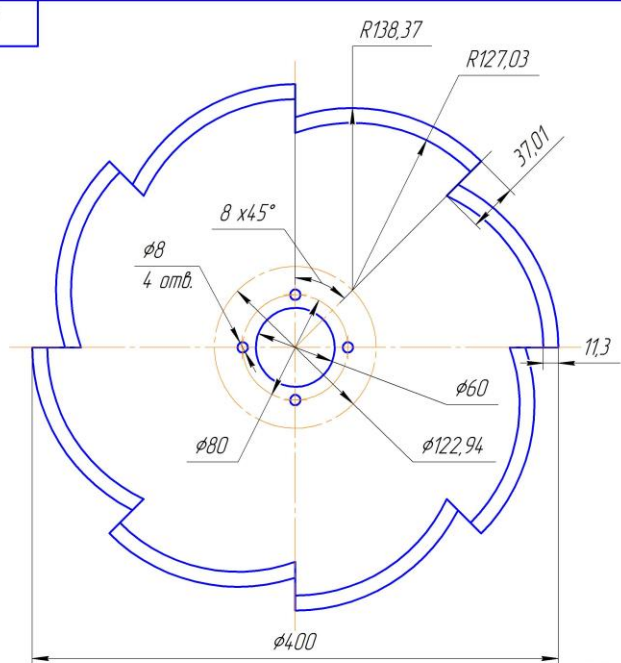
√ 6,3 (√)



- * Розміри для довідок.
- Термообробка - нормалізація НВ 180..228.
- Тріщини, пни, розшаровування металу, волосовини та задіти не допускаються.
- Невказані допустимі відхилення розмірів: отвори - по Н14, вали - по h14, інші - по $IT_{\frac{14}{2}}$.

| П/НК 00.504 | | | | Лит | Маса | Масштаб |
|-------------|--------------|-------|------|----------------|------|---------|
| Вим. Арк. | № док.им. | Підп. | Дата | | 1,2 | 1:1 |
| Розроб. | Косоголоб ЯІ | | | Аркши | | Аркши 1 |
| Перев. | Дейкин В.А. | | | ЦНТУ | | |
| Т.контр. | | | | зр. ГМ-22М-1,2 | | |
| Н.контр. | Мачок Ю.В. | | | Формат А3 | | |
| Затв. | Лещенко С.М. | | | Копія | | |

П/НК 50.401

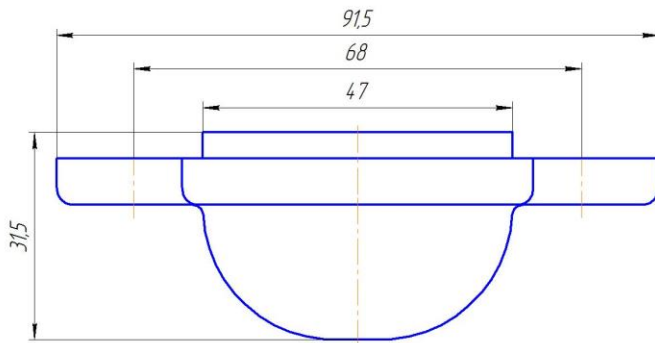
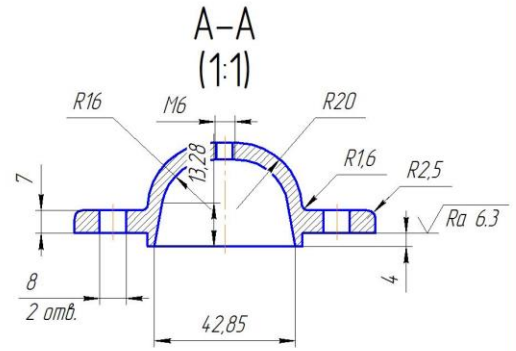
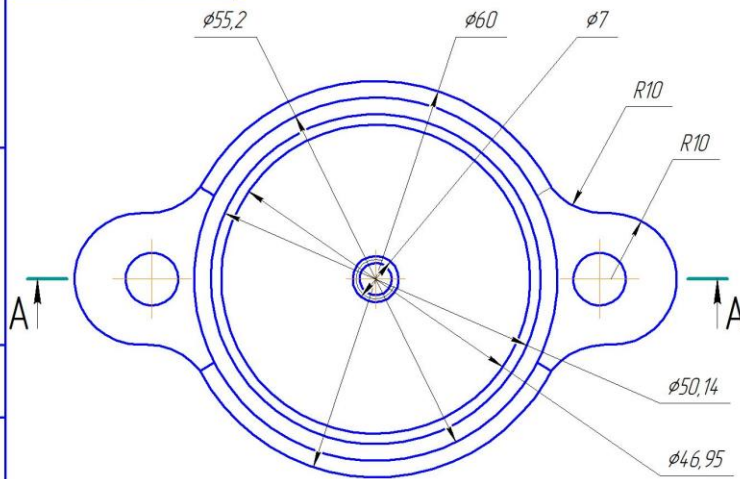


