

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а  
до дипломної роботи  
освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Обґрунтування параметрів ґрунтообробного агрегату для основного  
обробітку ґрунту**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГАІ-4-24 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Плохотнюк Ілля Андрійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Пономаренко Наталія

Олександрівна

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин  
Освітній ступінь: «Магістр»  
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
ТСГМ \_\_\_\_\_  
(назва кафедри)  
доцент \_\_\_\_\_  
(вчене звання)  
Теслюк Г.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Плохотнюк Ілля Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

керівник роботи Пономаренко Наталія Олександрівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» жовтня 2025 року  
№ 3182 \_\_\_\_\_

**2. Строк подання студентом роботи** 22.11.2025 р.

**3. Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих засобів основного обробітку ґрунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) Передумови зниження енергомісткості обробітку ґрунту під зернові культури. Теоретичні дослідження з обґрунтування параметрів робочих органів комбінованої машини. Методика експериментальних досліджень. Результати експериментальних досліджень. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Економічна ефективність впровадження у виробництво комбінованої машини. Висновки. Бібліографічний список.

**5. Перелік демонстраційного матеріалу**

1. Мета і задачі, об'єкт, предмет досліджень. 2. Аналіз конструкцій комбінованих ґрунтообробних машин. 3, 4 Теоретичні дослідження, 5. Програма експериментальних досліджень. 6,7 Результати досліджень 8. Економічні показники впровадження у виробництво експериментальної машини АГРО-3. 9. Висновки

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------|---|----------------|------------------|
|               |   | завдання видав | завдання прийняв |
| 1             | Пономаренко Н.О.                          |                |                  |
| 2             | Пономаренко Н.О.                          |                |                  |
| 3             | Пономаренко Н.О.                          |                |                  |
| 4             | Пономаренко Н.О.                          |                |                  |
| 5             | Пономаренко Н.О.                          |                |                  |
| 6             | Пономаренко Н.О.                          |                |                  |
| нормоконтроль |   |                |                  |

7. Дата видачі завдання: 30.10.2025 р. \_\_\_\_\_.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналітичний (оглядовий)         | до 30.05.2025 р.              |          |
| 2     | Теоретичний                     | до 10.07.2025 р.              |          |
| 3     | Експериментальний               | до 29.09.2025 р.              |          |
| 4     | Охорона праці                   | до 15.10.2025 р.              |          |
| 5     | Економічний                     | до 22.10.2025 р.              |          |
| 6     | Демонстраційна частина          | до 29.10.2025 р.              |          |

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

Плохотнюк І.А.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

Пономаренко Н.О.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

Обґрунтування параметрів ґрунтообробного агрегату для основного обробітку ґрунту.

Робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю G7 – Агроінженерія.

В роботі виконано пошук технічних можливостей зниження енергоємності і поліпшення якості обробітку ґрунту комбінованої ґрунтообробної машини АГРО-3.

Складені математичні моделі взаємодії з ґрунтом чизельних робочих органів та динамічного функціонування ґрунтообробної машини.

Обґрунтовані відповідно в дво - і тримірних просторах профілі долота і наральника чизельних робочих органів, отримані залежності коливань рами машини від її маси та відстані від точки причепа до центра мас.

Визначені енергетичні та показники якості роботи комбінованої ґрунтообробної машини із запропонованими змінами технологічного процесу.

**Ключові слова:** комбінована машина, чизель, робочі органи, долото, наральник, функціонування, система твердих тіл.

## З М І С Т

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 8  |
| РОЗДІЛ 1. ПЕРЕДУМОВИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОМІСТКОСТІ ОБРОБІТКУ<br>ГРУНТУ ПІД ЗЕРНОВІ КУЛЬТУРИ.....             | 11 |
| 1.1 Агротехнічні вимоги до підготовки ґрунту під сівбу зернових культур...11                            |    |
| 1.2 Засоби механізації у системах обробітку ґрунту під сівбу<br>зернових культур.....                   | 17 |
| 1.3 Аналіз роботи комбінованих ґрунтообробних машин .....   | 20 |
| 1.4 Висновки з розділу .....  | 37 |
| РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОБҐРУНТУВАННЯ<br>ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРґАНІВ КОМБІНОВАНОЇ МАШИНИ..... | 39 |
| 2.1 Параметри чизельної лапи .....  | 39 |
| 2.2 Побудова розрахункової моделі функціонування комбінованої<br>ґрунтообробної машини.....             | 44 |
| 2.2.1 Серійна машина.....   | 44 |
| 2.2.2 Експериментальна машина .....   | 50 |
| 2.3 Обґрунтування відстані між чизельними робочими органами.....  | 54 |
| 2.4 Висновки з розділу .....  | 56 |
| РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ...   | 57 |
| 3.1 Програма експериментальних досліджень .....   | 57 |
| 3.2 Опис експериментальних установок.....   | 57 |
| 3.3. Методика визначення фізико-механічних властивостей ґрунту.....                                     | 60 |
| 3.4 Методика проведення експериментальних досліджень .....  | 61 |
| 3.4.1 Вивчення процесу взаємодії з ґрунтом чизельних робочих органів.....                               | 61 |
| 3.4.2 Визначення енергетичних та якісних показників роботи<br>чизельних робочих органів .....           | 62 |
| 3.4.3 Обґрунтування технологічної схеми комбінованої<br>ґрунтообробної машини.....                      | 63 |
| РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ..  | 65 |

|  |   |     |
|--|---|-----|
| 4.1  | Процес взаємодії з ґрунтом чизельних робочих органів.....   | 65  |
| 4.2  | Якість роботи та енергетичні показники чизельних робочих органів.....                               | 69  |
| 4.3  | Обґрунтування технологічної схеми комбінованої ґрунтообробної машини.....                           | 72  |
| 4.4  | Порівняльні польові експерименти.....   | 76  |
| 4.5  | Висновки з розділу.....   | 79  |
| <b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>                      |   |     |
|  | СИТУАЦІЯХ.....  | 81  |
| 5.1  | Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення в господарстві..... | 85  |
| 5.2.   | Заходи по поліпшенню умов праці.....  | 86  |
| 5.3  | Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі виникнення пожежі.....                                | 87  |
| 5.4  | Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці в підприємстві.....                 | 88  |
| <b>РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО КОМБІНОВАНОЇ МАШИНИ.....</b> |   |     |
|  | ВИРОБНИЦТВО КОМБІНОВАНОЇ МАШИНИ.....  | 91  |
|  | ВИСНОВКИ.....   | 97  |
|  | БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....   | 102 |

## ВСТУП

Аграрні підприємства мають не одну тисячу гектарів землі сільськогосподарського призначення і завжди у відношенні до обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур мали і мають диференційовані підходи в застосуванні сільськогосподарських машин і механізмів. Як показують наукові дослідження і практика є різні форми ефективного використання сільськогосподарської техніки [129]. Аналіз використання тракторів і сільськогосподарських машин показує, що для вирощування зернових і просапних культур потрібні індивідуальні підходи. Виробництво зерна – ключове державне завдання, і в кожному господарстві площі озимих становлять не менше 55 % в структурі всіх зернових культур. В умовах ринкових відносин головний показник успіху є запровадження енерго-, ресурсо- і вологозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур, які дають можливість отримати конкурентоспроможну продукцію. Але по ряду причин в державі домінують високо затратні технології вирощування сільськогосподарських культур, які гальмують поставки вирощеної продукції на зовнішні і внутрішні ринки. Успіхи, які має Україна в розробці ґрунтозахисних систем землеробства відчутні там, де іде оновлення парку сільськогосподарських машин новими комбінованими машинами. При такій постановці питання, на перше місце виходять технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються на мінімальному обробітку ґрунту без обертання скиби, проведення підвищення родючості ґрунту не тільки шляхом внесення органічних добрив, а й внесення в ґрунт нетоварної частини врожаю (соломи, стебел кукурудзи, соняшника, гички), добрив, біостимуляторів росту і розвитку рослин. Запровадження таких технологій дають можливість знизити витрати паливно-мастильних матеріалів в 2-4 рази, мінеральних добрив – в 10 разів (компенсується тільки азотна недостатність – 10 кг діючої речовини азоту на 1 т залишеної в полі соломи та інших післяжнивних залишків), пестицидів – у 8 разів.

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур направлені на систему мінімального обробітку, отримання запрограмованих кінцевих результатів з ефективним використанням природних та інших не поновлювальних ресурсів. Такі технології як інтенсивна, ресурсозберігаюча, ґрунтозахисна, в основі яких є вивчення та врахування потреби рослин на кожній фазі органогенезу; зниження кількості технологічних операцій; застосування комбінованих і комплексних агрегатів; локальне внесення добрив; стрічкове та смугове обприскування; зниження норм втрат технологічних матеріалів за рахунок підвищення якості та точності операцій; збереження родючості ґрунтів шляхом усунення машинної та природної деградації ґрунтів (ущільнення ерозії, винесення ґрунту та інших складових родючості). На рівні технології виявляються системна єдність таких перерахованих елементів: технологічні засоби, технологічні матеріали та середовища. Головною ознакою елементів сучасних технологій є запровадження комбінованих машин.

Сьогодні розроблена та впроваджена у виробництво велика кількість комбінованих машин для обробітку ґрунту під посів зернових культур. Однією з найбільш перспективних комбінованих машин є машина АГРО-3 виробництва ВАТ „Галещина, машзавод”. Відрізняє її від своїх аналогів висока якість обробітку ґрунту, технічна та технологічна надійність. За один прохід агрегату комбінована машина розпушує ґрунт на глибину 0,16 м, підрізає бур'яни, подрібнює їх та мульчує насінневий шар ґрунту. Недоліком машини є висока енергоємність, що не дозволяє трактору класу 3 розвивати швидкість більше 6,5 км/год і сприяє погіршенню якості виконання технологічного процесу.

Для зниження енергоємності машини проведені дослідження на удосконалення параметрів чизельних лап, технологічної схеми роботи машини, складені математичні моделі динаміки функціонування комбінованої машини, які були використані для удосконалення її конструкції.

Мета досліджень – підвищення ефективності вирощування зернових культур шляхом зменшення витрат енергії на підготовку ґрунту до сівби.

Задачі дослідження:

- проведення теоретичних досліджень для обґрунтуванню параметрів робочих органів комбінованої ґрунтообробної машини;
- побудова математичних моделей для опису динаміки функціонування комбінованої машини;
- проведення комплексу експериментальних досліджень з перевірки достовірності результатів теоретичних досліджень;
- розробка конструкції експериментальної комбінованої машини;
- визначення якісних та енергетичних показників роботи експериментальної машини;

Об'єкт досліджень – процес обробітку ґрунту і параметри комбінованої машини для підготовки його під посів зернових культур.

Предмет досліджень – обґрунтування технологічного процесу комбінованої ґрунтообробної машини.

## РОЗДІЛ 1

### ПЕРЕДУМОВИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ЗЕРНОВОЮ КУЛЬТУРОЮ

#### 1.1 Агротехнічні вимоги до підготовки ґрунту під сівбу зернових культур

Рослини можливо вирощувати у ґрунті при трьох найбільш необхідних умовах – це наявність води, повітря і поживних речовин. Якщо до цього додати догляд з метою надання сприятливих умов підготовки насіння до сівби, підготовки ґрунту для прийняття насіння з позиції формування сприятливих умов для росту і розвитку рослин, очікується ефект отримання сталих і вагомих врожаїв цих рослин.

Типи ґрунтів поділяють на підтипи. Так, серед ґрунтів чорноземного типу розрізняють підтипи [27, 35]:

- чорнозем звичайний;
- чорнозем глибокий;
- чорнозем південний та ін.

За цією кваліфікацією на Україні виділено близько 600 видів ґрунтів і майже по 100 підвидів у кожній ґрунтово-кліматичній зоні держави [19, 40]. Виділено 6 ґрунтово-кліматичних зон України: Полісся; Лісостеп; північний і центральний степ; південний степ; зона передгірних і гірських районів Карпат; зона передгірних і гірських районів Криму.

Зона Лісостепу має найкращі умови для землеробства та займає понад 28 млн. га [1, 13, 18], являється базовою основою, де інтенсивно запроваджено вирощування сільськогосподарських культур. Зона Полісся займає 10,9 млн. га. Інші зони мають набагато менші площі та специфіку застосування сільськогосподарських машин і енергетичних засобів.

Лісостепова зона України поділяється на підзони достатнього, нестійкого та недостатнього зволоження. Кількість опадів зменшується із заходу на схід від 700 до 430 мм за рік [25]. В Лісостепу вирощують високі

врожаї кукурудзи, ярих, зернових, зернобобових, цукрових буряків, озимої пшениці, овочевих культур тощо [12].

В системі землеробства Лісостепової зони необхідним є захист ґрунтів від ерозії, нагромадження вологи, впровадження систем захисту рослин від бур'янів, шкідників та хвороб, науково обґрунтованих систем підживлення рослин та структури посівних площ, які включають бобові трави та зернобобові [32-35].

Сучасні вимоги до підготовки ґрунту в зональних системах інтенсивного землеробства залишаються традиційними – створення оптимальних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур, підвищення родючості ґрунту та захист його від збіднення на поживні речовини. Операції розпушування, перевертання, перемішування, вирівнювання, ущільнення, залишення стернового фону, створення технологічної колії для послідуєчих проходів агрегатів – це сучасні ґрунтообробні заходи і основні технологічні процеси. Надмірне розпушування ґрунту викликає дифузне випаровування вологи, надмірне ж ущільнення ґрунту призводить до зниження врожаю сільськогосподарських культур [26]. При об'ємній масі ґрунту понад 1,30-1,40 г/см<sup>3</sup> погіршується доступ кисню до кореневої системи рослин, життєздатність аеробних мікроорганізмів знижується [19, 40]. Діапазон щільності під час обробки ґрунту змінюється, так на ґрунтах дерново-підзолистих, чорноземних ґрунтах Лісостепу у межах 0,90-1,40 г/см<sup>3</sup>.

Щільність орного шару мінеральних ґрунтів коливається від 0,80 до 1,60 г/см<sup>3</sup> [42]. За дослідженнями науково-дослідного агрофізичного інституту при вирощуванні зернових культур на дерново-підзолистих, середньо- та важко суглинкових ґрунтах оптимальні умови росту і розвитку були при щільності 1,20-1,30 г/см<sup>3</sup> [2, 41]. Корені пшениці не проникають в ґрунт, щільність якого перевищує 1,63 г/см<sup>3</sup>, а пористість нижча за 39 % [19, 25, 27].

Для зменшення ущільнення ґрунту в дослідях, проведених у Швеції на важких глинистих ґрунтах, знаряддя переміщували спеціальними тросами за допомогою лебідки і двигуна. Після чотирьох років вирощування за такою схемою обробітку врожай став вдвоє вищий на цій ділянці, ніж на сусідній, де ґрунт оброблявся за звичайною схемою, тобто тракторами. Не бажана і занадто мала щільність ґрунту. Так, при об'ємній масі 0,86-0,90 г/см<sup>3</sup> врожайність рослин також зменшується [41]. При цьому встановлено [21, 42], що трактори, маса яких перевищує 8-10 т, ущільнюють чорнозем до 1,40-1,45 г/см<sup>3</sup> (рис. 1.1).

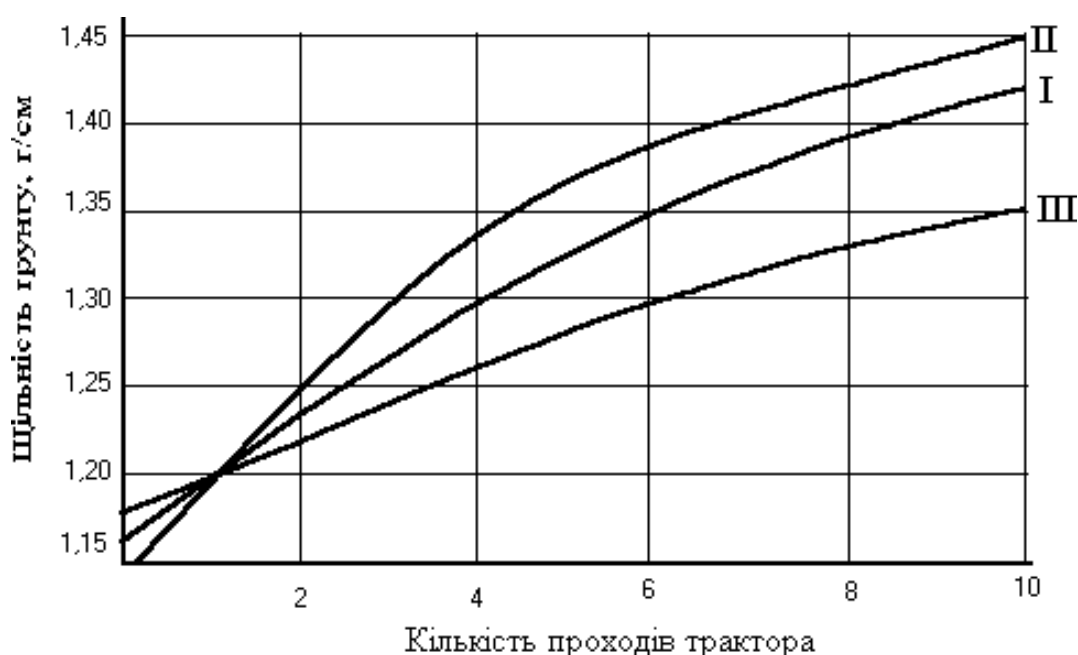


Рис. 1.1. Зміна щільності чорнозему залежно від кількості проходів трактора ХТЗ-І50 К-05-09

Щоб прослідити зміну твердості чорнозему в залежності від кількості проходів трактора типу 3 т. с., використаємо рис. 1.2 [36] і розглянемо ґрунт по шарах: І - 0 - 10 см; ІІ - 10 - 20 см; ІІІ - 20 - 30 см.

Загальну пористість і повітроємність орного шару, в залежності від кількості проходів трактора ХТЗ-І50К, можна прослідити на рис. 1.3 [34,36]. Площа ущільнення поля в залежності від питомого опору ґрунту під час проведення основного передпосівного і міжрядного обробітків представлені на рис. 1.4 [25].

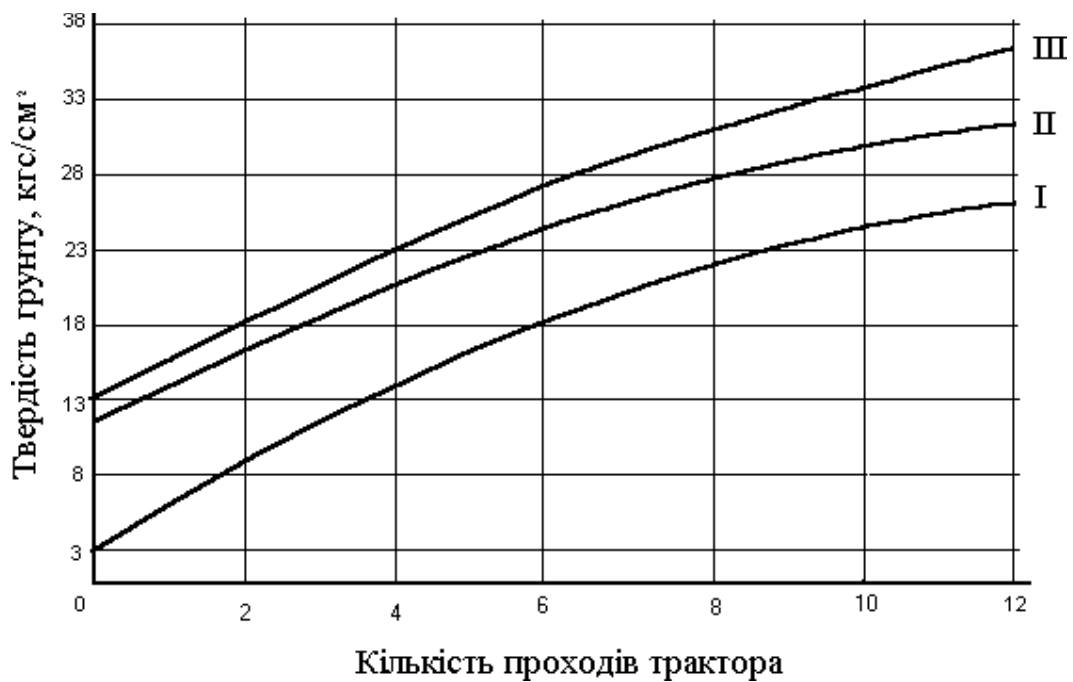


Рис. 1.2. Зміна твердості чорнозему залежно від кількості проходів трактора ХТЗ –150 К-05-09

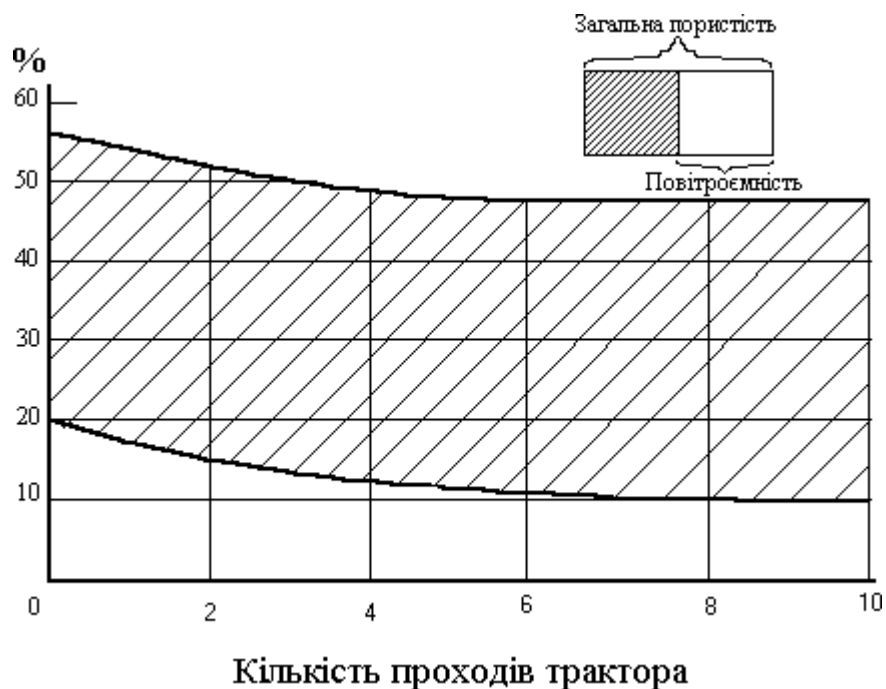


Рис. 1.3. Загальна пористість і повітроємність орного шару чорнозему в залежності від кількості проходів трактора ХТЗ-150К-05-09

Як видно з рис. 1.1 – 1.4, обробіток ґрунту дає змогу активно впливати на мікробіологічні процеси, які протікають в ньому. За приблизними

розрахунками вчених [55, 56], ґрунтові мікроорганізми забезпечують рослини фосфорними і калійними добривами у легкодоступній формі та щорічно засвоюють з повітря близько 100 млн. т. азоту. Ці мікроорганізми виділяють різні фізіологічно-активні речовини – ауксин, гіберелін, вітаміни, які спонукають рослину до розвитку. Важливе значення при цьому відіграє спосіб обробки ґрунту. Як показують дані наукових досліджень [56], при оранці з перевертанням скиби відбуваються мікробіологічні процеси в орному шарі завдяки біогенності. Ці процеси протікають протягом вегетаційного періоду. Нижні шари, які переміщуються при цьому на поверхню, підвищують біогенність, але не завжди досягають рівня верхнього шару. Коли застосовують поверхневий і плоскорізний обробіток, підвищується кількість мікроорганізмів у верхньому шарі й зменшується в нижніх. Наведені дані свідчать, що при виборі того чи іншого способу обробітку слід враховувати перш за все конкретні ґрунтово-кліматичні умови, наявність в ґрунті вологи й органічних речовин, особливості розміщення кореневої системи вирощуваних культур тощо [10, 44].

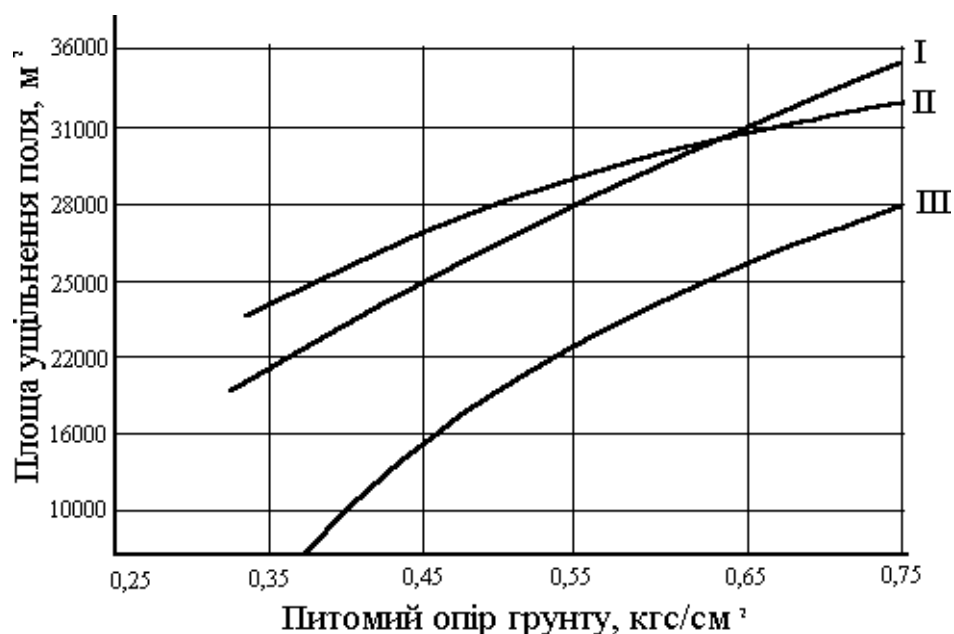


Рис. 1.4. Площа ущільнення поля залежно від питомого опору ґрунту під час проведення основного, передпосівного і міжрядних обробітків

І – під кукурудзу; ІІ – цукрові буряки, ІІІ – озиму пшеницю

Структура ґрунту є основою запровадження того чи іншого виду обробітку [25]. За ознакою, структура ґрунту – це різні за формою і величиною окремість, на які розпадається ґрунт. Тому розрізняють структуру ґрунту – зернисту, грудкувату, призматичну, стовпчасту тощо [81, 82]. Оптимальні умови водного і повітряного режимів створюються в ґрунтах з дрібно грудочкуватою і зернистою структурою, так як між агрегатними частинами знаходяться проміжки, які заповнені повітрям або дрібним ґрунтом вигляді пилу.

