

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Навчально-науковий інститут загальноуніверситетської підготовки

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Машиновикористання в землеробстві  
доц. \_\_\_\_\_ Володимир КУВАЧОВ  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи  
здобувача вищої освіти за ступенем вищої освіти «Магістр»

на тему: **«ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
МЕХАНІЗОВАНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ФРЕЗЕРНОЮ  
МАШИНОЮ В УМОВАХ ПСП «ПРИМОРСЬКИЙ»  
ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ»**

**32МЗД.115.000000ПЗ**

Виконав: студент 2 курсу 24 МБ АІ 3 групи  
Спеціальності 208 Агроінженерія  
Освітня програма Агроінженерія

\_\_\_\_\_ В.Р. Осіпчук  
Керівник доц. \_\_\_\_\_ А.М. Аюбов  
Консультант проф. \_\_\_\_\_ Ю.П. Рогач  
Нормоконтроль доц. \_\_\_\_\_ Т.С. Чорна  
Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали та прізвище)

**Мелітополь  
2021**



5. Оцінити економічну ефективність технологічного процесу механізованого обробітку ґрунту фрезерною машиною

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Вибір стратегії обробітку ґрунту і знаряддя для її реалізації

2. Смогова вологозберігаюча технологія вирощування просапних культур і фрезерна машина для її реалізації

3. Моделювання процесу роботи дводискового вертикально-фрезерного адаптеру

4. Обґрунтування параметрів агрегату

5. Операційна технологія механізованого обробіток ґрунту фрезерною машиною

6. Оцінка економічної ефективності технологічного процесу обробітку ґрунту фрезерною машиною

6 Консультанти розділів роботи

| Розділ                                               | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                                      |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | РОГАЧ Ю.П., професор                      |                |                  |
|                                                      |                                           |                |                  |

7 Дата видачі завдання 21.12.2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи                                                                                                      | Строк виконання етапів роботи    | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------|
| 1     | Актуальність теми та аналіз проблем ґрунтообробітку в степовій засушливій зоні України                                             | 21.12.2020 р.-<br>29.12.2020 р.  |          |
| 2     | Обґрунтування технологічного процесу обробітку ґрунту фрезерною машиною                                                            | 30.12.2020 р.-<br>06.01.2021 р.  |          |
| 3     | Моделювання процесу роботи дводискового вертикально-фрезерного адаптеру, обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів | 07.01.2021 р. -<br>14.01.2021 р. |          |
| 4     | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях                                                                                  | 15.01.2021 р. -<br>18.01.2021 р. |          |
| 5     | Оцінка економічної ефективності технологічного процесу механізованого обробітку ґрунту                                             | 19.01.2021 р.-<br>22.01.2021 р.  |          |



| № рядка   | Форма   | Позначення         | Найменування                | Листів | №               | При-<br>мітка |
|-----------|---------|--------------------|-----------------------------|--------|-----------------|---------------|
|           | A4      | 32МЗД.115.000000ПЗ | Пояснювальна                |        |                 |               |
|           |         |                    | записка                     | 101    |                 |               |
|           | A1      | 32МЗД.115.101000   | Вибір стратегії обробітку   |        |                 |               |
|           |         |                    | грунту і знаряддя для її    |        |                 |               |
|           |         |                    | реалізації                  | 1      | 1               |               |
|           | A1      | 32МЗД.115.201000   | Смугова вологозберігаюча    |        |                 |               |
|           |         |                    | технології вирощування      |        |                 |               |
|           |         |                    | просапних культур і         |        |                 |               |
|           |         |                    | фрезерна машина для її      |        |                 |               |
|           |         |                    | реалізації                  | 1      | 2               |               |
|           | A1      | 32МЗД.115.202000   | Моделювання процесу         |        |                 |               |
|           |         |                    | роботи дводискового         |        |                 |               |
|           |         |                    | вертикально-фрезерного      |        |                 |               |
|           |         |                    | адаптеру                    | 1      | 3               |               |
|           | A1      | 32МЗД.115.203000   | Обґрунтування параметрів    |        |                 |               |
|           |         |                    | агрегату                    | 1      | 4               |               |
|           | A1      | 32МЗД.115.301000   | Операційна технологія       |        |                 |               |
|           |         |                    | механізованого обробітку    |        |                 |               |
|           |         |                    | грунту фрезерною машиною    | 1      | 5               |               |
|           | A1      | 32МЗД.115.501000   | Оцінка економічної          |        |                 |               |
|           |         |                    | ефективності технологічного |        |                 |               |
|           |         |                    | процесу обробітку ґрунту    |        |                 |               |
|           |         |                    | фрезерною машиною           | 1      | 6               |               |
| Зм.       | Арк     | № докум.           | Підп.                       | Дата   | Дипломна робота |               |
| Розроб.   | Осіпчук |                    |                             |        |                 |               |
| Перев.    | Аюбов   |                    |                             |        |                 |               |
| Н. контр. | Чорна   |                    |                             |        |                 |               |
| Затв.     | Кувачов |                    |                             |        |                 |               |
|           |         |                    |                             |        | Літ.            | Аркуш         |
|           |         |                    |                             |        |                 | 1             |
|           |         |                    |                             |        | ТДАТУ, 2021     |               |



## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: **101 сторінка машинопису, 5 розділів, 9 таблиць, 24 джерела літератури.**

Графічна частина роботи – **6 листів формату А1.**

**Мета роботи** – підвищення ефективності технологічного процесу механізованого обробітку ґрунту в умовах ПСП «Приморський» шляхом обґрунтування схеми та параметрів вертикально-фрезерної ґрунтообробної машини.

**Об’єкт досліджень** – процес вертикально-фрезерного обробітку ґрунту роторним адаптером.

**Предмет досліджень** – закономірності впливу схеми та параметрів вертикально-фрезерного адаптера на показники його роботи.

Проаналізовано проблему ґрунтообробітку в степовій засушливій зоні України.

Обґрунтовано вологозберігаючу технологію вирощування просапних культур та технологічний процес обробітку ґрунту фрезерною машиною.

Обґрунтовано схему та конструктивно-технологічні параметри дводискового вертикально-фрезерного адаптеру.

Проаналізовано, обґрунтовано та розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Оцінено економічну ефективність технологічного процесу механізованого обробітку ґрунту фрезерною машиною

Розроблено операційно-технологічну карту на механізований обробіток ґрунту запропонованим у проекті фрезерним культиватором МФ-2.

**Ключові слова:** ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНИЙ КУЛЬТИВАТОР, ТЕХНОЛОГІЯ, ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, ДОСЛІДЖЕННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ                                                                                                                                | 7  |
| 1 Актуальність теми та аналіз проблем ґрунтообробітку в степовій засушливій зоні України                                             | 8  |
| 1.1 Аналіз ресурсного забезпечення виробництва продукції рослинництва в умовах ПСП «Приморський»                                     | 8  |
| 1.2 Перспективи та проблеми використання с.-г. машин з активними робочими органами                                                   | 13 |
| 2 Обґрунтування технологічного процесу обробітку ґрунту фрезерною машиною                                                            | 29 |
| 2.1 Вибір системи обробітку ґрунту                                                                                                   | 29 |
| 2.2 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми знаряддя та агротехнічні вимоги                                                  | 34 |
| 2.3 Моделювання кінематики руху та обґрунтування енерговитрат на роботу фрезерного культиватора                                      | 39 |
| 2.4 Моделювання процесу функціонування культиваторного агрегату, прийняття рішення про його оптимальні експлуатаційні параметри      | 45 |
| 2.5 Розроблення рекомендацій із забезпечення якості ґрунтообробітку                                                                  | 53 |
| 3 Моделювання процесу роботи дводискового вертикально-фрезерного адаптеру, обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів | 68 |
| 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях                                                                                  | 75 |
| 4.1 Аналіз конструкції фрезерного знаряддя на наявність небезпечних та шкідливих виробничих факторів                                 | 75 |
| 4.2 Вимоги охорони праці при експлуатації фрезерного агрегату                                                                        | 81 |
| 4.3 Загальні положення цивільної оборони та основні заходи                                                                           | 83 |
| 5 Оцінка економічної ефективності технологічного процесу механізованого обробітку ґрунту фрезерною машиною                           | 89 |
| Висновки                                                                                                                             | 97 |
| Список літератури                                                                                                                    | 99 |

## ВСТУП

Дослідженнями вчених встановлено, що найбільш перспективним способом підготовки ґрунту під посів є стрічково-смуговий. Особливість останнього полягає в обробці ґрунту смугами. Також вченими доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в смугах, де здійснюється подалі висів насіння культурних рослин, досягається за рахунок застосування фрезерних машин з робочими органами, які обертаються навколо вертикальної осі.

Основним недоліком роботи існуючих фрезерних машин даного типу є те, що ґрунт після обробітку містить тільки біля 50% агрегатів з розмірами від 0,25 мм до 10,0 мм (середня фракція), а це за шкалою оцінки структурно-агрегатного стану ґрунту згідно з ДСТУ4362 вважається «незадовільним».

Тому для рослинницької галузі збереження «доброго» або «відмінного» структурно-агрегатного стану ґрунту є народногосподарською проблемою, вирішення якої можливе тільки за рахунок ефективного та своєчасного його обробітку. Для цього аграрії повинні мати в своєму розпорядженні ефективні ґрунтообробні машини, зокрема, фрезерного типу з вертикальною віссю обертання робочих органів. Розробка таких машин з обґрунтованими кінематичними та конструктивно-технологічними параметрами робочих органів, які спроможні забезпечувати «добрий» або «відмінний» структурно-агрегатний стан ґрунту у період його передпосівного обробітку при мінімальних енергетичних витратах є важливим практичним завданням.

Таким чином, перспективними та актуальними є дослідження щодо вдосконалення конструкції вертикально-фрезерної машини для обробітку ґрунту.

Гіпотезою досліджень є наступне припущення, згідно якого підвищити урожайність та зменшити собівартість вирощування продукції рослинництва можна, шляхом покращення способу обробітку ґрунту під ці культури через використання удосконалених фрезерних машин, що використовуються для

догляду за садом, на ґрунтообробних роботах при вирощуванні продукції рослинництва.

# 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ГРУНТООБРОБІТКУ В СТЕПОВІЙ ЗАСУШЛИВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

## 1.1 Аналіз ресурсного забезпечення виробництва продукції рослинництва в умовах ПСП «Приморський»

ПСП «Приморський» Приморського району Запорізької області розташоване в 80 км від м. Мелітополь та 26 км від м. Бердянськ на території курортного центру м. Приморськ (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Розташування ПСП «Приморський» на території Приморського району

Господарство розташоване в південній зоні Запорізької області поблизу Азовського моря. Дане господарство розташоване в зоні Степу і займає вигідне географічне положення, сприятливі кліматичні умови для вирощування зернових і овочевих культур.

За агрокліматичними районуваннями територія ПСП «Приморський» відноситься до південного агро-кліматичного району, що характеризується як помірно континентальній з м'якою зимою.

Найбільш розповсюдженими серед вирощуваних культур являються зерно озимої пшениці, жито, ярові пшениця і ячмінь, соняшник, кукурудза на зерно і на силос, соняшник тощо.

В ПСП «Прморський» земельні ділянки являються головним засобом виробництва, без якого неможливий сам процес виробництва продукції рослинництва і тваринництва. Земля одночасно є предметом і засобом праці, а отже, і головним засобом виробництва. Земля значною мірою визначає темп розвитку і рівень ефективності сільськогосподарського виробництва.

У господарстві станом на 01.01.2021 р. налічується більше 4115,0 га, з яких найбільшу питому вагу займають сільськогосподарські угіддя.

Пандемія коронавірусу COVID-19 в останній рік суттєво вплинула на кризові явища у сільськогму господарстві, що майже призвела до падіння продуктивності сільськогосподарського виробництва на рівень 60-х років минулого століття. У такій ситуації потрібні альтернативні стратегії вирішення проблем, які виникли в сільському господарстві.

Зокрема, на фактори механізації сільськогосподарських робіт припадає 50% від усього обсягу. З іншого боку, використання інтенсивних технологій при виробництві сільськогосподарської продукції в кінці ХХ століття привело до руйнування та знищення родючості земель, яке досягло в Україні майже 45%. В цих умовах дуже загострилась проблема прогнозування напрямків розвитку сільськогосподарських машин та їх робочих органів.

Дослідження багатьох фахівців свідчать, що головними факторами рішення проблеми повинні бути: підвищення загальної продуктивності сільськогосподарських машин в 1,5-2 рази; впровадження системи точного землеробства, зниження питомої матеріалоемності машин; використання комбінованих і інтегрованих технологічних операцій; модульно-блочна побудова машино-тракторних агрегатів; гнучке пристосування їх до змінних енерго- та ресурсоощадливих робочих органів, а також високоякісний посівний матеріал,

точний вибір добрив та їх норм внесення з використанням системи точного землеробства, ефективне використання рослинних залишків та біологічних препаратів для відновлення родючості ґрунту.

Виконання всіх процесів виробничо-комерційної діяльності суб'єктів аграрного виробництва, а також отримання прибутку від здійснення цієї діяльності неможливе без залучення та використання певних ресурсів. При цьому максимальної ефективності сільськогосподарське виробництво, зокрема, виробництво продукції рослинництва, досягає за оптимальної комбінації залучених ресурсів процесу виробництва продукції.

Завдання, що стоять на сьогоднішній день перед аграрним сектором економіки держави, полягають передусім в подоланні збитковості аграрного виробництва. Рослинництво, як галузь сільського господарства, традиційно було найбільш ефективним. Досить часто за рахунок ефективного функціонування галузі рослинництва успішно діяли та розвивались й інші напрямки виробничої діяльності сільськогосподарських підприємств.

Нажаль, за рік пандемії в державі, руйнування виробничої сфери економіки та кризи в аграрній сфері усі ці надбання були втрачені. На сьогоднішній день збиткова діяльність аграрних підприємств стала явищем, яке зустрічається набагато частіше, ніж отримання стабільних прибутків від здійснення поточної виробничої діяльності. При цьому створена десятиріччями матеріально-технічна база аграрного виробництва занепадає внаслідок дії об'єктивних економічних закономірностей, обмеженості ресурсів, а отже скорочується ресурсне забезпечення виробництва в аграрному секторі. Саме тому, пошук шляхів до оздоровлення економічної ситуації в аграрному секторі економіки потрібно виконувати орієнтуючись на створення умов для оптимального забезпечення ресурсами виробничого процесу, як головної передумови здійснення успішної виробничо-комерційної діяльності підприємств. До того ж, розпочинати ці процеси необхідно саме в галузі рослинництва, яка має набагато більші за інші галузі сільськогосподарського виробництва, передумови для сталого розвитку та ефективного функціонування.

В сільськогосподарському виробництві, як і в будь-якому іншому виробничо-комерційному процесі, поєднуються засоби виробництва, предмети праці та процес праці для отримання певного результату, тобто створення продукції. Виконання цього процесу поєднання ресурсів після свого завершення, а саме, збуту продукції, має забезпечувати розширене відтворення капіталу, що розміщений в аграрному бізнесі. Проте, в практичній діяльності суб'єктів аграрного сектору економіки України часто не відбувається навіть простого відтворення розміщеного у виробництві капіталу, що, в свою чергу, призводить до погіршення стану матеріально-технічної бази аграрних підприємств та занепаду виробничої сфери АПК.

Основними ресурсами сільськогосподарського виробництва в галузі рослинництва є:

- земельні ресурси;
- матеріально-технічні ресурси;
- трудові ресурси;
- фінансові ресурси;
- інформаційні ресурси.

При цьому відтворення ресурсів в аграрному виробництві, зокрема, рослинництві, при реалізації виробничих процесів є досить специфічним у порівнянні з іншими галузями народного господарства. Процес відтворення носить не тільки фінансовий (матеріальний), а й екологічний характер, адже основним ресурсом аграрного виробництва в рослинництві є земельні ресурси, стан яких віддзеркалюється не тільки на ефективності процесів аграрного виробництва, а й на стані зовнішнього середовища взагалі. До того, відтворення родючості ґрунтів сільськогосподарського призначення при нераціональному їх використанні потребує великих витрат часу та матеріальних ресурсів.

Трудові ресурси є важливою складовою виробничого процесу, адже вони являють собою виробничий персонал, що безпосередньо виконує основні та допоміжні технологічні операції. Важливість цього ресурсу зумовлюється демографічними проблемами, а саме невивідним співвідношенням сільського та

міського населення, яке є наслідком масового відтоку кваліфікованих кадрів з сільської місцевості та загальним рівнем старіння населення.

Інформаційні ресурси аграрного виробництва включають системи маркетингової, технологічної, виробничо-організаційної, правової та іншої інформації. Система маркетингової інформації є основою формування оптимальної політики збуту продукції підприємства та раціонального витрачання коштів, які зв'язуються в придбанні матеріальних ресурсів, що врешті решт зумовлює ефективність діяльності підприємства в короткостроковому періоді. Система технологічної інформації має сприяти раціональній роботі агрономічної та інженерної служб підприємства, містити повну картину про стан земельних ресурсів та технологічні можливості підприємства в ході виробництва основної продукції. Виробничо-організаційна інформація також служить основою для загального керівництва роботою підприємства та має дозволяти раціональну розстановку та витрачання ресурсів виробничого процесу.

Таким чином, ресурси аграрного виробництва є складною, інтегрованою системою, що пов'язує різні за своїми характеристиками групи ресурсів матеріального та нематеріального характеру, які при використанні в своїй органічній єдності дозволяють отримувати результати шляхом створення сільськогосподарської продукції. Основними ресурсами, що визначають успіх діяльності аграрного підприємства за сучасних умов є ресурси фінансові. При цьому ресурсне забезпечення аграрного виробництва для різних підприємств одного регіону може бути різним за рахунок дії факторів об'єктивного та суб'єктивного характеру, що можуть спричиняти та зумовлювати дефіцит або надлишок окремих видів ресурсів.

## **1.2 Перспективи та проблеми використання с.-г. машин з активними робочими органами**

До машин з активними робочими органами відносяться фрези, які класифікуються за ознакою розташування валу приводу робочих органів (робочі органи обертаються навколо осі вала) по відношенню до поверхні ґрунту таким чином [1-6]:

- 1) з горизонтальним розташування валу;
- 2) з вертикальним розташування валу;
- 3) вал приводу розташовано з нахилом.

Вивчення взаємодії робочих органів із ґрунтом лежить в основі землеробської механіки, основоположником якої є В.П. Горячкін [7]. Вчений відмічає перспективність застосування ротаційних робочих органів для обробки ґрунту. Теоретичні обґрунтування по проектуванню ротаційних робочих органів розробили Г. Н. Синєков, Ф. М. Канарьов, Ю. І. Матяшин, І. М. Панов [8]. Механіко-технологічні основи обробки ґрунту заклали А. С. Кушнар'єв, продовжили В. І. Ветохін, В.П. Ковбаса [9, 10].

Ротаційні робочі органи використовуються на сучасних одноопераційних і комбінованих машинах [6], що виконують за один прохід кілька технологічних операцій. Вони задовольняють основним агротехнічним вимогам енергоощадності, ефективності та якості виконання технологічного процесу.

Принципи створення комбінованих агрегатів для вирощування сільськогосподарських культур на базі пасивних робочих органів відомі по працях П. М. Бурченко, А. А. Вілде та інших [14]. Нині існує база результатів теоретичних та експериментальних досліджень, яка дозволяє продовжити вдосконалення конструктивних та технологічних параметрів робочих органів для передпосівної обробки ґрунту.

За результатами аналізу відомих знарядь для передпосівного обробітку ґрунту, встановлено що активні робочі органи з вертикальною віссю обертання забезпечують якісне фрезерування ґрунту, що дозволяє йому довше зберігати оптимальну структуру. При цьому, виконується подрібнення рослинних решток та

їх рівномірне розміщення у кореневмісному шарі ґрунту, що позитивно впливає на режим живлення культурних рослин.

Схема технологічного процесу роботи ґрунтообробних робочих органів з вертикальною віссю обертання представлена на рис. 1.2.

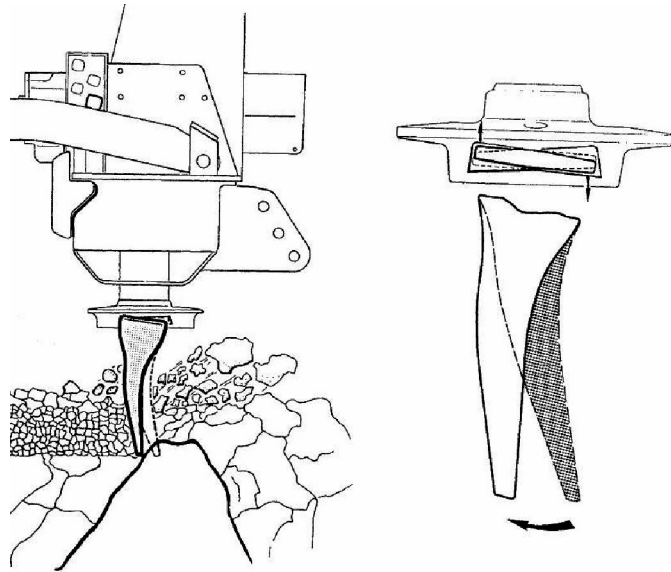


Рисунок 1.2 – Принципова схема роботи ґрунтообробних робочих органів з вертикальною віссю обертання

В якості прототипу запропонованого знаряддя розглянемо будову вертикально-фрезерного культиватору Amazone моделі Kreisel Grubber 301 (рис. 1.3).