- * Розміри для довідок.
- Невказані допустимі відхилення розмірів: отвори - по Н14, вали - по h14, інші - по $IT_{\frac{14}{2}}$.

| П/НК 50.401 | | | | Лит | Маса | Масштаб |
|-------------|--------------|-------|------|----------------|------|---------|
| Вим. Арк. | № док.им. | Підп. | Дата | | 1,1 | 1:1 |
| Розроб. | Косоголоб ЯІ | | | Аркши | | Аркши 1 |
| Перев. | Дейкин В.А. | | | ЦНТУ | | |
| Т.контр. | | | | зр. ГМ-22М-1,2 | | |
| Н.контр. | Мачок Ю.В. | | | Формат А3 | | |
| Затв. | Лещенко С.М. | | | Копія | | |

ПЛНК 00.502

√ 12,5 (✓)

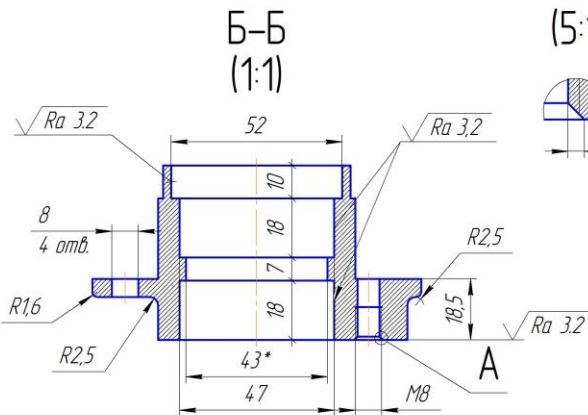
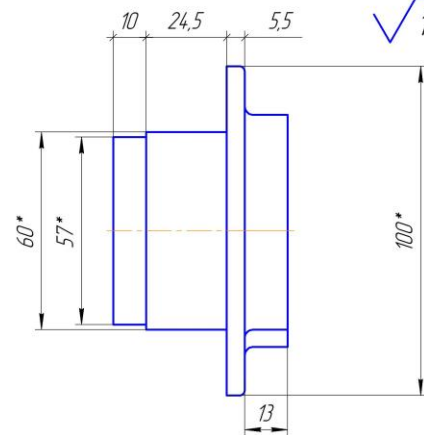
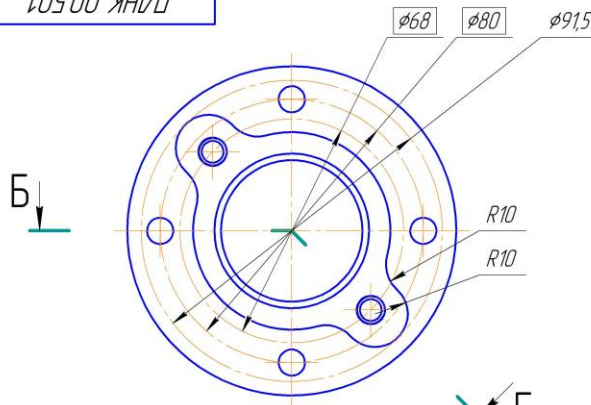


- 1 * Розміри для довідок.
2. Виливки повинні бути очищені від формувальної суміші та пригару.
3. Виливки не повинні мати дефектів, що погіршують їхній зовнішній вигляд.
4. Невказані допустимі відхилення розмірів: отвори - по Н14, вали - по h14, інші - по JT₂¹⁴.

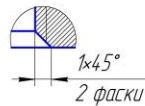
| ПЛНК 00.502 | | | | Лит. | Маса | Масштаб |
|-------------|------------------|-------|------|-----------|------|---------------|
| Вим. Арк. | № док.им. | Підп. | Дата | | 1,2 | 1:1 |
| Розроб. | Костогризов В.І. | | | | | |
| Перев. | Пейжун В.А. | | | Аркши | | Аркши 1 |
| Т.контр. | | | | | | |
| Н.контр. | Мачок Ю.В. | | | | | ЦНТУ |
| Затв. | Лещенко С.М. | | | | | зр. ГМ-22М-12 |
| Копія | | | | Формат А3 | | |

ЛО500 ЖН/Ц

√ 12,5 (✓)



А (5:1)



- 1 * Розміри для довідок.
2. Виливки повинні бути очищені від формувальної суміші та пригару.
3. Невказані допустимі відхилення розмірів: отвори - по Н14, вали - по h14, інші - по JT₂¹⁴.