Агрономічно цінною є тільки така структура, що забезпечує родючість ґрунту. Для чорноземних ґрунтів, за дослідними даними Д.І. Булова, оптимальний розмір структурних агрегатів ґрунту знаходиться у межах 0,25-3,00 мм, а для важких суглинкових ґрунтів нечорноземної зони, за С.А. Наумовим, – 1,00-3,00 мм [35, 39]. Д.М.Прянишников вказував, що структура поліпшує фізичні властивості ґрунту: зменшує зв'язність, збільшує пористість, поліпшує водно-повітряний режим. Фізико-механічні властивості ґрунту залежать від механічного складу, вмісту органічних речовин, структури. Так, загальна пористість структурних ґрунтів повинна бути в межах 55-65 %, а у безструктурних – в 2 рази меншою. Від зв'язності залежить опір ґрунту під час обробітку, а також умови росту коріння рослин. Менш зв'язні ґрунти – це ґрунти з високим вмістом гумусу.

Якість передпосівної підготовки ґрунту можна оцінити по структурі посівного шару. Структура з розміром грудочок 0,25...10,00 мм є найбільш цінною в землеробстві. В обробленому шарі ґрунту грудочок розміром від 0,25 до 10 мм повинно бути біля 80 %, пилу та грудок – не більше 20 % [107]. Своєчасність обробітку ґрунту повинна відповідати фізичній його стиглості та вимогам вирощуваній культурі, під яку готується ґрунт.

Глибина розпушування під сівбу повинна бути рівномірною, відхилення середньої глибини від заданої не повинно перевищувати  $\pm 1$  см. Оброблене поле повинно мати висоту гребенів не більше 3-4 см. При цьому не допускається підняття на поверхню нижнього вологого шару, бур'яни мають бути повністю підрізани.

## 1.2. Засоби механізації у системах обробітку ґрунту під сівбу зернових культур

Виробничі процеси обробітку ґрунту спрямовані на створення сприятливих умов для розвитку рослин за допомогою лушення стерні, оранки, безполицевого обробітку, снігозатримання, боронування, шлейфування, вирівнювання поверхні ґрунту, прикочування, фрезерування, щілювання, чизелювання, пошарового обробітку [22, 36,]. Один із аспектів застосування сільськогосподарських машин у землеробстві є використання ґрунтообробних машин і знарядь для механічного обробітку ґрунту. Механічний обробіток ґрунту у виробничих і технологічних процесах включає: глибокий, мілкий та поверхневий обробітки ґрунту.

Основний обробіток ґрунту – це найбільш глибокий обробіток ґрунту в технології вирощування сільськогосподарської культури [87].

Перед основним обробітком ґрунту проводиться лушення стерні з метою збереження вологи, провокації росту бур'янів (з послідуєчим їх знищенням) та покращання умов послідуєчого використання машинно- тракторних агрегатів. Для цього використовують як дискові так і лемішні луцильники. Луцильники ЛДГ-5, ЛДГ-10, ЛДГ-15, ЛДГ-20 і інші дискового типу набули більш ширшого застосування чим лемішні, особливо при врахуванні витрат паливно-мастильних матеріалів. При підготовці ґрунту до оранки на зяб широке розповсюдження набули дискові борони.

Основний обробіток ґрунту проводять або з перевертанням скиби, або тільки розпушуванням і підрізанням коріння бур'янів. Оранку з перевертанням скиби проводять на глибину 18-30 см. Оранку з невеликим орним шаром ґрунту інколи суміщають з одночасним рихленням до 35-42 см. Обробіток ґрунту за методом Т.С. Мальцева – рихлення плугом на глибину 35-42 см без обертання скиби. Такий обробіток проводиться один раз в 5-6 років. Плуги для звально-розвальної оранки мають право - обертів корпуси, а плуги для гладкої оранки – право та ліво-обертів, які працюють

поперемінно у прямому і зворотному проходах плуга. Плуги для гладкої оранки діляться на обертові, клавішні і човникові.

Мілкий та поверхневий обробіток ґрунту включає такі технологічні операції: розпушування, ущільнення ґрунту, підрізування бур'янів, загортання добрив на глибину до 14 см. Для цього використовують луцильники, культиватори, борони, мотики, котки, фрези та ін. машини та знаряддя.

Котки застосовують для розбивання грудок, брил, розпушення кірки, ущільнення, вирівнювання поверхні поля, прикочування багаторічних трав перед заорюванням їх в ґрунт, знищення льодяної кірки на озимих посівах та ін. заходах у землеробстві.

Не маловажне значення в землеробстві відводиться і застосуванню борін. Ці знаряддя готують ґрунт до збереження вологи в ньому, забезпечують вирівнювання поверхні поля, знищення бур'янів, загортання насіння та мінеральних добрив, роздрібнення та рихлення брил ґрунту, знищення кірки поверхні після дощів.

Застосування культиваторів в системі обробітку ґрунту є однією з необхідних умов вирощування сільськогосподарських культур. Їх застосування широке і не однозначне. Культиватори ділять на культиватори суцільного обробітку ґрунту, до яких відносять парові, передпосівного обробітку ґрунту, культиватори - плоскорізи, штангові та просапні для міжрядного обробітку посівів сільськогосподарських культур і їх підживлення.

Передпосівний обробіток ґрунту включає ряд технологічних операцій, таких як боронування та культивацію. Боронування (можливі варіанти вирівнювання, якщо брили збереглися до весни), обробіток дисковими боронами або лапчастими культиваторами (не можна дискувати поля, забур'янені пирієм та осотом), культивація з боронуванням. Таких культивацій буває 1-3, перші – на більшу глибину, остання – на глибину загортання насіння. Основне завдання передпосівного обробітку ґрунту – це збереження вологи в ньому, яка накопичувалася на протязі осінньо-зимового періоду, створення пухкого дрібно-грудочкуватого шару на поверхні та сприятливих

умов для якісного загортання насіння з метою швидкого і дружнього його проростання, очищення поля від бур'янів. Зуби сучасної важкої борони тиснуть на ґрунт з силою 20 Н, середньої - 15 Н, легкої – до 10Н. Наявність розпушеного дрібно грудочкуватого шару ґрунту завтовшки 3-5см – ознака високоякісної підготовки ґрунту до посіву. Обробіток ґрунту культивацією неспілого ґрунту призводить до утворення брил і досягти високої якості робіт неможливо. Передпосівна культивація проводиться на глибину проходу сошників сівалки, щоб насіння під час сівби лягало натвердий і вологий ґрунт (ложе) і закривалося пухким шаром. Насіння добре забезпечене при цих умовах для його проростання як вологою так і повітрям, які вільно надходять через пухкий шар. Якщо глибина культивації більша за необхідну, насіння лягає на розпушений ґрунт і до нього гірше доходить волога внаслідок переривання капілярного зв'язку. В цьому зв'язку проростання насіння та з'явлення сходів залежить від погодних умов, зокрема випадання дощів у післяпосівний період. На важких ґрунтах доцільно застосовувати на передпосівній культивації культиватори з розпушувальними лапами на жорстких стійках. Культиватори з пружинними лапами слід поєднувати з коткуванням і боронуванням. Подібна схема обробітку досягається комбінованими агрегатами.

Серед ґрунтово-кліматичних зон України найбільше ерозованої та ерозійно небезпечної ріллі (66,4 %) знаходиться в Степу [1-7], внаслідок чого щорічно недобирають значну кількість зерна. Застосування агротехнічних заходів таких як контурна, гребениста, східчаста, мікрокулісна, безполицева оранки, переривчасте боронування, лункування зябу та парів дають підвищення врожайності 2-3 ц/га. Вагоме місце в цьому належить безполицевому обробітку ґрунту. Як показують результати, застосування плоскорізного обробітку ґрунтів сприяє одержанню більшої кількості продукції, ніж при систематичній оранці.

Складовою частиною ґрунтозахисного обробітку ґрунту є мінімалізація, яка передбачає зменшення глибини обробітку, кількість механічних обробітків або поєднання технологічних операцій. При цьому досягається збереження структури, запобігання надмірного ущільнення ґрунту, підвищення його стійкості проти ерозійних процесів [8, 9, 12, 13]. В степовій зоні добре себе зарекомендувала система мілкоогобробітку ґрунту під озимі культури, що розміщаються після непарових попередників або по зайнятому пару.

Як свідчать досягнення науки і практичного досвіду, великої шкоди приносить формальне застосування в землеробстві прийомів обробітку ґрунту в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Так, у США, Канаді та інших країнах світу де було тривале застосування однотипних способів обробітку ґрунту інтенсивне розорювання досить родючих степових масивів (прерій) викликало швидкий розвиток ерозійних процесів, тим самим ці масиви стали не родючими. Про це переконливо свідчить досвід освоєння цілинних земель, де звичайна оранка з обертанням скиби виявилась малоефективною. На цих полях погано затримувалася сніг, мало нагромаджувалось вологи та прискорювались ерозійні процеси. Тому була розроблена технологія оранки без обертання скиби [4].

Аналіз застосування традиційної системи машин в підготовці ґрунту для сівби у технологіях вирощування сільськогосподарських культур засвідчує те, що ідуть великі витрати паливно-мастильних матеріалів, відбувається небажане ущільнення ґрунту, прискорення руйнування структури ґрунту тощо [8].

### 1.3. Аналіз роботи комбінованих ґрунтообробних машин

На даний час існує багато наукових обґрунтувань [4, 6] про можливість повної відмови від великої кількості механічного обробітку ґрунту, як уже було описано вище. Саме тому давно виникали думки про доцільність коротити, не порушуючи правил землеробства, систему заходів обробітку

грунту, тобто добитися мінімалізації його обробітку.

Способів мінімалізації обробітку ґрунту існує дуже багато, але всіосновні заходи зводяться до:

- використання гербіцидів;
- використання широкозахватних агрегатів;
- використання комбінованих агрегатів;
- передпосівного фрезерування ґрунту.

Як показує практика, із перерахованих способів мінімалізації обробітку ґрунту пріоритетного напрямку набуває застосування комбінованих ґрунтообробних машин і агрегатів [13, 14], які щадять екологічне середовище, мають високу продуктивність, дешеві у використанні, не порушують агротехнічних показників і строків виконання технологічних операцій вирощування сільськогосподарських культур. Розрізняють три основні типи комбінованих машин. Перший тип комбінованих машин – це коли агрегат складається із кількох послідовно з'єднаних простих машин, кожна з яких виконує певну операцію. Другий тип – це коли на одній рамі послідовно встановлюються прості робочі органи для виконання технологічного процесу. Третій тип комбінованих машин – машини із спеціальним комбінованими робочими органами для послідовного виконання технічного процесу.

Практична сторона свідчить, що із запроваджених типів комбінованих машин найвищі показники дає тип комбінованих машин, обладнаних спеціальними робочими органами для послідовного виконання технологічного процесу підготовки ґрунту до сівби або інших операцій, пов'язаних із вирощуванням сільськогосподарських культур [3, 32].

В цілому по Україні існує більше 100 варіантів підготовки ґрунту до посіву з відповідними наборами робочих органів машин із врахуванням особливостей вирощуваних культур [10-13]. Примірна карта-схема підготовки ґрунту для Лісостепу України, де зображені типи робочих органів, послідовність технологічних операцій, глибина обробітку (см) і широке застосування комбінованих агрегатів, наведені на рис. 1.5.

Комбіновані машини мають певний набір робочих органів, які

розставляються в послідовності технологічним операціям, що виконуються при обробці ґрунту. Комбіновані машини по призначенню поділяють на 3 основні групи.

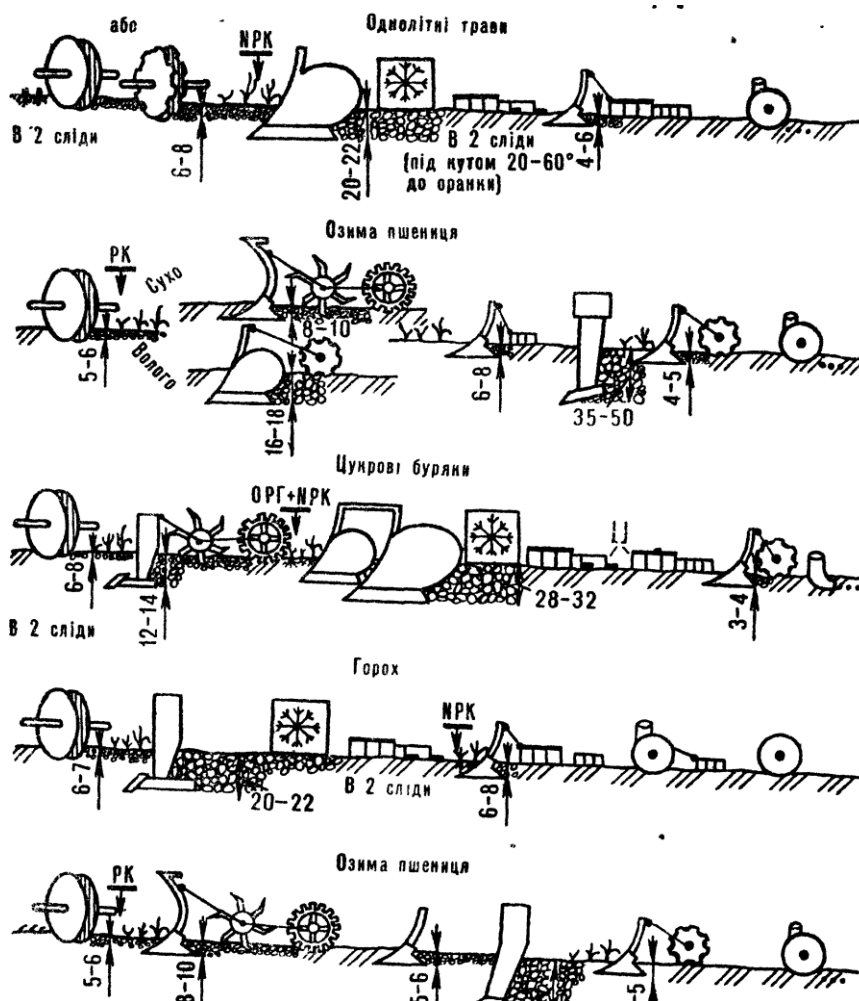


Рис. 1.5. Робочі органи комбінованих машин для обробки ґрунту в умовах Лісостепу

Перша група – машини для суміщення основного та передпосівного обробки ґрунту. До першої групи можна віднести комбіновані агрегати та машини як вітчизняного так і зарубіжного виробництва: ГРН-1,6; ГРН-3,9; фірми “Лемкен” агрегат “Смарагд”, “Європак”, АПЧ-2,5, АКШ-3,6, РАУ-POLYVAG, АКП-2,5; АКП-5; комбінована машина АКР-3,5, пристрій ПВР-3,5 до плугів, плуг з комбінованими робочими органами ПВН-3-35 та ін.[15, 16].

Ґрунторозпушувачі типу ГРН випускає Київський завод “Агромаш” (рис. 1.6, 1.7). Ґрунторозпушувачем обробляють поля після збирання буряків, зернових та інших культур, висота рослинних решток яких не перевищує 15 см. Агрегат забезпечує безполицевий обробіток ґрунту на глибину до 22 см і

культивувацію на глибину до 12 см. Вологість ґрунту не перевищує 25%, а твердість - 0,6 Па (6 кгс/см<sup>2</sup>). Особливо ефективним є використання агрегату весною, при підготовці під посів необроблених з осені полів. Агрегуються з тракторами Т-150, Т-150К, ХТЗ-17021, ХТЗ-180, ЮМЗ, МТЗ.

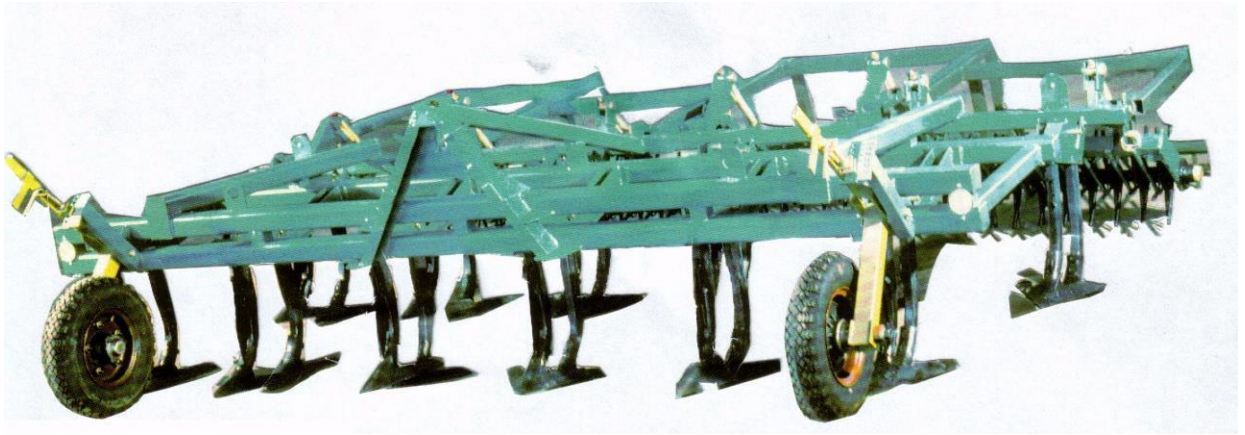


Рис.1.6. Ґрунторозпушувач ГРН-1,6(2,9; 3,9)

При русі агрегату по полю вертикальні ножі розрізають ґрунт у вертикальній площині, а також перерізають рослинні залишки на його поверхні та кореневу систему в верхньому горизонті ґрунту, чим запобігають їх накопичення на стояках культиваторних лап. Лапи на гряділях розташовані уступом одна за одною по ходу агрегату, перша глибина обробки 8...12 см, друга – 16...22 см. При переміщенні їх в групи кожна лапа підрізає в горизонтальній площині шар ґрунту невеликої товщини та інтенсивно кришить його без обертання. Підпружинені голчасті катки, перекочуючись по обробленому лапами ґрунту та гребінки додатково подрібнюють, вирівнюють і завершують його підготовку під посів за один прохід агрегату. При осінньому обробітку на зяб голчасті катки та гребінки можна знімати з агрегату. Комбіновані машини для сумісного основного та додаткового обробітку знайшли застосування на різних типах ґрунтів. Так, комбінований оранний агрегат ПКА призначений для оранки, подрібнення ґрунту, ущільнення його та вирівнювання поверхні. Пристрої ПВР-3,5, ПВР-2,3, ПВН-3-35 (рис. 1.8) та інші пристрої, якими укомплектовуються плуги, в основному складаються із дворядного котка. Передній ряд котків набирають із вузьких дисків, другий ряд – із кільчато-шпорових дисків. Комбіновані агрегати АКП-2,5 та АКП-5

призначені для основного та передпосівного обробітку ґрунту без обороту шару ґрунту й знайшли застосування в районах недостатнього зволоження.

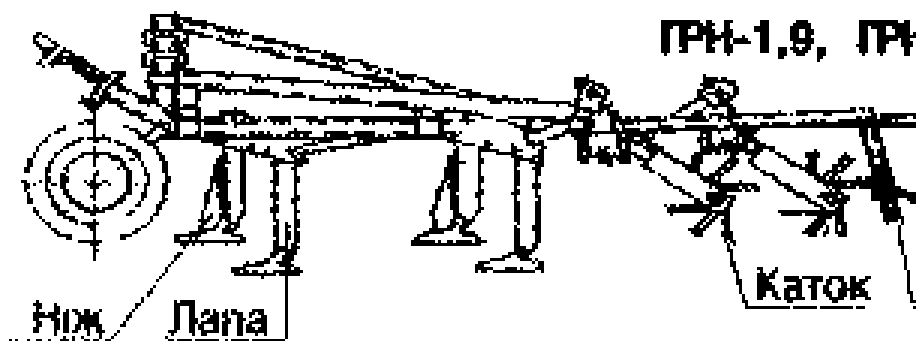


Рис.1.7. Технологічна схема ґрунторозпушувача ГРН

Комбінована машина “Смарагд” (рис. 1.9) застосовується для безпліцевого обробітку ґрунту з подрібненням згнивших залишків (в тім числі й минулорічних) на глибину до 15 см.

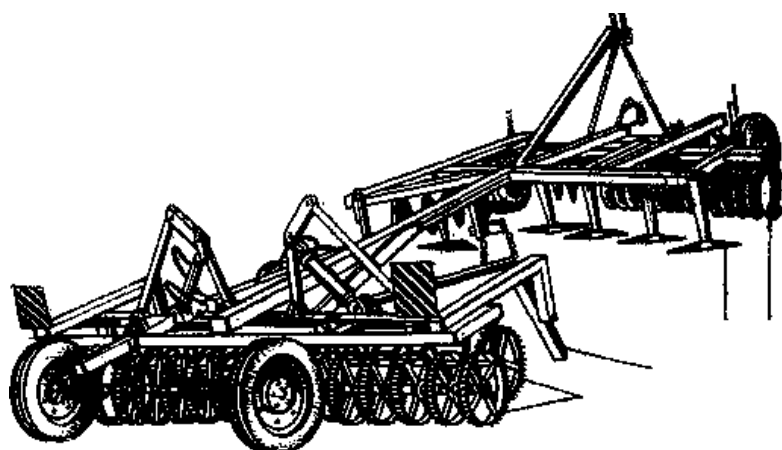
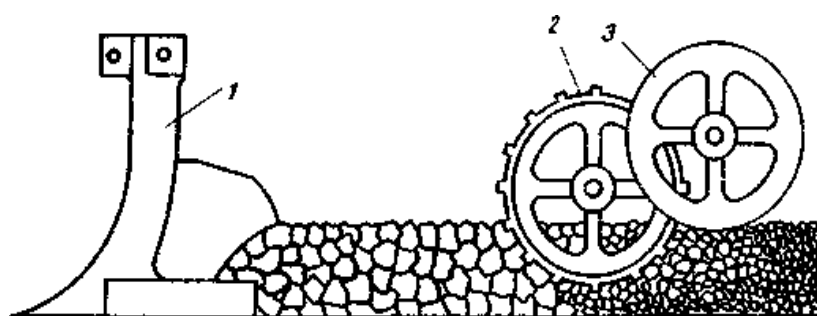


Рис. 1.8. Комбіновані машини:

1 – корпус плуга; 2 – диск котка; 3 – кільчато-шпоровий каток; 4 – вирівнювачі; 5 – плоскорізні лапи; 6 – дискові батареї; 7 – причіпне пристосування

Розпушує і вирівнює ґрунт, рівномірно перемішує його із залишками рослин. Може очищати нижні шари ґрунту, подаючи кореневища буряків на

поверхню ґрунту. Прикочує і ущільнює при цьому ґрунт, тим самим завершує передпосівну підготовку ґрунту до посіву.

Для „Смарагда” характерне: твердосплавне покриття робочих органів; висока продуктивність; ширина захвату від 2,6 до 10 м.

АКШ-3,6 – комбінована машина, яка застосовується як у традиційному, так і в ґрунтозахисному землеробстві, особливо у перехідний період від традиційного землеробства (яке базується на оранці) до ґрунтозахисного землеробства (рис. 1.10). Середньоглибокий основний обробіток ґрунту АКШ-3,6 можна проводити під всі культури сівозмін. При переході до ґрунтозахисного землеробства (до 5 років) обробіток рекомендуємо проводити в основному під просапні культури: цукровий буряк, кукурудзу на зерно та силос, соняшник, картоплю. Виконується він на 14-16 см, із зменшенням в наступні роки до 10-12см, а потім до 8-10 см.



Рис.1.9. Агрегат з комбінованою машиною фірми “Лемкен” “Смарагд”



Рис. 1.10. Комбінована машина АКШ-3,6

Плуг чизельний АПЧ–2,5 (або АПЧ-4) (рис. 1.11) використовується для глибокого розпушування ґрунту, замість зяблевої та весняної оранки, а також обробітку ґрунту по стерні зернових, а після збирання просапних – з попереднім дискуванням ґрунту. Робочими органами плуга є розпушувальні долотоподібні лапи з шириною захвату 70 мм і наральник – з шириною захвату 270 мм. Глибина обробітку долотом рівняється 30-40 см, наральником – 20-30 см.



Рис. 1.11. Агрегат чизельний АПЧ-2,5 (АПЧ-3)

Комбіновані агрегати АКП-2,5, АКП-5 використовуються для основного (без перевертання скиби) та передпосівного обробітку ґрунту (рис.1.12). Агрегат АКП-2,5 складається з двох секцій. На передній секції розміщені три дискові батареї 1 і три плоскорізні лапи 2. Задня секція складається з вирівнювача 4 і двох рядів кільчасто-шпорових котків 5, приєднується до рами передньої секції причіпним пристроєм.

Дискові батареї можуть бути з сферичними або голчастими. Під час руху агрегату дискові батареї 1 розпушують ґрунт на глибину до 8 см, а плоскорізальні лапи 2 підрізують скиби на глибину до 16 см, вирівнювач 4 вирівнює поверхню поля, а катки 5 розбивають грудки і ущільнюють ґрунт.

Сільськогосподарські машини РВК-3,6; ВИП-5,6 (рис. 1.12) та інші марки цих машин знайшли широке застосування із-за якісної підготовки ґрунту до посіву сільськогосподарських культур та вирівнювання поверхні ґрунту за один прохід. Досвід використання цих машин показує, що вони забезпечують підвищення продуктивності праці у 1,5...2 рази та збільшення врожайності зернових на 0,2...0,4 т/га.

До другої групи машин для суміщення операцій відносяться комбіновані машини РВК-3,6; РВК-5,4; РВК-7,2, вирівнювач ВИП-5,6, культиватор-глиборозпушувач КФГ-3,6, грядкоутворювач УГН-4К, комбіновані агрегати RAU-STERNTILLER; РАУ-ТЕРРАМАКС, АПБ-6, “Компактор”, ККП-6, КНШ-6, “Резидент”, “Система-Корунд” та інші.

Комбінований культиватор КШП-8 (рис. 1.13) за один прохід розрівнює поверхню, рихлить ґрунт на глибину 12 см і боронує або розпушує верхню поверхню поля. Культиватор КШП-8 має ширину захвату 8,4 м та агрегується із трактором класу 30 кН, а коли знімають секції при ширині захвату 6 м, або всіх бокових секцій при ширині захвату 3 м використовується з трактором класу 14 кН.