Таким чином, перспективним є дослідження роботи та вдосконалення конструкції вертикально-фрезерного ножового ротора для передпосівного обробітку ґрунту за ресурсозберігаючою технологією.

Отже, метою досліджень є обґрунтування схеми та параметрів агрегату в складі вертикально-фрезерного ножового ротора для стрічково-смугового обробітку ґрунту.

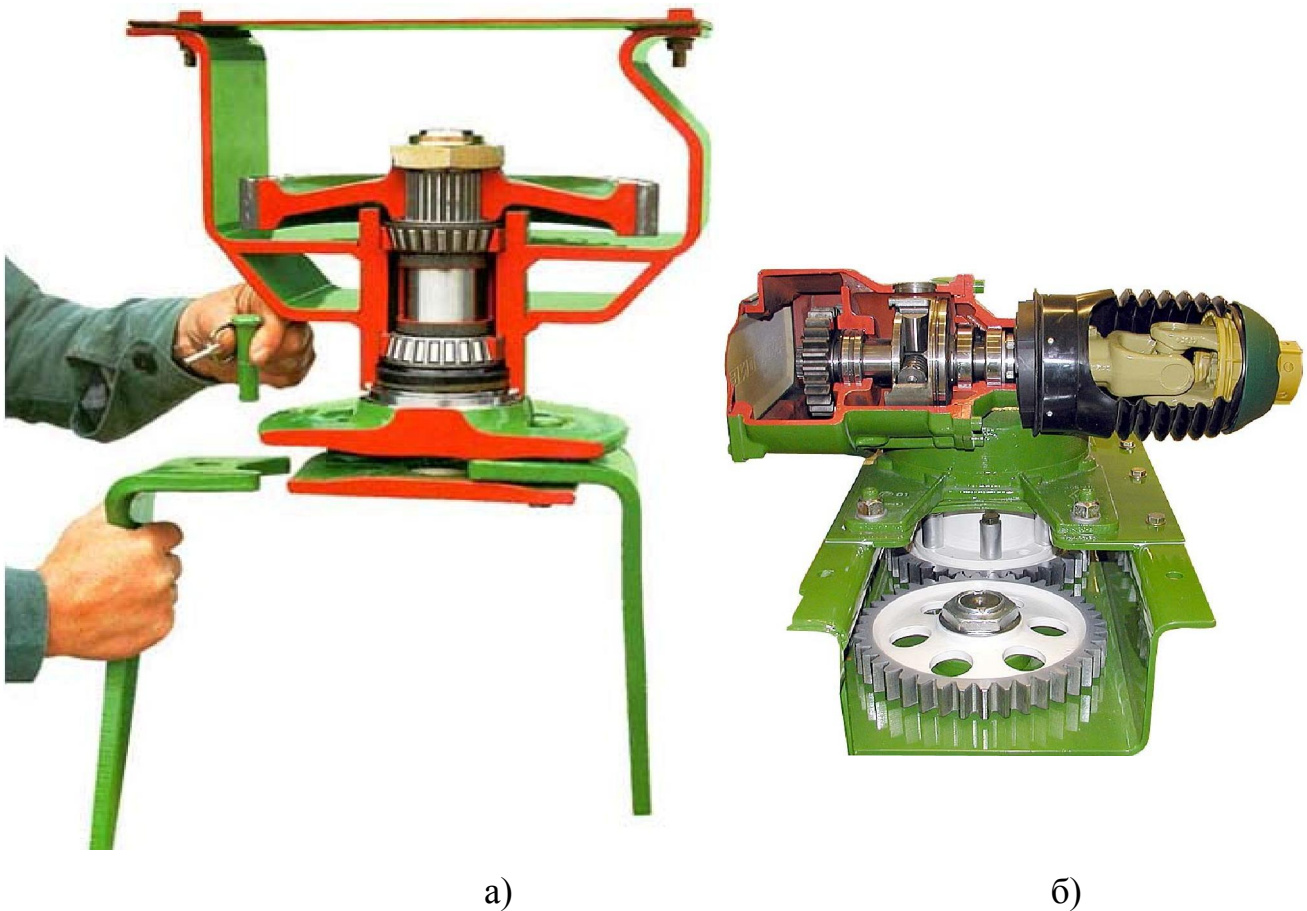


Рисунок 1.3 - Будову вертикально-фрезерного культиватору Amazone моделі Kreisel Grubber 301 (а) та інтегрований запобіжник від перенавантаження (б)

Незважаючи на певні переваги фрезерних культиваторів та їх рекламування закордонними виробниками с.-г. техніки все ж таки їх використання в умовах півдня України сприяє інтенсивному випаровуванню вологи з ґрунту. Оскільки глибина обробітку ґрунту ножами вказаних культиваторів становить до 20 см і більше. Також, кінематичний показник їх роботи вказує на інтенсивне кришення ґрунту, що сприяє інтенсивної деградації ґрунтів, а не навпаки – відновленню їх родючості. Інша справа коли використовуються садові фрези. Головні їх переваги в порівнянні з розглянутими ґрунтообробними знаряддями є менша глибина обробітку, з метою не руйнування кореневої системи дерев, а також складна форма зуба фрези, що зменшує енергоємність процесу обробітку ґрунту. Розглянемо номенклатуру садових фрез більш детально.

Фрези з горизонтальним розташування валу робочих органів.

Фреза садова ФА-0,76 (рис. 1.4) призначена для обробки ґрунту і знищення бур'янистої рослинності в міжстовбурних смугах плодкових садів. Фреза може працювати на ділянках, засаджених деревами з високим і низьким штамбом, де міжряддя дозволяє безперешкодному проходженню трактора. Під час роботи машини фрезерна секція рухається в пристовбурній смузі. При зіткненні щупа зі штамбом дерева фреза відхиляється усередину міжряддя й обійшовши його, знову повертається в ряд, залишаючи необробленою лише невелику захисну зону біля штамба дерева.

Фреза агрегатується з тракторами Т-75 або «Беларусь» усіх модифікацій. Фреза ФА-0,76 складається з рами, відхиляючого пристрою, редуктора 7, гідронасоса 6, фрезерного барабана 2, гідророзподільника 4 і масляного бака. Рама фрези має чотири ланки, з'єднаних між собою шарнірами. Вони утворюють рухливий шарнірний чотирьохланник. На рамі установлені усі вузли машини. На несучому брусі 9 рами встановлений редуктор, що передає обертання фрезерному барабану. Фрезерний барабан складається з труби з дванадцятьма дисками, до яких болтами прикріплені робочі органи - Г-подібні ножі. Глибина обробки (до 12 см) регулюється ползками 16.

Відхиляючий пристрій складається зі щупа, системи важелів і гідророзподільвача. При зіткненні щупа зі штамбом дерева пристрій приводиться в дію гідророзподільвачем. Фреза може працювати в садах з шириною міжрядь від 5 м і більш при висоті гілок не менш 40 см над ґрунтом. При русі фрези й обробці ґрунту в міжстовбурних пасмугах саду показчик маркера 12 повинен знаходитися на відстані 5-10 см від стовбура дерева. Висувна секція фрези в поперечному напрямку може висуватися на відстань, рівну 400-450 мм. Обслуговує машину один тракторист.

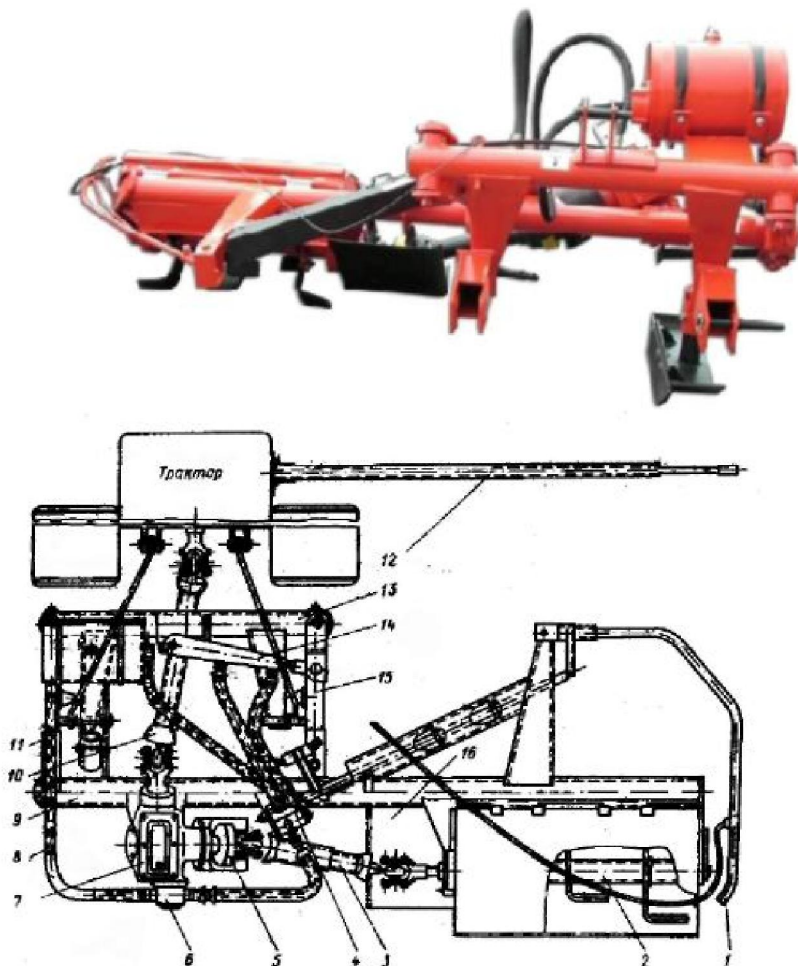


Рисунок 1.4 - Загальний вигляд і схема фрези садової ФА-0,76: 1 - щуп; 2 - фрезерний барабан (ротор); 3, 10 - вали карданні; 4 - гідро-розподільувач; 5 - запобіжна муфта; 6 - насос; 7 - конічний редуктор; 8 - шланги; 9 - несучий брус; 11, 15 - ланки паралелограма повздовжні; 12 - маркер; 13 - брус передній; 14 - гідроциліндр; 16 - полозки.

Фреза садова начіпна ФСН-0,9Г (рис. 1.5) призначена для розпушування ґрунту і знищення бур'янистої рослинності в міжстовбурних пасмугах садів і міжряддях ягідників з одночасним внесенням мінеральних добрив. Агрегатується з трактором Т-25А и шасі Т-16М.

Основними вузлами фрези є фрезерний барабан, рама підйому барабана, основна рама, конічний редуктор 8 із запобіжною муфтою 7, поперечний карданний вал, гідравлічна система і механізм для автоматичного об'їзду штамба. Крім перелічених загальних вузлів, фреза комплектується додатковими деталями для навішення на трактори різних марок.

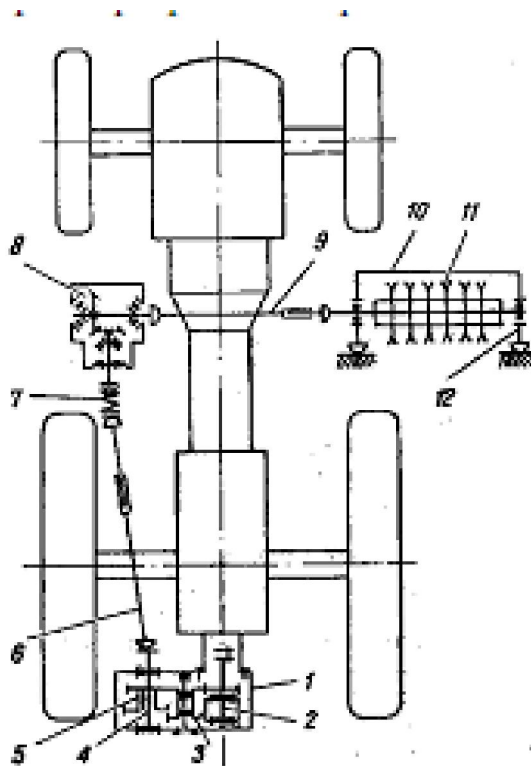


Рисунок 1.5 - Фреза садова ФСН-0,9Г: 1- циліндричний редуктор; 2 - верхній вал; 3 - проміжний блок; 4 - нижній вал; 5 - блок шестерень; 6 - повздовжній карданний вал; 7 -запобіжна муфта; 8 - конічний редуктор; 9 - поперечний карданний вал; 10 - кожух барабана; 11 - диск барабана; 12 - опорний полозок.

Робочим органом машини є фрезерний барабан (ротор) шириною захвата 0,9 м, діаметром 370 мм і частотою обертання до  $403 \text{ хв}^{-1}$ . До вала барабана приварені шість дисків 11. До п'яти дисків прикріплені по шість ножів, а до крайнього внутрішнього диска — три ножі. Усього на барабані 33 ножа, що мають Г-подібний вигин у праву і ліву сторони. Вісь барабана обертається в двох підшипниках, змонтованих на кожусі 10, що одночасно є рамою барабана. Кожух являє собою зварений з кутиків каркас, закритий зверху сталевим листом. Кожух забезпечений опорними полозками, що обмежують заглиблення фрезерного барабана в ґрунт. Глибина обробки ґрунту фрезою регулюється зміною висоти положення полозків 12 відносно осі вала. Для цього на стійках полозків мається ряд отворів.

Механізм бічного виносу барабана складається з каретки, траверси і гідроциліндра. Повний винос фрезерного барабана вправо виконується за три цикли. При включенні рукоятки розподільника гідроциліндр штовхає каретку з рамою

підйому і барабаном вправо на довжину ходу штока, потім після переключення розподільника підтягує траверсу. Після цього закріплюють траверсу в новій позиції і цикл починають спочатку. За три цикли фрезерний барабан цілком виводять у правий бік. Для відводу вліво також гідроциліндром підтягують його на довжину ходу штока, переміщують траверсу на нову позицію і знову підтягують барабан.

Фрезерний барабан при роботі приводиться в дію від ВВП трактора. Передавальний механізм фрези при навішенні на трактор Т-25А включає циліндричний і конічний редуктори, подовжній і поперечний карданні вали.

Тракторист заїжджає в міжряддя й у залежності від діаметра крон дерев і ширини оброблюваних міжрядь встановлює барабан фрези на необхідний косий винос. Потім включає ВВП трактора, опускає фрезерний барабан і починає обробку ґрунту в пристовбурних смугах. При обертанні барабана його ножі вриваються в ґрунт на глибину 5—11 см, відрізають стружку і рихлять ґрунт, знищують бур'яни в пристовбурних смугах саду.

Механізм автоматичного об'їзду штабів призначений для обробки фрезою міжстовбурних смуг у садах. Він складається з контактної механізми, механізми розвантаження гідросистеми, шлангів високого тиску і гідроарматури. Контактний механізм установлюється на кожусі барабана і має щуп із системою важелів і гідрозолотник. Перемикач механізми розвантаження гідросистеми встановлений на каретці бічного виносу барабана. У процесі роботи фрези щуп при зіткненні зі штаблом дерева разом з важелями чотирьохланника відхиляється і діє на валик приводу золотника, що переміщується в протилежне крайнє положення. При цьому мастило подається в штокову порожнину гідроциліндра і відбувається відвід барабана від штабла дерева. Після сходу щупа зі штабла поворотні пружини переводять золотник у вихідне положення.

Фреза FS з горизонтальною віссю обертання робочих органів виробництва італійської фірми «RINIERIS.R.L» (рис. 1.6) призначена для обробітки пристовбурних смуг в садах шириною 55 - 70 - 80 см. Усі моделі фрези мають гідравлічне регулювання кута нахилу ротора і пружинний амортизатор для уникнення удару. Також ротор має спеціальне з'єднання для захисту трансмісії.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд фрези FS італійської фірми «RINIERIS.R.L».

За даними виробника активний обробіток ґрунту в безпосередньої близькості від дерев на достатню глибину надає змогу суттєво зменшити кількість гризунів, причому це є єдиним приємним рішенням. Привід даної фрези відбувається від валу відбору потужності трактора і виключає застосування гідравлічної системи.

При роботі трактор розміщують в міжрядді таким чином, щоб повздовжня вісь ряду дерев проходила посередині щупа. Щуп здатен своєчасно задіяти гідравлічну систему агрегату і змінити рух робочого органу.

До недоліків машин з активними робочими органами, що мають горизонтальну вісь обертання валу робочих органів відносяться підрізання тільки верхньої частини бур'янів, тоді як корені залишаються непошкодженими, що дає можливість повторної появи бур'янів. Вони також, як і ножові лапи, залишають після проходу ущільнений шар ґрунту. Крім того, при високому травостої (15-20 см і більше) вони забиваються рослинними рештками, що зменшує їх продуктивність та якість виконання технологічного процесу

Дослідженнями [1-8] доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в пристовбурних смугах досягається за рахунок застосування активних робочих органів (далі – фрез), а саме з вертикальною віссю обертання валу робочих органів.

#### Фрези з вертикальним розташування валу робочих органів.

Фрезерна машина МПП-1,2 (рис. 1.7) обладнана вертикально-роторними робочими органами з Г-подібними ножами і призначена для обробітку пристовбурних смуг в садах. Вона не має гідроприводу й обходить штаби дерев від реакції робочих органів із ґрунтом.

Машина має раму 1 з паралелограмним механізмом 2 і начіпним пристроєм, на кінці якої закріплений корпус 3 з можливістю повороту навколо центральної осі, на вихідних валах якого змонтовані вертикальні ротори 4 з Г-подібними зовнішньо загнутими ножами. Привід фрезерних роторів здійснюється від ВВП трактора за допомогою карданних передач 5 і 6, конічних редукторів 7 і 8, пасової передачі 9 і розміщеної в корпусі зубчастої передачі 10. Зубчаста передача забезпечує однобічне обертання роторів (проти годинникової стрілки на виді зверху). Корпус обладнаний двома упорами 11, взаємодіючими з фіксатором 12, що керується щупом 14. Машина обладнана опорним колесом 13.

У процесі роботи агрегат рухається по середині міжряддя. Права половина корпусу 3 знаходиться в лінії ряду дерев з деяким перекриттям останнього. При торканні щупа 14 штамба дерева фіксатор 12 звільняє упор лівої половини корпусу. Під дією реактивного моменту, спрямованого протилежно напрямку обертання фрез барабанів (по годинниковій стрілці на виді зверху), корпус повертається, обходячи дерево. Після сходу щупа зі штамба упор правої половини корпусу утримує його від провертання. Біля наступного дерева цикл повторюється. Опорне колесо 13 призначене для зміни глибини обробки. Повна обробка міжстовбурної смуги (з наявністю захисної зони, рівної  $0,5 \text{ м}^2$ ) відбувається за два суміжних проходи агрегату.

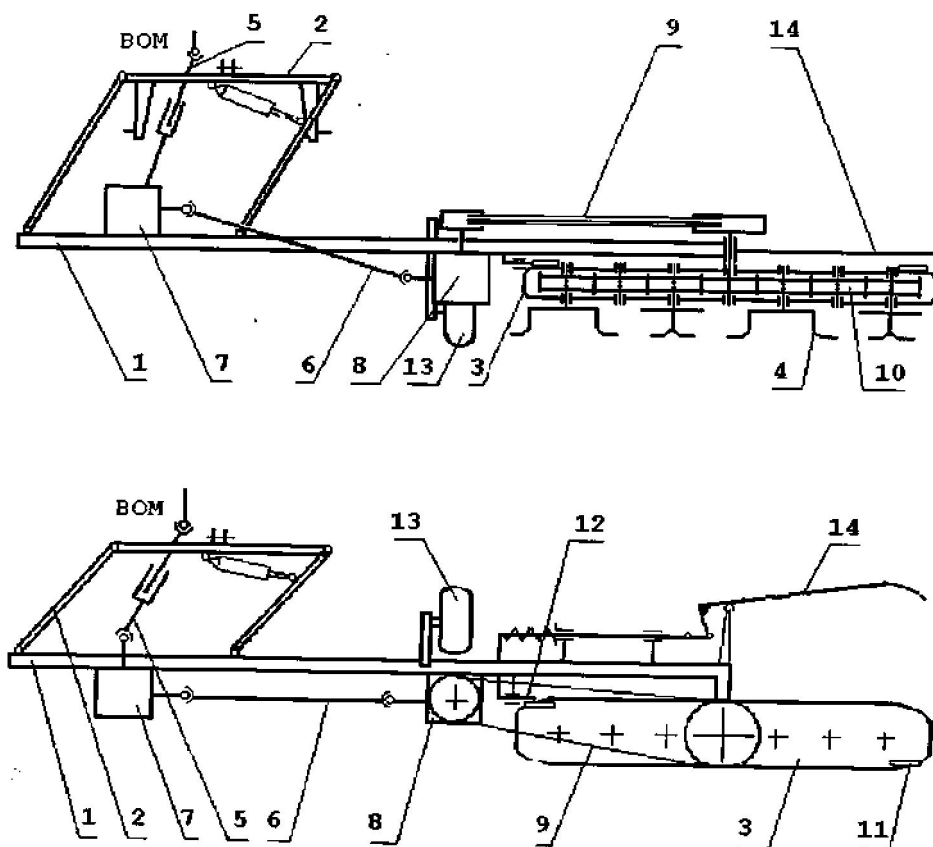


Рисунок 1.7 – Схема машини МПП-1,2: 1 - рама; 2 - паралелограмний механізм; 3 - корпус; 4 - ротори з ножами; 5, 6 - карданні передачі; 7, 8 - конічні редуктори; 9 - пасова передача; 10 - зубчасті передачі; 11 - упори; 12 - фіксатор; 13 - опорне колесо; 14 - щуп

Основними недоліками даної машини є недостатня якість обробітку ґрунту, яка оцінювалась за показником його структурно - агрегатного складу. За цим показником середня фракція ґрунту складає 44%, що за шкалою ДСТУ 4362 знаходиться на межі незадовільного стану. Також L - образні ножі подрібнюють бур'яни, що сприяє їх розмноженню і утворюють плужну підшову.