| ПЛНК 00.501 | | | | Лит. | Маса | Масштаб |
|-------------|------------------|-------|------|-----------|------|---------------|
| Вим. Арк. | № док.им. | Підп. | Дата | | 1,2 | 1:1 |
| Розроб. | Костогризов В.І. | | | | | |
| Перев. | Пейжун В.А. | | | Аркши | | Аркши 1 |
| Т.контр. | | | | | | |
| Н.контр. | Мачок Ю.В. | | | | | ЦНТУ |
| Затв. | Лещенко С.М. | | | | | зр. ГМ-22М-12 |
| Копія | | | | Формат А3 | | |

Результати експериментальних досліджень

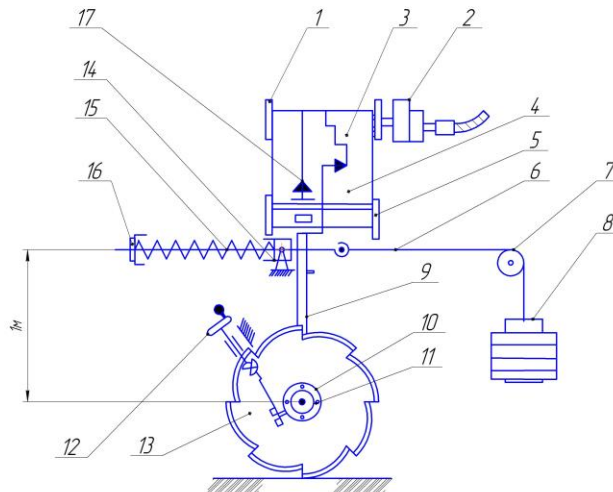
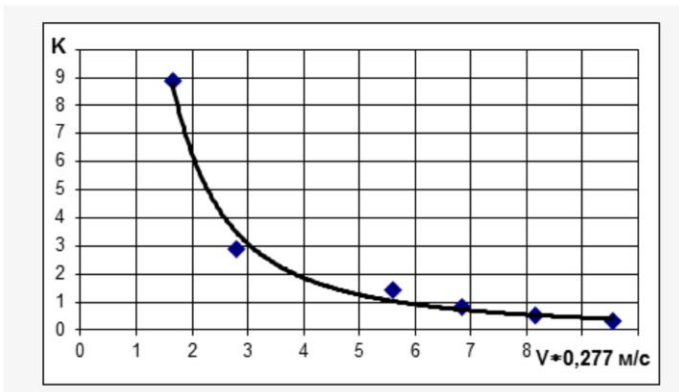


Схема установки для визначення моменту обертання ножа:
 1 – провідна котушка; 2 – редуктор ($i = 1/12$); 3 – паперова стрічка; 4, 17 – реєструючий пристрій;
 5 – ведена котушка; 6 – шнур; 7 – ролик; 8 – гирі; 9 – важіль; 10 – корпус гальма; 11 – барабан гальма;
 12 – рукоятка; 13 – ніж; 14 – напрямна втулка; 15 – пружина; 16 – штак.

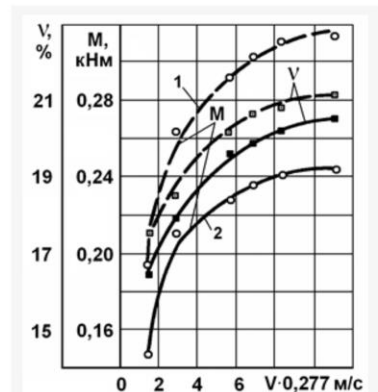
Сумарний момент вирізного диска щодо осі обертання

$$M_0 = K \left(\frac{2}{5} a^{\frac{5}{2}} + \frac{fr}{\sqrt{3}} a^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{3} a + \frac{r}{3} \right) \sqrt{\sin \alpha}$$

де K – коефіцієнт, який характеризує фізичний стан ґрунту;
 a – довжина ділянки леза, зануреного в ґрунт;
 f – коефіцієнт тертя леза про ґрунт;
 r – радіус шестигрутного ножа;
 α – кут заземлення.



Залежність коефіцієнта $K = f(V)$.



Зміна моментів обертання M вирізного і круглого дискових ножів і коефіцієнта варіації v в залежності від швидкості руху:
 1 – вирізний ніж; 2 – круглий ніж;
 $Wn = 16,3\%$; $Tn = 4,4 \dots 4,9$ МПа

Лист 1 з 1
 Стор. 1 з 1
 Лист 1 з 1
 Стор. 1 з 1
 Лист 1 з 1
 Стор. 1 з 1

| ПЛНК 00.002 НЧ | | | | Лист | Масо | Масштаб |
|---|--------------|------|------|------------------------|------|---------|
| Вик. Акт | М. Діака | Лист | Штук | | | |
| Результат | Колодій В.І. | | | | | |
| Проєкт | Лещенко В.А. | | | | | |
| Ілюстрація | | | | | | |
| Норматив | Матчак В.В. | | | | | |
| Затв. | Лещенко С.М. | | | | | |
| Результати експериментальних досліджень | | | | ЦНТЗ, гр. ГМІСМ-22М-12 | | |
| --- | | | | Формат А1 | | |