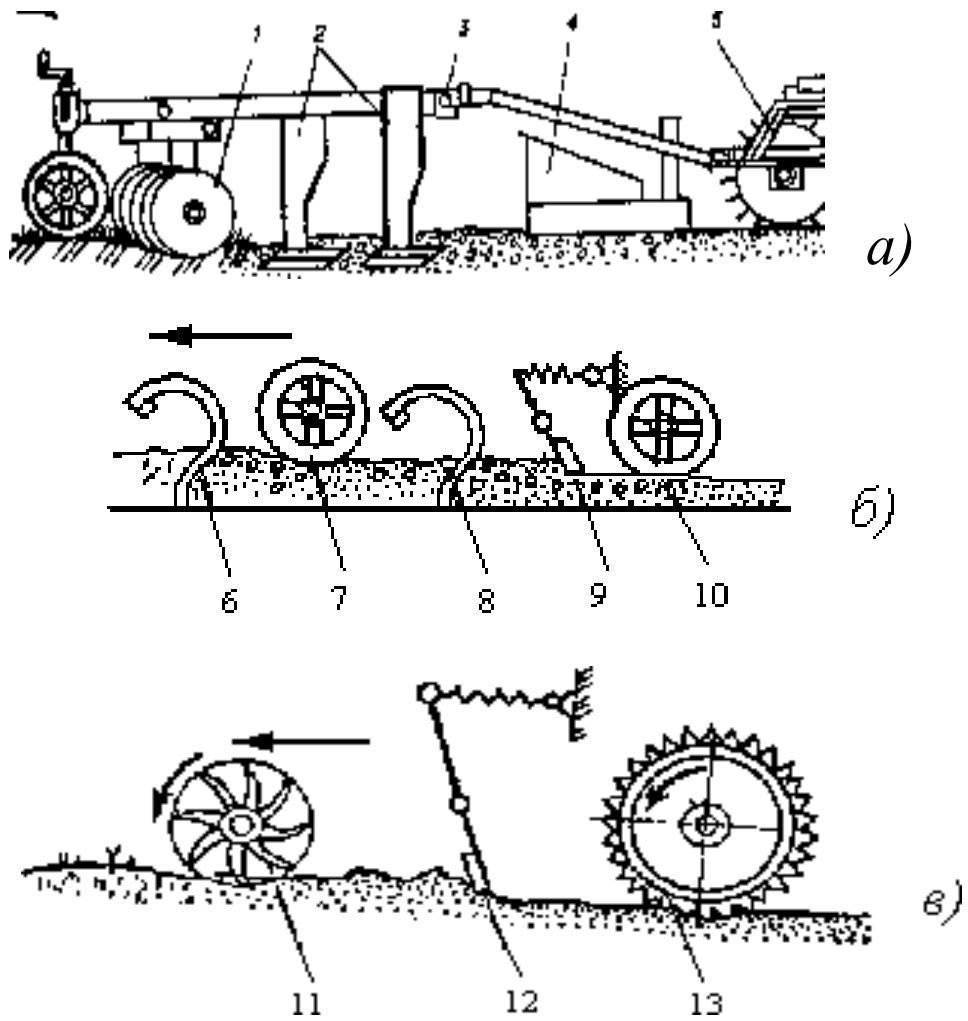


Рис. 1.12. Комбіновані машини для суміщення операцій передпосівного обробітку ґрунту: а) АКП – 2,5; АКП – 5; б) РВК; в) ВІП-5,6  
 1 – дискова батарея; 2 – плоскорізальні лапи; 3 – рама; 4 – вирівнювач;  
 5, 7, 10 і 13 – котки; 6 і 8 – розпушувальні лапи; 9 і 12 – вирівнювальні бруси;  
 11 – голчастий диск

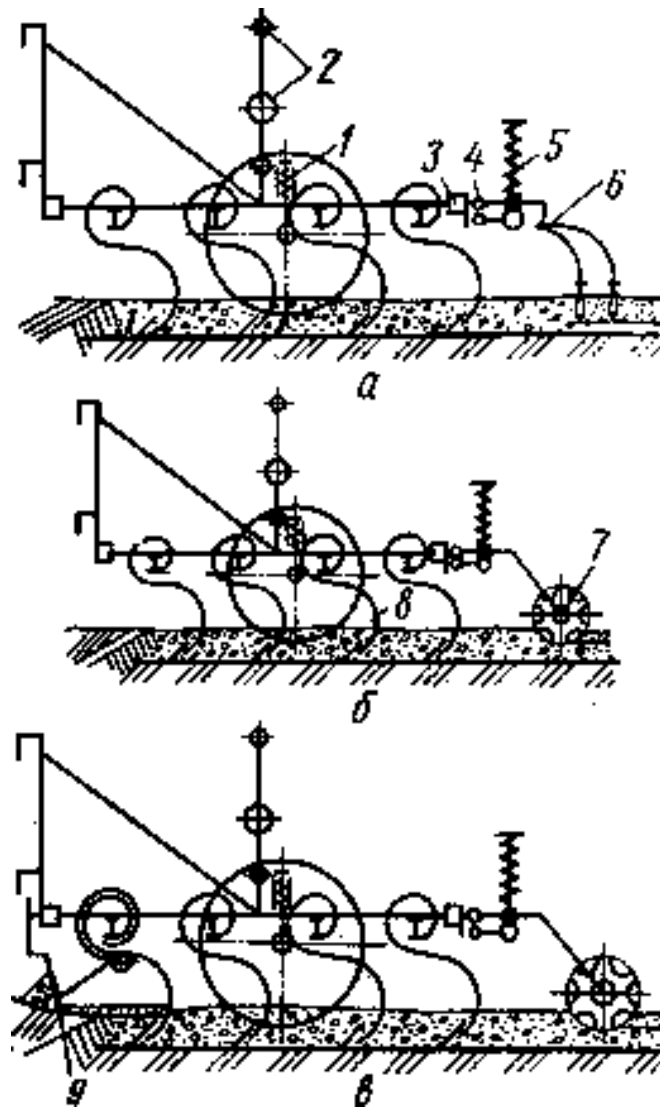


Рис. 1.13. Культиватор передпосівного обробітку ґрунту багатоопераційний КШП-8 (модифікація:КШП-3,6): а) з пружинними боронами КПЦ-80.000; б) з прутковими котками; в) з шлейф-балками та прутковими котками  
 1 – механізм регулювання глибини обробітку; 2 – механізм піднімання боронувальних секцій; 3 – рама; 4 – механізм навіски змінних робочих органів; 5 – пружина; 6 – пружинна борінка; 7 – прутковий коток; 8 – S-подібний прутковий зуб; 9 – шлейф-балка

Комбінована машина АПБ-6 призначена для закриття вологи та культивування ґрунту на полях з рівним та похилим рельєфом в усіх ґрунтово-кліматичних зонах (рис. 1.14). Вона агрегується з тракторами тягового класу 30 кН (Т-150К). Являє собою широкозахватну шарнірно-секційну машину з робочими органами, жорстко закріпленими на рухомо встановлених S-подібних стояках. Складається із рами, секцій робочих органів, зарівнюючих пристроїв, вирівнюючої балки, тандемних котків, механізму регулювання

глибини ходу робочих органів.

За один прохід агрегат виконує такі операції:

- інтенсивне рихлення ґрунту;
- вирівнювання поверхні поля;
- подрібнення та усадку ґрунту тандемом з легких та важких котків;
- подрібнення та зарівнювання ґрунту пружинними боронами;
- рихлення колії трактора спеціальними, переставними по ширині,

робочими органами.

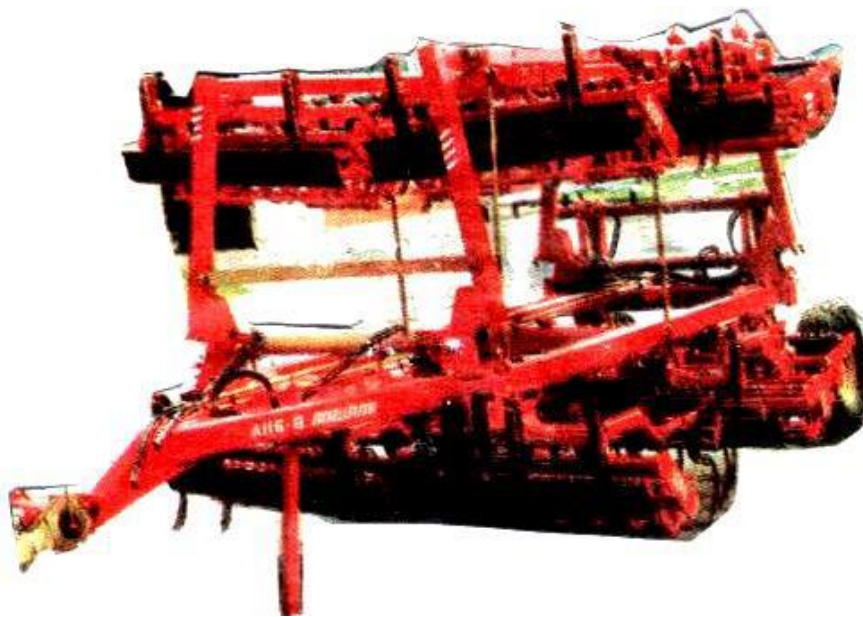


Рис.1.14. Машина передпосівного обробітку ґрунту АПБ-6

При обробці ґрунту машиною АПБ-6 досягається ефект якісної передпосівної поверхні: мілкозернисті фракції ґрунту знаходяться на рівні висіву зерна, а крупнозернисті – на поверхні ґрунту.

За даними агрегату АПБ-6 з комбінованою машиною, забезпечує зниження затрат на передпосівний обробіток ґрунту, в порівнянні з традиційною технологією, на 52 %, а витрати паливно-мастильних матеріалів – на 47,8 %.

Комбінація робочих органів РАУ-ТЕРРАМАКС (рис. 1.15) дозволяє за один прохід агрегату виконати цілий комплекс необхідних весняно-польових робіт:

- забезпечує можливість сумісного агрегування із сівалкою RAU AIRSCM;
- позбутися бур'янів і розпушити посівний шар ґрунту;
- подрібнити та перемішати ґрунт;
- створити ложе на глибинні заробки насіння.
- 

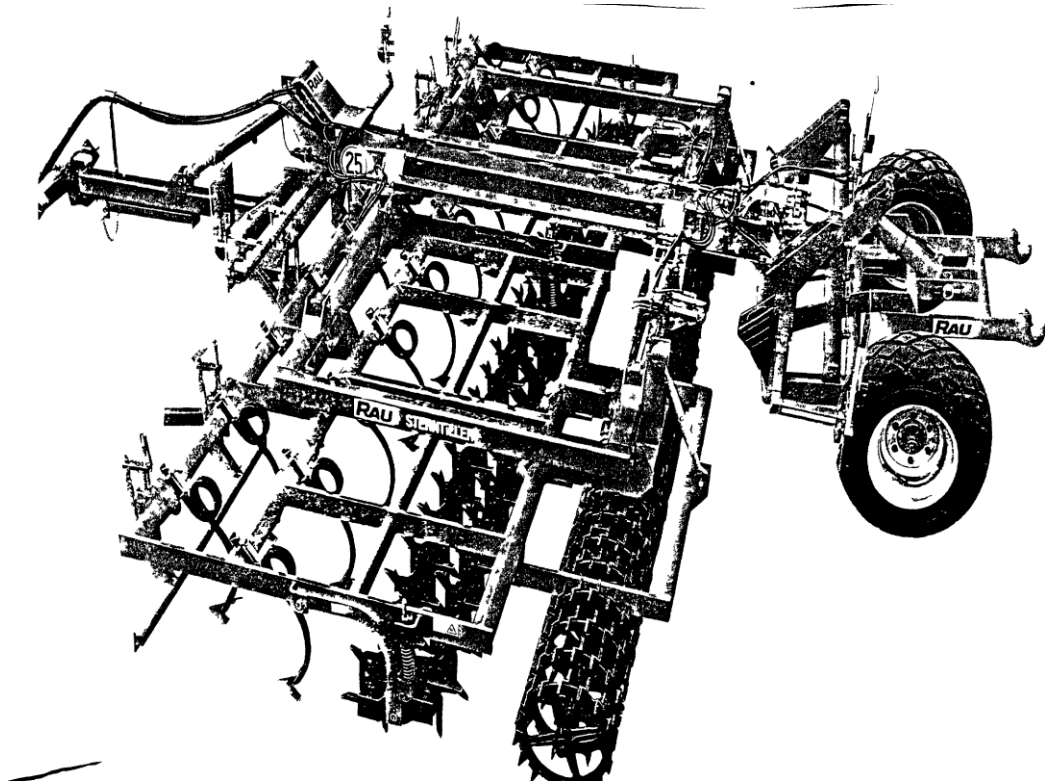


Рис. 1.15. Комбінована машина RAU-ТЕРРАМАКС  
для передпосівного обробітку ґрунту

Комбінована машина ККП-6,0 (рис. 1.16) виконує такі операції: інтенсивне розпушування ґрунту, вирівнювання поверхні поля за допомогою підпружених шлейфів, подрібнює грудки та ущільнює ґрунт секціями легких і важких котків, забезпечує додаткове розпушування тракторної колії. Третя група – машини для суміщення передпосівного обробітку ґрунту з сівби. У функцію цих машин входить передпосівна культивация та сівба. До цих машин в більшості випадків входять: культиватори та сівалки, а також застосовуються спеціальні ґрунтообробно-посівні фрезерні культиватори-сівалки, сівалки-культиватори, луцильники-сівалки, комбіновані машини КА-3,6, АПП-6, АЕРОМАТР, “Солітер” фірми “Лемкен” та ін.

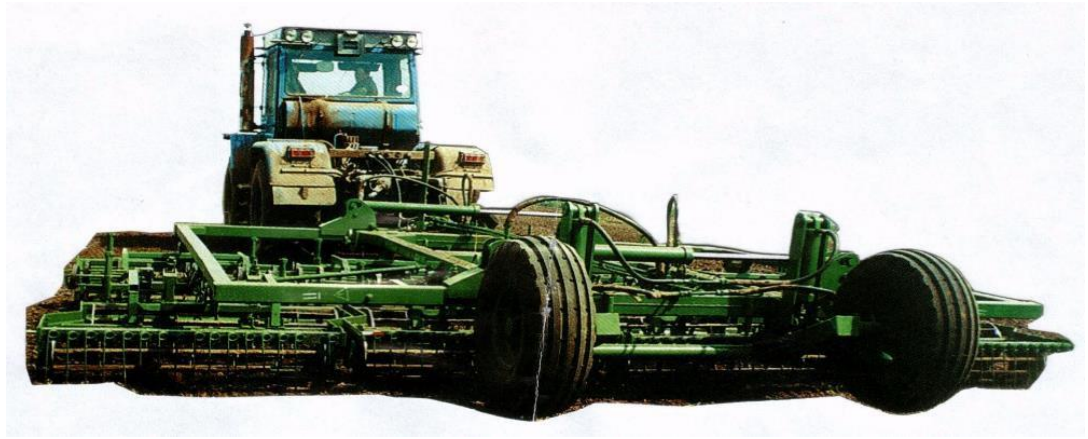


Рис. 1.16. Комбінована машина ККП-6,0

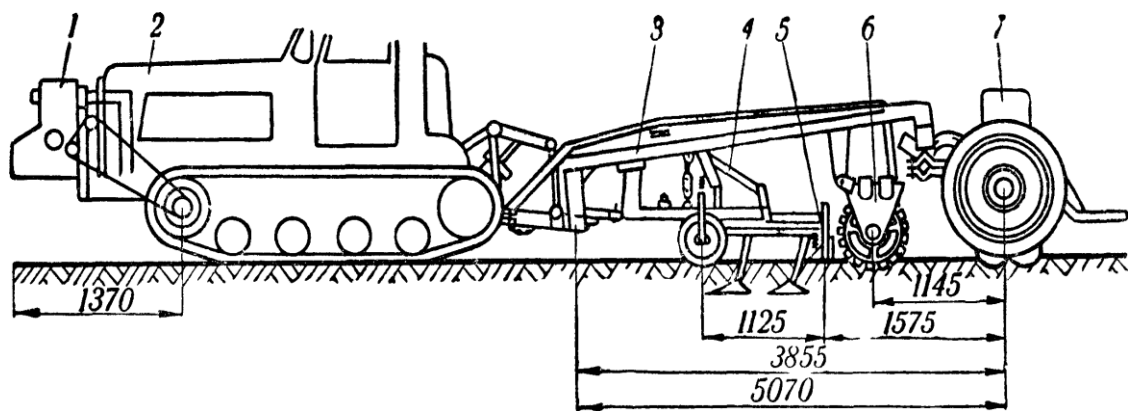


Рис. 1.17 . Схема комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту і сівби: 1 – сівалка для внесення добрив або гербіцидів; 2 – трактор; 3 – рама машини; 4 – культиватор; 5 – пристрій для вирівнювання ґрунту; 6 – коток; 7 – сівалка

На рис. 1.17 представлена схема машини, яка відноситься до третьої групи. За один період комбінований агрегат виконує ряд операцій: внесення добрив, культивацію, вирівнювання ґрунту, коткування та сівбу.

Перевагами агрегату є:

- великі межі регулювання норми висіву - від 2 кг до 466 кг на 1 га при швидкості руху до 14 км/год;
- відносно велика точність висіву;
- продуктивність досягає до 1,4 га/год на кожний метр робочої ширини захвату;
- регулювання ширини захвату від 3 до 6 м;

- відносно велика ємність бункера – від 1,1 м<sup>3</sup> до 2,3 м<sup>3</sup>.

Машини АПП-6 (рис. 1.18), Аеромат R (рис. 1.19), фірми „Лемкен” (рис. 1.20) являють собою пневмосівалки-культиватори, призначені для роботи як на полях, зораних традиційним способом, так і для сівби по стерні без попереднього обробітку. Агрегати з такими комбінованими машинами дозволяють виконувати за один прохід обробіток ґрунту, сівбу та боронування.

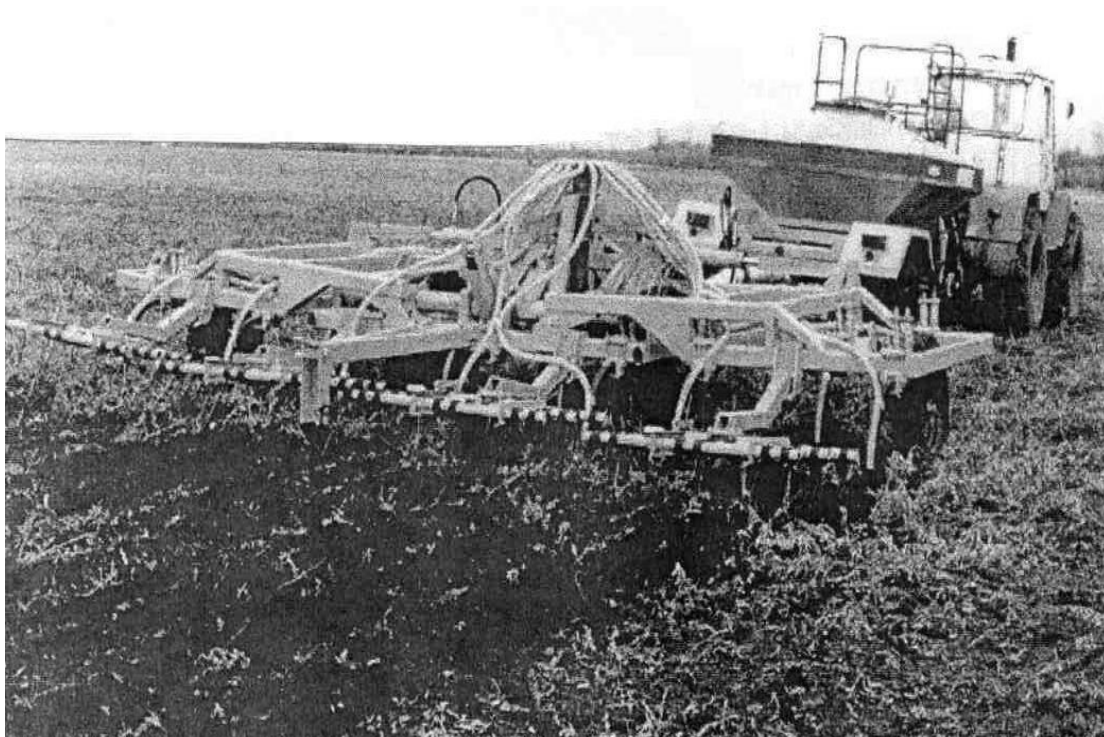


Рис. 1.18. Агрегат комбінованого посіву АПП-6

Сівба проводиться смугами шириною біля 15 см, що забезпечує більш сприятливі умови для розвитку сходів рослин у порівнянні з рядовою сівбою. Конструктивно передбачена сівба насіння пшениці, ячменю, бобових, кукурудзи, соняшника та кормових культур.

Модульна побудова агрегату дозволяє при потребі використовувати культиватор як окреме сільськогосподарське знаряддя для розпушення необроблених ґрунтів на глибину до 16 см. Наявність заднього причіпного

пристрою дозволяє агрегатувати з АПП-6 котки та інші сільськогосподарські знаряддя.



Рис. 1.19. Комбінована машина Аеромат R

Із розглянутих груп комбінованих машин і агрегатів має місце як велика кількість переваг так і недоліків. Заслуговує і те, що комбіновані машини комплектуються активними, пасивними та комбінованими (активно-пасивними) робочими органами.

Якщо розглянути комбіновані машини, в яких застосовуються активні робочі органи – це машини, що мають привід від валу відбору потужності (ВВП), то ці машини мають обмеження у широкому застосуванні. Вони потребують тракторів класу більше 30 кН, ідеальні погодні умови, що відповідно знижує зацікавленість виробників у їх застосуванні. Мала ширина захвату потребує високу надійність роботи гідравлічної системи трактора з її багатоопераційними використаннями.



Рис. 1.20. Комбінований агрегат фірми “Лемкен” підготовки ґрунту до сівби та сівбі пневматичною зерною сівалкою “Солітер”

На етапі підготовки ґрунту до сівби потрібні універсальні комбіновані машини, які б за один прохід виконали весь комплекс робіт відповідно до вимог агротехніки. Машина АГРО-3 – одна із комбінованих машин для основного і передпосівного обробітку ґрунту, яка може працювати у різних умовах вологості ґрунту та його забур'яненості (рис.1.21). Цю машину випускає ВАТ "Галещина, машзавод" Полтавської області. Польові випробування свідчать про її переваги над іншими типами комбінованих машин. Як показали проведені досліді із використанням БДТ-7, ПЧ-2,5, КПЕ-3,8 і АГРО-3, які працювали на окремих ділянках з визначенням їх якості обробітку верхнього шару ґрунту (0-10 см). Всі способи підготовки поля до сівби мали високий рівень якості [19].

Вказані способи обробітку практично не впливають на вологість як верхнього, так і метрового шару ґрунту. Якщо розглянути дуже важливий показник в землеробстві – очищення посівів від бур'яну, то агрегат АГРО-3 проявляє себе набагато краще, чим інші варіанти комбінованих агрегатів.

Як свідчать експериментальні показники, застосування АГРО-3 дає змогу зменшити кількість багаторічних корнеотприскових бур'янів. У контрольному посіві по двохразовому дискуванні нараховувалася 87 шт/м<sup>2</sup> бур'янів, в тому числі 24 багаторічних корнеотприскових. При сівбі після обробітку АГРО-3 із попереднім дискуванням їх було всього 57 шт/м<sup>2</sup> і в 2,4 рази знижується кількість багаторічних корнеотприскових бур'янів.

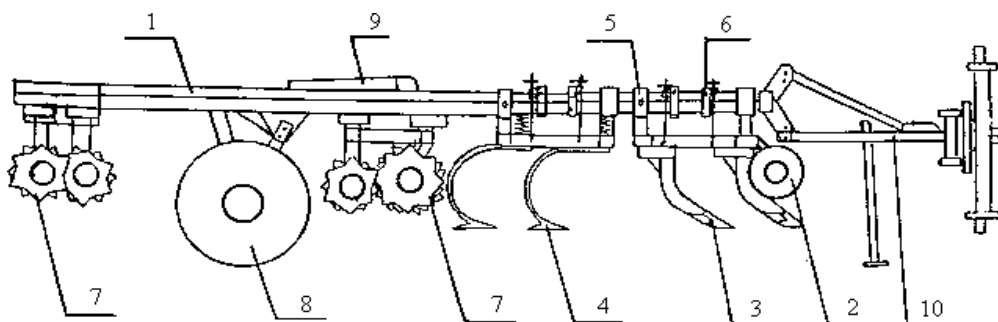


Рис. 1.21. Загальний вигляд комбінованої машини Агро-3:

1 – рама; 2 – опорне колесо з механізмом регулювання; 3 – чизельна секція; 4 – секція плоскорізальних лап; 5 – регулювальний кронштейн; 6 – регулювальна підвіска; 7 – секція ротаційних дисків; 8 – транспортні колеса; 9 – гідроциліндр; 10 – причіп

Такі результати отримані із застосуванням АГРО-3 без лап і попереднього дискування. Дослідні зразки обробітку чизельним рихленням також дають кращі показники в порівнянні із 2-х разовим дискуванням БДТ-7. При чизельному рихленню їх було 84 шт/м<sup>2</sup> проти 92 шт/м<sup>2</sup> при 2-х разовому дискуванні БДТ-7. Використання машини АГРО-3 показує ще раз, що

кількість бур'янів після обробітку поля цим агрегатом зменшилась до 70шт/м<sup>2</sup>, тобто їх було на 34% менше, що відповідно цей показник дає добрі передумови до підвищення урожайності сільськогосподарських культур. До початку збирання озимої пшениці після підготовки ґрунту до сівби 2-х разовим дискуванням БДТ-7 нараховувалося 491 шт/м<sup>2</sup>, а після обробітку АГРО-3 з попереднім дискуванням – 473 шт/м<sup>2</sup>.

Були отримані врожаї після обробки ґрунту БДТ-7 – 49,5 ц/га, по чизельному обробітку ґрунту – 48,7 ц/га. Після дискування та обробітку ділянки АГРО-3 – 54,3 ц/га.

Аналіз роботи агрегату показав, що застосування АГРО-3 має ряд переваг перед іншими способами застосування комбінованих агрегатів. Як підтверджують дані випробувань агрегату в складі трактора ХТЗ-17021 та АГРО-3, знижуються капіталовкладення в зрівнянні з оранкою на 16,8%, безполицевого – на 6,1%, прямих експлуатаційних витрат відповідно на 14,1% і 16,1%, витрати праці на 24,1 і 11,7%, витрати палива на 30,5 і 0,3% .

Основним недоліком роботи комбінованої машини АГРО-3 є велика її енергомісткість, яка не дозволяє трактору класу 30 кН розвивати швидкість руху 10...12 км/год і забезпечити більш якісні показники його роботи.