Експериментальний зразок фрезерної машини МФ-1з вертикальною віссю обертання робочих органів був розроблений в НПО "Плодмашпроект" (рис. 1.8).

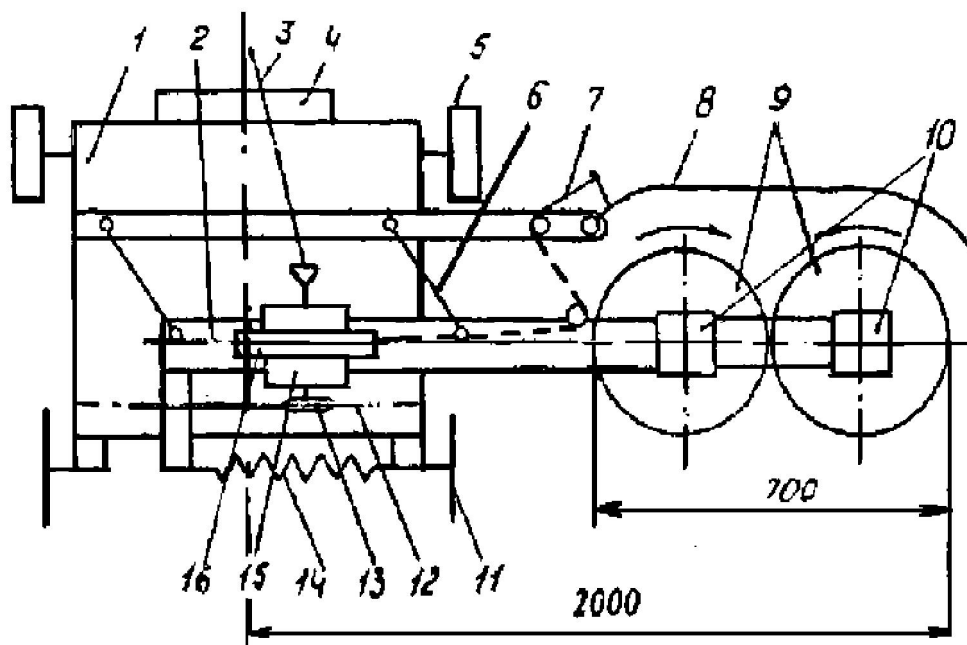


Рисунок 1.8 – Конструктивна схема фрези: 1- рама; 2 - висувна секція; 3 - карданна передача; 4 - автозчеплення; 5 - опорно-регулюючі колеса; 6 - паралелограмний механізм; 7 - трос; 8 - щуп; 9 - фрезерні ротори; 10 - конічні редуктори; 11 - дисковий ніж; 12 - ланцюг; 13 - зірочка; 14 - зворотна пружина; 15 - редуктор; 16 - фрикційна муфта

Фрезерні барабани 9, впливають на ґрунт робочими органами, які мають циліндричну форму у вигляді стрижень діаметром 20 і довжиною 200 мм з нахилом від вертикалі в напрямку обертання на кут  $30^\circ$ , що забезпечує їхнє самоочищення від рослинних залишків. Кожний ротор фрези має по три робочих органи, які розташовані в шаховому порядку. Між робочими органами фрези і редуктором 10 встановлені фрикційні муфти для запобігання аварійних поломок при влученні в зону розпушування великих каменів, дроту та інших перешкод. Фрезерні барабани обертаються з частотою  $3,5 \text{ с}^{-1}$ , але в різних напрямках, і розташовані від осі МТА на відстані 2000 мм, що дає можливість застосування фрези в молодих і низькорослих насадженнях. Агрегатується фреза із тракторами класів 9,14 і 30 кН, а швидкість руху знаходиться в межах від 0,41 м/с до 1 м/с. Конструкція фрез передбачає можливість регулювання глибини обробки ґрунту. Дана фреза пройшла попередні випробування в Інституті зрошуваного садівництва в насадженнях яблуні (схема

садіння саду 4 x 2,5м) і персика (схема садіння саду 6 x 4м). Відповідно до програми випробувань визначалась якість обробітку ґрунту в пристовбурних смугах саду робочими органами фрези. За результатами [18] встановлено, що фреза при обробітку чорнозему південного легкосуглинкового вологістю від 15% до 20% утворюється такий агрегатний склад:

- менш 0,25 мм – 23,3% ;
- від 0,25 до 1 – 16% ;
- від 1 до 3 – 13,7% ;
- від 3 до 7 – 15,4 ;
- від 7 до 10 – 7,9% ;
- більш 10 – 23,7% .

- Недоліком даної машини є також недостатня якість обробітку ґрунту, яка оцінювалась за показником його структурно - агрегатного складу. За цим показником середня фракція ґрунту від 0,25 мм до 10 мм складає 53%, що за шкалою ДСТУ 4362 не відповідає стану «добрий».

З наведених даних можна отримати коефіцієнт збереження структури ґрунту, який визначається як відношення кількості агрегатів ґрунту розміром від 0,25 мм до 7 мм (у нашому випадку 45,1%) та суми агрегатів менше 0,25 мм і більше 7 мм (54,9%). Враховуючи наведене, значення коефіцієнту збереження структури ґрунту буде дорівнювати 0,82.

На даний час найбільш поширеними на міжнародному ринку є серії фрез для обробітку пристовбурних смуг італійської фірми «RINIERIS.R.L».

Серія EL представлена гідравлічним висувним вертикально-фрезерним культиватором EL (рис. 1.9). Ця фреза з вертикальною віссю обертання робочих органів призначена для обробітку пристовбурних смуг в садах з відстанню між рослинами не менш ніж 40см. А також в садах на схилах і кам'янистих ґрунтах, з діаметром каміння не більше 12см. Усі моделі фрези забезпечують оптимальне рихлення ґрунту без утворення канав при боковому зміщенні робочих органів.



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд фрези EL італійської фірми «RINI E RI»

Фреза має регулювання нахилу роторного агрегату і чотири вертикально розташованих ножа (зубові робочі органи), які призначені для, в основному для обробітку важких кам'янистих ґрунтів.

Серія EL – вертикальних фрез з боковим зміщенням для тракторів з переднім начепом. Серія складається з 6 моделей з боковим зміщенням від 120см до 600см.

Серія ELX має невеликі габаритні розміри і підвищену міцність для роботи на кам'янистих ґрунтах. Машина має привід бокового зміщення і спеціальний карданний вал з захисною муфтою.

Серія E-DUE – це 2-х стороння вертикальна фреза призначена для обробітку пристовбурних смуг багаторічних насаджень на великих площах. Має чотири електрогідравлічних сенсори з незалежним гідравлічним розподіленням, що забезпечує центральне положення машини в міжрядді насаджень.

Серія EP фрез мають чотири ротори з боковим зміщенням і гідравлічним приводом. Такі фрези забезпечують добре видалення бур'янів при мінімальній глибині роботи і рихлить ґрунт без утворення канав при боковому зміщенні.

Перелічені машини є основними машинами для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах з вертикальним розташуванням валу робочих органів. Робочі органи даних машин виконані у вигляді ножів, робочі поверхні яких є площинами. Ножі з такими поверхнями сприяють утворенню сколюючого ефекту і більш придатні для обробки ґрунтів з камінням. Враховуючі данні підрозділу 1.1 по типам ґрунтів ґрунтово - кліматичної зони «Південний степ» можна зробити висновок, що розглянуті робочі

органи можуть сприяти утворенню оптимального структурно – агрегатного складу ґрунтів південного степу.

Сьогодні при підготовці ґрунту під сівбу широке застосування набули робочі органи з вертикальною віссю обертання [18]. Вони забезпечують добре розпушування ґрунту, не утворюють ґрунтової підшви та створюють рівну поверхню поля та дрібнокомкувату структуру ґрунту.

Аналіз існуючих засобів механізації показав, що робочі органи з вертикальною віссю обертання, а саме виконані у вигляді L-образних ножів, які зогнуті зовні є найбільш ефективними. Також L - образні ножі подрібнюють бур'яни, що сприяє їх розмноженню і утворенню плужної підшви.

За результатами літературного огляду, щодо обробітку ґрунту найбільш ефективною є конструктивна схема фрезерної машини МФ-1, яка була реалізована в дослідному зразку з робочими органами к.т.н. Мінько С.А. у вигляді циліндричних розпушувальних стержнів, розташованих під кутом до вертикалі [18]. Вказана схема фрезерної машини містить два ротори 4 з ножами 7 (рис. 1.9), які обертаються в різних напрямках, обробляють смугу шириною 70 см і розташовані від осі трактора на відстані 200 см, що дає можливість застосування фрези в насадженнях інтенсивного типу. Кожний ротор має диск 5 зі стойками 6, на яких в шаховому порядку розташовані по три ножі (рис. 1.10). Ножі мають циліндричну поверхню і занурюються в ґрунт на глибину до 8 - 10 см.

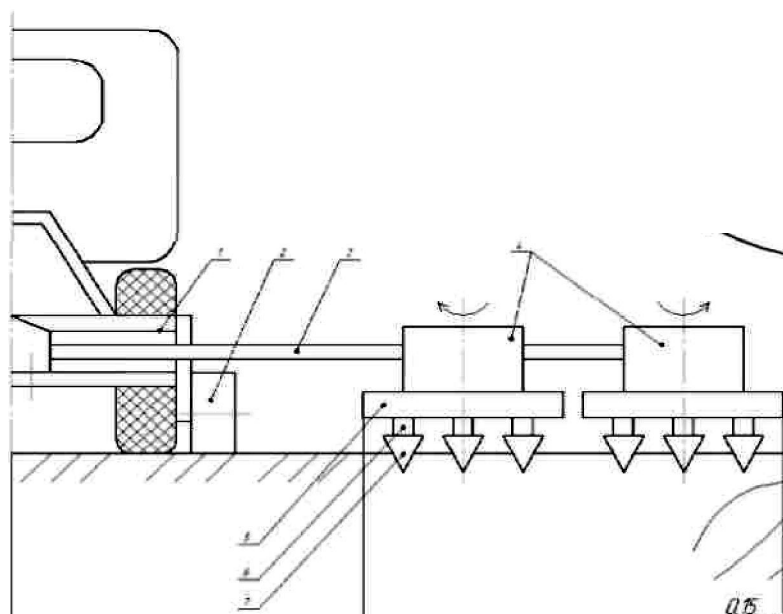
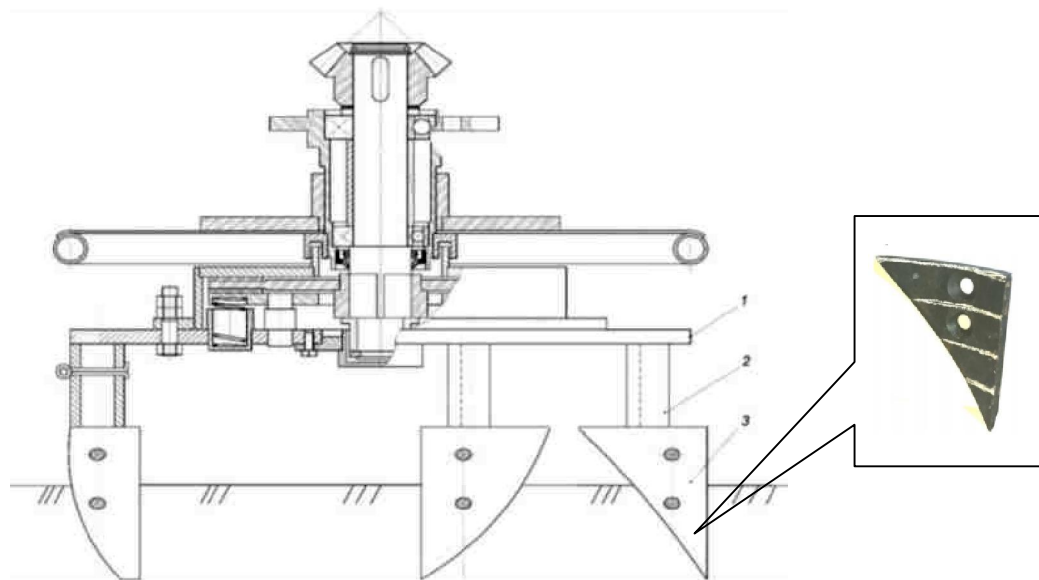


Рисунок 1.10 – Схема дослідної фрезерної машини: 1 – рама; 2 – опорне колесо; 3 - привідний вал; 4 - ротори; 5 - диск; 6 - стійка; 7 – ніж [18]



а)



б)

1 - ніж;  
2 - стійка ножа;  
3- диск

Рисунок 1.11 – Схема ротора дослідної фрезерної машини: а – схема ротора; б – ножовий ротор фрезерної машини; 1–диск; 2–стійка; 3– ніж; 4–вал приводу робочих органів; 5 –запобіжна муфта [18]

## **Висновки.**

1. Умови ґрунтово-кліматичної зони «Південний степ» є такими, що для вирощування зернових та технічних культур кількість вологи в ґрунті на період посіву та в процесі їх вегетації є визначальним фактором, який формує рівень врожайності. Саме тому за останні роки низький рівень врожайності с.-г. культур у ПСП «Приморський», на нашу думку, пов'язаний із нестачею вологи в ґрунті через певні проблеми в системі його обробітку.

2. На відміну від інтенсивного розпушування ґрунту в передпосівний період та в процесі догляду за рослинами ефективним є екстенсивні методи мінімального обробітку. Останні можна реалізувати технологією стрічково-смугового обробітку шляхом розпушування смуг ґрунту вертикально-фрезерними машинами. Високоефективними машинами такого типу є фрезерні культиватори, що використовуються в садівництві.

3. На підставі даних технічної літератури визначено, що найбільш близьким технічним рішенням для реалізації розпушування ґрунту вертикально-фрезерними культиваторами є зразок фрезерної машини МФ-1 з вертикальною віссю обертання робочих органів. Її експериментальні випробування науковцями ТДАТУ показали високе значення коефіцієнту структурно – агрегатного стану, що відповідає вимогам ДСТУ4362.

## **2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ФРЕЗЕРНОЮ МАШИНОЮ**

### **2.1 Вибір системи обробітку ґрунту**

Аналіз агротехніки вирощування просапних культур показує, що в умовах недостатнього зволоження найбільш ефективні, так звані, смугові або стрічкові технології обробітку ґрунту. Стрічкова технологія включає ресурсозберігаючу систему обробки ґрунту, його смугове й об'ємне розпушування. Ресурсозбереження досягається за рахунок заміни зяблевої оранки на глибину 20–22 см таким ресурсозберігаючим прийомом, як розпушування ґрунту смугами, в яких подалі вноситься насіння с.-г. культури. В залежності від характеристик агрофону, зокрема щільності ґрунту та прийнятої технології виробництва, сьогодні технологічний підхід до основного обробітку ґрунту прийнято розділяти на системи [9-11].

У вирішенні проблеми вдосконалення процесів обробітку ґрунту великий внесок зробили В.П.Гарячкін, П.М.Василенко, В.А.Желиговський, А.Н.Зеленін, Г.Н.Синеоков, І.М.Панов, Л.В.Погорілий, В.Т. Надикто, В.О.Дубровін, Я.С.Гуков, К.І.Жукевич та інші [12-17].

Питання вдосконалення процесу висіву насіння різних сільськогосподарських культур досліджували А.І.Семенов, Л.В.Погорілий, Г.М.Рудаков, С.В.Кардашевський, Ш.М.Бабаєв та інші [9-17].

Також, існують декілька видів технологій для вирощування просапних культур [19].

З точки зору принципової відмінності серед них можна виділити три:

- 1) гребенева (смугово – гребенева);
- 2) технологія прямого посіву;
- 3) традиційна.

Остання в свою чергу поділяється на декілька різновидів. А саме, прогресивна, індустріальна, інтенсивна тощо. Проте, не дивлячись на певні особливості, всі вони передбачають обов'язкове проведення:

- суцільного осіннього мілкого (дискування, лущення стерні) та глибокого обробітків ґрунту (оранка, плоскорізна культивация, чизелювання тощо) з внесенням мінеральних добрив і гербіцидів (при потребі);
- весняного циклу робіт по підготовці ґрунту до посіву (боронування культивация, прикочування);
- сівби;
- догляду за посівами та збирання врожаю.

Смугово–гребенева технологія передбачає формування гребенів восени. Весною саме в них вносяться гербіциди (при потребі), мінеральні добрива та здійснюється посів.

Згідно даних Південно–Української машино–випробувальної станції (МВС) витрати праці при такому вирощуванні кукурудзи на зерно, наприклад, були на 1,15 люд.·год/га менші, ніж при існуючій інтенсивній технології [19]. Меншими були і витрати палива. Проте урожайність виявилась в середньому на 3,8 ц/га меншою, що в кінцевому рахунку привело до збільшення зведених витрат. В результаті Південно–Українська МВС не рекомендувала цю технологію до впровадження в південній зоні.

Що стосується прямого посіву просапних культур, то у США, наприклад, уже з 1986 року він здійснювався на 5% площ [15]. Для прямого (безпосереднього) посіву кукурудзи, сої і сорго у цій країні виробляється більше 80 моделей сівалок. Найбільш відомими з них є комбіновані машини "Buffalo", "Multiflex" та інші.

В Європі італійські фірми для прямого посіву рекомендують використовувати звичайні сівалки, обладнані пристроями у вигляді ріжучих гофрованих дисків. Німецькі фірми пристрої для прямого посіву виконують у вигляді ріжучого диску та чизельного борозноформувача, які монтуються перед сошниками [16].

В 1989 році Південно–Українська МВС проводила випробування вітчизняної сівалки СКП–6 для прямого посіву кукурудзи, яка за своєю конструкцією була схожа на сівалку "Buffalo".

Прямий посів кукурудзи на зерно показав, що при його застосуванні витрати праці зменшуються на 1,8 люд.·год/га, а витрати паливо – мастильних матеріалів –

на 25 кг/га. Проте, знову ж таки за рахунок зменшення урожайності культури на 3,1 ц/га, зведені витрати виявилися більшими, ніж при застосуванні традиційної технології вирощування кукурудзи на зерно. З цієї причини Південно – Українська МВС не рекомендує до використання в південній зоні нашої країни технологію прямого посіву просапних культур.

Слід підкреслити, що даних щодо прямого посіву соняшнику в літературі практично немає. Більше того, в останніх рекомендаціях по вирощуванню соняшнику в Запорізькій області програмою “Тасис” робиться наголос на основний обробіток ґрунту за трьома основними варіантами:

- 1) лущення стерні попередника та оранка на глибину 25...27 см;
- 2) обробіток поля чизельними знаряддями в двох напрямках;
- 3) використання знарядь з робочими органами типу стояків типу «СибИМЭ».

Негативними наслідками застосування полицевої оранки на півдні України, як відомо, є:

- надмірне розпилювання та ущільнення ґрунту;
- зменшення вмісту гумусу в орному шарі;
- інтенсифікація ерозійних процесів.

Крім цього, багаторазові проходи МТА у весняний період по зораному ґрунту сприяють інтенсивному випаровуванню вологи з верхнього його шару. Так, дослідженнями вчених встановлено, що трактор МТЗ–80, наприклад, під час руху по весняному вологому агрофону знижує загальну пористість суглинистого ґрунту в шарі 0...18 см з 55...58% до 48...50% [4].

Навіть при проході гусеничних тракторів ДТ–75 та Т–150 із знаряддями шириною 8 м ущільнюється близько 18% оброблюваної площі. Після завершення всього циклу передпосівної підготовки ґрунту, посіву та до сходового і після сходового боронування посівів просапних величина цього показника зростає майже до 55% [5].

Досліди, проведені в ННЦ “ІМЕСГ”, показали, що глибокий обробіток ґрунту без обороту скиби теж має свої недоліки: наявність ущільненої підшви, недостатня якість кришення скиби і т.д. [6]. Для вирішення цих проблем застосовують такий

спосіб обробітку ґрунту, як чизелювання. Він дозволяє зруйнувати ущільнену підшву і сприяє проникненню вологи та коріння рослин в нижні горизонти ґрунту.

В той же час, недоліком цього способу є недостатня якість підрізання коріння бур'янів, пов'язана з відсутнім перекриттям ширини захвату робочих органів чизельного знаряддя.

Натомість, відомі результати успішного вирощування соняшнику при мінімальному та глибокому безполицевому обробітку ґрунту. Так за даними Української дослідної станції олійних культу середній врожай соняшнику за 2002...2012 роки склав:

- по оранці (25...27 см) – 23,1 ц/га;
- по глибокому безполицевому обробітку (23..27 см) – 23,4 ц/га;
- по мінімальному обробітку (два дискування) – 23,2 ц/га;
- по обробітку: дискова борона + лемішний луцильник 12...14 см – 23,4ц/га.

Як бачимо, мінімальний і безполицевий обробітки не зменшують врожай. Інша справа, що засміченість поля бур'янами на час збирання при мінімальному та безполицевому обробітках як із застосуванням, так і без застосування гербіцидів, – висока, але не перевищує межу шкідливості.

Одним із варіантів мінімалізації обробітку ґрунту в технологічному процесі вирощування соняшнику може бути виключення суцільного обробітку агрофону у осінній період. Основний обробіток ґрунту на задану глибину  $h$  здійснюють при цьому не суцільним фронтом (як при оранці), а смугами, певною шириною.

Весною сівбу просапних культур проводять таким чином, щоб рядки проходили посередині оброблених з осені смуг. До посіву, як і у відомому способі, можна здійснювати суцільну передпосівну культивуацію тощо.

Як вже було наголошено в попередніх розділах – серед існуючих нині технологій вирощування на півдні України просапних культур певне місце займали і займатимуть ті, де передбачено осінній основний обробіток ґрунту. Незалежно від того, полицевий чи ні, він здійснюється на задану глибину суцільною смугою. А багаторічною практикою встановлено, що навіть без перевертання скиби ґрунту це потребує великих затрат енергії.

Виходячи з цього, виникає питання: чи не можна її заощадити шляхом здійснення осіннього основного обробітку ґрунту на задану глибину (h) смугами певної ширини (C). Причому, крок прокладання цих розпушених смуг має дорівнювати прийнятій ширині міжрядь тієї чи іншої вирощуваної просапної культури (H).

Оскільки у міжсмуговому просторі основний обробіток ґрунту при цьому не здійснюється, то це і є передумовою зменшення енергетичних витрат в новій технології вирощування просапних культур.

В цілому нова технологія вирощування просапних культур представляє собою перелік технологічних операцій, представлених в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік основних технологічних операцій нової енергоощадної, вологозберігаючої технології вирощування просапних культур

| № п/п | Технологічна операція                                                                      | Використовувані знаряддя, умови виконання |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1.    | Подрібнення стерні попередника на глибину 8...10 см                                        | Серійні дискові борони                    |
| 2.    | Осінній смуговий обробіток ґрунту на глибину до 12 см                                      | <b>Машина фрезерна МФ-2</b>               |
| 3.    | Ранньовесняне боронування                                                                  | Серійні зубові борони, або борони-мотики  |
| 4.    | Перша культивування смуг на глибину 6...8 см. Внесення мінеральних добрив і/або гербіцидів | <b>Машина фрезерна МФ -2</b>              |
| 5.    | Передпосівна культивування смуг на глибину 6...8 см                                        |                                           |
| 6.    | Сівба просапної культури у оброблені смуги                                                 | Серійні просапні сівалки без маркерів     |
|       | Міжрядний обробіток просапної культури                                                     | <b>Машина фрезерна МФ -2</b>              |

## 2.2 Обґрунтування конструктивно–технологічної схеми знаряддя та агротехнічні вимоги

Запропонований нами пристрій для обробки ґрунту (рис. 2.1) під умовною маркою МФ-2 має активний привід робочих органів, що обертаються навколо вертикальних осей. Конструкція спрямована на зниження енерго– і металоємності процесу обробки ґрунту й підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Це досягається тим, що пристрій містить каркас (раму) 1, усередині якого горизонтально в ряд розташовані циліндричні зубчасті колеса 2. Кожна з паразитних

шестірень закріплена на вертикальному валу 3, нижня частина якого служить для кріплення робочого органу – ножового розпушувача 4.

Приводні шестірні мають діаметр початкової окружності, рівної  $1/3$  величини міжряддя оброблюваної сільськогосподарської культури. Розпушувачі 4 виконані з радіусом обертання на 50 мм більше радіуса початкової окружності циліндричної шестірні й установлюються тільки на валах 11 і 12, що збігаються із центрами рядків майбутніх рослин. При суцільній обробці ґрунту ножові робочого органу виконані з радіусом обертання на 25 мм більше радіуса початкової окружності циліндричної шестірні й установлюються на кожному валу пристрою з можливістю обертання попарно в протилежних напрямках.

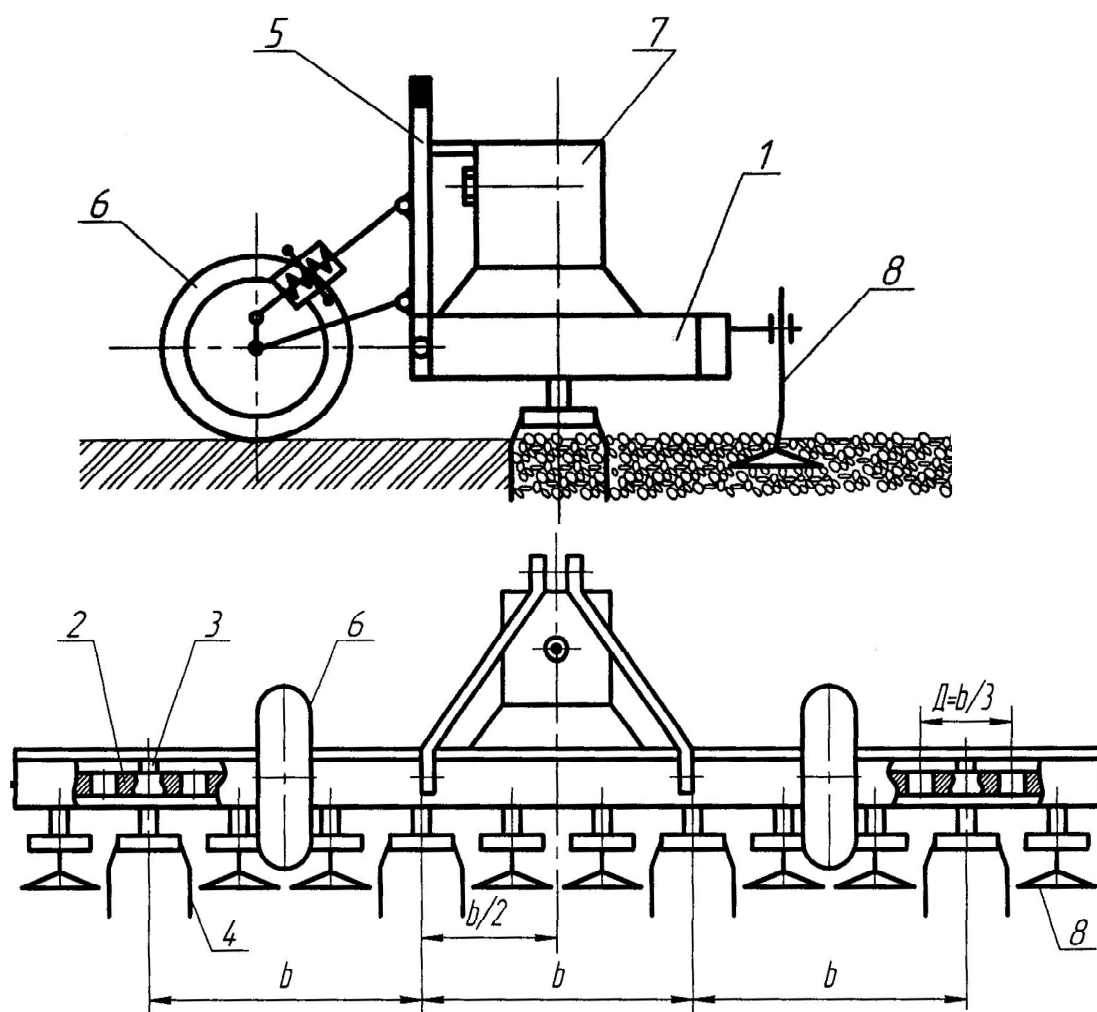


Рисунок 2.1 – Фрезерна машина (МФ-2) для стрічково-смугового обробітку ґрунту

**Така конструкція дозволяє застосовувати пристрій, як для стрічкової, так і для суцільної обробки ґрунту.**

#### **Агротехнічні і експлуатаційні вимоги до машини**

1. Культиватор призначений для суцільного або смугового обробітку ґрунту.

2. Умови роботи:

1) Культиватор вертикальний фрезерний повинен працювати на ґрунтах, схильний до утворення глиб після глибокої відвальної або безвідвальної обробки ґрунтів на рівних ділянках і схилах до 8°.

2) Потрібну якість роботи культиватор повинен забезпечити при вологості ґрунту до 22%, твердості ґрунту до 3 МПа, при розмірі комків вище 10 см не більше 30%, гребнистість – не більше 6 см. На полі допускається рівномірне розташування рослинних решток і стерні довжиною до 15 см.

3) Наступна технологічна операція після застосування машини – посів.

3. Показники якості технологічного процесу

1) Культиватор вертикальний фрезерний повинен забезпечити обробіток ґрунту на глибину до 12 см. Коефіцієнт варіації по глибині до  $\pm 15\%$ , по ширині захвату  $\pm 5\%$ .

2) У обробленому шарі ґрунту наявність грудок розміром до 25 мм не менше 60%, а до 50 мм не менше 90%. Глиби розміром більше 10 см не допускаються. Гребенистість поля не повинна перевищувати 3 см.

3) Знищення однорідних бур'янів не менше 90%.

4) Зберігання на поверхні поля і в верхньому (0...5 см) шарі поживних залишків до 80%.

4. Технічна характеристика.

1) Культиватор повинен бути навісним, агрегатується з енергонасиченими тракторами класу 1,4 або 2.

2) Робоча ширина захвату – 2,8 м.

3) Робоча швидкість до 9 км/год (при глибині обробітку до 6 см) і до 6 км/год (при обробітку до 12 см).

4) Транспортна швидкість машини – до 15 км/год.

5) Продуктивність за одну годину чистої роботи – 2,5 га (при глибині обробітку до 6 см) і 2,0 га (при глибині обробітку до 12 см).

6) Привід робочих органів активний, від ВВП трактора.

7) Експлуатаційна маса машини з компонентом робочих органів–560 кг.

Схема культиваторного агрегату в складі трактора класу 1,4 або 2 і машини фрезерної МФ-2 представлений на рис. 2.2. Обробіток ґрунту фрезами за рис. 2.2 характеризується смугами розпушеного ґрунту. А культиваторні лапи також після проходу залишають смуги культивованого поля. Вказаний агрегат можна використати для підготовки смуг під посів просапних культур. В такому випадку фрези оброблюють ґрунт смугами на глибину посіву просапної культури, що дозволяє мінімально висушувати його в зоні закладання насіння.

Також запропонований нами агрегат (див. рис. 2.2) дозволяє здійснювати і міжрядний обробіток посівів просапних культур, використовуючи, при цьому, або фрезерні, або культиваторні робочі органи.

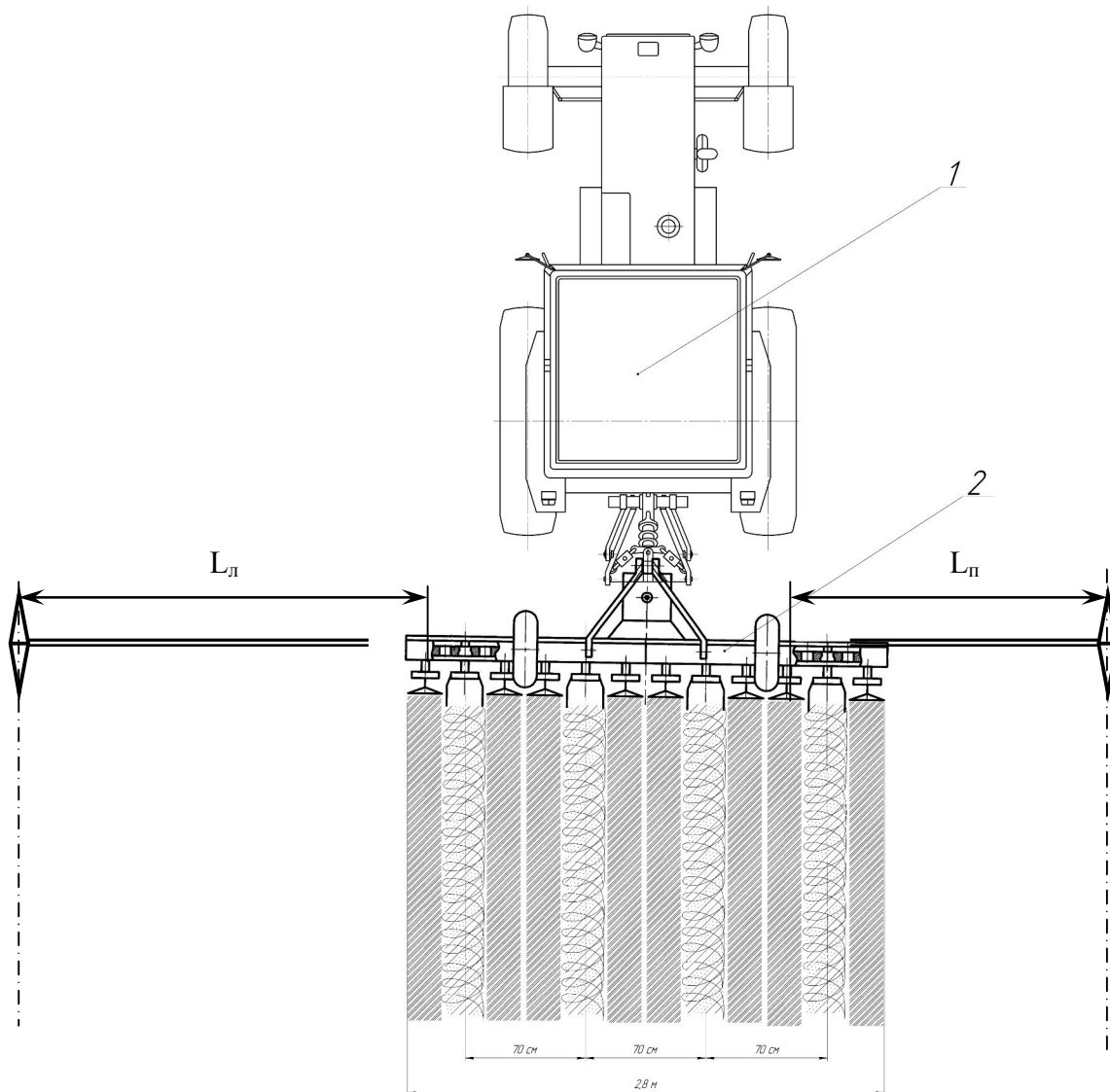


Рисунок 2.2 – Схема культиваторного агрегату в складі універсально-просапного трактора (1) і МФ-2 (2)

Використання запропонованого нами агрегату (див. рис. 2.3) на смуговій технології обробітку ґрунту під вирощування просапних культур має і певну проблему. Остання полягає в неузгодженості кількості обробляємих рядків для посіву просапної культур із кількістю висівних секцій просапних сівалок, таких як СУПН-6, абр СУПН-8. Цей недолік має місце і при міжрядному обробітку просапної культури (відповідно культиватори КРН-4,2 і КРН-5,6). Щоб при цьому уникнути суттєвих відхилень поздовжніх осей утворених смуг машиною МФ-2 і сошниками сівалок пропонується щонайменше два способи усунення вказаної проблеми.

Згідно першого способу пропонується використовувати на культиваторному агрегаті GPS-навігаторів. Застосовування яких дозволяє підвищити точність утворення смуг на ґрунті і попадання в них сошників просапної сівалки.

Згідно другого способу пропонується використовувати на посівному агрегаті маркери. Для цього слід розрахувати довжину вильоту лівого і правого маркерів.

Виліт маркера зазвичай розраховують для водіння трактора по сліду маркера переднім правим колесом. В цьому випадку виліт правого маркера (мм) від середини крайньої фрези можна визначити за формулою:

$$L_{\text{п}} = 0,5(A - C) + b_{\text{ст}},$$

а виліт лівого маркера (мм) за формулою:

$$L_{\text{л}} = 0,5(A + C) + b_{\text{ст}},$$

де  $A$  – відстань між крайніми фрезами машини МФ-2, мм;

$C$  – колія передніх коліс трактора, мм;

$b_{\text{ст}}$  – стикове міжряддя,  $b_{\text{ст}}=700$  мм.

Якщо у вказаному культиваторному агрегаті використовується трактор Білорус-1221, то розраховані довжини лівого і правого маркерів дорівнюють:

$$L_{\text{п}} = 0,5(2100 - 1545) + 700 = 977,5 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{л}} = 0,5(2100 + 1545) + 700 = 2522,5 \text{ мм.}$$

## **2.3 Моделювання кінематики руху та обґрунтування енерговитрат на роботу фрезерного культиватора**

Робочий орган ґрунтообробної машини МФ-2 містить ножетримач і три ножа, які обертаються навколо вертикальної осі. Ріжуча кромка ножа виготовлена по гвинтовій кривій з постійним кутом підйому, розташований на циліндричній поверхні передатнім нижнім зігнутим кінцем направлена вперед в напрямку обертання ротора  $\omega$ .

Ґрунтообробна машина має навісний механізм, верхній редуктор, основний редуктор, горизонтально вставлених шестерень. На валах робочих органів посаджені горизонтально розташовані ножетримачі на кінцях яких встановлені ножі.

Агрегаткування ґрунтообробної машини з трактором проходить при допомозі навісного пристрою. Потужність трактора через вал відбору потужності (ВВП) передається на верхній редуктор машини карданною передачею. Далі через конічну пару верхнього редуктора обертання передається на блок горизонтального встановлення і знаходиться в постійному зачепленні шестерні основного редуктора.

Кожна з вказаних шестерень приводить до обертання вертикальний привідний вал, на кінцях яких горизонтально встановлені ножетримачі. На кінцях ножетримачів встановлено вертикальні ножі.

Обґрунтуємо технологічний процес стрічково-смугового обробітку ґрунту та визначимо його основні параметри.

Якісна передпосівна обробка посівного шару проводиться при поступальному переміщенні машини ножами, встановленими блоками, які обертаються навколо вертикальної осі.

Секції блоків ножів розташовані впритул і в один ряд, перпендикулярно напрямку руху.

Руйнування грудок проходить при їх ударі з лобовою частиною ножа.

Рослинні залишки і бур'яни рослин при цьому вириваються і частково зменшуються.

Розрахуємо та обґрунтуємо основні конструктивні параметри робочого органу с.-г. знаряддя.

Вихідні дані:

Швидкість агрегату  $V_a = 7,84$  км/год.;

Ширина захвату  $B = 2,8$  м;

Глибина обробітку  $h = 12$  см;

Питомий опір ґрунту різанню  $k_0 = 6$  кН/м, або  $P = 50$  кПа.

Визначення діаметра фрезерного барабана:

$$D_s = (2.5 - 3.5) \cdot h = (2.5 - 3.5) \cdot 15 = 35.5 \dots 37.5 \text{ см.}$$

Приймаємо  $D_s = 35.5$  см.

Кількість ножів, закріплених на одному диску –  $Z = 3$ .

На основі аналізу патентної та науково-технічної інформації були визначені переваги та недоліки відомих знарядь аналогічного призначення та запропоноване технічне рішення, що забезпечує рівномірність обробітку робочої зони; ефективне рихлення ґрунту, мульчування рослинних решток та їх перемішування; вирівняний профіль дна борозни та обробленої поверхні; стійкість руху машинно-тракторного агрегату та зниження енерговитрат технологічного процесу обробки ґрунту.

Процес обробки ґрунту вертикально-фрезерним культиватором згідно технічного рішення характеризується складним рухом робочих елементів (рис. 2.3). Кожен робочий елемент при взаємодії з ґрунтом створює зону рихлення. При недостатній кількості робочих елементів виникають необроблені ділянки, а при збільшенні їх кількості підвищуються енерговитрати на обробку. У зв'язку з цим правильний вибір і обґрунтування раціональної кількості робочих елементів є необхідною умовою його роботи.

Для обґрунтування кінематичного показника роботи знаряддя вертикально-фрезерного культиватора розглянемо диск на якому розміщені рівномірно  $N=3$  робочих елементів. Кожен робочий елемент описує трохоїду (рис. 2.3) віддалену від попередньої на відстань  $L_i$  (м) рівну:

$$L_i = \frac{2\pi \cdot R_i}{N_i \cdot \lambda_i}, \quad (2.1)$$

де  $\lambda_i$  – кінематичний показник роботи  $i$ -го диску ножового ротора, що характеризується співвідношенням колової та поступальної швидкостей:

$$\lambda_i = \omega_i \cdot R_i / V, \quad (2.2)$$

де  $\omega_i$  – колова швидкість  $i$ -го диску ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V$  – поступальна швидкість руху робочого органу знаряддя,  $\text{м/с}$ .