#### 1.4 Висновки з розділу

1. При підготовці ґрунту до посівів зернових культур необхідно створити умови, при яких структурний склад насінневого шару ґрунту складався на 80 % з грудочок розміром 0,25...10,0 мм, а орний шар мав щільність в межах 1,1...1,3 г/см<sup>3</sup>.

2. Використання традиційних засобів механізації у системі підготовки ґрунту до сівби зернових культур сприяє відносно великим втратам пального, проведенню великої кількості технологічних операцій, прискоренню руйнування структури та переущільненню ґрунту.

3. В нашій країні та на заході створена велика кількість комбінованих ґрунтообробних машин, які забезпечують зменшення кількості проходів

агрегатів по полю та скорочення строків проведення технологічних операцій, що в цілому позитивно впливає на підвищення врожайності сільськогосподарських культур, зменшення переуцілювання ґрунту та витрат палива на обробіток ґрунту.

4. Однією з найбільш ефективних комбінованих машин є ґрунтообробна машина АГРО-3, яка за один прохід агрегату забезпечує виконання всього комплексу робіт по основному та передпосівному обробітку ґрунту під сівбу зернових культур. Експерименти показали, що її використання дозволяє збільшити врожай озимої пшениці у порівнянні з використанням дискової борони та чизельного плуга відповідно з 49,5 і 48,7 до 54,3 ц/га, зменшити витрати палива по відношенню до оранки на 30,5%. Але ж основним недоліком комбінованої машини є велика енергомісткість, яка не дозволяє тракторам класу 30 кН розвивати швидкість до 10...12 км/год і тим самим забезпечити високу якість обробітку ґрунту.

На основі аналізу результатів досліджень та роботи засобів механізації для обробітку ґрунту сформульовані мета та задачі досліджень.

Мета досліджень – підвищення ефективності вирощування зернових культур шляхом зменшення витрат на підготовку ґрунту до сівби.

Задачі дослідження:

- проведення теоретичних досліджень по обґрунтуванню параметрів робочих органів комбінованої ґрунтообробної машини;
- побудова математичних моделей для опису динаміки функціонування комбінованої машини;
- проведення комплексу експериментальних досліджень по перевірці достовірності результатів теоретичних досліджень;
- розробка конструкції експериментальної комбінованої машини;
- визначення якісних та експериментальних показників роботи експериментальної машини;
- визначення економічної ефективності впровадження у виробництво результатів досліджень.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ

#### 2.1. Параметри чизельної лапи

У комбінованій ґрунтообробній машині “АГРО-3” чизельні лапи розпушують ґрунту на глибину до 16...18 см, а інші робочі органи: культиваторні лапи, дискові котки подрібнюють ґрунту і таким чином створюють найбільш сприятливі умови для загортання насіння сільськогосподарських культур в ґрунт. Більша частина зусилля трактора при переміщенні комбінованої машини припадає на чизельні лапи [32], тому що вони першими діють на необроблений ґрунт, а їх глибина обробітку переважає інші операції, які виконують робочі органи цієї машини.

Для обґрунтування параметрів долота чизельної лапи, зокрема його геометричного профілю, використаємо прямий метод варіаційного числення [17]. При обґрунтуванні раціонального профілю долота вибираємо у вертикальній площині рухому декартову систему координат XOZ (рис. 2.1), яка переміщається рівномірно і прямолінійно сумісно з чизельним робочим органом.

Для надійного [5] заглиблення чизельних робочих органів в ґрунт та їх металомісткості, будемо вести пошук раціонального профілю долота, крива якого проходить через фіксовані точки із заданим кутом нахилу дотичної в початковій точці. Тоді варіаційна задача формулюється таким чином. Серед багатьох кривих, які проходять через дві фіксовані точки і виходять з початкової під заданим кутом, знайти таку криву, яка б відповідала профільній лінії долота чизельного робочого органу з мінімальним тяговим опором.

Тиск ґрунту  $q$  (див. рис. 2.1) на ґрунтообробний робочий орган можна визначити використавши рівняння [10].

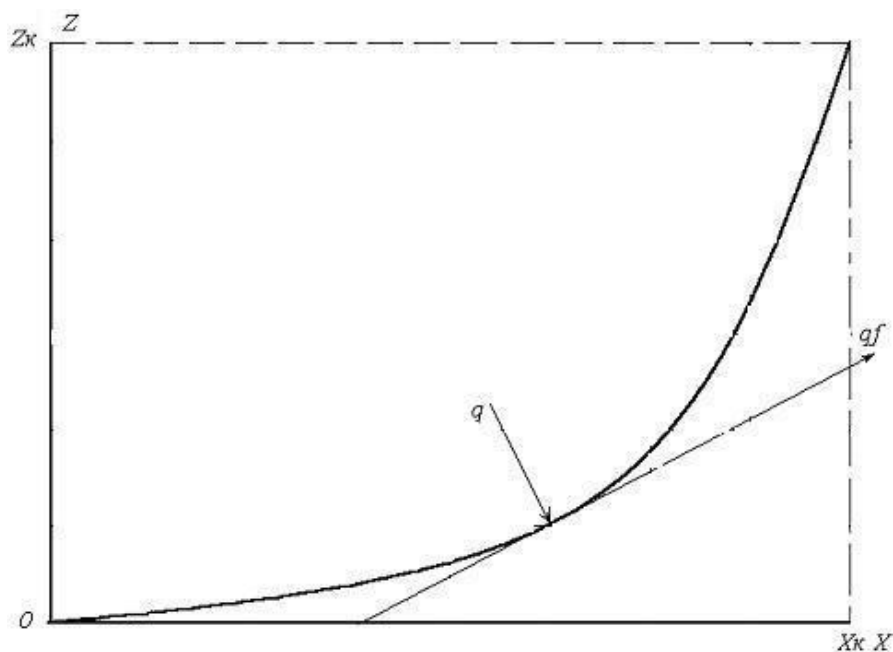


Рис. 2.1. До обґрунтування профільної лінії долота чизельного робочого органу

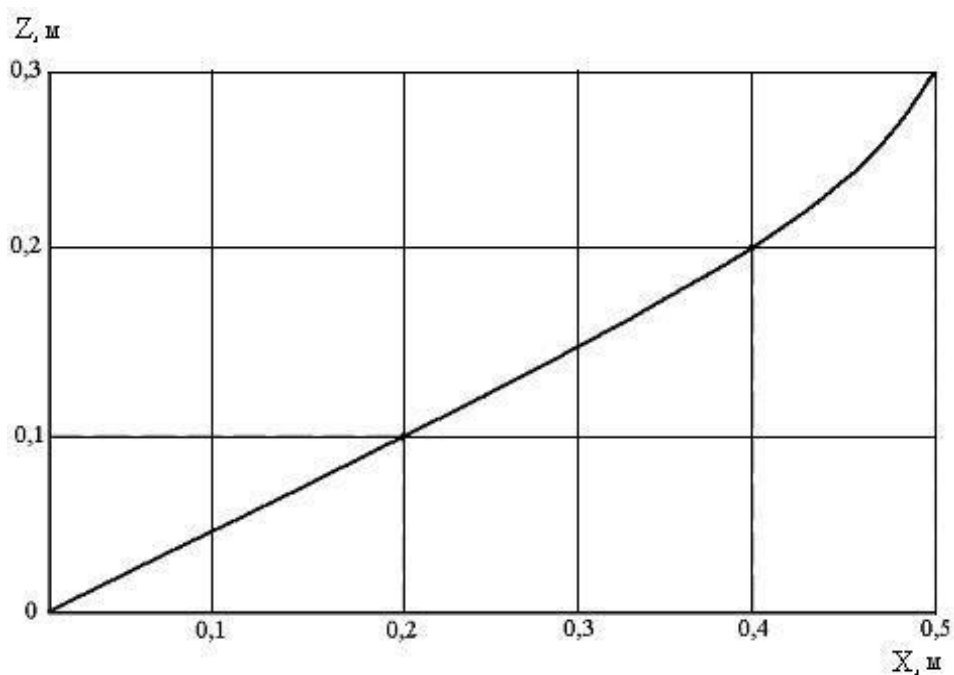


Рис. 2.2. Раціональний профіль долота чизельного робочого органу

Крива лінія, побудована по рівнянню (2.10), відображає профіль долота чизельного робочого органу (рис. 2.2)

Тоді шуканий профіль долота опишеться рівнянням:

$$Z = -1,16\{\exp[1,298X^2(0,5 - X)] - 1\} + 0,57X + 0,06X^2. \quad (2.1)$$

Наральник чизельного робочого органу складається з двох

симетричних крил, які працюють в однакових умовах. Тому, для визначення профілю наральника, достатньо розглянути одне крило. При цьому, з метою забезпечення необхідного заглиблення чизельної стійки і отримання її мінімальної енергоємності, профіль долота, розташованого на продовженні осі наральника, збережено таким, яким він був обґрунтований при рішенні варіаційної задачі в двомірному просторі.

Вибираємо рухому систему координат XYZ (рис. 2.3), яка переміщається прямолінійно спільно з крилом наральника.

На поверхні крила наральника виділяємо елементарну площадку, на яку діє тиск ґрунту  $q$  і сила тертя  $dF$ . Остання направлена у бік руху скиби ґрунту на поверхні наральника. Проте профіль поверхні наральника нам невідомий і визначити закономірність руху скиби ґрунту по ньому важко.

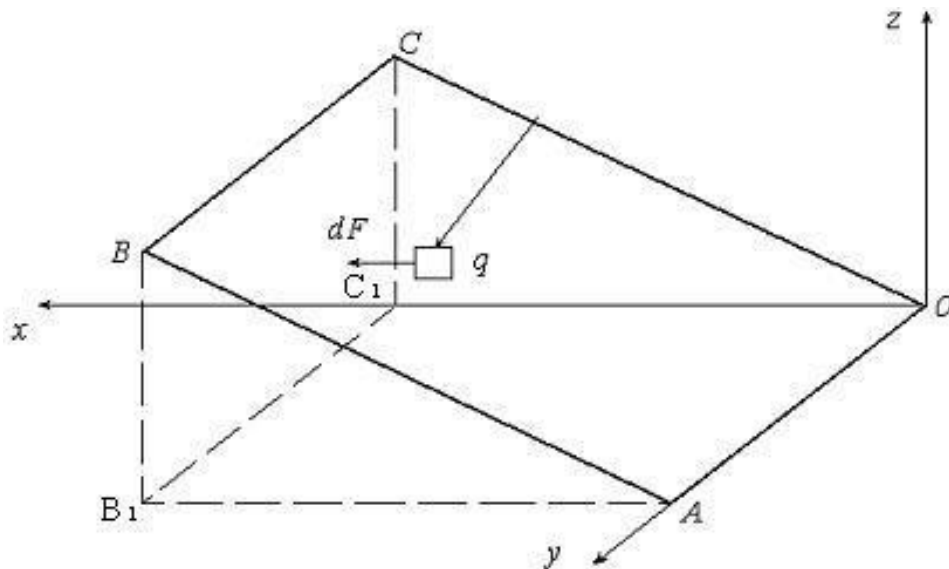


Рис. 2.3. Схема до обґрунтування профілю крила наральника

Тому, для спрощення рішення задачі, будемо вважати, що елементарна сила тертя направлена по дотичній до шуканої поверхні та знаходиться в площині, паралельній площині XOZ. Останнє припущення ґрунтується на тому, що крило наральника є близьким до лемеша лобового різання [64]. Елементарна сила опору переміщення крила наральника визначається за формулою:

$$dR_x = q_x dx dy + dF dx dy ; \quad (2.2)$$

де  $q_x$  – проекція тиску  $q$  на вісь  $OX$ .

Енергетичний функціонал для визначення тягового опору крила наральника має вигляд:

$$R_x = \int_0^1 \int_0^1 (q_x + dF) dx \cdot dy; \quad (2.3)$$

$$q_x = \rho g^2 \left[ 1 - \frac{Z}{H} \right] \frac{(Z'_x)^4}{(1 + (Z'_x)^2) \cdot (1 + (Z'_x)^2 + (Z'_y)^2)^{\frac{1}{2}}}; \quad (2.4)$$

Постановку варіаційної задачі формулюємо наступним чином. Із великої кількості поверхонь  $Z = f(xy)$ , які проходять через точки  $O$ ;  $C$ ;  $B$  і  $A$ ; знайти ту, яка б забезпечила функціоналу (2.3) екстремум. Для рішення поставленої задачі використаємо метод варіаційного числення Рітца та метод кінцевих елементів. Спроекуємо шукану поверхню на площину  $XOY$  (рис. 2.3). Рівняння ліній, які обмежують проекцію поверхні крила, запишуться так:

$$\begin{aligned} y &= 0; \\ y &= y_{ci}; \\ x &= x_a; \\ x &= 0. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Область інтегрування розбиваємо рівномірним кроком на трикутники, в результаті чого отримаємо 24 елемента і 20 кутових точок (рис. 2.4).

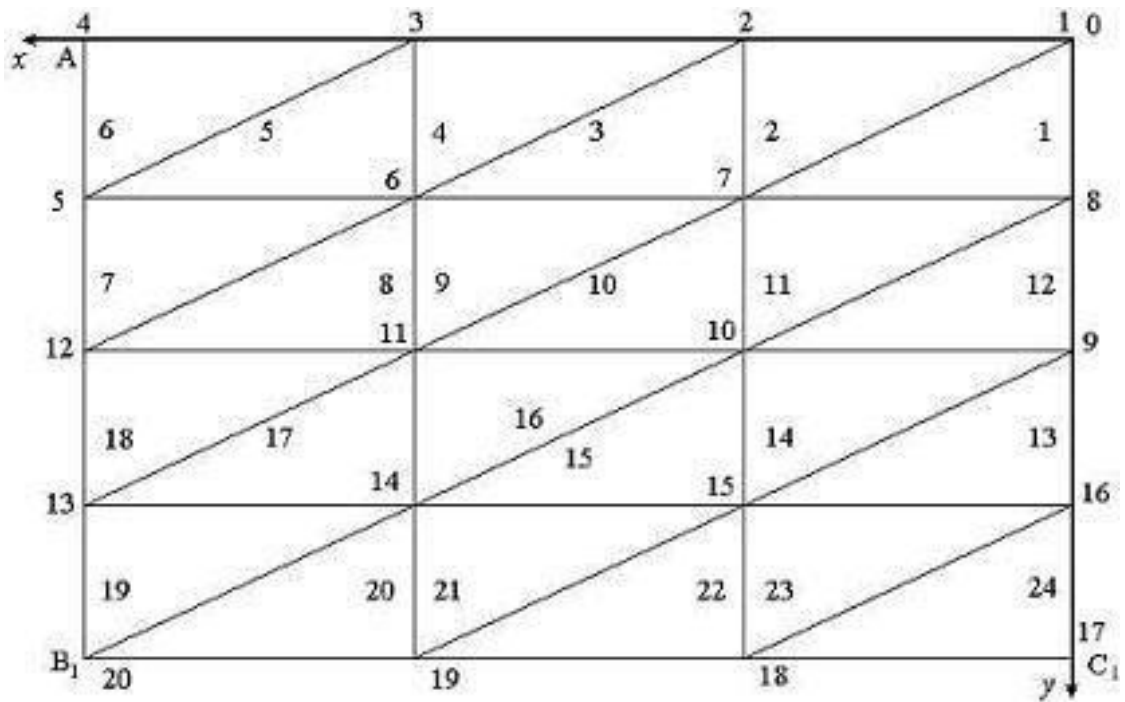


Рис. 2.4. Проекція поверхні крила наральника на площину XOY

Кусково-лінійну апроксимацію шуканої поверхні представляємо у вигляді:

$$Z = \sum_{k=0}^N C_k \varphi_k ; \quad (2.6)$$

де  $C_k$  – шукані коефіцієнти;

$\varphi_k$  – базисні функції;

$N$  – число вузлів.

Базисні функції є лінійними, кусково-безперервними і дорівнюють одиниці в вузлах і нулю поза межею визначення. Базисні функції визначаються для всіх елементів  $m$ , які мають зв'язки з вузлом  $K$

$$\varphi_k = \sum_{j=1}^m \varphi_k^{ej} ; \quad (2.7)$$

де  $m$  – кількість елементів, які мають зв'язок з вузлом  $K$ .

Для знаходження значень коефіцієнтів  $C_k$ , які б забезпечили функціоналу мінімальне значення, про диференціюємо рівняння (2.2) по  $C_k$ , прирівнюючи їх до нуля.

Рішення (2.3) виконувалися на персональному комп'ютері при  $X_a = 0,33$  м;  $Y_{ci} = 0,14$  м;  $f = 0,5$ ;  $d_x = 0,065$ ;  $d_y = 0,035$ ;  $Z_1 = 0,08$  м;  $Z_4 = 0$ ;  $Z_2 = 0,03$  м;  $Z_3 =$

0,05 м;  $Z_{17} = 0,08$  м;  $Z_{20} = 0,08$  м;  $H = 0,16$  м;  $Z_5 = 0$ ;  $Z_{12} = 0$ ;  $Z_{13} = 0$ .

В результаті рішення системи рівняння (2.31) знаходимо значення шуканих коефіцієнтів і визначаємо значення функції  $Z_k$  (рис. 2.5).

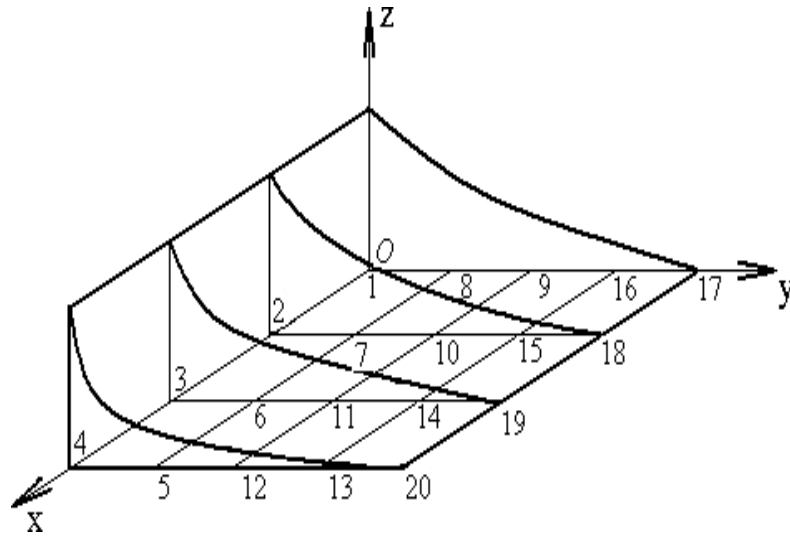


Рис. 2.5. Профіль наральника чизельного робочого органу

## 2.2. Побудова розрахункової моделі функціонування комбінованої ґрунтообробної машини

### 2.2.1. Серійна машина

Комбінована ґрунтообробна машина АГРО-3 складається з причіпного пристрою, рами та послідовно встановлених на ній чизельних робочих органів, плоскоріжучих лап та двох пар подрібнювальних дисків. В результаті взаємодії робочих органів з ґрунтом виникають сили опору, які впливають на положення основної рами. В зв'язку з тим, що робочі органи жорстко зв'язані з основою рами, то зміна її положення приведе до зміни глибини ходу та опору їх. Тому коливання рами комбінованої машини під час роботи будуть сприяти погіршенню якості обробітку ґрунту та підвищенню тягового опору машини у цілому [96, 97, 131]. Для визначення впливу параметрів машини та конструкції на величину коливань рами і значення сили опору її, складемо розрахункову модель функціонування серійної комбінованої машини. Еквівалентна схема машини показана в додатках до дипломної роботи.

При цьому приймаємо, що трактор переміщується прямолінійно з постійною швидкістю, а комбінована машина переміщується прямолінійно в горизонтальній площині. Конструкція з'єднання комбінованої машини з трактором забезпечує коливання її у вертикальній площині відносно точки  $O_1$ , точки з'єднання причепа машини та нижніх тяг механізму навіскитрактора. Машину розглядаємо як систему твердих тіл. На еквівалентній схемі приводимо місця розміщення центрів мас та точки прикладання приведених рівнодіючих сил опору ґрунту робочим органам машини.

Вибираємо нерухому декартову систему відрахування системи  $XOZ$  (див. рис. 2.6). Для спрощення перетворень під час складання розрахункової моделі приймаємо додаткову рухому декартову систему координат  $X_1O_1Z_1$ , центр якої розташований в точці з'єднання причепа машини з трактором і горизонтальна вісь якої пов'язана з коливальною основною рамою машини.

Приведені рівнодіючі будемо розглядати через їх проекції на вісі рухомої системи координат. В зв'язку з тим, що швидкості обертання пар дисків відносно невеликі, то для спрощення рішення задачі враховувати їх не будемо.

При таких умовах система має одну ступінь вільності руху, відповідно і одну узагальнену координату. В якості останньої зручно прийняти кут повороту рами відносно точки кріплення машини до трактора. Тоді диференціальне рівняння Лагранжа другого роду має вид:

Використовуючи формули переходу координат з однієї системи до другої отримаємо:

$$X_c = X_{1c} \cos \varphi - Z_{1c} \sin \varphi + V_m t ; \quad (2.8)$$

$$Z_c = X_{1c} \sin \varphi + Z_{1c} \cos \varphi ;$$

де  $V_m$  - поступова швидкість агрегату.

Після диференціювання системи рівнянь (2.8) за часом будемо мати:

$$X_c = -X_{1c} \varepsilon \varphi \sin \varphi - Z_{1c} \dot{\varphi} \cos \varphi + V_m ; \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned}
Q_{\varphi} = & -P_{x1}Z_{1a1} + P_{z1}X_{1a1} - P_{x2}Z_{1a2} + P_{z2}X_{1a2} - P_{x3}Z_{1a3} + P_{z3}X_{1a3} - P_{x4}Z_{1a4} + \\
+ & P_{z4}X_{1a4} - P_{x5}Z_{1a5} - P_{z5}X_{1a5} - P_{x6}Z_{1a6} - P_{z6}X_{1a6} - P_{x7}Z_{1a7} - P_{z7}X_{1a7} - P_{x8}Z_{1a8} - \\
& - P_{z8}X_{1a8} + M_c g (X_{1c} \cos \varphi - Z_{1c} \sin \varphi) - P_{zk}Z_{1k} - P_{zk}X_{1k}; \quad (2.10)
\end{aligned}$$

де  $P_{x1}..P_{x8}$  – проекції сил опору на вісь  $X_1$ ;

$P_{z1}..P_{z8}$  – проекції сил опору на вісь  $Z_1$ ;

$X_{1a1}..X_{1a8}$  – проекції на вісь  $O_1X_1$  прямих з'єднуючих шарнір  $O_1$  і точки прикладання рівнодіючих сил;

$Z_{1a1}..Z_{1a8}$  – проекції на вісь  $O_1Z_1$  прямих з'єднуючих шарнір  $O_1$  і точки прикладання рівнодіючих сил.

$$Z_c = X_{1c} \varphi \cos \varphi - Z_{1c} \varphi \sin \varphi$$

З урахуванням рівнянь (2.7), (2.9) будемо мати формулу для визначення кінетичної енергії системи.

Проекції рівнодіючих сил на вісь  $X_1$  ;  $Z_1$  знаходяться:

$$P = P \left( \sin \alpha + f \cos \alpha \right); \quad (2.11)$$

де  $P_j$  – рівнодіюча приведена сила опору ґрунту органу;

$f$  – коефіцієнт тертя ґрунту по металу.

$C_n$  – жорсткість ґрунту;

$f_n$  – коефіцієнт кочення;

$h_{\text{ч}}; h_n; h_{\partial}$  – задана глибина обробітку ґрунту лапами;

$K_{\text{ч}}; K_n; K_{\partial}$  – питомий опір відповідно лап.

У зв'язку з тим, що сила опору ґрунту робочому органу змінюються у часі прийємо:

$$\begin{aligned}
 K_{\varphi} &= K_{\varphi_y} (1 + K_{\varphi_1} \sin K_{\varphi_2} t) ; \\
 K_n &= K_{n_y} (1 + K_{n_1} \sin K_{n_2} t) ; \\
 K_{\delta} &= K_{\delta_y} (1 + K_{\delta_1} \sin K_{\delta_2} t) ;
 \end{aligned}
 \tag{2.12}$$

де  $K_{\varphi_y}; K_{n_y}; K_{\delta_y}$  – усереднений питомий опір ґрунту відповідно чизельним лапам, плоскорізним лапам та дискам;

$K_{\varphi_1}; K_{\varphi_2}; K_{n_1}; K_{n_2}; K_{\delta_1}; K_{\delta_2}$  – коефіцієнти, які визначають величину та частоту коливань питомого опору ґрунту ( залежать від властивостей ґрунту та типу робочих органів).