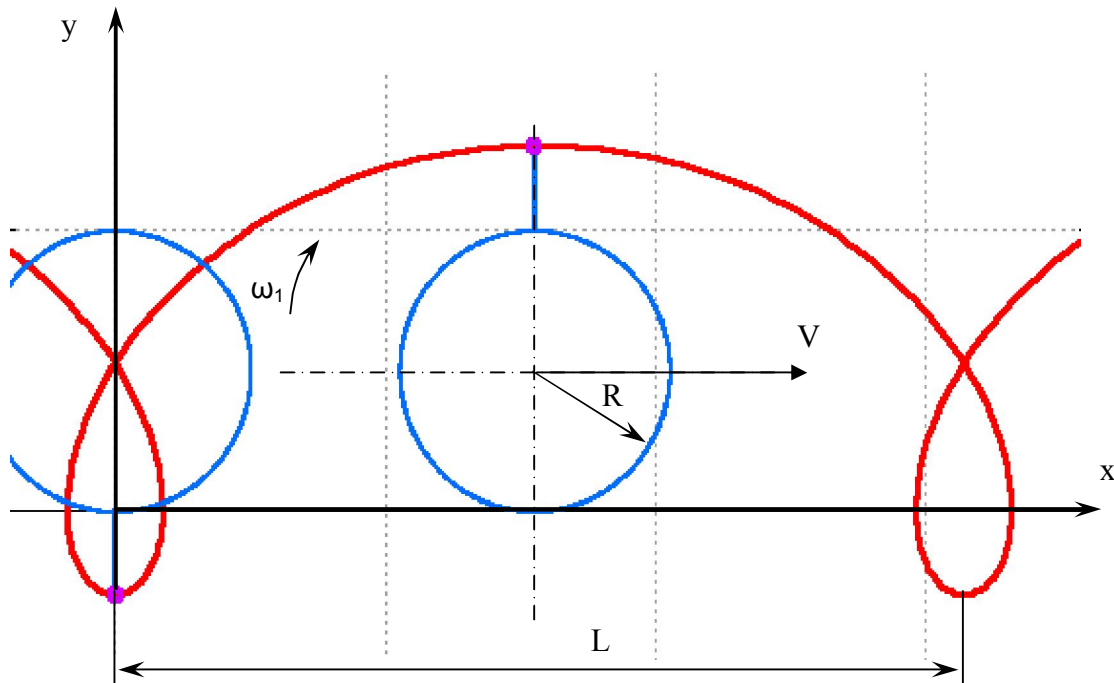


Рисунок 2.3 – Трохоїдна траєкторія, яка утворюється при поступальному та обертальному русі ножового ротора

Для якісного обробітку ґрунту потрібно, щоб величина ширини оброблюваного ґрунту одним робочим елементом була більшою за  $L$  [5]:

$$b_i \geq L_i. \quad (2.3)$$

Задамо умови, при яких на диску фрезерного ножового ротора розташовано рівномірно розташовано  $N$  робочих елементів. Звідси маємо кут  $\varphi$  для кожного робочого елемента матиме величину:

$$\varphi = \frac{2\pi}{N}. \quad (2.4)$$

Рівняння проекції руху робочих елементів зовнішнього диску на горизонтальну площину має наступний вигляд:

$$\begin{cases} x = R \cdot \cos \varphi; \\ y = R \left( \frac{\varphi}{\lambda} + \sin \varphi \right). \end{cases} \quad (2.5)$$

Кінематичний режим роботи фрези визначається із рівняння:

$$2R \geq \frac{2\pi \cdot R}{N \cdot \lambda}, \quad (2.6)$$

за співвідношенням:

$$\lambda \geq \frac{\pi}{N}. \quad (2.7)$$

$$\lambda \geq \frac{3,14}{3} = 1,05.$$

Тоді при швидкості руху культиваторного агрегату 6-8 км/год в складі фрез їх кутова швидкість дорівнюватиме:

$$\omega = V \cdot \lambda_i / R. \quad (2.8)$$

$$\omega = (6 \dots 8) \cdot 1,05 / 0,175 = 10 \dots 13 \text{ рад/с.}$$

За відомою кутовою швидкості руху фрез вертикально-фрезерного культиватора можна розрахувати передаточне число редуктора приводу їх обертання:

$$i = \frac{\omega}{\omega_{\partial\partial}}, \quad (2.9)$$

де  $\omega_{mp}$  – кутова швидкість обертання ВВП трактора,  $\omega_{mp} = 2\pi \cdot 540 / 60 = 56,52$  рад/с.

$$i = \frac{(10 \dots 13)}{56,52} = 0,18 \dots 0,23.$$

Проведений розрахунок показує, що трансмісія для приводу обертання фрез культиватора повинна понижати швидкість обертання ВВП трактора на першій ступені його включення. Тобто, коли частота обертання ВВП трактора дорівнюватиме 540 об/хв. Також, слід врахувати можливість зміни передаточного числа трансмісії в діапазоні 0,18...0,23. Це дозволить розширити універсальність агрегування даного культиватора з тракторами різною енергонасиченістю. Оскільки останні можуть мати різні робочі швидкості руху агрегату, побудованого в складі розглядаємого культиватора. А тому, щоб задовольнити обґрунтований

кінематичний режим роботи фрези необхідно буде змінювати швидкість обертання фрез при цьому.

Потужність, яка реалізується фрезою:

$$N = N_{\delta} + N_{\hat{a}} + N_{\hat{i}}, \quad (2.10)$$

де  $N_{\delta}, N_{\hat{a}}, N_{\hat{i}}$  – потужність відповідно на різання, відкидання ґрунту та переміщення фрези.

$$N_{\delta} = \left( \frac{V_K + V_a}{V_a} \right) \cdot P_{\hat{a}} \cdot \omega, \quad (2.11)$$

де  $P$  – зусилля різання на одному ножі, Н

$$P = P \cdot S \cdot b = 85000 \cdot 0.16 \cdot 0.15 = 2040, \text{ Н.} \quad (2.12)$$

$P=50 \text{ кПа}=50000 \text{ Па}, S=0,16 \text{ м}, b=0,15 \text{ м.}$

$$N_{\delta} = \left( \frac{10.8 + 3.0}{3.0} \right) \cdot 2040 \cdot 0.15 \cdot 0.10 = 141 \text{ Вт};$$

$$N_{\hat{a}} = \frac{k_0 \cdot B \cdot S_m \cdot \omega \cdot \gamma \cdot V_K^2}{g}, \quad (2.13)$$

де  $k_0$  – коефіцієнт, який залежить від форми ножа, 0,85;

$\gamma$  – об'ємна маса ґрунту, 1500 кг/м<sup>3</sup>;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – прискорення земного тяжіння;

$$N_{\hat{a}} = \frac{0.85 \cdot 4.0 \cdot 0.16 \cdot 12.9 \cdot 0.10 \cdot 1500 \cdot 10.8^2}{9.8} = 12278 \text{ Вт.}$$

$$N_{\hat{i}} = 10^{-2} \cdot f \cdot Q \cdot V_a, \quad (2.14)$$

де  $Q$  – маса машини, кг;

$f = 0.15-0.20$  – коефіцієнт перекочування;

$$N_{\hat{i}} = 10^{-2} \cdot 0.15 \cdot 1904 \cdot 3.0 = 8.6 \text{ Вт}$$

$$N = 141 + 12278 + 8.6 = 12427 \text{ Вт}$$

Потужність на ВВП трактора:

$$N_{\hat{a}\hat{i}} = \frac{N_{\delta} + N_{\hat{a}}}{\eta_{\hat{i}\hat{a}\delta}} = 19081 \text{ Вт.}$$

Енергетичний розрахунок с.-г. знаряддя.

Механічні втрати в трансмісії трактора:

$$N_{\delta\delta} = (1 - \eta_{\delta\delta}) \cdot N_e, \quad (2.15)$$

де  $N_e = 96,0$  кВт – ефективна потужність двигуна агрегуючого трактора;  
 $\eta_{\delta\delta} = 0.86$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора;

$$N_{\delta\delta} = (1 - 0,86) \cdot 96 = 13,44 \text{ кВт}.$$

Потужність, яка витрачається на переміщення трактора разом з фрезою

$$N_{\delta\delta} = (G_{\delta\delta} + G_{\delta}) \cdot f \cdot V_a, \quad (2.16)$$

де  $G_{\delta\delta}, G_{\delta}$  – відповідна вага трактора і фрези, Н;

$f$  – коефіцієнт опору на перекочування агрегату,  $f = (0.01 \dots 0.1)$

$$N_{\delta\delta} = (76000 + 18659.2) \cdot 0.01 \cdot 0.83 = 785.67 \text{ Вт}.$$

Потужність, яка витрачається на буксування:

$$N_{\delta} = N_e \cdot \eta_{\delta\delta} \cdot \delta, \quad (2.17)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт буксування,  $\delta = (0.05 - 0.12)$ ;

$$N_{\delta} = 96 \cdot 0,86 \cdot 0,12 = 1000,704 \text{ кВт}.$$

Потужність, яка витрачається на подолання схилів:

$$N_{\text{сх}} = (G_{\delta\delta} + G_{\delta}) \cdot \sin \alpha \cdot V_a, \quad (2.18)$$

де  $\alpha$  – величина схилу,  $\sin \alpha = 0.01$ ;

$$N_{\text{сх}} = (76000 + 18659.2) \cdot 0.01 \cdot 0.83 = 785.67 \text{ Вт}.$$

Сумарна потужність (Вт) на роботу фрезерного агрегату:

$$N_{\Sigma} = N_{\text{фр}} + N_{\delta\delta} + N_{\delta} + N_{\text{сх}} + N_{\text{пр}}. \quad (2.19)$$

$$N_{\Sigma} = 19081 + 785.67 + 29112 + 4609.4 + 3928.4 = 57516.47 \text{ Вт}.$$

Коефіцієнт використання потужності двигуна:

$$\eta = \frac{N_{\Sigma}}{N_e} = \frac{57516.47}{121300} = 0.47. \quad (2.20)$$

В результаті розрахунків обираємо трактор Білорус-1221 у якого номінальна ефективна потужність двигуна дорівнює 96 кВт, а маса 5,37 т. Тягово-зчіпні властивості вказаного трактора достатні для того, щоб долати тяговий опір чотирьох фрезерних ножових роторів і вісім стрілочастих культиваторних лап фрезерної машини МФ-2.

## 2.4 Моделювання процесу функціонування культиваторного агрегату, прийняття рішення про його оптимальні експлуатаційні параметри

1) Встановлюємо діапазон агротехнічно–допустимої швидкості руху агрегату. Для цього користуємося або даними довідникової літератури [4, 5].

Так, для обробітку ґрунту фрезерними культиваторами, агротехнічна допустима швидкість руху  $V_{ag}$  становить 6...8 км/год.

2) Обираємо питомий тяговий опір ( $k_0$ , кН/м) агрегату при швидкості  $V_0=5$  км/год. Для цього, як правило, використовують довідникову літературу.

Для виконання культивації ґрунту фрезерним культиватором МФ-2 приймаємо величину питомого тягового опору  $k_0=6,0$  кН/м.

3) Із тягової характеристики трактора в режимі експлуатації максимальної тягової потужності  $N_{m,max}$  з урахуванням агрофону вибираємо всі передачі, які за чисельним значенням швидкості входять в діапазон агротехнічно–допустимої швидкості.

Для заданого агрегату в складі трактора Білорус-1221 із тягової характеристики останнього обираємо можливі передачі, якими є I та II передачі. Для вказаних передач робочі швидкості руху за даними тягової характеристики відповідно дорівнюють  $V_I=6,47$  км/год і  $V_{II}=7,59$  км/год.

4) Розраховуємо питомий тяговий опір ( $k_{a2}$ , кН/м) агрегату при русі трактора на обраних передачах:

$$k_{a\ddot{a}j} = k_0 \left[ 1 + (V_j - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right], \quad (2.21)$$

де  $V_j$  – швидкість руху трактора на  $j$ -тій передачі, км/год;

$V_0$  – швидкість руху (еталонна) трактора,  $V_0=5$  км/год;

$\Delta c$  – темп зростання питомого тягового опору на оранці, % [4].

В результаті маємо:

$$k_{a\ddot{a}^2} = 6 \left[ 1 + (6,47 - 5) \frac{4}{100} \right] = 6,36 \text{ кН/м}.$$

$$k_{a\ddot{a}^{22}} = 3 \left[ 1 + (7,59 - 5) \frac{4}{100} \right] = 6,62 \text{ кН/м}.$$

2) Розраховуємо тяговий опір агрегату ( $R_{az}$ , кН) на обраних передачах трактора.

При сталому руху орного агрегату тяговий опір культиватора, як відомо, розраховується за рівнянням:

$$R_{\dot{a}\ddot{a}j} = k_{\dot{a}\ddot{a}j} \hat{A}_{\dot{e}} + R_z, \quad (2.22)$$

де  $B_k$  – конструктивна ширина захвату агрегату, м;

$R_i$  – додатковий опір, який виникає в результаті відбору потужності трактора через ВВП, кН/м.

Величину додаткового опору  $R_i$  агрегату, який виникає в результаті відбору потужності трактора через ВВП для виконання заданої технологічної операції фрезерним культиватором враховано при визначенні питомого тягового опору  $k_0$ .

Тоді маємо:

$$R_{\dot{a}\ddot{a}^2} = 6,36 \cdot 2,8 = 17,08 \text{ еІ}.$$

$$R_{\dot{a}\ddot{a}^{22}} = 6,62 \cdot 2,8 = 18,53 \text{ еІ}.$$

7) Обираємо раціональну передачу трактора.

З метою раціонального використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач використовується для розрахунків та, на якій трактор розвиває максимальний тяговий  $\eta$  коефіцієнт корисної дії та має мінімальні витрати палива (питомі) на одиницю виконуваної роботи  $q$ , кг/га.

Вказані критерії розраховуються за залежностями:

$$\eta = \frac{R_{\dot{a}\ddot{a}} \cdot V}{N_{\dot{a}}}, \quad (2.23)$$

$$q = \frac{G}{W_0}, \quad (2.24)$$

де  $N_e$  – номінальна ефективна потужність двигуна трактора, кВт;

$G$  – годинна витрата палива двигуном трактора за даними тягової характеристики, кг/год;

$W_0$  – чиста продуктивність роботи агрегату, га/год:

$$W_0 = 0,1 \hat{A}_{\dot{e}} V. \quad (2.25)$$

Для заданого агрегату при русі трактора на I-ій передачі маємо:

$$\eta_z = \frac{17,08 \cdot 1,78}{96,0} = 0,32,$$

$$q_z = \frac{15,18}{0,1 \cdot 2,8 \cdot 6,47} = 8,38 \text{ л/год.}$$

Для заданого агрегату при русі трактора на II-ій передачі маємо:

$$\eta_{zz} = \frac{18,53 \cdot 1,78}{96,0} = 0,34,$$

$$q_{zz} = \frac{13,01}{0,1 \cdot 7 \cdot 7,59} = 7,18 \text{ л/год.}$$

За даними вищенаведених розрахунків впливає, що раціональною є II робоча передача трактора.

8) Обґрунтовуємо раціональну швидкість руху трактора та годинну витрату палива його двигуна на обраній передачі.

**Робоча швидкість агрегату визначається по значенню його тягового опору на відповідній передачі за тяговою характеристикою трактора або за рівнянням:**

$$V_{pj} = V_{pnj} + (V_{xj} - V_{pnj})(1 - R_{azj}/P_{nj}), \quad (2.26)$$

де  $V_{xj}$ ,  $V_{pnj}$  – відповідно швидкість холостого ходу трактора і при його номінальному тяговому навантаженні на j-ій передачі, км/год. Вказані величини визначають із тягової характеристики трактора, або розраховують [5];

$P_{nj}$  – номінальне тягове навантаження на j-ій передачі, кН. Вказану величину також визначають із тягової характеристики трактора, або розраховують [5].

**Годинна витрата палива двигуном трактора розраховується за рівнянням:**

$$G_{mpj} = G_{mnj} - (G_{mnj} - G_{xj})(1 - R_{azj}/P_{nj}), \quad (2.27)$$

де  $G_{xj}$ ,  $G_{mnj}$  – відповідно годинна витрата палива на холостому ході трактора і при його номінальному тяговому навантаженні на j-ій передачі, кг/год. Вказані величини беруть із тягової характеристики трактора, або розраховують [5].

Для вертикально-фрезерного агрегату отримаємо:

$$V_{pII} = 7,59 + (8,6 - 7,59)(1 - 23,18/31,0) = 7,84 \text{ км/год.}$$

9) Розраховуємо кінематичні показники агрегату.

Кінематика будь-якого машинно-тракторного агрегату – це його рух (з точки зору геометричних форм) при виконанні технологічної операції. Основні елементи цього руху визначаються робочими і холостими ходами, обмовленими поворотами, заїздами, переїздами агрегату.

Точка агрегату, траєкторія якої при розрахунках використовується для визначення кінематики всіх інших точок, називається кінематичним центром МТА, або просто центром агрегату (Ц.а.).

Повороткість колісних тракторів прийнято оцінювати коефіцієнтом ( $K_n$ ), який розраховують за рівнянням:

$$\hat{E}_i = \frac{LV_i}{\omega}, \quad (2.28)$$

де  $L$  – поздовжня база трактора;

$V_n$  – швидкість руху МТА під час виконання повороту, м/с;

$\omega$  – інтенсивність перемінного керуючого впливу на органи керування трактора, рад./с. Оптимальна величина цього параметру знаходиться в межах  $\omega = 0,20 \dots 0,22$  рад./с.

Для трактора Білорус–1221 приймемо наступні параметри, які визначають повороткість за (8):  $L=2,76$  м;  $V_n=2$  м/с;  $\omega=0,2$  рад./с. Тоді коефіцієнт повороткості дорівнюватиме:

$$\hat{E}_i = \frac{2,76 \cdot 2}{0,2} = 27,6 \text{ м}^2 / \text{с}^2.$$

Кінематична довжина агрегату ( $l_k$ ) – це проекція на площину руху відстані між Ц.а. і лінією розміщення найбільш віддаленого робочого органу знаряддя/машини.

Кінематична ширина агрегату ( $d_k$ ) – це проекція на площину руху відстані між поздовжньою віссю агрегату і найбільш віддаленою його точкою у поперечному напрямку.

Мінімальний радіус повороту ( $R_{min}$ ) – найкоротша відстань між центром агрегату (Ц.а.) та центром повороту (Ц.п.), тобто точкою, відносно якої здійснюється поворот МТА (див. рис. 1). Даний параметр для тракторів з передніми керованими колесами можна знайти із виразу:

$$R_{min} = \frac{L}{tg\alpha}, \quad (2.29)$$

де  $\alpha$  – максимальний кут повороту керованих коліс трактора,  $\alpha=30$  град.

$$R_{min} = \frac{2,76}{tg30} = 4,7 \text{ м}.$$

Умовний радіус повороту ( $R_y$ ) – це радіус півкола, довжина якого дорівнює фактичній довжині безпетлевого дугоподібного (без прямолінійної ділянки) повороту агрегату на кут  $180^\circ$ . Даний параметр розраховують за формулою:

$$R_o = R_{min} + \frac{\hat{E}_i}{\pi R_{min}}. \quad (2.30)$$

$$R_o = 4,7 + \frac{27,6}{3,14 \cdot 4,7} = 6,6 \text{ м}.$$

Довжина виїзду агрегату ( $e$ ) – відстань, на яку слід перемістити від контрольної лінії центр агрегату з тим, щоб запобігти огріхам, пошкодженню рослин тощо. Для розглядуваного культиваторного агрегату довжину його виїзду можна розрахувати за рівнянням:

$$e = L + l_k. \quad (2.31)$$

Кінематичну довжину агрегату ( $l_k$ ) за (2.31) можна прийняти із довідникової літератури, наприклад [4. 5], або безпосередньо визначити за конструктивними параметрами трактора і с.-г. машини.

Для розглядуваного культиваторного агрегату маємо

$$e = 2,76 + 1,78 = 4,54 \text{ м}.$$

Мінімальний розмір ширини поворотної смуги ( $E_{min}$ ) визначається за умови, згідно з якою крайня точка МТА, що визначається його кінематичною шириною  $d_k$ , не виходила за межі поворотної смуги.

При безпетлевих поворотах

$$E_{min} = R_y + d_k + e. \quad (2.32)$$

При петлевих поворотах

$$E_{min} = 2,7 \cdot R_y + d_k + e. \quad (2.33)$$

Для того, щоб після обробітку основної ділянки поля обробити цілим числом проходів агрегату і поворотні смуги, дійсний їх розмір ( $E$ ) повинен бути кратним ширині захвату агрегату ( $B_p$ ). Тобто

$$E_{min} < E = k \cdot B_p, \quad (2.34)$$

де  $k$  – найменше із можливих ціле число.

де  $B_p$  – робоча ширина захвату агрегату, яка розраховується:

$$\hat{A}_\delta = k_a \hat{A}_\epsilon, \quad (2.36)$$

де  $k_a$  – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвата агрегату [4].

Для розглядуваного культиваторного агрегату  $k_a=1,0$ , тому  $\hat{A}_\delta = 2,8i$ .

Якщо вибір способу повороту МТА здійснюється із варіантів безпетлевого та петлевого, то з деяким наближенням можна вважати, якщо умовний радіус повороту  $R_y \leq (X_n/2)$ , тут  $X_n$  – відстань на контрольній лінії між виїздом та заїздом агрегату, то МТА здатний виконати безпетлевий маневр на повороті. В іншому випадку необхідно здійснити петлевий маневр на повороті.

Положимо, що для розглядуваного культиваторного агрегату  $X_n=B_p$ . В результаті маємо, що  $R_y=6,6$  м  $>$   $X_n/2=1,4$  м. А тому спосіб повороту МТА однозначно буде тільки петлевий. Тому мінімальний розмір ширини поворотної смуги ( $E_{min}$ ) визначають за рівнянням (14). Отримане значення  $E_{min}$  узгоджують з вимогою (15).

$$E_{min} = 2,7 \cdot 6,6 + 1,4 + 4,54 = 23,76 \text{ м.}$$

$$k = \frac{23,76}{2,8} = 8,5.$$

Округлюємо число проходів на поворотній смузі  $k=9$ . Тоді

$$E = 9 \cdot 2,8 = 25,2 \text{ м.}$$

Кінематичні показники повороту фрезерного агрегату представлені на рис. 2.4.