Тоді, з врахуванням рівнянь (2.10), (2.11) і (2.12), узагальнена сила буде визначатися :

$$\begin{aligned}
 Q_{\varphi} &= -K_{\varphi_y} (1 + K_{\varphi_1} \sin K_{\varphi_2} t) \cdot \left\{ \left( h_{\varphi} + \varphi \sqrt{X_{1a1}^2 + Z_{1a1}^2} \right) \cdot [Z_{1a1} (\sin \alpha_1 + f \cos \alpha_1) - X_{1a1} \cdot \right. \\
 &\cdot (\cos \alpha_1 - f \sin \alpha_1)] + \left( h_{\varphi} + \varphi \sqrt{X_{1a2}^2 + Z_{1a2}^2} \right) [Z_{1a2} (\sin \alpha_2 + f \cos \alpha_2) - X_{1a2} \cdot \\
 &\cdot (\cos \alpha_2 - f \sin \alpha_2)] \left. \right\} - K_{n_y} (1 + K_{n_1} \sin K_{n_2} t) \cdot \left\{ \left( h_n + \varphi \sqrt{X_{1a3}^2 + Z_{1a3}^2} \right) \cdot \right. \\
 &\cdot [Z_{1a3} (\sin \alpha_3 + f \cos \alpha_3) - X_{1a3} (\cos \alpha_3 - f \sin \alpha_3)] + \left( h_n + \varphi \sqrt{X_{1a4}^2 + Z_{1a4}^2} \right) \cdot \\
 &\cdot [Z_{1a4} (\sin \alpha_4 + f \cos \alpha_4) - X_{1a4} (\cos \alpha_4 - f \sin \alpha_4)] \left. \right\} - K_{\delta_y} (1 + K_{\delta_1} \sin K_{\delta_2} t)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left\{ \left( h_{\partial} + \varphi \sqrt{X_{1a5}^2 + Z_{1a5}^2} \right) \cdot \left[ Z_{1a5} (\sin \alpha_5 + f \cos \alpha_5) + X_{1a5} (\cos \alpha_5 - f \sin \alpha_5) \right] + \right. \\
& + \left( h_{\partial} + \varphi \sqrt{X_{1a6}^2 + Z_{1a6}^2} \right) \cdot \left[ Z_{1a6} (\sin \alpha_6 + f \cos \alpha_6) + X_{1a6} (\cos \alpha_6 - f \sin \alpha_6) \right] + \\
& + \left( h_{\partial} + \varphi \sqrt{X_{1a7}^2 + Z_{1a7}^2} \right) \cdot \left[ Z_{1a7} (\sin \alpha_7 + f \cos \alpha_7) + X_{1a7} (\cos \alpha_7 - f \sin \alpha_7) \right] + \\
& + \left. \left( h_{\partial} + \varphi \sqrt{X_{1a8}^2 + Z_{1a8}^2} \right) \cdot \left[ Z_{1a8} (\sin \alpha_8 + f \cos \alpha_8) + X_{1a8} (\cos \alpha_8 - f \sin \alpha_8) \right] \right\} + \\
& + M_c g(x_{1c} \cos \varphi - Z_{1c} \sin \varphi) - C_n \varphi \sqrt{X_{1k}^2 + Z_{1k}^2} (1 + f_n). \tag{2.13}
\end{aligned}$$

Для спрощення введемо позначення:

$$Z_{1ak} (\sin \alpha_k + f \cos \alpha_k) - X_{1ak} (\cos \alpha_k - f \sin \alpha_k) = A_{ki}; \tag{2.14}$$

де  $k = 1; 4$ ;

$$Z_{1an} (\sin \alpha_n + f \cos \alpha_n) + X_{1an} (\cos \alpha_n - f \sin \alpha_n) = A_{ni};$$

де  $n = 5; 8$ .

Тоді

$$\begin{aligned}
Q_{\varphi} = & -K_{\psi} (1 + K_{\psi} \sin K_{\psi 2t}) \cdot \left[ \left( h_{\psi} + \varphi \sqrt{X_{1a1}^2 + Z_{1a1}^2} \right) A_1 + \left( h_{\psi} + \varphi \sqrt{X_{1a2}^2 + Z_{1a2}^2} \right) A_2 \right] - \\
& - K_{ny} (1 + K_{n1} \sin K_{n2t}) \cdot \left[ \left( h_n + \varphi \sqrt{X_{1a3}^2 + Z_{1a3}^2} \right) A_3 + \left( h_n + \varphi \sqrt{X_{1a4}^2 + Z_{1a4}^2} \right) A_4 \right] - \\
& - K_{\partial y} (1 + K_{\partial 1} \sin K_{\partial 2t}) \cdot \left[ \left( h_{\partial} + \varphi \sqrt{X_{1a5}^2 + Z_{1a5}^2} \right) A_5 + \left( h_{\partial} + \varphi \sqrt{X_{1a6}^2 + Z_{1a6}^2} \right) A_6 + \right. \\
& + \left. \left( h_{\partial} + \varphi \sqrt{X_{1a7}^2 + Z_{1a7}^2} \right) A_7 + \left( h_{\partial} + \varphi \sqrt{X_{1a8}^2 + Z_{1a8}^2} \right) A_8 \right] + M_c g(X_k \cos \varphi - Z_{1c} \sin \varphi) -
\end{aligned}$$

$$A_1\sqrt{X_{1a1}^2 + Z_{1a1}^2} + A_2\sqrt{X_{1a2}^2 + Z_{1a2}^2} = A_9;$$

$$A_3\sqrt{X_{1a3}^2 + Z_{1a3}^2} + A_4\sqrt{X_{1a4}^2 + Z_{1a4}^2} = A_{10};$$

$$A_5\sqrt{X_{1a5}^2 + Z_{1a5}^2} + A_6\sqrt{X_{1a6}^2 + Z_{1a6}^2} + A_7\sqrt{X_{1a7}^2 + Z_{1a7}^2} + A_8\sqrt{X_{1a8}^2 + Z_{1a8}^2} = A_{11};$$

отримаємо

$$\begin{aligned} Q_\varphi = -\varphi [ & K_{\psi_y} (1 + K_{\psi_1} \text{Sin} K_{\psi_2} t) A_9 + K_{\psi_y} (1 + K_{\psi_1} \text{Sin} K_{\psi_2} t) A_{10} + K_{\psi_y} (1 + K_{\psi_1} \text{Sin} K_{\psi_2} t) A_{11} ] - \\ & - K_{\psi_y} (1 + K_{\psi_1} \text{Sin} K_{\psi_2} t) (A_1 + A_2) h_u - K_{\psi_y} (1 + K_{\psi_1} \text{Sin} K_{\psi_2} t) (A_3 + A_4) h_n - K_{\psi_y} (1 + K_{\psi_1} \text{Sin} K_{\psi_2} t) \cdot \\ & \cdot (A_5 + A_6 + A_7 + A_8) h_\partial + M_{cg} g (X_{1c} \text{Cos} \varphi - Z_{1c} \text{Sin} \varphi) - C_n \varphi \sqrt{X_{1k}^2 + Z_{1k}^2} (1 + f_n) \cdot \\ & \sqrt{X_{1a8}^2 + Z_{1a8}^2} \end{aligned} \quad (2.15)$$

З врахуванням рівняння (2.14), (2.15) і (2.16) отримаємо диференціальне рівняння моделі функціонування ґрунтообробної машини. При цьому необхідно враховувати те, що при відриві дисків і опорних коліс від ґрунту. Тобто, відповідно

$$A_8 = 0; A_7 = 0; A_6 = 0; A_5 = 0; C_n = 0.$$

Виходячи із статичної рівноваги дії сил на комбіновану машину отримаємо систему рівнянь:

$$P_T \text{Cos} \psi_0 = \text{Cos} \varphi \sum_{k=1}^8 P_{xk} - \text{Sin} \varphi \sum_{k=1}^8 P_{zk};$$

$$P_T \text{Sin} \psi_0 = \text{Sin} \varphi \sum_{k=1}^8 P_{xk} + \text{Cos} \varphi \sum_{k=1}^8 P_{zk} + M \cdot g;$$

де  $\psi_0$  – кут нахилу нижніх тяг навіски трактора;

$P_T$  – сила тяги трактора.

Тоді

$$P_T = \sqrt{[(P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4} + P_{x5} + P_{x6} + P_{x7} + P_{x8} + P_{xk}) \text{Cos} \varphi - (P_{z1} + P_{z2} + P_{z3} + P_{z4} - P_{z5} - P_{z6} -$$

$$\sqrt{-(P_{z7} + P_{z8} + P_{zk}) \sin \varphi]^2 + [(P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4} + P_{x5} + P_{x6} + P_{x7} + P_{x8} + P_{xk}) \sin \varphi + (P_{z1} + P_{z2} + P_{z3} + P_{z4} - P_{z5} - P_{z6} - P_{z7} - P_{z8} - P_{zk}) + M_c \cdot g]^2} . \quad (2.16)$$

Диференційне рівняння (2.16) вирішили численним методом з допомогою персонального комп'ютера при значеннях параметрів системи.

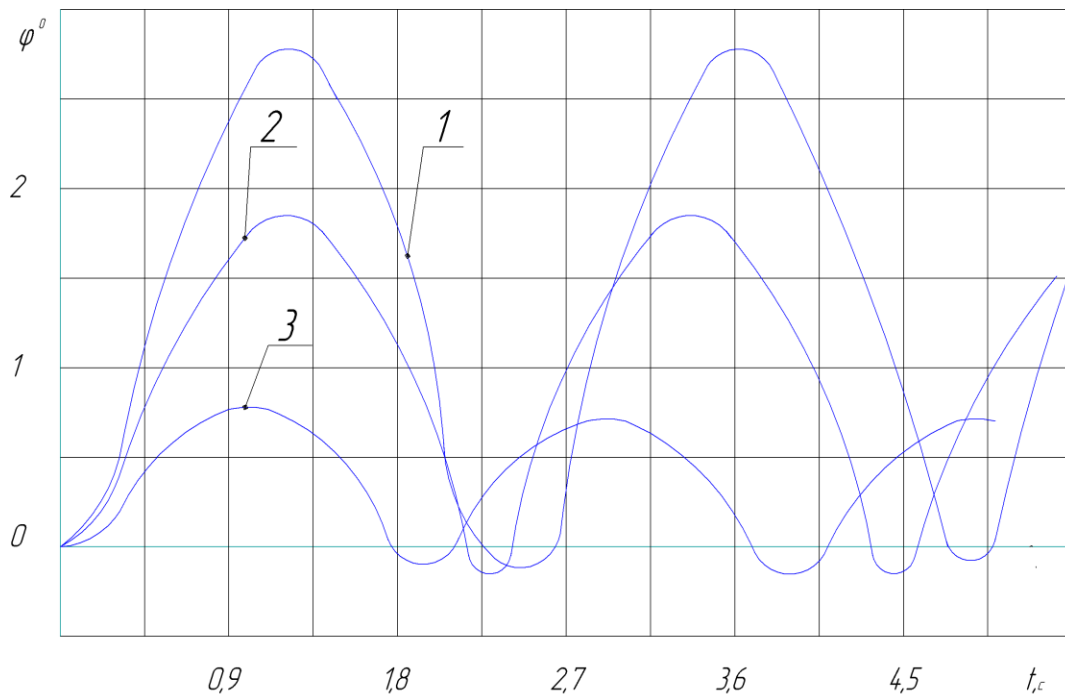
Рішення рівняння проводили при умові, що при  $t = 0$ ;  $\varphi = 0$ ;  $\dot{\varphi} = 0$ .

В результаті рішення рівняння отримані залежності кута коливання системив залежності від її маси та положення центру мас. На рис. 2.7 та 2.8 показані залежності відхилень системи та їх значення. Аналіз графіків показує, що зменшення маси системи та приближення її центра до трактора сприяє зменшенню максимального кута коливання системи.

Закономірність зміни опору системи показана на рис. 2.11. Максимальне значення опору машини складає 38,2 кН.

### 2.2.2 Експериментальна машина

З врахуванням результатів теоретичних досліджень динаміки руху серійної комбінованої машини та експериментальних досліджень, пов'язаних з визначенням якісних показників роботи, запропоновані зміни до її конструкції шляхом заміни жорсткої рами на шарнірно з'єднану. Експериментальна машина складається з трьох частин.



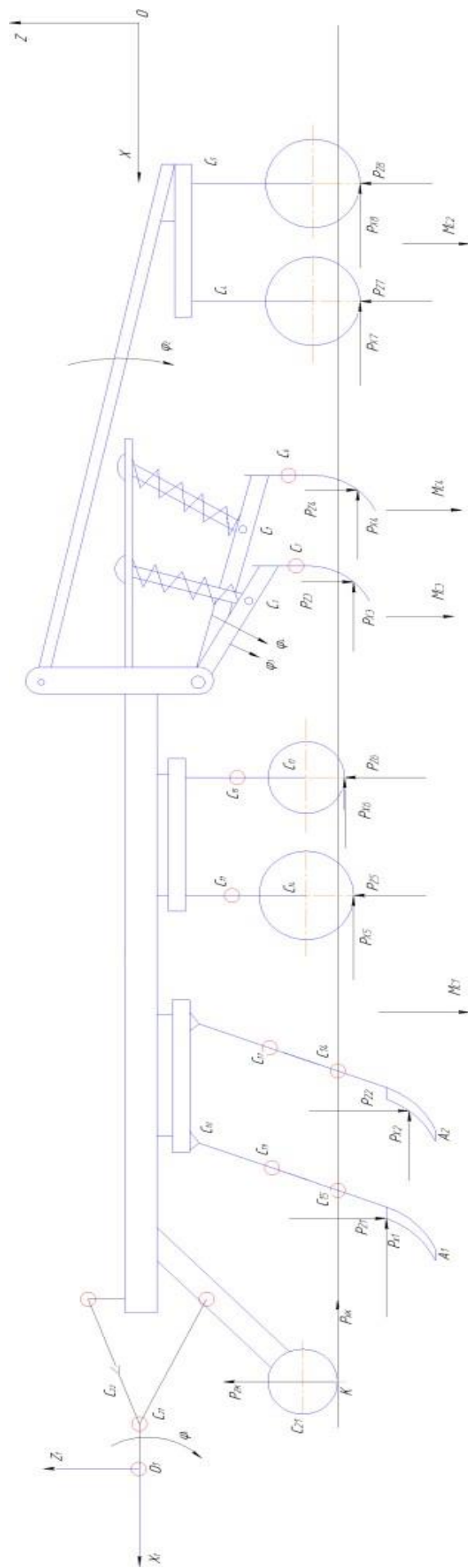
*Залежність кута коливання  $\varphi$  рами машин в часі  $t$   
при розташуванні центра мас машини: 1 – 3,0 м; 2–4,0 м; 3– 5,0 м.*

Рис. 2.8. Закономірність зміни опору агрегату

Перша частина має раму, на якій послідовно кріпляться чизельні та дискові робочі органи. Другою складовою системи є робочі органи культиватора КПС-4, та третя – включає батарею дисків, яка шарнірно з'єднується з основною рамою.

Системи відрахувань та передумови для складання математичної моделі функціонування запропонованої конструкції комбінованої машини приймаємо такими ж, які були використані при розгляданні системи руху серійної машини. Еквівалентна схема запропонованої комбінованої машини показана на рис. 2.9.

Система твердих тіл має чотири ступені вільності руху, а відповідно стільки ж узагальнених координат. В якості останніх зручно прийняти кут повороту рами відносно точки кріплення машини до трактора ( $\varphi_1$ ), кут повороту тяги приводу дискової батареї відносно точки кріплення її до рами  $\varphi_2$ , кути повороту короткого та довгого граділя робочих органів культиватора КПС-4 відносно точок їх кріплення до рами.



Експериментна схема експериментальної машини

Використовуючи формули переходу координат з однієї системи до другої, отримаємо:

$$\begin{aligned}
 X_{c1} &= X_{1c1} \cos \varphi_1 - Z_{1c1} \sin \varphi_1 + V_m t ; \\
 Z_{c1} &= X_{1c1} \sin \varphi_1 + Z_{1c1} \cos \varphi_1 ; \\
 X_{c2} &= X_{1c2} \cos \varphi_1 - Z_{1c2} \sin \varphi_1 + V_m t - l_2 \sin(\varphi_{c2} - \varphi_2) ; \\
 Z_{c2} &= X_{1c2} \sin \varphi_1 - Z_{1c2} \cos \varphi_1 - l_2 \cos(\varphi_{c2} - \varphi_2) ; \\
 X_{c3} &= X_{1c3} \cos \varphi_1 - Z_{1c3} \sin \varphi_1 + V_m t - l_3 \sin(\varphi_{c3} - \varphi_3) ; \\
 Z_{c3} &= X_{1c3} \sin \varphi_1 - Z_{1c3} \cos \varphi_1 - l_3 \cos(\varphi_{c3} - \varphi_3) ; \\
 X_{c4} &= X_{1c4} \cos \varphi_1 - Z_{1c4} \sin \varphi_1 + V_m t - l_4 \sin(\varphi_{c4} - \varphi_4) ; \\
 Z_{c4} &= X_{1c4} \sin \varphi_1 - Z_{1c4} \cos \varphi_1 - l_4 \cos(\varphi_{c4} - \varphi_4) .
 \end{aligned} \tag{2.17}$$

Значення діючих сил і їх проекцій визначається з допомогою рівнянь (2.16), (2.15) та (2.14).

Система диференціальних рівнянь вирішувалася численним методом з допомогою персонального комп'ютера.

На рис. 2.10 приведений графік зміни коливань чотирьох систем твердих тіл.

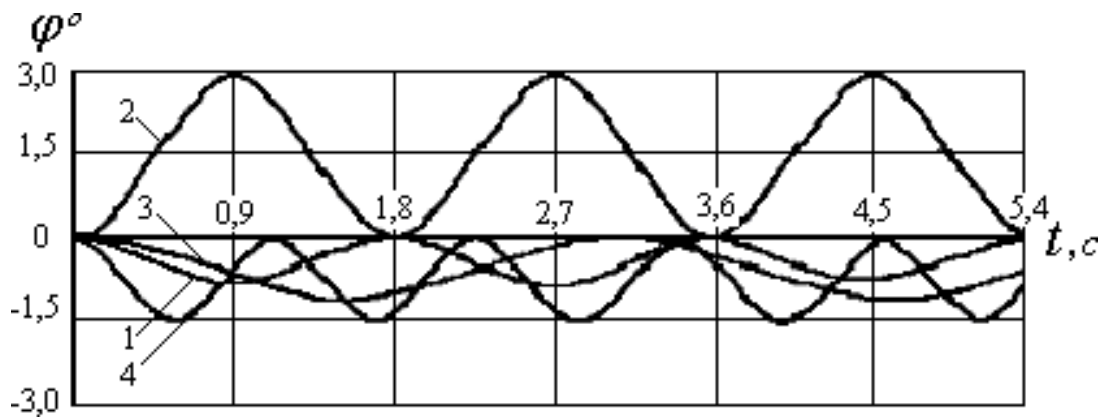


Рис. 2.10. Коливання робочих органів експериментальної машини

### 2.3. Обґрунтування відстані між чизельними робочими органами

В задачу чизельних робочих органів комбінованої машини входить розпушування ущільненого ґрунту, яке проходить в результаті дії на нього наральників чизельних робочих органів. Енергоємність та якість роботи чизельних робочих органів у значній мірі визначається глибиною обробітку ґрунту та відстанню між ними. Деформація ґрунту під дією наральників розповсюджується в сторони під кутом [120], тому такі параметри як глибина обробітку та відстань між стійками чизельних робочих органів є взаємопов'язаними. Збільшення глибини обробітку сприяє підвищенню витрат енергії та погіршенню кришіння ґрунту. Зменшення глибини обробітку ґрунту приводить до необхідності зменшення відстані між чизельними робочими органами до виключення огріхів між ними, що також небажано з точки зору витрат енергії на обробіток та забивання робочих органів рослинними рештками.

На рисунку 2.12 показана схема розповсюдження деформації в ґрунті під дією чизельних робочих органів.

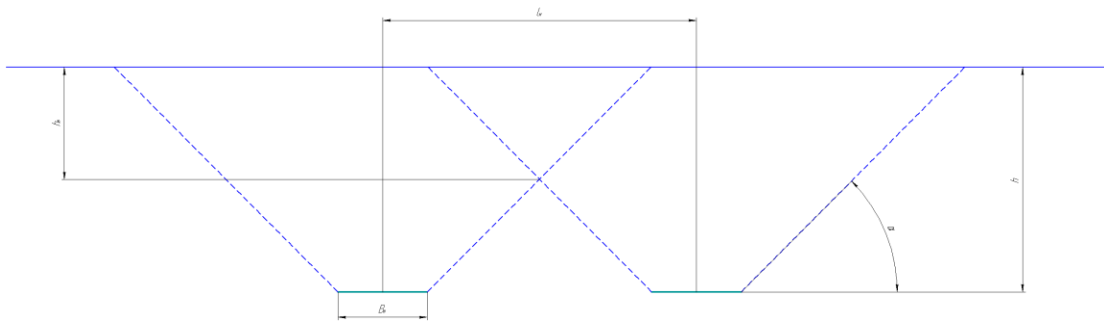


Рис. 2.12. Схема розповсюдження деформації в ґрунті під дією чизельних робочих органів

Зі схеми видно, що відстань між чизельними робочими органами визначається по формулі:

$$\ell_n = B_n + 2(h - h_n) \operatorname{ctg} \alpha, \quad (2.18)$$

де  $\ell_n$  – відстань між ножами чизельних робочих органів;  
 $B_n$  – ширина наральника чизельного робочого органу;  
 $h$  – глибина ходу чизельних робочих органів;  
 $h_n$  – глибина посівного шару ґрунту,  
 $\alpha$  – кут розповсюдження деформацій в ґрунті під дією робочого органу.

Виходячи з того, що наральник чизельного робочого органу має ширину 0,285 м, глибина посівного шару ґрунту знаходиться у межах 0,05...0,06 м, кут розповсюдження деформацій визначено експериментально і він знаходиться у межах  $45 \dots 75^\circ$ , при глибині ходу робочих органів 0,16 м відстань між ними рівняється 0,485 м.

## 2.4. Висновки з розділу

1. В результаті проведення досліджень з застосування методу прямого варіаційного числення обґрунтовано профіль долота і наральника чизельної лапи мінімальної енергомісткості:

- профіль долота визначається за формулою:

$$Z = -1,16\{\exp[1,298x^2(0,5 - x)] - 1\} + 0,57x + 0,06x^2 ;$$

- профіль наральника обґрунтовано у трьохмірному просторі з використанням методу кінцевих елементів і описується кусково-лінійною апроксимацією у вигляді:

$$Z_k = \sum_{k=1}^N C_k \varphi_k .$$

2. Побудована математична модель функціонування серійної комбінованої машини АГРО-3, дослідження якої показали, що збільшення її маси та відстані від точки причепа до центру мас сприяє підвищенню значення кута коливання рами машини.

3. З метою зменшення маси машини та зміщення центра мас в сторону трактора запропонована заміна жорсткої рами машини на шарнірно з'єднану. Дослідження динаміки руху запропонованої конструкції комбінованої машини показали, що вона дозволяє зменшити її опір не менше, ніж на 34 % у порівнянні з серійною комбінованою машиною.

4. Обґрунтована відстань між чизельними робочими органами, яка забезпечує обробіток ґрунту без огривів. При глибині ходу робочих органів 0,16 м відстань між ним повинна бути не більше 0,485 м.

## РОЗДІЛ 3

### МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Програма експериментальних досліджень

Програма проведення досліджень передбачала проведення експериментів по визначенню достовірності результатів теоретичних досліджень, обґрунтування параметрів ґрунтообробної машини, визначання енергетичних та якісних показників її роботи. Включає:

- вивчення процесу взаємодії з ґрунтом чизельних робочих органів;
- визначення енергетичних та якісних показників роботи чизельних робочих органів;
- обґрунтування технологічної схеми комбінованої ґрунтообробної машини;
- визначення енергетичних показників роботи комбінованої ґрунтообробної машини;
- проведення порівняльних польових експериментів.

#### 3.2 Опис експериментальних установок

Для проведення лабораторних досліджень використовувалася установка, яка монтувалася на ґрунтовому каналі (рис. 3.1).

Ґрунтовий канал являє собою прямокутну форму наземної споруди з розмірами по периметру (2,5 x 32 м), з глибиною залягання ґрунту 0,5 м. Стінки цієї споруди металеві, зверху ґрунтового каналу прокладено дві колії для переміщення лабораторного візка, який має 4 опорних колеса, гідравлічну навіску від трактора, що дає змогу з'єднувати робочі органи машин як в начіпному так і причіпному варіантах. Привід візка складається із асинхронного електродвигуна змінного струму, черв'ячногоредуктора та барабана для

перемотування троса приводу.

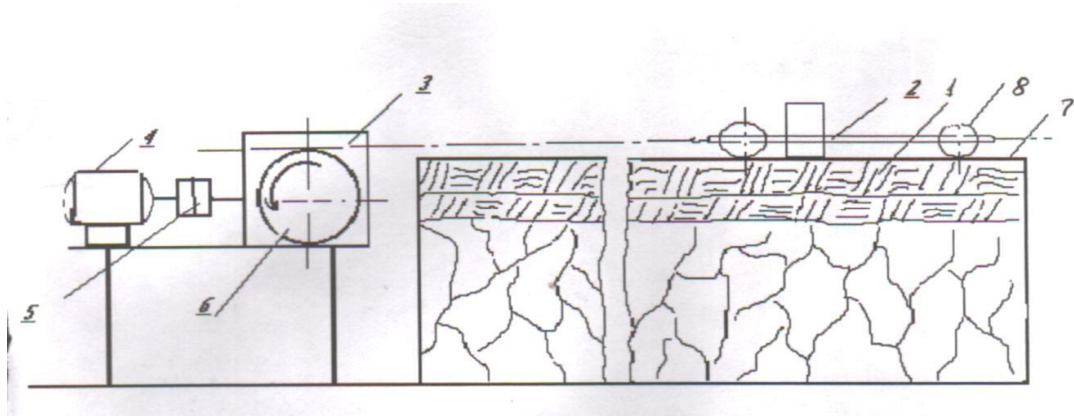


Рис. 3.1. Грунтовий канал

1 – ґрунт; 2 – візок; 3 – редуктор; 4 – електродвигун;

5 – муфта; 6 – барабан; 7 – рейки; 8 – опорні колеса візка

Для проведення лабораторно-польових випробувань була виготовлена

установка (рис. 3.2), яка має вигляд начіпного візка з чотирма опорними колесами. Опорні колеса забезпечують копіювання поверхні ґрунту ділянки. Установка з'єднується з трактором з допомогою механізму навіски. До рами кріпляться змінні ґрунтообробні робочі органи.

Для проведення польових експериментів була розроблена комбінована ґрунтообробна машина АГРО-3, яка призначена для виконання всього комплексу робіт по підготовці ґрунту під посіви зернових культур за один прохід агрегату. Ґрунтообробна машина (рис. 3.3) складається із основної рами 1, причіпного пристрою 2, транспортних коліс 3, гідроциліндру 4 для перевodu машини у транспортне положення та чотирьох рамок 5, 6 та 7 з робочими органами. До робочих органів машини відносяться чизельні лапи з наральниками, плоскоріжучі лапи та дві пари подрібнюючих дисків. В залежності від умов роботи одна пара дисків може бути встановленою перед чизельними лапами або після плоскоріжучих лап. При наявності на поверхні поля рослинних залишків

використовується перша схема розташування на рамі машини робочих органів. А при їх відсутності – друга.



Рис. 3.2. Лабораторно-польова установка

- 1 – рама стенда-візка;
- 2 – змінні робочі органи;
- 3 – трактор;
- 4 – навісний пристрій стенда-візка



Рис. 3.3. Комбінована ґрунтообробна машина АГРО-3

При роботі комбінованої машини чизельні робочі органи можуть розпушувати ґрунт на глибину від 16 до 22 см, плоскоріжучі лапи підрізають шар ґрунту знизу та подрібнюють грудки. Дві пари дисків додатково

подрібнюють насіннєвий шар ґрунту та сприяють покращенню умов для загортання та проростання насіння зернових культур. При наявності відносно великих рослинних рештків одна пара дисків забезпечує їх подрібнення, що сприяє покращенню умов роботи чизельних та плоскоріжучих лап.

Комбінована ґрунтообробна машина була використана при проведенні польових досліджень.