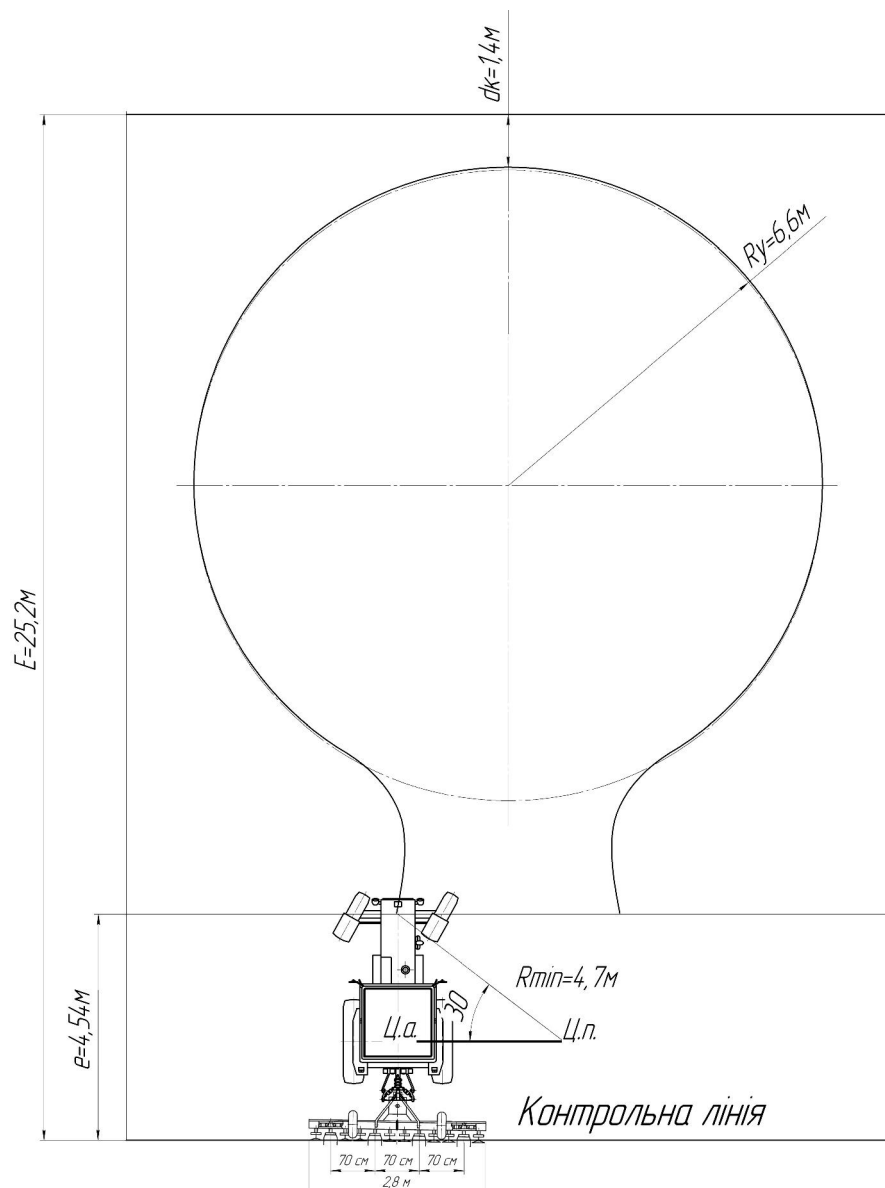


Рисунок 2.4 – Кінематика повороту фрезерного агрегату

Результати розрахунку кінематичних параметрів культиваторного агрегату представимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри і кінематичні характеристики культиваторного МТА в складі трактора Білорус–1221 і культиватора ФМ–2

| Параметр                                                  | Позначення     | Величина |
|-----------------------------------------------------------|----------------|----------|
| Поздовжня база трактора, м                                | $L$            | 2,76     |
| Кінематична довжина агрегату, м                           | $l_k$          | 1,78     |
| Кінематична ширина агрегату, м                            | $d_k$          | 1,4      |
| Конструктивна ширина захвату МТА, м                       | $B_k$          | 2,8      |
| Максимальний кут повороту керованих коліс трактора, град. | $\alpha_{max}$ | 30       |

|                                                       |           |          |
|-------------------------------------------------------|-----------|----------|
| Мінімальний радіус повороту МТА, м                    | $R_{min}$ | 4,7      |
| Коефіцієнт поворотності агрегату, м <sup>2</sup> /рад | $K_n$     | 27,6     |
| Умовний радіус повороту МТА, м                        | $R_y$     | 6,6      |
| Вид повороту                                          | —         | Петлевий |
| Довжина виїзду агрегату, м                            | $e$       | 4,54     |
| Мінімальна ширина поворотної смуги МТА, м             | $E_{min}$ | 23,76    |
| Дійсна ширина поворотної смуги МТА, м                 | $E$       | 25,2     |

## 2.5 Розроблення рекомендацій із забезпечення якості ґрунтообробітку

### 2.5.1. Підготовка агрегату до роботи і порядок роботи.

1) Перед початком роботи провести налаштування культиватора.

Перевірити якість затягнення різьбових з'єднань, при необхідності підтягнути.

Перевірити наявність масла в редукторі.

Запобіжна муфта приводу фрез повинна бути відрегульована на величину передачі крутного моменту  $175 \pm 3$  Н·м. При більшому зусиллі муфта повинна пробуксовувати.

При роботі необхідно перевірити правильність регулювання муфти відповідно до конкретних умов (вологість, склад ґрунту і таке інше).

При тимчасовому заклинюванні роботи фрез – муфта повинна проклацнути і роз'єднати механізм приводу фрез.

Якщо спрацювання муфти відбувається при нормальному завантаженні машини, то муфту слід відрегулювати обертанням гайки, яка стискає пружину.

Встановити захисні огороження робочих органів.

Агрегування культиватора з трактором здійснювати на рівному майданчику.

Шляхом зміни довжини центральної тяги трактора брус культиватора встановити в горизонтальне положення.

За допомогою стійок опорних коліс культиватора необхідно встановити потрібну глибину обробітку. При цьому нерівномірність робочої глибини повинна бути не більше 15%.

Встановити довжину вильоту правого маркера 98 см, а лівого 252 см.

2) З'єднати і закріпити шарнір карданного валу культиватора з трактором, при цьому стопорний болт або пружинний фіксатор повинен входити в кільцеву проточку вала ВВП. Встановити захисний кожух.

3) Перевід культиватора з робочого положення в транспортне і назад здійснюється гідросистемою трактора, встановлюючи важелі розподільного пристрою в позиції "підйом" і "плаваюча" і тільки з вимкненим валом відбору потужності.

4) При роботі не допускати забивання робочих органів ґрунтом і бур'янами.

5) При розворотах і русі заднім ходом необхідно вимкнути ВВП і виглибити робочі органи.

6) Своєчасно, не менше одного разу на зміну необхідно здійснювати перевірку затягування різьбових з'єднань, кріплення робочих органів і деталей приводу культиватора.

### **2.5.2. Підготовка поля до роботи.**

Підготовка поля включає:

- огляд поля з метою усунення перешкод;
- вибір напрямку та способу руху агрегату;
- розмітку поворотних смуг за допомогою вішок, позначення лінії першого проходу агрегату;
- розмітку загонів;

Визначення послідовності обробітку поворотних смуг і основного масиву поля (пов'язуючи з способом руху МТА).

На схемі позначають кінематичні характеристики робочої ділянки поля (рис. 2.5).

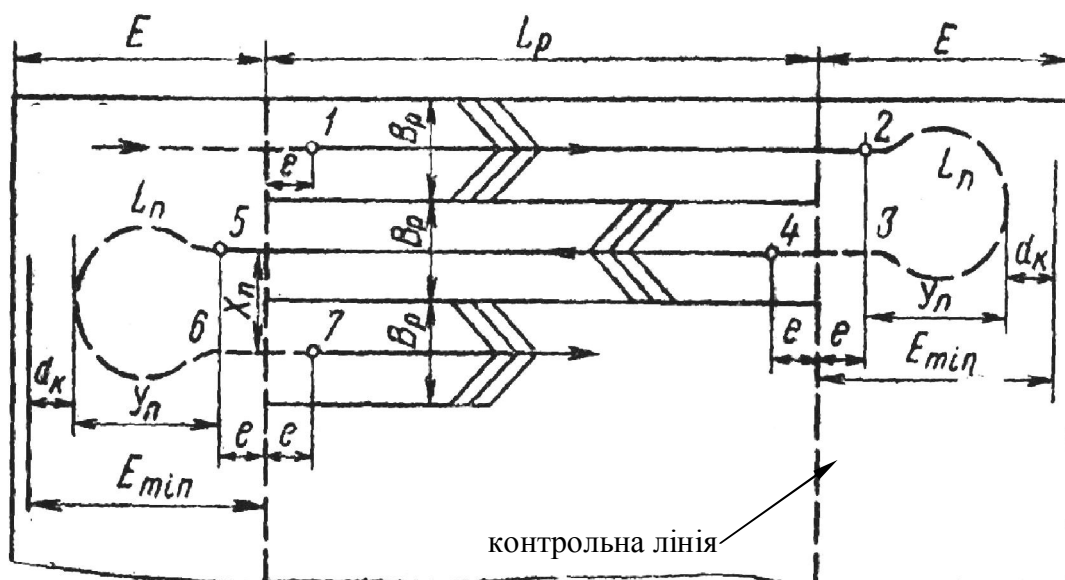


Рисунок 2.5 – Схема робочої ділянки поля

### Розрахунок елементів часу зміни.

Види та тривалість елементів часу зміни при роботі агрегату залежить від його складу, технологічної операції, способу його руху, робочої швидкості, технологічних і інших видів зупинок. Характеристика елементів часу зміни представлена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристика елементів часу зміни

| Назва<br>елементу<br>часу зміни             | Позначення | Характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Рекомендації з<br>нормування                                                                                                    |
|---------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                           | 2          | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4                                                                                                                               |
| Час одного циклу роботи агрегату            | $T_{Ц}$    | Час, на протязі якого техніка безпосередньо здійснює технологічний процес (обробіток ґрунту, збирання врожаю, внесення добрив чи інших технологічних матеріалів тощо) та маневрування техніки в кінці робочого гону з метою її повороту (заїзду) для продовження виконання технологічного процесу на наступному гоні.                                                                                                                 | Розраховується за (17)                                                                                                          |
| Витрати часу на технологічне обслуговування | $T_{ТЕХ}$  | Тривалість зупинок, обумовлених необхідністю заправлення техніки технологічним матеріалом, розвантаженням зібраного врожаю, переведенням техніки/знаряддя чи її окремих агрегатів із робочого положення у транспортне і навпаки (підіймання і опускання маркерів, вигублення робочих органів машин/знарядь, заміна транспортних засобів, контроль якості роботи тощо).<br>Витрати часу на технологічні регулювання, обумовлені зміною | Витрати часу залежать від виду агрегату і умов його роботи. З деяким припущенням можна запланувати в межах 20...30 хв. за зміну |

| 1                                               | 2          | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 |            | умов роботи (регулювання глибини обробітку ґрунту, норми внесення технологічних матеріалів, частоти обертання робочих органів тощо).                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                       |
| Витрати часу на технологічні відмови            | $T_{Т.В.}$ | Витрати часу на усунення забивання (залипання) робочих органів машин/ знарядь                                                                                                                                                                                                    | Витрати часу залежать від технологічної надійності агрегату і умов роботи.<br>З деяким припущенням можна запланувати в межах 2...5 % від часу зміни, тобто 8...20 хв. |
| Витрати часу на технічне обслуговування         | $T_{ТО}$   | Витрати часу на щоденне технічне обслуговування техніки, її очищення, змазування, заправлення, підтягування кріплень, переведення із транспортного положення в робоче і навпаки, переобладнання з однієї технологічної схеми на іншу, приєднання/від'єднання с.-г. машин/знарядь | Встановлюється за нормативами для трактора і с.-г. машини, але повинні бути в межах 10...15 хв.                                                                       |
| Витрати часу на щоденне технічне обслуговування | $T_{ЩТО}$  | Витрати часу на операції технічного обслуговування машин, передбачених їх технічними інструкціями                                                                                                                                                                                | Встановлюється за нормативами для трактора і с.-г. машини                                                                                                             |

| 1                                                                   | 2          | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ня машин                                                            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                    |
| Витрати часу на відпочинок обслуговуючого персоналу                 | $T_O$      | Витрати часу на відпочинок і особисті потреби обслуговуючого персоналу                                                                                                                                                                                                                                                         | Згідно рекомендацій [7] встановлюється в обсязі 30 хв. за зміну                                                                                                    |
| Витрати часу на холості переїзди                                    | $T_{ПЕР}$  | Витрати часу на переїзди з однієї ділянки поля на іншу, холості переміщення по полю                                                                                                                                                                                                                                            | Згідно рекомендацій [7] встановлюється в обсязі 6...20 хв за зміну, при необхідності розраховуються                                                                |
| Витрати часу із-за причин, не залежних від використовуваної техніки | $T_{Н.В.}$ | Витрати часу, обумовлені очікуванням транспорту для підвезення технологічного матеріалу, відвезення врожаю, підготовкою поля до роботи, усуненням технічних відмов техніки, яка використовується із використовуваною машиною, обіднею перервою, простоюванням із-за кліматичних умов, коригуванням організаційних рішень тощо. | Витрати часу залежать від виду агрегату і умов його роботи.<br>З деяким припущенням можна запланувати в межах 10...30 хв за зміну, при необхідності розраховуються |

Тривалість одного циклу роботи агрегату на робочому гоні розраховується:

$$\dot{O}_{\dot{O}} = (\dot{O}_D + \dot{O}_{\dot{H}\dot{A}}) \cdot 2, \quad (2.37)$$

де  $T_P$  – витрати часу на робочий хід агрегату, год;

$T_{ПОВ}$  – витрати часу на поворот агрегату, год.;

2 – кількість робочих ходів за цикл для простих агрегатів (які не мають технологічних місткостей).

Витрати часу на робочий хід агрегату розраховуються за рівнянням:

$$\dot{O}_P = \frac{L_P}{V_P}, \quad (2.38)$$

де  $L_P$  – довжина робочого ходу агрегату, км:

$$L_P = L - 2 \cdot E, \quad (2.39)$$

тут  $L$  – довжина поля, км.

$$L_P = 1000 - 2 \cdot 25,2 = 949,6 \text{ м}.$$

$$\dot{O}_P = \frac{0,949}{7,59} = 0,125 \text{ год}^{-1}.$$

Витрати часу на поворот агрегату ( $T_{ПОВ}$ ) розраховуються за рівнянням:

$$\dot{O}_{\dot{H}\dot{A}} = \frac{L_{\dot{H}\dot{A}}}{V_{\dot{H}\dot{A}}}, \quad (2.40)$$

де  $V_n$  – швидкість руху агрегату на поворотах, км/год.;

$L_X$  – довжина шляху при повороті, км.

Для грушоподібного повороту довжина холостого ходу визначається:

$$L_X \approx (6,6 \dots 8) \cdot R_{\dot{O}} + 2 \cdot e, \quad (2.41)$$

де  $X$  – ширина повороту, м.

$$L_X \approx 7 \cdot 6,6 + 2 \cdot 4,54 = 55,28 \text{ м}.$$

$$\dot{O}_{\dot{H}\dot{A}} = \frac{0,055}{7,2} = 0,007 \text{ год}^{-1}.$$

Тоді для розглядуваного культиваторного агрегату тривалість одного циклу дорівнюватиме:

$$\dot{O}_{\dot{O}} = (0,125 + 0,007) \cdot 2 = 0,264 \text{ год}^{-1}.$$

Фактична кількість робочих ходів за основний час зміни розраховується за рівнянням:

$$n_{\text{ОИИ}} = \frac{\dot{O}_{\text{ИИ}}}{\dot{O}_{\text{О}}}, \quad (2.42)$$

Час для виконання основних циклів ( $T_{\text{ОСН}}$ ) розраховується:

$$\dot{O}_{\text{ИИ}} = \dot{O}_{\text{СИ}} - \dot{O}_{\text{АА}} - \dot{O}_{\text{ОИ}} - \dot{O}_{\text{И.А.}} - \dot{O}_{\text{УОИ}} - \dot{O}_{\text{И}} - \dot{O}_{\text{АД}} - \dot{O}_{\text{И.А.}}, \quad (2.43)$$

де  $T_{\text{ЗМ}}$  – час зміни (нормативний). Приймаємо  $T_{\text{ЗМ}}=7$  год.

$$\dot{O}_{\text{ИИ}} = 7 - 0,33 - 0,16 - 0,16 - 0,5 - 0,5 - 0,16 - 0,16 = 5,03 \text{ год.}$$

$$n_{\text{ОИИ}} = \frac{5,03}{0,264} = 19 \text{ циклів.}$$

Результати розрахунків  $n_{\text{ОСН}}$  округляються до цілого числа в меншу сторону. Тому приймаємо  $n_{\text{ОСН}}=19$  цикл.

Площа  $S_{\text{Ц}}$  обробітку агрегатом (га) за цикл визначається:

$$S_{\text{О}} = 2S_{\text{ІР}}, \quad (2.44)$$

де  $S_{\text{ІР}}$  – площа обробітку за один прохід агрегату (га) розраховується:

$$S_{\text{ІР}} = \frac{L_{\text{Р}} \cdot B_{\text{Р}}}{10^4}. \quad (2.45)$$

$$S_{\text{ІР}} = \frac{949,6 \cdot 2,8}{10^4} = 0,27 \text{ га.}$$

$$S_{\text{О}} = 2 \cdot 0,27 = 0,54 \text{ га.}$$

Площа  $S_{\text{Ц ОСН}}$  обробітку за основні цикли (га) розраховується:

$$S_{\text{О ИИ}} = S_{\text{О}} \cdot n_{\text{О ИИ}}. \quad (2.46)$$

$$S_{\text{О ИИ}} = 0,54 \cdot 19 = 10,26 \text{ га.}$$

Фактичний час  $T_{\text{ЗМ ф}}$  зміни розраховується:

$$\dot{O}_{\text{СИ О}} = \dot{O}_{\text{О}} \cdot n_{\text{О ИИ О}} + \dot{O}_{\text{АА}} + \dot{O}_{\text{ОИ}} + \dot{O}_{\text{И.А.}} + \dot{O}_{\text{УОИ}} + \dot{O}_{\text{И}} - \dot{O}_{\text{АД}} + \dot{O}_{\text{И.А.}} \quad (2.47)$$

$$\dot{O}_{\text{СИ О}} = 19 \cdot 0,264 + 0,33 + 0,16 + 0,16 + 0,5 + 0,5 + 0,16 + 0,16 = 7,0 \text{ год.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни ( $\tau$ ) розраховується як відношення часу для виконання основних циклів до фактичного часу зміни:

$$\tau = \frac{\dot{O}_{\text{О}} \cdot n_{\text{О ИИ О}}}{\dot{O}_{\text{СИ О}}}. \quad (2.48)$$

$$\tau = \frac{0,264 \cdot 19}{7} = 0,72.$$

Продуктивність  $W_{3M}$  агрегату за годину змінного часу (га/год.) розраховується за рівнянням:

$$W_{\zeta i} = 0,1 \cdot \hat{A}_D \cdot V_P \cdot \tau. \quad (2.49)$$

$$W_{\zeta i} = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 7,84 \cdot 0,72 = 1,58 \text{ га/год.}$$

Змінна продуктивність  $W_{T3}$  агрегату розраховується:

$$W_{\zeta i} = 0,1 \cdot \hat{A}_D \cdot V_P \cdot \tau \cdot \dot{O}_{\zeta i}. \quad (2.50)$$

$$W_{\dot{O}_{\zeta}} = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 7,84 \cdot 7,0 \cdot 0,71 = 11,06 \text{ га/год.}$$

Ефективність обраного способу руху агрегату оцінюється коефіцієнтом робочих ходів  $\phi$ , який визначається:

$$\phi = \frac{\sum L_P}{\sum L_P + \sum L_X} = \frac{L_P \cdot n_P}{L_P \cdot n_P + L_X \cdot n_X}, \quad (2.51)$$

де  $L_P$ ,  $L_X$  – середня довжина робочого та холостого ходів, м;

$n_P$ ,  $n_X$  – відповідно кількість робочих та холостих проходів агрегату на загінці.

$$n_P = \frac{C}{B_P}; \quad n_X = n_P - 1, \quad (2.52)$$

де  $C$  – ширина загінки, м, розраховується за рівнянням:

$$\tilde{N} = \frac{10^4 W_{\zeta i}}{L_{\delta}}. \quad (2.53)$$

$$\tilde{N} = \frac{10^4 \cdot 11,06}{949,6} = 116 \text{ м.}$$

В результаті отримаємо:

$$n_P = \frac{116}{2,8} = 42.$$

$$n_X = 42 - 1 = 41.$$

$$\phi = \frac{949,6 \cdot 42}{949,6 \cdot 42 + 55,28 \cdot 41} = 0,95.$$

Отримане значення  $\varphi=0,95$  свідчить про високу ефективність обраного гонового човникового способу руху розглядуваного культиваторного агрегату при обробітку поля (загінки).