### 3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей ґрунту

Фізико-механічні властивості ґрунту визначалися відповідно ОСТ 70.2.15-73. Механічний склад ґрунту визначався методом просіювання його на ситах з круглими отворами. Для цього ґрунт масою не менше 2,5 кг доводився до сухого стану та просіювався через сита шляхом їх покачування. Відносна маса кожної фракції визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{m}{M} \cdot 100\% ;$$

де  $m$  – маса ґрунту на кожному ситі;

$M$  – загальна маса ґрунту.

Експерименти проводилися в трьохкратній повторності.

Вологість ґрунту визначалася методом термічної сушки. Зразки ґрунту вагою 0,03...0,04 кг зважувалися та сушилися в шафі протягом восьми годин при температурі 105°C. Після сушки зразки знову зважували і вологість ґрунту визначалася за формулою:

$$W = \frac{m_a - m_c}{m_c} \cdot 100\% ;$$

де  $m_a$ ,  $m_c$  – маса вологого і абсолютного сухого ґрунту відповідно.

Вологість ґрунту визначалася у п'ятикратній повторності.

Твердість ґрунту визначалася у трьохкратній повторності з допомогою твердоміра.

Щільність ґрунту визначалася у трьохкратній повторності методом ріжучого кільця.

### 3.4 Методика проведення експериментальних досліджень

#### 3.4.1 Вивчення процесу взаємодії з ґрунтом чизельних робочих органів

Передбачалося визначення зон деформації в ґрунті, які виникають під дією чизельних робочих органів. При цьому вивчалась залежність розповсюдження деформацій в ґрунтах від ширини чизельних наральників та глибини обробітку. Експерименти проводилися у лабораторно-польових умовах з використанням експериментальної установки, яка показана на рис.

3.2. До рами установки жорстко прикріплюлася стійка чизельного робочого органу, на якій встановлювалися наральники шириною захвату 0,07; 0,125 та 0,285 м. Глибина обробітку регулювалася в межах від 0,15 до 0,25 м з допомогою переміщення в вертикальній площині опорних коліс експериментальної лабораторно-польової установки.

Агрегатувалася експериментальна установка з трактором МТЗ-82, в якого при всіх варіантах експерименту використовувалася ІV передача та максимальна подача палива в циліндри двигуна. Для цього була вибрана ділянка розмірами 10 x 300м, яка на протязі року не оброблялася. Під час експерименту вологість ґрунту була близькою до його стану фізичної стиглості (зрілості). Довжина залікової ділянки рівнялась 25м.

Після проходу агрегату розпушений ґрунт виймався з борозни, яка виникала в результаті дії на нього чизельних робочих органів і замірялися її параметри. Експерименти проводилися у трьохкратній повторності.

### 3.4.2 Визначення енергетичних та якісних показників роботи чизельних робочих органів

Енергетичні показники роботи чизельних робочих органів визначалися в лабораторних умовах з використанням ґрунтового каналу (див. рис. 3.1). Стійка чизельного робочого органу кріпилася до динамометричного гряділю візка. Між внутрішньою рамою візка та гряділем кріпився тензодатчик, який підключався до осцилографа через підсилювач. На стійку чизельного робочого органу по черзі кріпилися серійні та експериментальні долота і наральники. Глибина обробітку ґрунту серійними і експериментальними наральниками встановлювалася однаковою. Для полегшення виготовлення експериментального наральника по результатам теоретичних досліджень був сконструйований його макет (рис. 3.4).

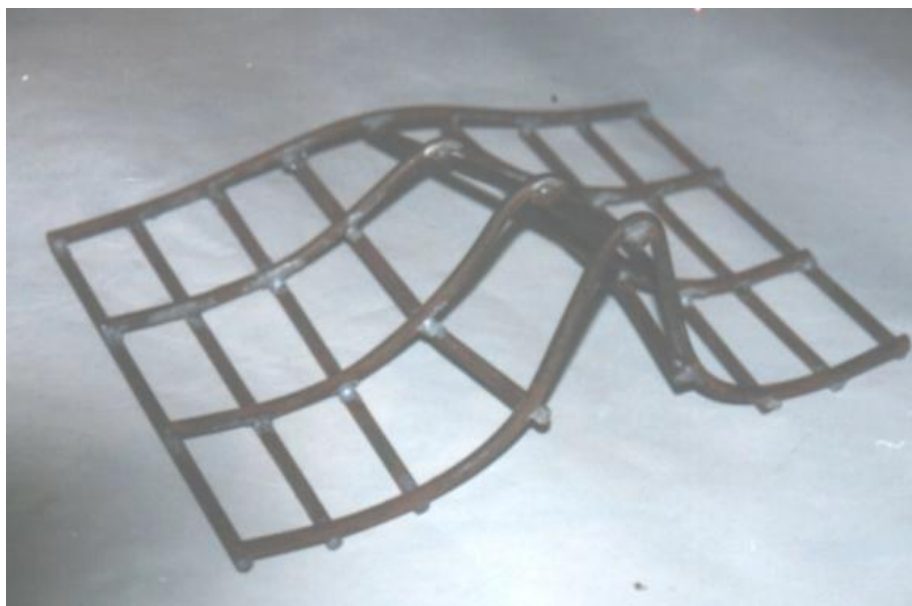


Рис. 3.4. Макет експериментального наральника

Перед проведенням дослідів ґрунт в каналі розпушувався і поливався водою. Після підсихання ґрунту до вологості 22...24% проводилися експерименти в трьохкратній повторності. Довжина залікової ділянки рівнялася двом метрам.

Якісні показники роботи чизельних робочих органів з серійними та експериментальними наральниками визначалися у лабораторно-польових

умовах. Залікові ділянки мали довжину не менше 10 м. Експерименти проводилися при вологості ґрунту близької до 22% у трьохкратній повторності та при однаковій швидкості руху агрегату. Для проведення експериментів використовувалася установка, яка показана на рис. 3.2.

Якість обробітку ґрунту оцінювалася структурним складом, який визначався після проходів агрегатів з експериментальними та серійними робочими органами.

### 3.4.3 Обґрунтування технологічної схеми комбінованої ґрунтообробної машини

Експерименти по визначенню якісних та енергетичних показників роботи комбінованої ґрунтообробної машини проводилися у лабораторно- польових умовах. Показники роботи машини визначалися в залежності від послідовності обробітку ґрунту чизельними робочими органами, плоскоріжучими лапами культиватора КПЕ-3,8, лапами культиватора КПС-4 та дисками машини АГРО-3.

В залежності від вибраної схеми обробітку ґрунту робочі органи по черзі кріпилися на рамі експериментальної установки та послідовно оброблявся ґрунт ділянок дослідів. Експериментальна установка агрегувалася з трактором МТЗ-82. Залікова ширина захвату робочих органів у варіантах дослідів рівнялася 0,5 м, а довжина – 15 м. Вологість ґрунту, який не оброблявся до проведення дослідів, була близько 22...24 %. Всі варіанти обробітку ґрунту проводилися при однаковій швидкості руху агрегатів. Якісні показники роботи робочих органів при обробітках, відповідно до вибраних схем їх кріплення на рамі машини оцінювалися структурним складом ґрунту.

Енергетичні показники роботи машини в залежності від схеми розташування на її рамі робочих органів визначалися шляхом сумування тягових опорів різних їх типів. Для визначення тягового опору робочих органів використовувалася експериментальна установка та два трактори, між якими кріпився цифровий динамометр.

Експериментальна установка з робочими органами навішувалася на навіску трактора ЮМЗ-6Л, який переміщувався через динамометр трактором “Валмет 8750”. Тяговий опір робочих органів визначався на фоні стерні та попередньо обробленому ґрунті відповідно до схеми досліджу, а також при транспортному положенні експериментальної установки. Значення тягового опору фіксувалася візуально на шкалі динамометра. Експеримент проводився при однаковій швидкості руху агрегатів у трьохкратній повторності. Для визначення тягового опору робочих органів від значення опору агрегату у робочому стані віднімалося значення опору його у транспортному положенні.

## РОЗДІЛ 4

### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 4.1 Процес взаємодії з ґрунтом чизельного робочого органу

Вивчалось розповсюдження деформацій у ґрунті в залежності від ширини наральника чизельного робочого органу та глибини його ходу. Наральники використовувалися з шириною захвату 0,07; 0,125 і 0,285 м з регулюванням глибини обробітку від 0,15 до 0,25 м (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Визначення параметрів борозни після проходу чизельного робочого органу

При проведенні експериментів вологість та щільність ґрунту становила відповідно 22,5 % та 1,25 г/см<sup>3</sup>. Швидкість руху агрегату в експериментах складала 8,2 км/год.

Для визначення профілю борозни, яка виникла після проходу чизельного робочого органу, заміряли її ширину у нижній площині та на рівні поверхні поля. Обробіток результатів досліджень показав, що ширина борозни у нижній її частині рівнялася ширині захвату наральників, значення ширини борозни на рівні поверхні поля у залежності від ширини наральників та глибини їх ходу приведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Ширина борозни на рівні поверхні поля після проходу чизельного органу

| Ширина захвату<br>наральника, м·10 <sup>-2</sup> | Глибина обробітку ґрунту, м·10 <sup>-2</sup> |    |    |
|--|--|----|----|
|  | 15   | 20 | 25 |
| 7,0  | 15   | 21 | 26 |
| 12,5   | 22   | 28 | 38 |
| 28,5   | 43   | 54 | 71 |

Форма поперечного розрізу борозни мала вигляд рівнобедреної трапецію. Тому кут нахилу стінки борозни визначався по формулі:

$$\alpha_s = \frac{2h}{b_1 - b_2} ; \quad (4.1)$$

де  $h$  – глибина обробітку ґрунту;

$b_1$  – ширина борозни на рівні поверхні поля;

$b_2$  – ширина борозни в нижній його частині.

В результаті обробітку експериментальних даних табл. 4.1 з використанням формули (4.1) отримані залежності кута нахилу стінки борозни від ширини захвату наральника при різних глибинах їх ходу у ґрунті. Графічна залежність кута нахилу стінки борозни від ширини захвату наральника при різних глибинах обробітку приведена на рис. 4.2.

Дисперсійний аналіз отриманих результатів показав, що частка впливу глибини обробітку, ширини захвату робочого органу та парної їх взаємодії на значення кута нахилу стінки борозни складає відповідно 92,3; 5,5 та 0,85 %. Таким чином кут розповсюдження деформацій в ґрунті під дією чизельного наральника в основному залежить від глибини його ходу. Отримані дані достовірні з вірогідністю 95 %, найменша суттєва різниця не перевищує 0,24%.

Аналіз даних графіка показує, що при збільшенні ширини захвату наральників та глибини їх ходу кут нахилу стінки борозни зменшується і

змінюється в межах  $45...75^{\circ}$ . Результати досліджень були використані у теоретичних дослідженнях при визначенні схеми розташування чизельних робочих органів.

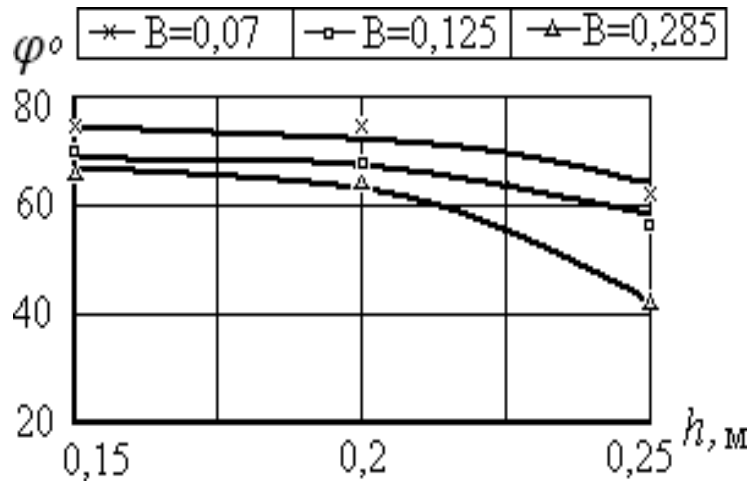


Рис. 4.2. Залежність кута нахилу стінки борозни від ширини захвату наральника при різних глибинах обробки ґрунту

Залежність тягового опору чизельного робочого опору від ширини наральника при різній глибині обробки ґрунту показано на рис. 4.3. Експерименти проводилися при швидкості руху агрегату  $7,2 \text{ км/год.}$  і вологості ґрунту  $23,1 \%$ .

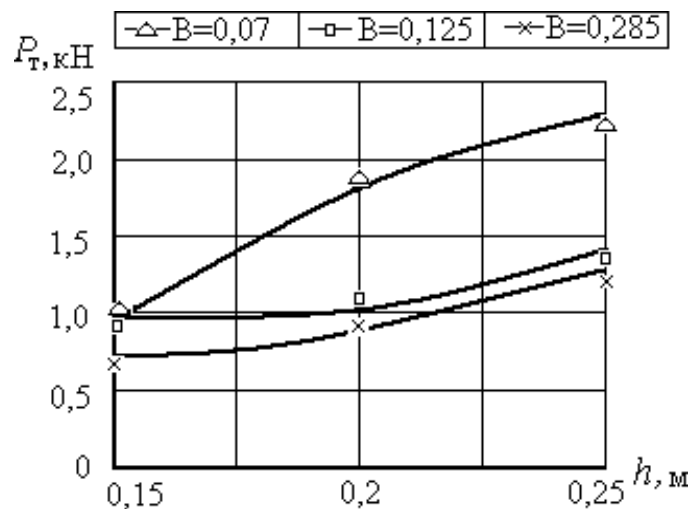


Рис. 4.3. Залежність тягового опору чизельного робочого органу від ширини наральника при різних глибинах обробки ґрунту

Найбільший вплив на тяговий опір чизельного робочого органу має глибина його ходу, доля якого складає  $70,12 \%$ . У меншій мірі на тяговий

опір чизельного робочого органу впливає ширина наральника та парна її взаємодія з глибиною ходу. Частка впливу останніх відповідно рівнялася 26,01 та 2,71 %. Отримані дані достовірні з 95 % вірогідністю, найменша суттєва різниця рівняється 110,7 Н.

На рис. 4.4 показані залежності питомого тягового опору (на одиницю ширини захвату лапи) від ширини захвату чизельного робочого органу при різних глибинах обробітку ґрунту. Аналіз залежностей графіка показує, що збільшення ширини захвату наральника чизельного робочого органу сприяє зменшенню його питомого тягового опору.

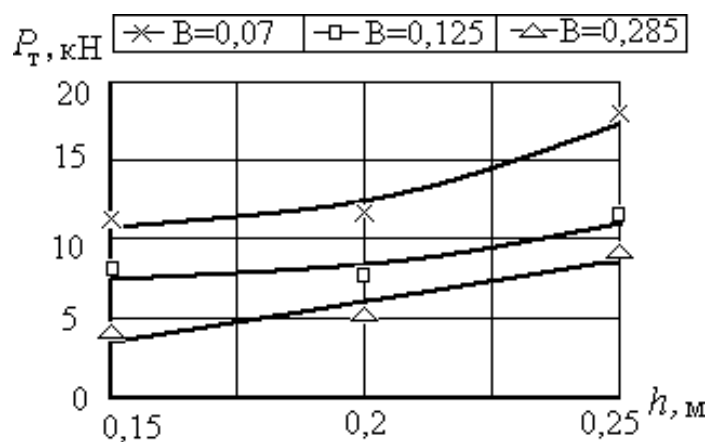


Рис. 4.4. Залежність питомого опору чизельного робочого органу від ширини його захвату при різних глибинах обробітку ґрунту

Доля впливу останньої на тяговий опір робочих органів складає 99,8 %, а найменша суттєва різниця рівняється 23,35 Н/м.

Питомий опір наральника зростає при зменшенні ширини його захвату, а при його заглибленні сила цього впливу збільшується. Це пояснюється тим, що при зменшенні ширини наральника збільшується кількість робочих органів на одиницю ширини захвату і зростають сили тертя.

При збільшенні глибини обробітку ґрунту чизельними робочими органами ширина смуги, що обробляється, і тяговий їх опір зростають, а тому для розширення універсальності знарядь з точки зору діапазону регулювання глибини обробітку (0,16...0,70 м) доцільно використовувати змінні по ширині наральники. Результати досліджень показали, що при збільшенні глибини

обробітку ширину наральника доцільно зменшувати. Збільшення кількості комплектів змінних за шириною наральників чизельних плугів сприятиме зменшенню їх енергоємності.

В комбінованій ґрунтообробній машині АГРО-3 глибина ходу чизельних робочих органів не перевищує 0,2 м і тому з точки зору економії енергії доцільно використовувати наральники з більшою шириною захвату.

#### 4.2. Якість роботи та енергетичні показники чизельних робочих органів

Експерименти проводилися у лабораторно-польових умовах при вологості ґрунту 22,5 %, щільності 1,25 г/см<sup>3</sup>, швидкості руху агрегату 8,4 км/год. та глибині обробітку 0,2 м.

На рис. 4.5 і 4.6 показані серійні та експериментальні наральники чизельних робочих органів комбінованої машини. Профіль експериментальних наральників обґрунтований в результаті проведення теоретичних досліджень з точки зору зменшення їх енергетичних показників.



а) серійне



б) експериментальне

Рис. 4.5. Долота чизельного робочого органу



а) серійний



б) експериментальний

Рис. 4.6. Наральники чизельного робочого органу

Структурний склад ґрунту після обробітку його долотом, серійними та експериментальними наральниками проводиться відповідно у табл. 4.2; 4.3; 4.4 та 4.5.

Таблиця 4.2. Структурний склад ґрунту після обробітку чизельним робочим органом з серійним долотом

| № повторності | Фракції, мм |       |       |         |       | Коефіцієнт структурності |
|---------------|-------------|-------|-------|---------|-------|--------------------------|
|               | > 30        | 30-20 | 20-10 | 10-0,25 | <0,25 |                          |
| 1             | 19,70       | 17,50 | 13,10 | 48,30   | 1,40  | 0,93                     |
| 2             | 26,80       | 10,31 | 12,37 | 49,40   | 1,03  | 0,97                     |
| Серед.        | 23,25       | 13,90 | 12,70 | 48,90   | 1,21  | 0,95                     |

Таблиця 4.3. Структурний склад ґрунту після обробітку чизельним робочим органом з експериментальним долотом

| № повторності | Фракції, мм |       |       |         |       | Коефіцієнт структурності |
|---------------|-------------|-------|-------|---------|-------|--------------------------|
|               | >30         | 30-20 | 20-10 | 10-0,25 | <0,25 |                          |
| 1             | 17,32       | 13,58 | 17,21 | 51,18   | 0,7   | 1,04                     |
| 2             | 17,96       | 21,56 | 14,37 | 52,69   | 0,59  | 1,10                     |
| Серед.        | 17,64       | 17,57 | 15,79 | 52,28   | 0,64  | 1,07                     |

Таблиця 4.4 Структурний склад ґрунту після обробітку чизельним робочим органом з серійним наральником

| № повторності | Фракції, мм |       |       |         |       | Коефіцієнт структурності |
|---------------|-------------|-------|-------|---------|-------|--------------------------|
|               | >30         | 30-20 | 20-10 | 10-0,25 | <0,25 |                          |
| 1             | 12,60       | 10,60 | 12,60 | 63,50   | 0,50  | 1,74                     |
| 2             | 14,00       | 13,10 | 11,20 | 61,60   | 0,20  | 1,60                     |
| Серед.        | 13,30       | 11,85 | 11,90 | 62,55   | 0,35  | 1,64                     |

Таблиця 4.5. Структурний склад ґрунту після обробітку чизельним робочим органом з експериментальним наральником

| № повторності | Фракції, мм |       |       |         |       | Коефіцієнт структурності |
|---------------|-------------|-------|-------|---------|-------|--------------------------|
|               | >30         | 30-20 | 20-10 | 10-0,25 | <0,25 |                          |
| 1             | 12,60       | 10,80 | 16,40 | 59,80   | 0,27  | 1,60                     |
| 2             | 10,40       | 11,40 | 13,50 | 64,40   | 0,30  | 1,82                     |
| Серед.        | 11,50       | 11,10 | 14,85 | 62,10   | 0,29  | 1,71                     |

Аналіз даних табл. 4.2 - 4.5 показує, що коефіцієнт структурності ґрунту після його обробітку чизельними органами з долотом і серійними та експериментальними наральниками має практично однакове значення. Таким

чином, на основі отриманих результатів можна зробити висновок, що удосконалення профілів наральників чизельних органів з точки зору енергетичних параметрів роботи чизельних органів не привело до погіршення якості обробітку ґрунту.

Тяговий опір чизельних робочих органів з долотами та наральниками приведений у табл. 4.6.

Таблиця 4.6. Тяговий опір чизельних робочих органів, Н

| Вид наральника              | Повторність |      |      | Середнє |
|-----------------------------|-------------|------|------|---------|
|                             | 1           | 2    | 3    |         |
| Долото серійне              | 1090        | 1100 | 1310 | 1160    |
| Долото експериментальне     | 1000        | 900  | 950  | 950     |
| Наральник                   | 2080        | 2200 | 2000 | 2110    |
| Наральник експериментальний | 1300        | 1400 | 1350 | 1350    |

Дисперсійний аналіз даних на вивчення впливу профілю широких наральників на тяговий їх опір показує, що доля впливу фактору рівняється 97,0 %, отримані дані достовірні з вірогідністю 95 %.

Аналіз даних табл. 4.6 показує, що чизельний робочий орган з експериментальним долотом у порівнянні з серійним має менший опір приблизно на 18%. Удосконалення профілю наральника забезпечує зниження тягового опору чизельного робочого органу приблизно на 35 %.

Таким чином, експериментальні дослідження підтверджують достовірність результатів теоретичних досліджень по обґрунтуванню профілю долота і наральника чизельного робочого органу з точки зору зниження їх енергоємності.

#### 4.3. Обґрунтування технологічної схеми комбінованої ґрунтообробної машини

З метою обґрунтування послідовності установки на рамі комбінованої машини різних типів ґрунтообробних робочих органів у лабораторно-польо-

вих умовах оброблявся ґрунт послідовно різними типами знарядь. Експерименти проводилися при вологості ґрунту 22,5 %, щільності 1,25 г/см<sup>3</sup> та швидкості руху агрегату 8,4 км/год. Критеріями оптимізації у досліді були якісні та енергетичні показники роботи знарядь. Варіанти послідовності обробітку ґрунту різними типами робочих органів приведені у табл. 4.7.

Таблиця 4.7. Варіанти послідовності обробітку ґрунту різними типами робочих органів

| Варіант<br>и<br>дослід | Послідовність обробітку ґрунту |                        |                        |            |
|------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|------------|
|                        | 1                              | 2                      | 3                      | 4          |
| 1                      | Чизелювання                    | Плоскорізний обробіток | Дискування             | Дискування |
| 2                      | Чизелювання                    | Культивація            | Дискування             | Дискування |
|                        | Чизелювання                    | Дискування             | Культивація            | Дискування |
| 4                      | Дискування                     | Чизелювання            | Плоскорізний обробіток | Дискування |
| 5                      | Чизелювання                    | Дискування             | Плоскорізний обробіток | Дискування |
| 6                      | Плоскорізний обробіток         | Дискування             | Культивація            | Дискування |
| 7                      | Дискування                     | Плоскорізний обробіток | Культивація            | Дискування |
| 8                      | Дискування                     | Чизелювання            | Культивація            | Дискування |

Структурний склад ґрунту у варіантах дослідження приведений у табл. 4.8.

Таблиця 4.8 Структурний склад ґрунту у варіантах дослідження

| Варіант | Фракції, мм |       |       |         |       | Коефіцієнт<br>структурності |
|---------|-------------|-------|-------|---------|-------|-----------------------------|
|         | >30         | 30-20 | 20-10 | 10-0,25 | >0,25 |                             |
| 1       | 19,34       | 17,14 | 16,48 | 46,92   | 0,12  | 0,88                        |
| 2       | 16,59       | 18,26 | 17,29 | 47,76   | 0,10  | 0,91                        |
| 3       | 36,92       | 9,04  | 13,65 | 40,18   | 0,21  | 0,67                        |
| 4       | 23,28       | 14,28 | 13,88 | 48,24   | 0,22  | 0,93                        |
| 5       | 34,03       | 19,68 | 11,76 | 34,41   | 0,12  | 0,52                        |
| 6       | 21,78       | 20,36 | 18,94 | 38,83   | 0,09  | 0,63                        |
| 7       | 11,69       | 17,20 | 24,35 | 46,68   | 0,08  | 0,88                        |
| 8       | 18,73       | 12,30 | 18,46 | 50,39   | 0,12  | 1,02                        |

Дисперсійний аналіз даних таблиці показує, що доля впливу факторів на якісні показники роботи робочих органів рівняється 94,89 %, отримані дані достовірні з вірогідністю 95 %.

Коефіцієнт структурності ґрунту найвищий у варіантах при яких чизельні, плоскорізальні або стрілочасті робочі органи йдуть послідовно. Якщо між названими типами робочих органів – обробити ґрунти дисками, то інтенсивність його подрібнення зменшується. При порівнянні варіантів у яких за чизельними робочими органами ґрунт оброблюється плоскорізальними лапами (варіант 4) і лапами культиватора КПС-4 (варіант 8), то у останньому варіанті якість обробітку ґрунту краща. Аналізуючи значення коефіцієнта структурності ґрунту 4<sup>го</sup>, 7<sup>го</sup> і 8<sup>ому</sup> варіантах дослідження, можна зробити висновок – для отримання високої якості ґрунту достатньо приміняти одну пару дисків, які встановлюються послідовно у наборі робочих органів комбінованої машини.

Значення тягового опору робочих органів комбінованої машини при різних умовах їх роботи приведені у табл. 4.9.

Таблиця 4.9. Питомий тяговий опір робочих органів комбінованої машини, Н/м

| № п/п | Робочі органи            | Фон              | Тяговий опір |
|-------|--------------------------|------------------|--------------|
| 1     | Чизельні                 | Стерня           | 6940         |
| 2     | Плоскорізні              | Стерня           | 6240         |
| 3     | Плоскорізні              | Ґрунт оброблений | 3700         |
| 4     | Універсальні стрілочасті | Ґрунт оброблений | 1080         |
| 5     | Диски                    | Стерня           | 800          |
| 6     | Диски                    | Ґрунт оброблений | 2110         |

Тяговий опір комбінованої ґрунтообробної машини в цілому при різних технологічних схемах використання її робочих органів приведений у табл.4.10.