Витрати праці 3 (люд·год/га) розраховуються:

$$\zeta = \frac{N_i + N_{\text{дп}}}{W_{\zeta i}}, \quad (2.54)$$

де  $N_m$  і  $N_{\text{дон}}$  – кількість механізаторів і допоміжних працівників, які залучені до виконання технологічної операції.

$$\zeta = \frac{1}{1,58} = 0,63 \text{ год} \cdot \text{га} / \text{га}.$$

Питомі витрати пального агрегатом  $Q_{\text{аз}}$  (кг/га) розраховуються:

$$Q_{\text{аз}} = \frac{G_{\text{д}} \cdot \dot{O}_{\text{д}} \cdot n_{\text{д}} + G_{\text{с}} \cdot \dot{O}_{\text{с}} \cdot n_{\text{с}}}{W_{\zeta}}, \quad (2.55)$$

$G_{\text{тр}}$ ,  $G_{\text{х}}$  – годинна витрата палива двигуном трактора при його русі під навантаженням і на холостому ході, кг/год.

$$Q_{\text{аз}} = \frac{13,01 \cdot 0,125 \cdot 42 + 6,75 \cdot 0,007 \cdot 41}{11,06} = 6,35 \text{ кг} / \text{га}.$$

Основні складові часу роботи агрегату представлені даними табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Елементи часу зміни роботи культиваторного агрегату на загоні

| Елементи часу зміни                                         | Витрати часу, год. |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|
| Період одного циклу                                         | 0,264              |
| Робочий хід                                                 | 0,125              |
| Поворот                                                     | 0,007              |
| Витрати часу на технологічне обслуговування                 | 0,33               |
| Витрати часу на технологічні відмови                        | 0,16               |
| Витрати часу на технічне обслуговування                     | 0,16               |
| Витрати часу на щоденне технічне обслуговування машин       | 0,5                |
| Витрати часу на відпочинок обслуговуючого персоналу         | 0,5                |
| Витрати часу на холості переїзди                            | 0,16               |
| Витрати часу із-за причин, не залежних від використовуваної | 0,16               |

| Елементи часу зміни | Витрати часу, год. |
|---------------------|--------------------|
| техніки             |                    |
| Всього за зміну     | 7,0                |

### 2.5.3 Технічне обслуговування.

Безперебійна експлуатація культиватора залежить від своєчасного проведення технічного обслуговування. Експлуатація культиватора без проведення робіт з технічного обслуговування заборонена.

Виконується щозмінне технічне обслуговування (ЩТО) - через 8-10 годин роботи (тривалість обслуговування 0,2 год). Перелік робіт, які виконуються при ТО, наведено в таблиці 2.5

Один раз в сезон, після закінчення робіт, замінити масло в кінцевому редукторі. Залити суміш з 1/3 об'єму – масло трансмісійне ТАП-15В ГОСТ 23652 і 2/3 об'єму – солідол Ж ГОСТ 1033.

Таблиця 2.5 – Роботи, що виконуються при технічному обслуговуванні

| Зміст робіт і методика їх проведення | Технічні вимоги | Прилади, інструменти, пристосування і матеріали для робіт |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|

| 1                                                                   | 2                                    | 3                                |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Щозмінне технічне обслуговування (ЩТО)                              |                                      |                                  |
| 1. Очистити культиватор від пилу, бруду, мастила і просушити.       | Наявність забруднень не допускається | Дрантя, Нефрас С50/170 ГОСТ 8505 |
| 2. Перевірити комплектність.                                        |                                      | Візуальний огляд                 |
| 3. Оглянути культиватор на предмет виявлення механічних пошкоджень. | Наявність ушкоджень не допускається  | Візуальний огляд                 |
| 4. Перевірити візуально знос робочих органів (фрез)                 |                                      |                                  |

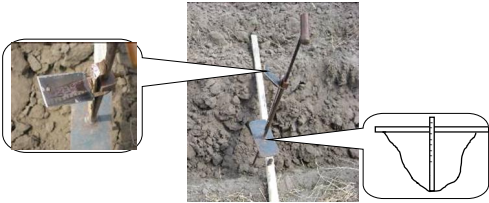
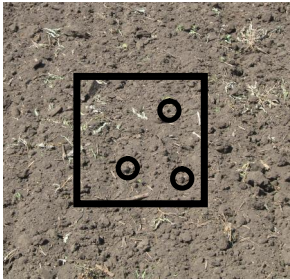
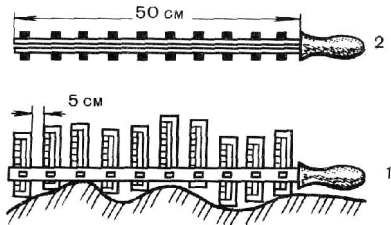
| 1                                                                                                                                                                                                                            | 2                                                      | 3                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>культиватора, при великому зносі замінити їх.</p> <p>5. Перевірити надійність кріплення основних вузлів і, при необхідності, провести підтягування різьбових з'єднань.</p>                                                | <p>Різьбові з'єднання повинні бути затягнуті</p>       | <p>Візуальний огляд</p> <p>Комплект інструменту трактора</p>                                                  |
| Технічне обслуговування при короткочасному зберіганні                                                                                                                                                                        |                                                        |                                                                                                               |
| <p>1. Виконати всі роботи перераховані для ЩТО.</p> <p>2. Доставити культиватор на закріплене місце для зберігання.</p> <p>3. Змастити антикорозійним мастилом різьбові частини, покрити солідолом робочі поверхні фрез.</p> |                                                        | <p>Мастило ПВК ГОСТ 19537 або Солідол Ж ГОСТ 4366, дрантя обтиральне</p>                                      |
| Технічне обслуговування при тривалому зберіганні                                                                                                                                                                             |                                                        |                                                                                                               |
| При підготовці до зберігання                                                                                                                                                                                                 |                                                        |                                                                                                               |
| <p>1. Виконати всі роботи перераховані для короткочасного зберігання.</p>                                                                                                                                                    |                                                        |                                                                                                               |
| <p>2. Відновити пошкодження забарвлення культиватора.</p>                                                                                                                                                                    |                                                        |                                                                                                               |
| <p>3. Замінити масло в редукторі</p>                                                                                                                                                                                         | <p>Рівень масла повинен покривати 2/3 зубів колеса</p> | <p>Комплект інструменту трактора.</p> <p>Масло трансмісійне ТАП-15В ГОСТ 23652</p> <p>Солідол Ж ГОСТ 1033</p> |

| 1                                                    | 2                                                       | 3                                                         |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| У період зберігання                                  |                                                         |                                                           |
| 1 Перевірити правильність установлення культиватора. | Не допускається відсутність захисного мастила,          | Візуальний огляд                                          |
| 2. Перевірити комплектність культиватора.            | порушення цілісності забарвлення, або наявності корозії | Візуальний огляд                                          |
| 3 Перевірити стан антикорозійного покриття.          |                                                         | Візуальний огляд                                          |
| При знятті зі зберігання                             |                                                         |                                                           |
| 1. З поверхонь видалити консерваційне мастило.       |                                                         | СМС «Лобомід 203»<br>ТУ 38-10738-80,<br>дрантя обтиральне |

#### 2.5.4 Контроль якості роботи

Якість виконання технологічної операції оцінюють за показниками, що наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Контроль і оцінка якості обробітку ґрунту вертикально фрезерним культиватором

| Показник                                                            | Норматив   | Бал | Метод визначення                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------|------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Відхилення фактичної глибини обробітку ґрунту від заданої, см       | До 1       | 3   | У 15-20 місцях по діагоналі ділянки виміряти лінійкою глибину обробки ґрунту<br><br>Рис. 2.6.1 - Глибиномір                                                          |
|                                                                     | 1 – 1,5    | 1   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                     | Більше 1,5 | 0   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Кількість грудок діаметром більше 5 см                              | До 20      | 3   | У 15-20 місцях по діагоналі ділянки накласти рамку площею 1 м <sup>2</sup> і підрахувати кількість грудок<br><br>Рис. 2.6.2 – Вимірювання кількості грудок ґрунту |
|                                                                     | 20 – 30    | 2   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                     | Більше 30  | 1   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Вирівняність поверхні поля (висота гребенів і глибина борознен), см | До 3       | 4   | Візуально або двома лінійками заміряти висоту гребенів в 10-кратної повторності<br>                                                                                |
|                                                                     | 3 – 4      | 3   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                     | Более 5    | 0   |                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Показник                                           | Норматив | Бал | Метод визначення                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------|----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                    |          |     | Рис. 2.6.3 – Вимірювання вирівняності поверхні ґрунту                                                                                               |
| Кількість не видалених бур'янів, шт/м <sup>2</sup> | Нема     | 3   | У 5-6 місцях по діагоналі ділянки накласти рамку на ґрунт площею 1 м <sup>2</sup> і підрахувати кількість не видалених бур'янів                     |
|                                                    | 2        | 2   |                                                                                                                                                     |
|                                                    | 4        | 1   |                                                                                                                                                     |
|                                                    | Більше 4 | 0   |                                                                                                                                                     |
|                                                    |          |     |  <p>Рис. 2.6.4 – Вимірювання кількості не видалених бур'янів</p> |

### **3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ДВОДИСКОВОГО ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО АДАПТЕРУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЙОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ**

Спираючись на результати наукових досліджень, представлених у попередньому розділі, та виходячи за ґрунтово-кліматичних умов південної зони України, можна сказати, що розвиток та впровадження технологій нульової та мінімальної обробки ґрунту є перспективними для нашого регіону.

На основі аналізу патентної та науково-технічної інформації були визначені переваги та недоліки відомих знарядь аналогічного призначення та запропоноване технічне рішення, що забезпечує рівномірність обробітку робочої зони; ефективне рихлення ґрунту, мульчування рослинних решток та їх перемішування; вирівняний профіль дна борозни та обробленої поверхні; стійкість руху машинно-тракторного агрегату та зниження енерговитрат технологічного процесу обробки ґрунту.

Процес обробки ґрунту вертикально-фрезерним адаптером згідно технічного рішення характеризується складним рухом робочих елементів. Кожен робочий елемент при взаємодії з ґрунтом створює зону рихлення. При недостатній кількості робочих елементів виникають необроблені ділянки, а при збільшенні їх кількості підвищуються енерговитрати на обробку. У зв'язку з цим правильний вибір і обґрунтування раціональної кількості робочих елементів є необхідною умовою його роботи.

Розглянемо загальний випадок розташування адаптера в просторі. В цьому випадку кут нахилу осі обертання ротора до вертикалі  $\beta > 0$  (рис. 3.1).

Адаптер складається з двох дисків, які обертаються в різних напрямках і мають відповідно радіуси  $R_1$  (зовнішній) та  $R_2$  (внутрішній) (рис. 3.1).

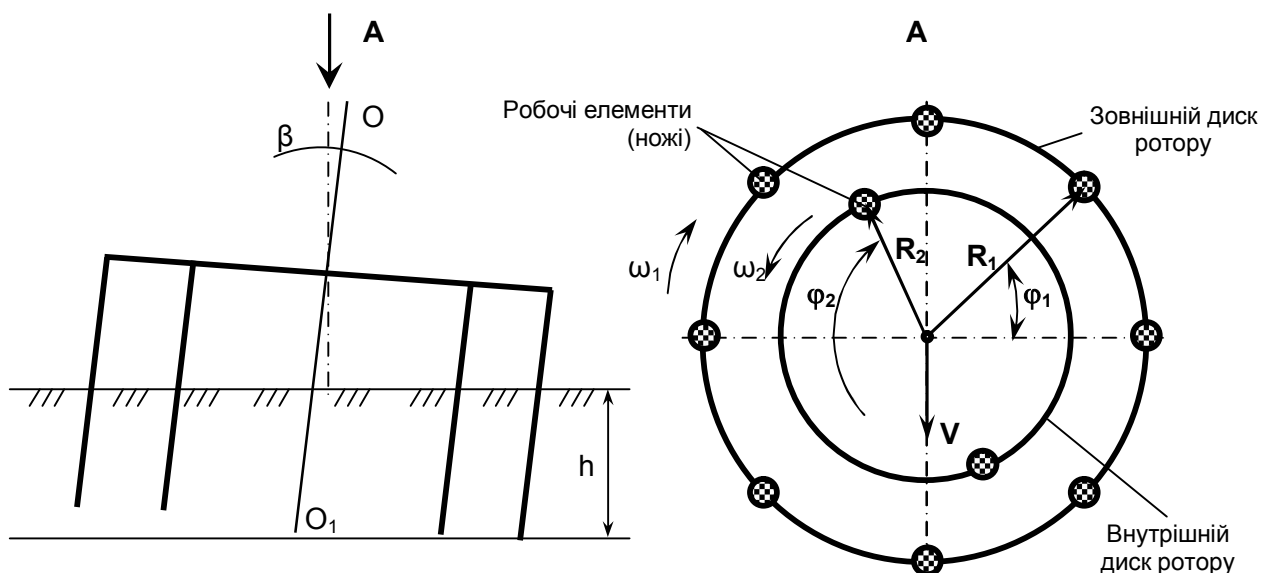


Рисунок 3.1 – Конструктивно-технологічна схема вертикально-фрезерного адаптера

Ширину оброблюваного ґрунту  $b_i$  (м) одним робочим елементом можна обчислити за формулою:

$$b = 2 R_i + h \cdot \operatorname{tg} \beta ,$$

де  $R_i$  – радіус  $i$ -го диску ротора, м;

$h$  – глибина обробки ґрунту, м.

Розглянемо диск на якому розміщені рівномірно  $N$  робочих елементів. Кожен робочий елемент описує трохоїду (рис. 3.2) віддалену від попередньої на відстань  $L_i$  (м) рівну:

$$L_i = \frac{2\pi \cdot R_i}{N_i \cdot \lambda_i} ,$$

де  $\lambda_i$  – кінематичний показник роботи  $i$ -го диску ротора адаптера, що характеризується співвідношенням колової та поступальної швидкостей:

$$\lambda_i = \omega_i \cdot R_i / V ,$$

де  $\omega_i$  – колова швидкість  $i$ -го диску ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V$  – поступальна швидкість руху робочого органу знаряддя, м/с.

Для якісного обробітку ґрунту потрібно, щоб величина ширини оброблюваного ґрунту одним робочим елементом була більшою за  $L$  [27]:

$$b_i \geq L_i.$$

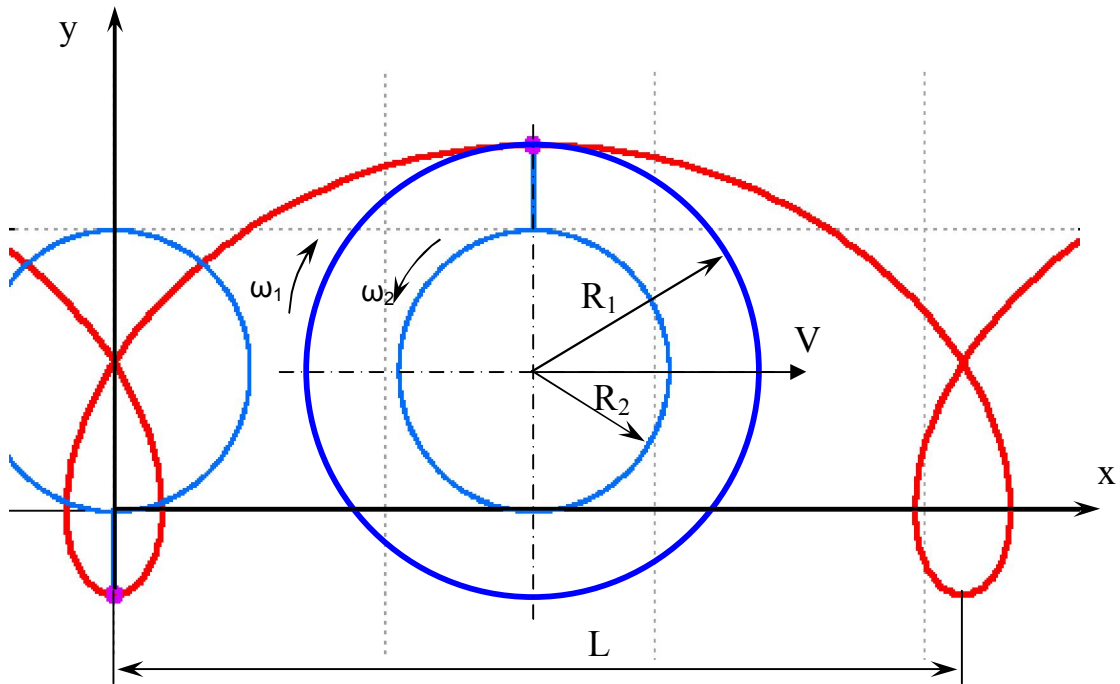


Рисунок 3.2 – Трохоїдна траєкторія, яка утворюється при поступальному та обертальному русі дводискового ротору адаптеру

Розглянемо окремо спочатку зовнішній диск ротора адаптера (рис. 3.2).

Задамо умови, при яких на зовнішньому диску розташовано рівномірно розташовано  $N_1$  робочих елементів. Звідси маємо кут  $\varphi_1$  для кожного робочого елемента матиме величину:

$$\varphi_1 = \frac{2\pi}{N_1}.$$

Рівняння проекції руху робочих елементів зовнішнього диску на горизонтальну площину має наступний вигляд:

$$\begin{cases} x_1 = R_1 \cdot \cos \varphi_1; \\ y_1 = R_1 \left( \frac{\varphi_1}{\lambda_1} + \sin \varphi_1 \cdot \cos \beta \right). \end{cases}$$

Мінімальна кількість робочих елементів розміщених на диску визначається із рівняння:

$$2R_1 + h \cdot \operatorname{tg} \beta \geq \frac{2\pi \cdot R_1}{N_1 \cdot \lambda_1},$$

за співвідношенням:

$$N_1 \geq \frac{2\pi \cdot R_1}{(2R_1 + h \cdot \operatorname{tg} \beta) \cdot \lambda_1}.$$

На внутрішньому диску прийемо кількість робочих елементів  $N_2$ . Звідси маємо кут  $\varphi_2$  для кожного робочого елемента матиме величину:

$$\varphi_2 = \frac{2\pi}{N_2}$$

Рівняння проекції руху робочих елементів внутрішнього диску на горизонтальну площину мають вигляд:

$$\begin{cases} x_2 = R_2 \cdot \cos \varphi_2; \\ y_2 = R_2 \left( \frac{\varphi_2}{\lambda_2} + \sin \varphi_2 \cdot \cos \beta \right). \end{cases}$$

Мінімальна кількість робочих елементів розміщених на внутрішньому диску визначається із рівняння:

$$2R_2 + h \cdot \operatorname{tg} \beta \geq \frac{2\pi \cdot R_2}{N_2 \cdot \lambda_2},$$

за співвідношенням:

$$N_2 \geq \frac{2\pi \cdot R_2}{(2R_2 + h \cdot \operatorname{tg} \beta) \cdot \lambda_2}.$$

Побудуємо залежність кількості робочих елементів  $N$ , розміщених на адаптері від радіусів  $R_1$  та  $R_2$  зовнішнього та внутрішнього диску ротору (рис. 3.3). Для цього прийемо глибину обробітку  $h = 0,1$  м; кут нахилу осі обертання ротора до вертикалі  $\beta = 15^\circ$ . Також прийемо, що  $R_1 = 0,5R_2$ .

Із аналізу рис. 3.3 випливає, що із збільшенням радіусу дії вертикально-фрезерного адаптеру від 4 см (що відповідає стрічково-смуговому обробітку під посів зернових культур) до 17,5 см (що відповідає стрічково-смуговому обробітку під посів просапних культур) потрібна кількість робочих елементів для кінематичного показника роботи  $\lambda$  на рівні 1 та 2 майже не змінюється. Це добра ознака того, що оброблення ґрунту смугами під різні культури з різною шириною міжряддя не потребує зміни кількості ножів у ротора. Дещо інша картина спостерігається на рівні  $\lambda=0,5$ , де в розглянутому діапазоні радіусу ротора потрібна кількість ножів відрізняється на 1. Збільшення кінематичний показник роботи  $\lambda$

говорить про те, що при агротехнічно-допустимих швидкостях поступального руху знаряддя необхідно збільшувати колову швидкість ротору. А це, як відомо, в квадратичній залежності збільшить опір різання ґрунту, що є не бажаним. Але ж, при цьому необхідно і менша кількість робочих елементів ротору адаптера, що є бажаним.