Таблиця 4.10. Тяговий опір комбінованої машини, Н/м

| Варіанти | Тяговий опір |
|----------|--------------|
| 1        | 14860        |
| 2        | 12240        |
| 3        | 12240        |
| 4        | 13550        |
| 5        | 14860        |
| 6        | 11540        |
| 7        | 10230        |
| 8        | 10930        |

Дані табл. 4. 10 отримані з врахуванням послідовності розташування на рамі комбінованої машини робочих органів згідно прийнятих варіантів досліду (табл. 4.7) та з використанням даних табл. 4.9.

Аналіз даних табл. 4.10 показує, що найменший питомий опір має комбінована машина у якій робочі органи розташовані у варіантах 7 і 8, при цьому загальний опір комбінованої машини знаходиться біля 30000 Н., що дозволяє її агрегування з тракторами класу 30 кН. Найбільше значення питомого опору має серійна комбінована машина (варіант 1) і її загальний опір рівняється близько до 50000 Н., що дає можливість її агрегування тільки з трактором класу 50 кН.

Аналіз опору окремих робочих органів показує, що чизельні робочі органи по відношенню до плоско ріжучих мають більший питомий опір приблизно на 11 %. Перевага чизельних робочих органів є краще заглиблення і стійкість ходу по глибині. Заміна плоскорізних лап універсальними стрілочастими дозволяє зменшити питомий опір їх приблизно у 3 рази.

Виходячи з результатів досліджень по вивченню якісних і енергетичних показників різних варіантів набору робочих органів комбінованої машини можна зробити висновки про те, що одна пара дисків забезпечує необхідне подрібнення грудок ґрунту. Другу пару дисків доцільно використовувати тільки при наявності на полі відносно великих рослинних рештків.

#### 4.4. Порівняльні польові експерименти

Передпосівний обробіток ґрунту і посів озимого жита проводилися при вологості ґрунту 23,5 % у традиційній системі мінімального обробітку ґрунту з використанням дискової важкої борони, парового культиватора і зернової сівалки, з використанням сівалки прямої сівби АПП-6 і комбінованої експериментальної машини (рис. 4.11). Структурний склад посівного

прошарку ґрунту після проведення сівби озимого жита приведений у табл. 4.11.

Таблиця 4.11. Структурний склад посівного шару ґрунту у варіантах підготовки його до сівби

| № вар | Варіант   | Фракції, мм |         |         |           |       | Коефіц. структурності |
|-------|---|-------------|---------|---------|-----------|-------|-----------------------|
|       |   | >30         | 30...20 | 20...10 | 10...0,25 | <0,25 |                       |
| 1     | Традиційна система мінімального обробітку ґрунту        | 30,3        | 16,0    | 15,0    | 37,6      | 1,1   | 0,63                  |
| 2     | Прямий посів  | 45,0        | 9,6     | 10,0    | 34,3      | 1,1   | 0,51                  |
| 3     | Обробіток ґрунту експериментальною комбінованою машиною | 18,6        | 20,5    | 18,6    | 41,3      | 1,0   | 0,69                  |

Дисперсійний аналіз отриманих даних показує, що доля впливу факторів на якість обробітку ґрунту складає 96,68 %, отримані дані достовірні з вірогідністю 95 %.

Аналіз даних табл. 4.11 показує, що найкраща якість підготовки ґрунту до сівби озимих культур після попередника кукурудзи на силос були у варіанті обробітку ґрунту експериментальною комбінованою машиною. У цьому варіанті по відношенню до варіантів підготовки ґрунту традиційною системою машин, а також допомогою сівалки прямої сівби АПП-6 коефіцієнт структурності ґрунту вищий відповідно на 9,5 % і 13,5 %. Кількість грудок розміром більше 30 мм у експериментальному варіанті зменшилася відповідно у 1,6 і 2,4 рази.

Покращення якості підготовки ґрунту до посіву озимого жита сприяла підвищенню його врожайності (табл. 4.12). Дисперсійний аналіз отриманих

даних показує, що доля впливу факторів на врожайність озимого жита складає 98,79 %, дані достовірні з вірогідністю 95 %.

Таблиця 4.12. Врожайність озимого жита у варіантах обробітку ґрунту

| № варіанта | Варіанти  | Врожайність, ц/га | % до традиційного обробітку ґрунту |
|------------|---|-------------------|------------------------------------|
| 1          | Традиційний обробіток ґрунту                            | 18,19             | 100                                |
| 2          | Прямий посів  | 14,88             | 82                                 |
| 3          | Обробіток ґрунту експериментальною комбінованою машиною | 29,23             | 161                                |

Аналіз даних табл. 4.12 показує, що використання експериментальної комбінованої машини у системі підготовки ґрунту до посіву озимого жита дозволила в умовах 2024-2025 року на ділянках експерименту підвищити врожайність по відношенню до варіанту з традиційних систем обробітку і прямою сівбою в 1,6 і 2 рази відповідно.

Для визначення якісних показників роботи експериментальної комбінованої машини після стерньового попередника були проведені дослідження на предмет визначення структурного складу ґрунту до і після його обробітку (табл. 4.13). Вологість ґрунту під час обробітку рівнялась 21 %, швидкість руху агрегату – 9,2 км/год.

Таблиця 4.13. Структурний склад ґрунту посівного прошарку до і після його обробітку по стерньовому попереднику

| № п/п | Варіанти        | Фракції, мм |         |         |           |       | Коеф. стр. |
|-------|-----------------|-------------|---------|---------|-----------|-------|------------|
|       |                 | >30         | 30...20 | 20...10 | 10...0,25 | <0,25 |            |
| 1     | До обробітку    | 58,3        | 3,9     | 4,9     | 32,2      | 0,7   | 0,48       |
| 2     | Після обробітку | 12,8        | 9,1     | 12,3    | 65,6      | 0,2   | 2,06       |

Отримані дані з вірогідністю 95 %, доля впливу факторів на якісні показники роботи машин складає 94,81 %.

Коефіцієнт структурності ґрунту після обробітку його комбінованою машиною збільшився приблизно у 4,5 рази і суттєво перевищує значення аналогічного коефіцієнта при обробітку ґрунту після такого попередника як кукурудза на силос. Його значення досягає 2,06, що підтверджує високу якість обробітку під посів озимих культур експериментальною комбінованою машиною за один прохід агрегату.

#### 4.5. Висновки з розділу

1. В результаті вивчення процесу взаємодії з ґрунтом чизельного наральника отримані залежності куту нахилу стінки борозни від ширини захвату та глибини його ходу. При цьому збільшення ширини захвату наральника і збільшення глибини його ходу приведе до зменшення кута нахилу стінки борозни. Величина кута нахилу стінки борозни змінюється у межах 45...75°. Збільшення ширини захвату наральника сприяє зменшенню його питомого тягового опору.

2. Порівняння якісних показників роботи в серійних і експериментальних наральників чизельних робочих органів показало, що застосування останніх не привело до погіршення якісних показників обробітку ґрунту. Експериментальні долота та наральники у порівнянні з серійними мають менший опір на 18 % і 35 % відповідно.

3. Найкращу якість обробітку ґрунту експериментальна машина має у варіанті в якому чизельні, плоскорізальні або стрілчасті лапи працюють послідовно. Установка між ними дисків не сприяє покращенню якості обробітку ґрунту. Для отримання високої якості обробітку ґрунту в експериментальній комбінованій машині достатньо примінити одну пару дисків. Другу пару дисків доцільно використовувати тільки при наявності на поверхні поля рослинних залишків.

4. В умовах проведення експерименту чизельні робочі органи по відношенню до плоскорізних мали більший питомий опір приблизно на 11%, а заміна плоскоріжучих лап, які виставлені за чизельними робочими органами на універсальні стрілчасті дозволяє зменшити їх питомий опір приблизно у 3 рази. Враховуючи переваги чизельних робочих органів по відношенню до плоскорізальних щодо їх надійності в заглибленні у ґрунт можна зробити висновок про доцільність використання їх у залежності від умов в яких працює комбінована машина.

5. Використання експериментальної комбінованої ґрунтообробної машини у системі мінімального обробітку ґрунту під озимі культури після кукурудзи на силос по відношенню до традиційної системи і застосування сівалки прямого сіву АПП-6 дозволяє підвищити коефіцієнт структурності відповідно на 9,5 % і 13,5 %, та врожайності озимого жита на 61 % і 72 %. Застосування експериментальної комбінованої машини для обробітку ґрунту після стернового попередника в умовах експерименту по відношенню до контролю (до обробітку ґрунту) забезпечило збільшення коефіцієнту структурності приблизно у 4,5 рази до його значення 2,06.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Науково-технічний прогрес обумовлює нові задачі, пов'язані з охороною праці. В умовах зросту механізації та автоматизації процесів зберігання та переробки зернової продукції, велике значення набуває проблема охорони праці працюючих.

Збільшення енергоозброєності та технічної оснащеності потребує своєчасного виявлення, усунення і потенційного прогнозування можливих небезпечних місць на виробничих лініях, складах та інших виробничих об'єктах. Необхідне проведення робіт профілактичного характеру, пов'язаних з попередженням нещасних випадків. Для цієї цілі відповідним службам з охорони праці необхідно керуватися:

1. Законом України «Про охорону праці», прийнятим Верховною Радою України 21 листопада 2002 року;
2. «Типовим Положенням» про навчання по питанням охорони праці;
3. «Інструкціями» – тобто нормативними актами, які містять обов'язкові для дотримання працівниками вимог з охорони праці при виконанні робіт на робочих місцях.

В ПП «Росток» за стан охорони праці відповідає директор. Йй підпорядковується інженер з питань охорони праці, який працює за сумісництвом і має практичний стаж роботи більше 3-х років.

До основних обов'язків директора входить:

- опрацювання ефективної цілісної системи управління ОП;
- сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи;

В свою чергу спеціаліст з питань охорони праці контролює:

- дотримання чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів, виконання працівниками посадових інструкцій з

питань охорони праці;

- виконання приписів органів державного нагляду, пропозицій та подань уповноважених трудових колективів і профспілок з питань охорони праці;

- своєчасне проведення навчання та інструктажів працюючих, атестації та переатестації з питань безпеки праці посадових осіб та осіб, які виконують роботи підвищеної небезпеки, а також дотримання вимог безпеки при виконанні цих робіт.

За стан охорони праці на робочих місцях відповідають начальники цехів, майстри, бригадири. До їх обов'язків входить:

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;

- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;

- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань опрацювання ефективної цілісної системи управління охороною праці;

- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працівників;

- професійного добору виконавців для визначених видів робіт.

Вступний інструктаж з питань охорони праці для працівників проводить спеціаліст з охорони праці підприємства.

В підприємстві погано організована пожежно-сторожова охорона, яка не оснащена зв'язком зі всіма підрозділами господарства. Графік чергувань пожежної охорони розроблено, але його не завжди дотримуються. Навчання правилам безпеки практично не ведеться.

Стан охорони праці на виробничих ділянках характеризує узагальнений коефіцієнт рівня охорони праці.

$$K_{cn}^ч = \frac{K_{\delta} + K_{\sigma} + K_{впр}}{3} \leq 1 \quad (5.1)$$

Розраховуємо коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці:

$$K_{\partial} = \frac{C_{\partial}}{C}, \quad (5.2)$$

де  $K_{\partial}$  – коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці;

$C_{\partial}$  – кількість працівників, що дотримуються правил охорони праці;

$C$  – загальна кількість працівників.

$$K_{\partial 2015} = \frac{9}{10} = 0,9 ;$$

$$K_{\partial 2016} = \frac{10}{10} = 1,0 ;$$

$$K_{\partial 2017} = \frac{10}{10} = 1,0 .$$

Як показали розрахунки, рівень дотримання правил охорони праці в господарстві за останній рік підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт технічної безпеки обладнання:

$$K_{\sigma} = \frac{n_{\sigma}}{n}, \quad (5.3)$$

де  $K_{\sigma}$  – коефіцієнт технічної безпеки обладнання;

$n_{\sigma}$  – кількість одиниць обладнання, що відповідає вимогам безпеки і санітарним вимогам;

$n$  – загальна кількість обладнання.

$$K_{\sigma 2015} = \frac{20}{25} = 0,8 ;$$

$$K_{\sigma 2016} = \frac{20}{25} = 0,8 ;$$

$$K_{\sigma 2017} = \frac{23}{25} = 0,92 .$$

Як показали розрахунки, рівень технічної безпеки в господарстві за

останні роки підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці:

$$K_{впр} = \frac{m_{cp}}{m}, \quad (5.4)$$

де  $K_{впр}$  – коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці;

$m_{cp}$  – кількість фактично виконаних запланованих робіт з охорони праці;

$m$  – загальна кількість запланованих робіт за певний відрізок часу.

$$K_{впр2015} = \frac{5}{10} = 0,5 ;$$

$$K_{впр2016} = \frac{6}{10} = 0,6 ;$$

$$K_{впр2017} = \frac{6}{10} = 0,6 .$$

Коефіцієнт рівня охорони праці дорівнює:

$$K_{сн2015}^ч = \frac{0,9 + 0,8 + 0,5}{3} = 0,73 ;$$

$$K_{сн2016}^ч = \frac{1,0 + 0,8 + 0,6}{3} = 0,8 ;$$

$$K_{сн2017}^ч = \frac{1,0 + 0,92 + 0,6}{3} = 0,84 .$$

Коефіцієнт рівня охорони праці свідчить, що стан охорони праці в господарстві, як показують розрахунки даний показник за останній рік підвищився.

В господарстві стан охорони праці знаходиться на належному рівні, але маютья недоліки: не проводиться атестація робочих місць; підвищений рівень запиленості робочих місць; не проводиться інструктаж з охорони праці та

наданню першої медичної допомоги, для учнів і студентів, які прибувають на виробничу практику до господарства.

### 5.1 Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення в господарстві

Метою дослідження виробничого травматизму є розробка заходів по запобіганню нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини. Аналіз причин травматизму дозволяє поділяти їх на організаційні, технічні, психофізіологічні та санітарно-гігієнічні.

Так, як в господарстві випадків травматизму за досліджувані роки не було, проводимо розрахунок показників захворювань.

Для їх кількісної характеристики використовують такі показники:

- коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 100 \quad (5.4)$$

- коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{\text{в}} = \frac{Д}{T} \quad (5.5)$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{\text{вт}} = \frac{Д}{P} \cdot 100 \quad (5.6)$$

де  $T$  – кількість випадків захворювань за досліджуваний період;

$P$  – середньоспискова кількість працівників, чол.;

$Д$  – сумарна втрата днів працездатності в результаті захворювань, днів.

Отже, за звітній період отримаємо наступні дані:

- коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{ч2015} = \frac{1}{10} \cdot 100 = 10$$

- коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{в2015} = \frac{24}{1} = 24$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{вт2015} = \frac{24}{10} \cdot 100 = 240$$

Основні показники захворювань зводяться до таблиці 5.1 та робляться висновки про його рівень.

Таблиця 5.1 – Основні показники захворювань по ПП «Росток»

| Показники                                    | Роки |      |      |
|--|------|------|------|
|  | 2023 | 2024 | 2025 |
| Кількість працюючих, чол.                    | 10   | 10   | 10   |
| Кількість захворювань, од                    | 1    | -    | -    |
| Втрати днів непрацездатності від захворювань | 24   | -    | -    |
| Коефіцієнт частоти                           | 10   | -    | -    |
| Коефіцієнт важкості                          | 24   | -    | -    |
| Коефіцієнт втрат робочого часу               | 240  | -    | -    |

## 5.2. Заходи по поліпшенню умов праці

Для покращення стану охорони праці на підприємстві, створення безпечних умов праці, зменшення виробничого травматизму та захворюваності, в наслідок чого підвищення рівня виробництва рекомендується:

- організувати кабінет з охорони праці;
- забезпечити кабінет необхідним обладнанням;
- закупити учбові плакати з охорони праці та розповсюдити їх по всіх виробничих підрозділах;
- систематично проводити демонстрацію фільмів про охорону праці та пожежну безпеку;
- проводити з працівниками лекції та бесіди з охорони праці;
- щомісяця проводити на підприємстві день охорони праці;
- налагодити пропаганду безпечних умов праці.
- слідувати за чистотою площадок для зберігання техніки.
- перевірити лінії електропередач, висоту вводів в приміщення. Висота ліній по нижньому проводу повинна бути не менше 6 м, а висота вводу в приміщення не менше 2,5 м.
- перевірити блискавкозахист приміщень.
- перевірити контури заземлення електрообладнання та встановити захисні щитки.
- забезпечити протипожежним інвентарем, резервуарами з водою та вогнегасниками.
- посадити зелене насадження.
- забезпечити кожний агрегат аптечкою першої медичної допомоги.
- регулярно проводити інструктажі з охорони праці.
- забезпечити всі виробничі приміщення плакатами з охорони праці.

### 5.3 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі виникнення пожежі

В разі виникнення пожежі на стаціонарних об'єктах викличте пожежну команду, повідомте керівництво і приступіть до ліквідації осередку загоряння

згідно з вимогами інструкції про заходи з пожежної безпеки.

При виникненні пожежі на електроустановках у першу чергу необхідно повідомити про це пожежну охорону, відповідального за електрогосподарство, керівника робіт.

У випадку загоряння зерна погасіть топку, виключіть вентилятори і вивантажувальні пристрої, закрийте випускні заслінки і, не зупиняючи подачі вологого зерна, відкрийте люки дифузорів, виявивши осередок загоряння, через вікно короба спробуйте витягнути його із шахти. Якщо осередок загоряння усунути не вдається, включіть розвантаження на максимальну продуктивність, а осередки загоряння зерна гасіть водою й усувайте з основного потоку зерна. Після розвантаження всього зерна ретельно очистіть стінки камери й поверхню коробів від нагару.

При загорянні одязі постарайтесь зняти її або накрийте палаючу ділянку щільною матерією, при можливості занурте у воду.

#### 5.4 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці в підприємстві

Специфіка обладнання підприємств зі зберігання техніки полягає в тому, що воно майже не потребує місцевого освітлення, тому розрахуємо загальне освітлення. Розрахунок проведемо для основних виробничих приміщень.

Розрахунок виконаємо за методом використання світлового потоку. Для цього знайдемо висоту підвісу світильників:

$$H_c = H - (h_p + h_r), \text{ м} \quad (5.8)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_p$  – висота робочого місця, м;

$h_r$  – відстань від стелі до світильника, м.

Для всіх приміщень висота підвісу буде складати:

$$H_c = 6 - (1,15 + 0,45) = 4,4 \text{ м}$$

Далі визначаємо показник приміщення:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c (a + b)}, \quad (5.9)$$

де  $a$  і  $b$  – довжина і ширина приміщення відповідно, м.

Для виробничого відділення цей індекс складає:

$$\varphi = \frac{18 \cdot 9}{4,4 \cdot (12 + 9)} = \frac{162}{118,8} = 1,36$$

Далі визначаємо кількість світильників в цеху при умові розміщення їх один від одного на відстані три метри:

$$n = \frac{S}{l^2} \quad (5.10)$$

$$n = \frac{162}{9} = 18$$

Звідси,

Таким чином, приймаємо кількість світильників рівну 18 шт.

Далі визначаємо світловий потік однієї лампи за формулою:

$$F = \frac{E_{\min} \cdot K \cdot Z \cdot S}{n \cdot \eta} \quad (5.11)$$

де  $E$  – мінімальна освітленість, що дорівнює 150 люкс;

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує запиленість світильників ( $K = 1,7$ );

$Z$  – відношення середньої освітленості до мінімальної ( $Z = 0,53$ );

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$n$  – кількість світильників, шт.;

$\eta$  – коефіцієнт використання світового потоку ( $\eta = 0,55$ ).

Розрахунковий світовий потік складає, лм:

$$F = \frac{150 \cdot 1,7 \cdot 0,53 \cdot 162}{18 \cdot 0,55} = 2211$$

$$E = \frac{2211 \cdot 18 \cdot 0,55}{1,7 \cdot 162 \cdot 0,53} = 150$$

Отже,

Далі за визначеним мінімальним світовим потоком вибираємо лампи для світильників. Таким чином, для обраних світильників типу ОДОР приймаємо люмінесцентні газорозрядні лампи ЛДЦ потужністю 40 Вт.

Більше уваги приділяти навчанню робітників підрозділів, керівнику підприємства і інженеру з охорони праці. Перевірити стан вентиляції в приміщеннях. Обладнати належним чином місця для куріння на всіх виробничих дільницях, керівнику підприємства. Звернути особливу увагу на проведення інструктажів з питань охорони праці, ознайомити працівників зі способами надання першої медичної допомоги, для учнів і студентів, які прибувають на виробничу практику до господарства, інженеру по охороні праці. Провести атестацію робочих місць.

## Висновки

У даному розділі приведені стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпеки виробництва був проведений розрахунок системи освітлення приміщень. Також був розроблений план дій виробництва при вибуху, як найбільш ймовірній надзвичайній ситуації.

На підставі проведеного аналізу стану охорони праці на підприємстві був розроблений план заходів і засобів спрямованих на покращення умов та безпеки праці, підвищення культури виробництва та зниження травматизму робітників.

## РОЗДІЛ 6

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ КОМБІНОВАНОЇ МАШИНИ

Як зазначалось раніше серійна ґрунтообробна машини АГРО-3 має жорстке кріплення робочих органів до рами. Це при поздовжніх коливаннях машини призводить до зростання тягового опору, який становить близько 50000 Н (табл. 5), тобто для агрегування серійної машини необхідний трактор тягового класу 5.

Загальний тяговий опір комбінованої машини знаходиться біля 30000 Н., що дозволяє її агрегування з тракторами класу 3.

Для визначення економічної ефективності за базовий агрегат приймаємо агрегат, який включає трактор К-701 і серійну машини АГРО-3. Новий агрегат включає трактор ХТЗ-150К і експериментальну машину АГРО-3.

Норма виробітку базового і нового агрегату становить 16,8 га. При питомих витрати палива в базового агрегату 20 л/га і нового агрегату 15 л/га.

Ціна трактора ХТЗ-150К становить 1341270 грн. Нормативне річне завантаження –1600 год. Норма відрахувань на: амортизацію - 15 %, ремонт і ТО – 6 %.

Ціна трактора К-701 становить 1532000 грн. Нормативне річне завантаження –1500 год. Норма відрахувань на: амортизацію - 15 %, ремонт і ТО – 7,6 %.

Ціна серійної машини АГРО-3 становить 175000 грн. Нормативне річне завантаження 240 год. Норма відрахувань: на амортизацію 15 %, ремонти і ТО – 20 %.

При визначені ціни експериментальної машини приймемо до уваги, що її удосконалення призведе до збільшення вартості на 15 %. Тоді, її ціна буде становити  $175000 \cdot 1,15 = 201250$  грн.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності проекту зведемо в табл. 5.1.

Затрати праці визначимо за формулою:

$$Z_{\text{п}} = \frac{M}{W}, \quad (5.1)$$

де  $M$  – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$W_{\text{г}}$  – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Базовий і новий агрегат обслуговує один механізатор (тракторист), то за (5.1) будемо мати наступні затрати праці:

$$Z_{\text{пб}} = Z_{\text{пн}} = \frac{1}{2,4} = 0,42 \text{ люд.год/га.}$$

Питомі прямі експлуатаційні витрати на визначимо за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_{\text{то}} + C_{\text{пмм}}, \quad (5.2)$$

де  $C_o$  – оплата праці з нарахуваннями, грн/га;

$C_a$  – амортизаційні відрахування, грн/га;

$C_{\text{то}}$  – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/га;

$C_{\text{пмм}}$  – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн/га.

Оплату праці можна визначити за формулою:

$$C_o = \frac{T}{H} \quad (5.3)$$

де  $T$  - оплата праці за норму виробітку, грн.;

$H$  - норма виробітку, га.

Оплата праці механізаторів, які працюють на оранці здійснюють як для трактористів-машиністів третьої групи по 6 розряду тарифної сітки із розрахунку 850 грн. за норму виробітку.

Тоді витрати на оплату праці будуть становити

$$C_{он} = C_{об} = \frac{850}{16,8} = 50,59 \text{ грн/га.}$$

Таблиця 5.1- Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

| Показники                           | Базовий агрегат | Новий агрегат |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|
| Продуктивність, га/год              | 2,4             | 2,4           |
| Питомі витрати палива, кг/га        | 20,0            | 15,0          |
| Вартість машини, грн                | 175000          | 201250        |
| Ціна трактора К-701                 | 1532000         | 1341270       |
| Норма амортизаційних відрахувань, % |                 |               |
| Трактора і машини                   | 15              | 15            |
| Норма відрахувань на ремонт і ТО, % |                 |               |
| трактора                            | 7,6             | 6             |
| машини                              | 20              | 20            |
| Нормативне річне завантаження, год  |                 |               |
| трактора                            | 1500            | 1600          |
| машини                              | 240             | 240           |

Амортизаційні відрахування машин в агрегаті визначимо за формулою:

$$C_a = \frac{\alpha_{рт} \cdot B_r}{100 \cdot W \cdot t_r} + \frac{\alpha_p \cdot B}{100 \cdot W \cdot t}, \quad (5.4)$$

де  $\alpha_{рт}$ ,  $\alpha_p$  - норма річних відрахувань на амортизацію від вартості відповідно трактора і машини, які входять в склад агрегату %;

$B_r$ ,  $B$  - вартість відповідно трактора і машини в агрегаті, грн.;

$W$ - продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

$t_r$ ,  $t$  - нормативне річне завантаження відповідно трактора і машини в агрегаті, год.

Тоді амортизаційні відрахування складають: для базового агрегату

$$C_{аб} = 141,7 \text{ грн/га};$$

для нового агрегату

$$C_{ан} = 135,79 \text{ грн/га}$$

Відрахування на ремонти і технічне обслуговування,  $C_{то}$  грн/га можна визначити за (5.4), якщо підставити відповідні норми відрахувань.

Отже, відрахування на ремонти і технічне обслуговування будуть становити: для базового агрегату

$$C_{тоб} = 137,27 \text{ грн/га}$$

для нового агрегату

$$C_{тон} = 135,28 \text{ грн/га}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали:

$$C_{пмм} = Q \cdot Ц_k, \quad (5.5)$$

де  $Q$  – витрати палива, кг/га;

$Ц_k$  – комплексна ціна палива, грн/л.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали. Норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива становлять: дизельне мастило – 5 %; автотракторне мастило – 3,7 %; солідол – 0,5 %; трансмісійне мастило – 0,8 %.

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьогоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 30 грн/л. Тоді питомі витрати на паливо і мастильні матеріали будуть дорівнювати:

для базового агрегату

$$C_{пмм б} = 20 \cdot 50 = 1000 \text{ грн/га},$$

для нового агрегату

$$C_{пмм н} = 15 \cdot 50 = 750 \text{ грн/га}.$$

Загальні питомі прямі експлуатаційні витрати становлять:

при обробітку ґрунту базовим агрегатом

$$C_{\text{б}} = 50,59 + 141,70 + 137,27 + 1000,0 = 1329,56 \text{ грн/га,}$$

при обробітку ґрунту новим агрегатом

$$C_{\text{н}} = 50,59 + 135,79 + 135,28 + 750,0 = 1071,66 \text{ грн/га.}$$

Таким чином, використання удосконаленої машини АГРО-3 дасть змогу зменшити питомі прямі експлуатаційні витрати на 257,9 грн/га.

Питомі капіталовкладення визначимо за формулою

$$KB = \frac{1}{W} \left( \frac{B_r}{t_r} + \frac{B}{t} \right).$$

Підставивши дані, будемо мати

$$KB_{\text{б}} = 577,98 \text{ грн/га; } KB_{\text{н}} = 438,61 \text{ грн/га}$$

Річний економічний ефект від використання нового агрегату визначимо за формулою:

$$E_p = [(C_{\text{пит. б.}} + EK_{\text{п.б.}}) - (C_{\text{пит. н.}} + EK_{\text{п.н.}})]Wt, \quad (5.6)$$

де E- нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, E=0,15.

$$E_p = [(1329,56 + 0,15 \cdot 577,98) - (1071,66 + 0,15 \cdot 438,61)]2,4 \cdot 240 \approx 194350 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку економічної ефективності впровадження у виробництво експериментальної машини АГРО-3 зведемо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2- Економічні показники впровадження у виробництво експериментальної машини АГРО-3

| Назва показників                         | Агрегат                                |   | Відхилення, +,- |
|--|--|---|-----------------|
|  | К-701 +<br>серійна<br>машина<br>АГРО-3 | ХТЗ-150К +<br>експеримент<br>альна<br>машина<br>АГРО -3 |                 |
| 1. Вартість машини, грн.                 | 175000                                 | 201250  | + 26250         |
| 2. Продуктивність, га/год.               | 2,40                                   | 2,40  | 0               |
| 3. Затрати праці, люд.год./га            | 0,42                                   | 0,42  | 0               |
| 4. Прямі експлуатаційні витрати, грн/га: | 1329,56                                | 1071,66   | - 742,1         |
| в тому числі:                            |  |   |                 |
| амортизаційні відрахування               | 141,70                                 | 135,79  | - 5,91          |
| оплата праці                             | 120,83                                 | 120,83  | 0               |
| витрати на ПММ                           | 1000,0                                 | 750,00  | - 250,0         |
| відрахування на ремонти і ТО             | 137,27                                 | 135,28  | - 1,99          |
| 5. Економічний ефект:                    |  |   |                 |
| на одну машину в рік, грн.               |  | 194350,0  |                 |
| на один гектар, грн./га                  |  | 1163,80   |                 |

Таким чином, запровадження у виробництва удосконаленої машини АГРО-3 дозволять одержати річний економічний ефект в сумі 194350 грн.

## ВИСНОВКИ

В роботі вирішена проблема зниження витрат енергії на обробіток ґрунту комбінованою машиною з одночасним покращенням якості виконання технологічного процесу.

1. Аналіз конструкцій та технологічних процесів роботи комбінованих машин показав, що однією з найбільш перспективних є ґрунтообробна машина АГРО-3, яка відрізняється від своїх аналогів високою якістю обробітку ґрунту, технічною і технологічною надійністю. Але висока її енергоємність не дозволяє трактору класу 3 розвивати швидкість 10...12 км/год, що сприяє погіршенню якості обробітку ґрунту і зниженню продуктивності агрегату.

2. Зменшення тягового опору долота чизельної лапи на 18 % та її наральника на 35% досягається шляхом удосконалення їх профілів з допомогою методів прямого варіаційного числення.

3. Зниження на 34% тягового опору серійної машини АГРО-3 забезпечується заміною жорсткої рами на шарнірно з'єднану конструкцію, що сприяє зменшенню маси та відстані від трактора до її центру, а також, як показали результати досліджень математичної моделі, і коливань машини у вертикальній площині.

4. Необхідна якість обробітку ґрунту чизельними робочими органами на глибину до 0,16 м досягається з допомогою наральників шириною захвату 0,285 м, стояки яких розміщені один від одного на відстані 0,455 м.

5. Найменший тяговий опір (до 30 кН) має комбінована машина АГРО-3, у якій робочі органи встановлені в послідовності: диски, чизельні або плоскоріжучі лапи, культиваторні лапи та диски. Чизельні або плоско ріжучі лапи доцільно використовувати в залежності від щільності ґрунту, що

обробляється.

6. Для отримання високої якості обробітку ґрунту при одночасному зменшенні затрат енергії в ґрунтообробній машині достатньо застосувати одну пару дисків, другу доцільно використовувати тільки при наявності на поверхні поля рослинних решток.

7. Результати розрахунків економічних показників впровадження у виробництво експериментальної машини АГРО-3 показують, що від використання її в агрегаті з трактором ХТЗ-150К може бути одержаний річний економічний ефект в сумі 194350 грн. із розрахунку на одну машину або 1163,8 гривень на один гектар.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Економіка сільського господарства : навч. посіб. / [Збарський В.К. Бабієнко М.Ф., Кулаєць М.М., Синявська І.М., Хоменко М.П.] ; за ред. проф В. К. Збарського. К.: Агроосвіта, 2013. 352с.
2. Застосування способів основного обробітку ґрунту в сівозмінах/ В.М. Кабанець, М.Г. Собко, О.В. Радченко / під ред. М.Г. Собка. Сад, 2015. 16 с.
3. Шустік Л. Техніка для передпосівного обробітку ґрунту // Пропозиція, 2015. №1. С.44 - 51.
4. Булгаков В.М. Пріоритетні напрями наукових досліджень з механізації сільського господарства / Булгаков В.М., Лінник М.К., Гуков Я.С. – Збірник наукових праць НАУ “Механізація сільськогосподарського виробництва”, т. X, 2001. С. 8–14.
5. Гевко Р.Б. Машини сільськогосподарського виробництва / Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. - Тернопіль: Т, 2005. 228 с.
6. Пришляк В.М. Умови експлуатації і основні причини виходу з ладу ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин / В.М. Пришляк, В.М. Яропуд // Збірник наукових праць ВНАУ. - В.: Вінниця, 2010. №5. С.117-119.
7. Евстифеев Д. В., Дроздовский Г. П., Шоль Н. Р. Исследование параметров ґрунта при его прямом сдвиге. [Электронный ресурс] Режим доступу: [http://sciencebsea.narod.ru/2005/mashin\\_2005/evstifeev\\_issled](http://sciencebsea.narod.ru/2005/mashin_2005/evstifeev_issled) .

8. Пастухов В.І. Довідник з машиновикористання в землеробстві. [текст]/. В.І. Пастухов, А.Г. Чигрин, П.А., Джолос та ін. Харків: Весна, 2001. 344 с.
9. Лихочвор В.В. Вплив агрозаходів на польову схожість озимої пшениці при вирощуванні за ресурсоощадною технологією [Текст] / В.В. Лихочвор //Таврійський науковий вісник. Херсон, 2000. Вип.16. С.53- 58.
10. Коваленко А.В. Культиватор для суцільного обробітку ґрунту для ґрунтозахисної системи землеробства [Текст] // Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник ХДТУСГ Харків, 2004. Вип.29. с. 180 - 184.
11. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін., за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.: іл.
12. Коломієць С. М. Обґрунтування параметрів культиваторів-розпушників для передпосівного обробітку ґрунту. Вісник Харків. НТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2014. Вип. 145: Технічний сервіс машин для рослинництва. С. 75–81.
13. Пат. 97217 Україна, МПК А 01В 35/02. Культиватор для обробітку ґрунту [Текст]/ С.О. Харченко, Г.В. Фесенко, С.С. Антонєць., В.П. Лубенець, І.С. Тіщенко; - Бюл.№1, 2012 р.
14. Культиватори ЛЕМКЕН-Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://lemken.com.ua/ua/harrow\\_karat1](http://lemken.com.ua/ua/harrow_karat1)
15. Kverneland TLD - вібро-культиватор [Електронний ресурс] . – Режим доступу: <https://ru.kverneland.com/Obrabotka-pochvy/Kultivatory/Predposevnyye-kultivatory/Kverneland-TLD-vibro-kultivator>.
16. Гуков Я. С. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. Київ: ДІА, 2007. 276 с.
17. Козаченко О. В., Шкрегаль О. М. Дослідження конструкцій і режимів

роботи робочих органів культиваторів. Техніка і енергетика АПК: Науковий вісник НУБіПУ України. Київ: НУБіП, 2010. Вип. 144, Ч.4. С.122-127.

18. Булгаков В.М. Від класичних основ землеробської механіки до сільськогосподарських машин майбутнього / В.М. Булгаков, А.С. Заришняк, І.В. Головач // Механізація і електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2012. Вип. 96. С. 26-34.

19. Сисолін В. П., Сало В. М., Кропівний В. М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування / за ред. М. І. Черновола. Київ: Урожай, 2001. 384 с.

20. Калетнік Г.М Використання сучасних методів механіки для сільського господарства // Г.М. Калетнік, О.М Черниш, М.Г Березовий / Збірник наукових праць ВНАУ. В.: Вінниця, 2011.Т1 (65). С.8-18.

21. Калетнік Г.М. Теорія плоскопаралельного руху удобрювально-посівного машинно-тракторного агрегату / Калетнік Г.М., Адамчук В.В., Петриченко Є.А., Булгаков В.М., Кувачов В.П.// Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». Вінниця: ВНАУ, 2017. №2 (97). С. 6-18.

22. Кушнарєв А. С., Шевченко І. А., Дюжаєв В.П. Механіка взаємодії робочих органів на упругій підвесці з ґрунтом. Техніка в АПК. 2008. № 8. С. 22-25.

23. Алфьоров О. І. Теоретичний аналіз автоколивань ґрунтообробних органів на пружній підвісці з урахуванням стохастичних факторів / Алфьоров О.І., Гринченко О. С., Савченко В. Б., Юр'єва Г. П.// Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, 2016. № 5. С. 225–231.

24. Пат. 134781 Україна, МПК А01В 35/12. Пружна S-подібна стійка лапи культиватора з обмежувачем переміщень / О. С. Гринченко, О. І. Алфьоров, Г. П. Юр'єва (Україна). № u201810963; заявл. дата 06.11.2018; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11.

25. Калетнік Г.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність та жорсткість. Ч.І, ІІ: Підручник / Г.М. Калетнік, М.Г. Чаусов, В.М. Швайко, В.М. Пришляк та ін.; за ред. Г.М. Калетніка, М.Г. Чаусова. К.: Хай Тек- Прес, 2011. 616 с.

26. Булгаков В.М. Побудова математичної моделі коливального руху у ґрунті /В.М. Булгаков, І.В.Головач, В.П. Горобей, О.М. Свірень // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин/Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник КНТУ. Кіровоград, 2015. Вип.45. Ч.1. С. 50-62.

27. Калетнік Г.М. Технічна механіка [Текст] : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Калетнік Г.М., Булгаков В.М.; Черниш, О.М. та ін.. К. : Хай-Тек Прес, 2011. 340 с.

28. Калетнік Г.М. Теоретична механіка в прикладах та завданнях: Навч.посібник / В. М. Булгаков, Г. М. Калетнік, І. В. Гриник та ін.; За ред. : В. М. Булгакова. К.: Аграрна наука, 2014. 348 с.

29. Техніка сільськогосподарська. Методи визначення умов випробувань: ДСТУ 7435:2013. – [Чинний від 204-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2013. 25с. (Національний стандарт України).

30. Булгаков В.М. Стан та перспективи створення в Україні сучасних сільськогосподарських машин / В.М.Булгаков, В.В.Адамчук // Наук. вісник Луганського нац. аграр. ун-ту. Луганськ, 2011. № 29. С. 252-260. (сер. «Технічні науки»).

## ДОДАТКИ

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО -  
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра ТСТМ

**Обґрунтування параметрів ґрунтообробного агрегату  
для основного обробітку ґрунту**

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

**Виконав: студент 2го курсу, групи МГАІ4-24  
Плохотнюк Ілля**

**Керівник: к.т.н, доцент  
Пономаренко Наталія Олександрівна**

**Дніпро 2025**

**Мета досліджень** – підвищення ефективності вирощування зернових культур шляхом зменшення витрат енергії на підготовку ґрунту до сівби.

**Задачі дослідження:**

- проведення теоретичних досліджень для обґрунтування параметрів робочих органів комбінованої ґрунтообробної машини;
- побудова математичних моделей для опису динаміки функціонування комбінованої машини;
- проведення комплексу експериментальних досліджень з перевірки достовірності результатів теоретичних досліджень ;
- розробка конструкції експериментальної комбінованої машини;
- визначення якісних та енергетичних показників роботи експериментальної машини;

**Об'єкт досліджень** – процес обробки ґрунту і параметри комбінованої машини для підготовки його під посів зернових культур.

**Предмет досліджень** – обґрунтування технологічного процесу комбінованої ґрунтообробної машини.

Аналіз комбінованих ґрунтообробних машин



Ґрунторозпушувач ГРН-1,6(2,9; 3,9)



Агрегат з комбінованою машиною фірми "Лемкен" "Смарагд"



Комбінована машина АКШ-3,6

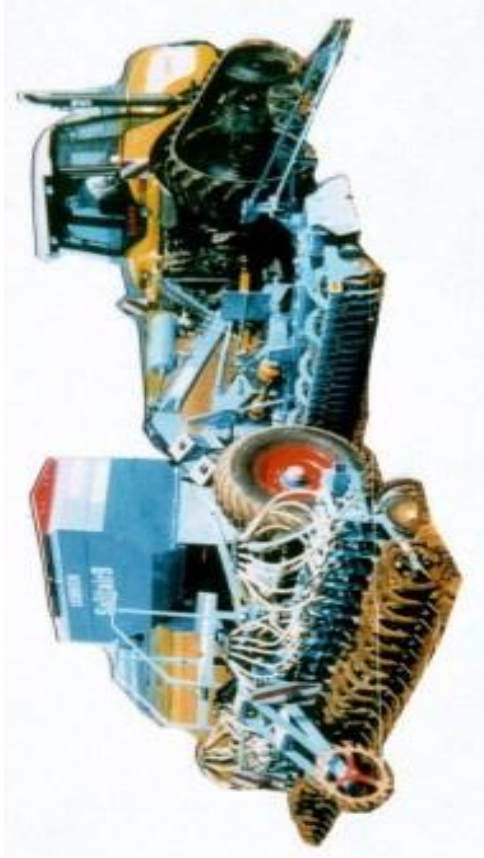


Агрегат чизельний АПЧ-2,5 (АПЧ-3)

Аналіз конструкції комбінованих ґрунтообробних машин



Комбінована машина Аеромат R

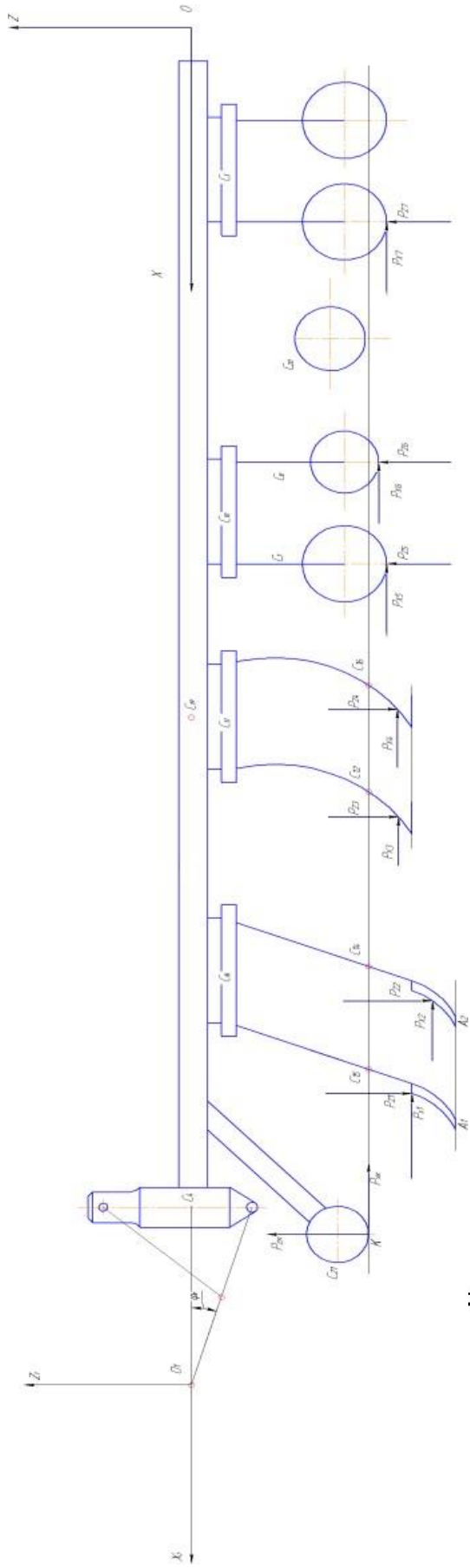


Комбінований агрегат фірми "Лемкен" підготовки ґрунту до сівби та сівбі пневматичною зерною сівалкою "Солігер"



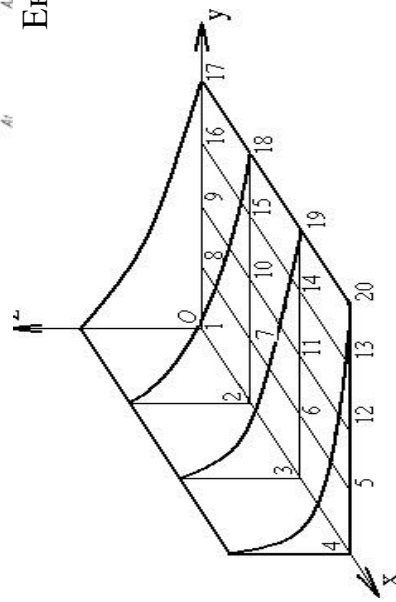
Загальний вигляд комбінованої машини Агро-3

## ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ



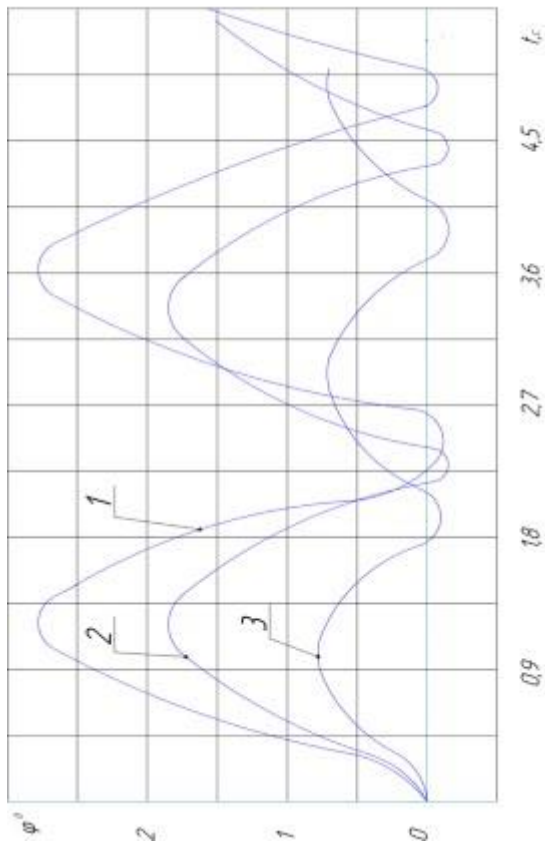
Еквівалентна схема серійної комбінованої машини АГРО-3

При цьому приймаємо, що трактор не розміщується в постійній швидкості, а комбінована машина переміщується в постійній площині. Конструктив'єднання комбінованої машини з трактора безпечує колівання у вертикальній площині відносно точки  $O_1$ , точка єднання прицепної машини з трактором. Машина розглядається як система твердих тіл. На квівалентній схемі приводимо історію зміщення центру і двох точок прикладання приводних і внодіючих сил опору ґрунту робочим органом машини.



Профіль наральника чизельного робочого органу

## ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ



*Залежність кута коливання  $\varphi$  рами машин  $\delta$  часі  $t$   
при розташуванні центра мас машини: 1 – 3,0 м; 2–4,0 м; 3– 5,0 м.*

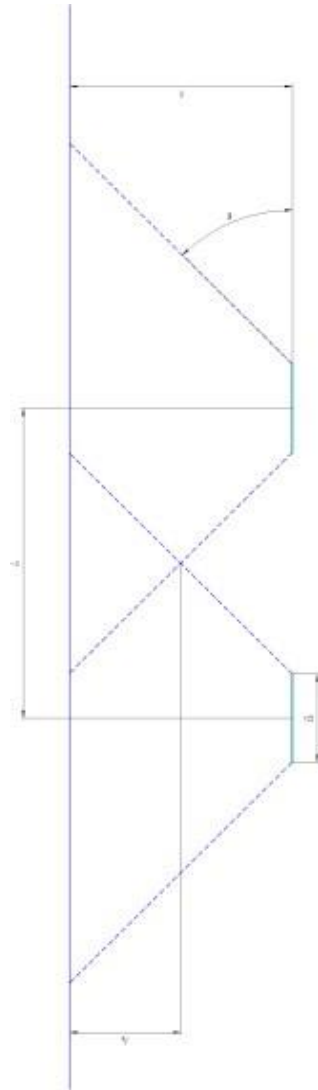


Схема розповсюдження деформації в ґрунті під дією чизельних робочих органів

## Програма експериментальних досліджень



Лабораторно-польова установка

1 – рама стенда-візка; 2 – змінні  
робочі органи; 3 – трактор; 4 –  
навісний пристрій стенда-візка



Комбінована ґрунтообробна машина АГРО-3

## Результати досліджень

| №вар | Варіант   | Фракції, мм |         |         |           |       | Коефіц. структурності |
|------|---|-------------|---------|---------|-----------|-------|-----------------------|
|      |   | >30         | 30...20 | 20...10 | 10...0,25 | <0,25 |                       |
| 1    | Традиційна система мінімального обробітку ґрунту        | 30,3        | 16,0    | 15,0    | 37,6      | 1,1   | 0,63                  |
| 2    | Прямий посів  | 45,0        | 9,6     | 10,0    | 34,3      | 1,1   | 0,51                  |
| 3    | Обробіток ґрунту експериментальною комбінованою машиною | 18,6        | 20,5    | 18,6    | 41,3      | 1,0   | 0,69                  |

Аналіз даних показує, що найкраща якість підготовки ґрунту до сівби озимих культур після попередника кукурудзана силос були у варіанті обробітку ґрунту експериментальною комбінованою машиною. У цьому варіанті по відношенню до варіантів підготовки ґрунту традиційною системою машин, а також допомогою сівалки прямої сівби АПП-6 коефіцієнт структурності ґрунту відповідно на 9,5 % і 13,5 %. Кількість грудок розміром більше 30 мм у експериментальному варіанті зменшилася відповідно у 1,6 і 2,4 рази.

Структурний склад посівного шару ґрунту у варіантах підготовки його до сівби

Економічні показники впровадження у виробництво експериментальної машини АГРО-3

| Назва показників                            | Агрегат                                |  | Відхилення, +/- |
|---|--|--|-----------------|
|   | К-701 +<br>серійна<br>машина<br>АГРО-3 | ХТЗ-150К +<br>експериментальна<br>машина<br>АГРО-3 |                 |
| 1. Вартість машини, грн.                    | 175000                                 | 201250   | + 26250         |
| 2. Продуктивність,га/год.                   | 2,40                                   | 2,40   | 0               |
| 3. Затрати праці, люд.год./га               | 0,42                                   | 0,42   | 0               |
| 4. Прямі експлуатаційні витрати,<br>грн/га: | 1329,56                                | 1071,66  | - 742,1         |
| в тому числі:                               |  |  |                 |
| амортизаційні відрахування                  | 141,70                                 | 135,79   | - 5,91          |
| оплата праці                                | 120,83                                 | 120,83   | 0               |
| витрати на ПММ                              | 1000,0                                 | 750,00   | - 250,0         |
| відрахування на ремонті і ТО                | 137,27                                 | 135,28   | - 1,99          |
| 5. Економічний ефект:                       |  |  |                 |
| на одну машину в рік, грн.                  |  | 194350,0   |                 |
| на один гектар, грн./га                     |  | 1163,80  |                 |

## ВИСНОВКИ

В роботі вирішена проблема зниження витрат енергії на обробіток ґрунту комбінованою машиною з одночасним покращенням якості виконання технологічного процесу.

1. Аналіз конструкцій та технологічних процесів роботи комбінованих машин показав, що однією з найбільш перспективних є ґрунтообробна машина АГРО-3, яка відрізняється від своїх аналогів високою якістю обробітку ґрунту, технічною і технологічною надійністю. Але висока її енергоємність не дозволяє тракторукласу 3 розвивати швидкість 10...12 км/год, що сприяє погіршенню якості обробітку ґрунту і зниженню продуктивності агрегату.
2. Зменшення тягового опору долога чизельної лапи на 18 % та її наральника на 35% досягається шляхом удосконалення їх профілів з допомогою методів прямого варіаційного числення.
3. Зниження на 34% тягового опору серійної машини АГРО-3 забезпечується заміною жорсткої рами на шарнірно з'єднану конструкцію, що сприяє зменшенню маси та відстані від трактора до її центру, а також, як показали результати досліджень математичної моделі, і коливань машини у вертикальній площині.
4. Необхідна якість обробітку ґрунту чизельними робочими органами на глибину до 0,16 м досягається з допомогою наральників шириною захвату 0,285 м, стояки яких розміщені один від одного на відстані 0,455 м.
5. Найменший тяговий опір (до 30 кН) має комбінована машина АГРО-3, у якій робочі органи встановлені в послідовності: диски, чизельні або плоскоріжучі лапи, культиваторні лапи та диски. Чизельні або плоскі лапи доцільно використовувати в залежності від щільності ґрунту, що

обробляється.

1. Для отримання високої якості обробітку ґрунту при одночасному зменшенні витрат енергії в ґрунтообробній машині достатньо застосувати одну пару дисків, друґудоцільно використовувати тільки при наявності на поверхні поля рослинних решток

7. Результати розрахунків економічних показників впровадження у виробництво експериментальної машини АГРО-3 показують, що від використання її в агрегаті з трактором ХТЗ-150К може бути одержаний річний економічний ефект в сумі 194350 грн. із розрахунку на одну машину або 1163,8 гривень на один гектар.