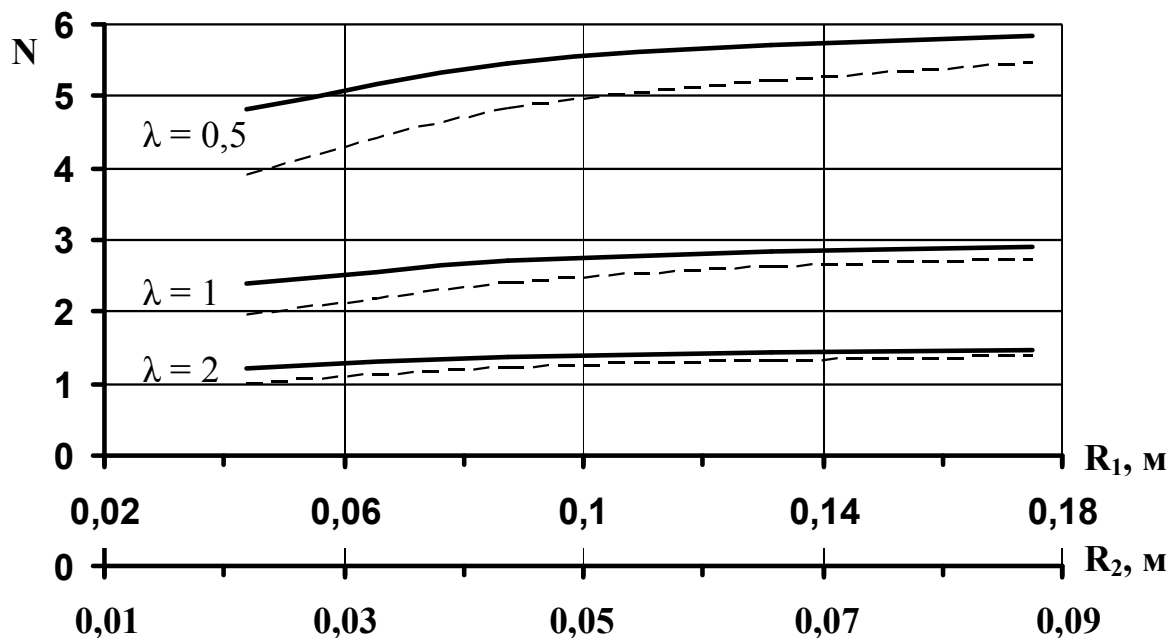


Рисунок 3.3 - Залежність кількості робочих елементів  $N$ , розміщених на адаптері від радіусів  $R_1$  та  $R_2$  зовнішнього (—) та внутрішнього (-----) диску ротору

Тому приймемо для подальших розрахунків величину  $\lambda=0,7$ , що відповідає кількості робочих елементів  $N=4$  на розглянутому діапазоні радіусу зовнішнього та внутрішнього диску роторів адаптеру. Це забезпечить якісний обробіток ґрунту без пропусків та багатократного рихлення однієї і тієї ж ділянки.

Для прийнятого рівня кінематичного показника роботи  $\lambda=0,7$  та поступальної швидкості руху знаряддя  $V = 1,5$  м/с побудуємо залежність колової швидкості  $\omega$  від радіусів  $R_1$  та  $R_2$  зовнішнього та внутрішнього диску ротору (рис. 3.4).

Із аналізу рис. 3.4 випливає, що із збільшенням радіусу дії вертикально-фрезерного адаптеру необхідна колова швидкість зовнішнього та внутрішнього роторів дисків зменшується зворотнопропорційно. Причому, швидкість обертання внутрішнього диску ротору повинна бути в 2 рази більшою за зовнішній. Такий

результат свідчить про те, що при проектуванні розглянутого знаряддя необхідно передбачити регулювання його колової швидкості для зовнішнього диску ротору в діапазоні  $\omega_1 = 6 \dots 24 \text{ с}^{-1}$ , для внутрішнього –  $\omega_2 = 12 \dots 48 \text{ с}^{-1}$  відповідно.

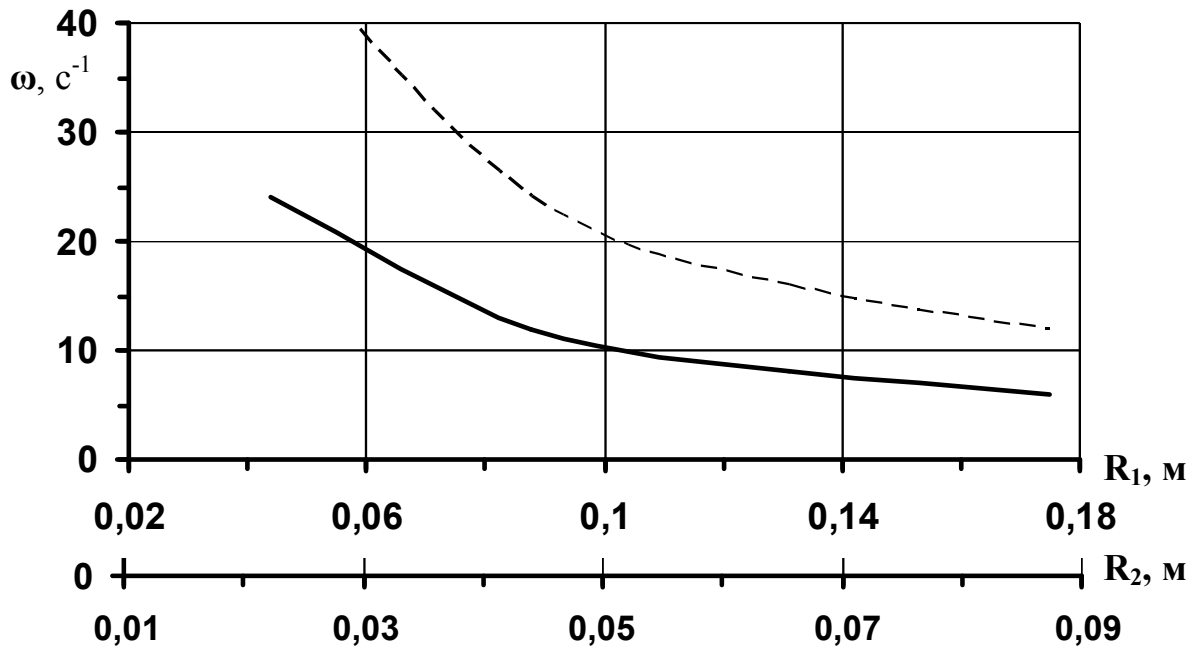


Рисунок 3.4 - Залежність колової швидкості  $\omega$  від радіусів  $R_1$  та  $R_2$  зовнішнього ( ) та внутрішнього (-----) диску ротору адаптеру

### Висновки.

Згідно поставленої мети досліджень було виконано наступне:

1) Встановлено, що перспективним є вдосконалення конструкції та обґрунтування параметрів вертикально-фрезерних робочих органів для смугового обробітку ґрунту.

2) Визначено впливові фактори на процес обробітку ґрунту вертикально-фрезерним адаптером: поступальна та кутова швидкість робочих органів знаряддя, радіуси роторів, глибина обробітку і кут встановлення робочих елементів.

3) Теоретично визначено кінематичний показник роботи вертикально-фрезерного адаптера за розробленим технічним рішенням, що забезпечує рівномірний обробіток ґрунту. В розглядуваному діапазоні радіусу зовнішнього диску ротору вертикально-фрезерного адаптеру від 4 см (що відповідає стрічково-смуговому обробітку під посів зернових культур) до 17,5 см (що відповідає

стрічково-смуговому обробітку під посів просапних культур) встановлено, що на рівні кінематичного показника роботи  $\lambda = 0,7$  раціональна кількість робочих елементів становить  $N=4$ , як на зовнішньому, так і на внутрішньому диску ротору адаптеру.

4) Із збільшенням радіусу дії вертикально-фрезерного адаптеру необхідна колова швидкість зовнішнього та внутрішнього роторів дисків зменшується зворотнопропорційно. Причому, швидкість обертання внутрішнього диску ротору повинна бути в 2 рази більшою за зовнішній. Такий результат свідчить про те, що при проектуванні розглянутого знаряддя необхідно передбачити регулювання його колової швидкості для зовнішнього диску ротору в діапазоні  $\omega_1 = 6 \dots 24 \text{ c}^{-1}$ , для внутрішнього –  $\omega_2 = 12 \dots 48 \text{ c}^{-1}$  відповідно.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Основні законодавчі та нормативно-правові акти

1. Закон України «Про охорону праці».

2. Кодекс законів про працю України.

3. Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я».

4. Закон України «Про пожежну безпеку».

5. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».

6. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності».

7. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності».

8. Закон України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності».

9. Закон України "Про цивільну оборону України" ВРУ № 2974 - ХП від 03.02.1993 р. - К., 1993.

10. Закон України "Про внесення змін до Закону України "Про цивільну оборону України" Постановою ВР N 2975-12 від 03.02.93, із змінами, внесеними згідно із Законами N 555-XIV від 24.03.99, та № 2470-III від 29.05.01) ВРУ № 555 - XIV. - К., 1999.

11. Закон України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру" ВРУ № 1809 - III від 08.06.2000 р. - К., 2000.

12. Закон України "Про правові засади цивільного захисту" ВРУ № 135 - IV від 24.06.2004 р. - К., 2004.

13. Закон України "Про аварійно-рятувальні служби" ВРУ № 128 - XIV від 14.12.1999 р. - К., 1999.

14. Закон України "Про внесення змін до Кодексу України про адміністративні правопорушення щодо встановлення відповідальності у сфері цивільної оборони та

15. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 р. № 1112 «Деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві».

16. НПАОП 0.00-4.03-04 «Положення про Державний реєстр нормативно-правових актів з питань охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 08.06.2004 р. № 151.

17. НПАОП 0.00-4.09-07 «Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства». Наказ Держгірпромнагляду від 21.03.2007 р. № 55.

18. НПАОП 0.00-4.11-07 «Типове положення про діяльність уповноважених найманими працівниками осіб з питань охорони праці». Наказ Держгірпромнагляду від 21.03.2007 р. № 56.

19. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 р. № 15.

20. НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 29.01.1998 р. № 9.

21. НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці». Наказ Держнаглядохоронпраці від 15.11.2004 р. № 255.

22. НПАОП 0.00-4.33-99 «Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій. Наказ Держнаглядохоронпраці від 17.06.1999 р. № 112.

23. НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві». Наказ Держнаглядохоронпраці від 21.12.1993 р. № 132.

24. НПАОП 0.00-6.13-05 «Порядок організації державного нагляду за охороною праці та гірничого нагляду в системі Держнаглядохоронпраці України». Наказ Держнаглядохоронпраці від 30.03.2004 р. № 92

25. Рекомендації щодо організації роботи кабінету промислової безпеки та охорони праці. Затверджено Головою Держгірпромнагляду 16.01.2008 р.

26. Рекомендації щодо побудови, впровадження та удосконалення системи управління охороною праці. Затверджено Головою Держгірпромнагляд 07.02.2008 р.

27. Постанова Кабінету Міністрів України від 10.05.1994 р. № 299 "Про затвердження Положення про цивільну оборону України". - К., 1994.

28. Постанова Кабінету Міністрів України від 03.08.1998 р. № 1198 "Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру". - К., 1998.

29. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.07.2001 р. № 874 "Про удосконалення підготовки, перепідготовки і підвищення кваліфікації керівних кадрів і фахівців у сфері цивільного захисту". - К., 2001.

#### 4.2 Аналіз конструкції фрезерного знаряддя на наявність небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Під час експлуатації ґрунтообробного агрегату виникають небезпечні і шкідливі для механізатора механічні, термічні та психологічні фактори [21]. Основними носіями їх є предмети і продукти праці, засоби виробництва, природно - кліматичні умови та виробниче середовище.

Усі небезпечні та шкідливі виробничі фактори можна розділити на три основні типи [22, 23]:

- 1) фактори, пов'язані зі станом механізатора;
- 2) фактори, пов'язані зі станом машини та її готовністю до виконання технологічної операції;
- 3) фактори, пов'язані з виробничим середовищем та її впливом на обслуговуючий персонал.

У відповідності з приведеною вище класифікацією під час експлуатації ґрунтообробного агрегату поява небезпечних та шкідливих факторів в певній мірі може бути обумовлена можливістю того, що:

- 1) на робочому місці відсутні інструкції по техніці безпеки (ТБ);
- 2) обслуговуючий персонал не пройшов інструктаж по ТБ;

- 3) обслуговуючий персонал не пройшов медичний огляд і не має відповідних документів;
- 4) має місце монотонність праці;
- 5) в навісній системі трактора, його мастильному насосі, гідравлічному розподільнику, гідравлічному циліндрі та трубопроводах є тріщини, ум'ятини, руйнування та підтікання мастила;
- 6) в двигуні трактора є тріщини, ум'ятини, підтікання охолоджувальної рідини та мастила;
- 7) двигун трактора не відрегульований у відповідності з вимогами інструкції по експлуатації;
- 8) температура повітря не відповідає ДНАОП 12.1.005-98 “Санітарно-гігієнічні вимоги до повітря в робочій зоні”. Для теплого періоду року і категорії робіт Пб температура повітря повинна бути в межах від 17 до 23°. Фактична температура повітря в умовах півдня України може доходити до 31° и більше;
- 9) запилення повітря не відповідає ДНАОП 12.1.005-98 “Санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони”. Для теплого періоду року і категорії робіт Пб запилення повітря повинно бути меншим 10 мг/м<sup>3</sup>. Фактична величина цього показника може досягати 80 мг/м<sup>3</sup>;
- 10) шум не відповідає вимогам ДНАОП 12.1.003-93. Фактичний рівень шуму не повинен перевищувати 85 дБ.
- 11) вібрація робочого місця механізатора не відповідає вимогам ДНАОП 12.1.012-92;
- 12) освітленість не відповідає вимогам СНіП II-4-89 і ДНАОП 12.2.002-98. Освітленість робочого місця повинна бути не меншою 10 лк. Фактично вона знаходиться на рівні 7-8 Лк;
- 13) деякі вузли та деталі агрегату мають гострі краї;
- 14) деталі, що обертаються, не захищені спеціальними кожухами;
- 15) має місце небезпека технічного і технологічного обслуговування ґрунтообробного агрегату;
- 16) ґрунтообробний агрегат недостатньо пристосований до транспортування по дорогах.

Після повного аналізу шкідливих та небезпечних факторів, які можуть виникнути під час оранки, згідно методики [23] були виділені найбільш значимі із них і встановлена ступінь небезпечності кожного фактору (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Ранжування небезпечних факторів при роботі фрезерного МТА

| № п/п | Назва фактора                                                                               | Небезпечна дія                  | Рівень значущості |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| X1    | Частини агрегату, які обертаються                                                           | Захват, удар                    | 0,25              |
| X2    | Підвищений вміст пилу                                                                       | Погіршення зору та дихання      | 0,85              |
| X3    | Підвищений шум                                                                              | Погіршення слуху                | 0,68              |
| X4    | Монотонність праці                                                                          | Підвищення стомлюваності        | 0,54              |
| X5    | Гострі краї деталей                                                                         | Порізи частин тіла              | 0,35              |
| X6    | Підвищена температура повітря                                                               | Підвищення стомлюваності        | 0,34              |
| X7    | Підвищена вібрація                                                                          | Вібраційна хвороба              | 0,310             |
| X8    | Низька освітленість                                                                         | Погіршення зору, небезпека руху | 0,30              |
| X9    | Відсутність інструкції по техніці безпеки на робочому місці                                 | Підвищення ризику для життя     | 0,30              |
| X10   | Двигун не відрегульований у відповідності з вимогами інструкції по експлуатації трактора    | Небезпека руху                  | 0,32              |
| X11   | Небезпека технічного і технологічного обслуговування агрегату                               | Небезпека для життя             | 0,45              |
| X12   | Наявність тріщин та підтікання мастила в гідравлічній навісній системі, мастильному насосі, | Небезпека для життя та руху     | 0,25              |

| № п/п | Назва фактора                                                              | Небезпечна дія | Рівень значущості |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|
|       | гідравлічному розподільнику,<br>гідравлічному циліндрі та<br>трубопроводах |                |                   |

Для кращого відображення значущості небезпечних та шкідливих факторів представимо дані табл. 3.1 графічно (рис.4.1).

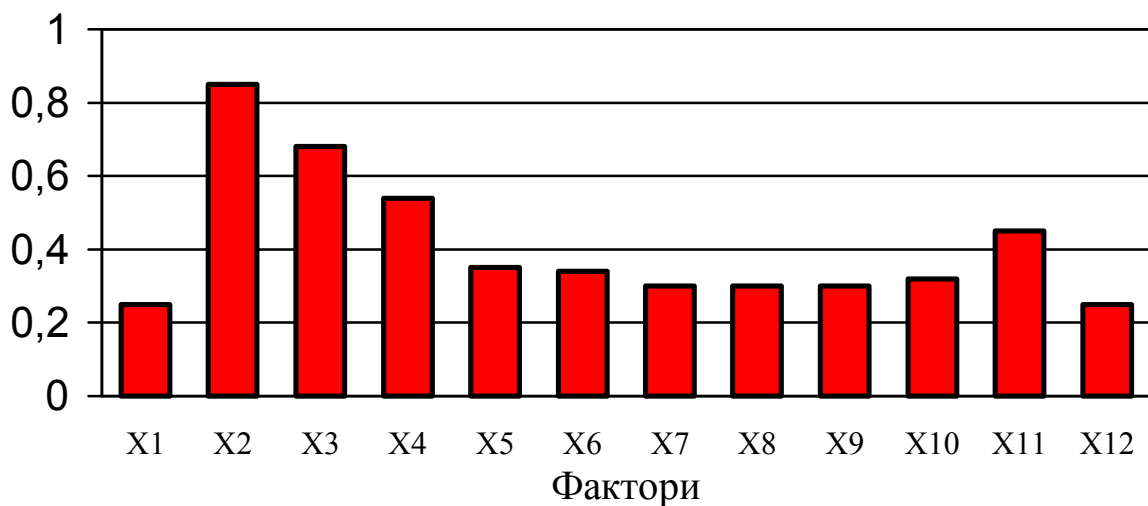


Рисунок 4.1 – Діаграма розподілу факторів за рівнем значущості

Як випливає з рис. 3.1, найбільш значущими є фактори: X2 – підвищений вміст пилу в повітрі; X3 – підвищений шум; X4 – монотонність праці механізатора; X11 – небезпека технічного та технологічного обслуговування МТА.

#### 4.2 Вимоги охорони праці при експлуатації фрезерного агрегату

З метою організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасних випадків, професійних захворювань, аварій у процесі роботи, суб'єкт господарювання забезпечує функціонування служби охорони праці відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» та Типового положення про службу охорони праці.

Суб'єктом господарювання розробляються інструкції з охорони праці відповідно до вимог Положення про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженого наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України.

Навчання і перевірка знань з питань охорони праці операторів сільськогосподарської техніки проводиться відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці.

Попередній (під час прийняття на роботу) і періодичний (протягом трудової діяльності) медичні огляди операторів сільськогосподарської техніки проводяться відповідно до Закону України «Про охорону праці» та Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій.

Рекомендації щодо запобігання травматизму під час польових механізованих робіт агрегатом в складі вертикально-фрезерного культиватора.

Попередньо потрібно заздалегідь підготувати ділянки полів для роботи на них машинно-тракторного агрегату.

Межу полів з боку ярів необхідно позначити контрольною борозною на відстані не менше 10 м від краю.

Місця для відпочинку потрібно позначати добре видимими віхами.

У разі виявлення вибухонебезпечних предметів (снарядів, мін, гранат тощо) всі роботи на полі потрібно негайно призупинити, межі ділянки позначити попереджувальними знаками «Обережно! Небезпека вибуху».

Перед початком руху трактора до машини (знаряддя) тракторист повинен подати звуковий сигнал, впевнитися у відсутності людей між трактором і машиною, і тільки після цього почати рух.

Під'їжджати до машини (знаряддя) необхідно заднім ходом на нижчій передачі, плавно і без ривків. При цьому тракторист повинен спостерігати за допоміжними працівниками (причіплювачами).

Причіплювач під час руху трактора до причіпної машини не повинен перебувати на шляху його руху.

З'єднувати (роз'єднувати) причіпне знаряддя дозволено тільки після остаточного зупинення трактора за командою тракториста.

Під час причіплювання машини тракторист повинен установити важіль перемикачів коробки зміни передач у нейтральне положення, а ногу тримати на гальмі.

Механізатор (тракторист) повинен до початку роботи пройти медичний огляд та відповідний інструктаж з питань охорони праці.

Під час грози роботи на машинно-тракторному агрегаті необхідно припинити.

Технічний стан ґрунтообробних машин і пристроїв для очищення робочих органів повинні відповідати встановленим у нормативно-правових актах вимогам безпеки праці.

Захисні огороження, робочі органи, циліндри і шланги гідравлічної системи повинні бути справні і надійно закріплені на машині.

Перед початком руху агрегату, увімкненням гідросистеми або валу відбору потужності трактора необхідно подати сигнал (отримати зворотній сигнал, якщо агрегат обладнано двохсторонньою сигналізацією), впевнитися, що це нікому не загрожує, і тільки після цього можна виконувати заплановані дії.

Заглиблення робочих органів повинно виконуватися тільки на ходу агрегату.

Під час роботи на тракторі з навісною машиною заборонено її піднімати з увімкненим валом відбору потужності (ВВП) і не можна вмикати вал відбору потужності (ВВП) у разі транспортного положення машини (знаряддя).

Під час роботи агрегату необхідно періодично перевіряти надійність причеплення (навішення) агрегатованої машини, кріплення і роботу робочих органів.

Регулювати й очищати робочі органи від зайвих предметів, землі, налиплого ґрунту і залишків рослин необхідно тільки спеціальними чистиками і після вимкнення двигуна.

Перед початком маневрування агрегату (повертання, розвертання) необхідно впевнитися, що в радіусі руху агрегату не перебувають люди, а потім перевести машину (робочі органи) в транспортне положення.

У разі аварійної ситуації необхідно негайно зупинити агрегат, загальмувати і вимкнути двигун трактора.

Не можна залишати без нагляду ґрунтообробний агрегат з не вимкненим двигуном трактора.

При тривалому зупиненні агрегату необхідно опустити робочі органи і вимкнути двигун.

Очищення робочих органів потрібно проводити після зупинення агрегату.

Під час заміни робочих органів (лемешів, лап тощо) раму причіпної чи навісної машини потрібно установити на надійні підставки.

#### 4.3 Загальні положення цивільної оборони та основні заходи

Основним нормативно-правовим актом, що регулює питання цивільної оборони є Закон України «Про цивільну оборону України» від 3 лютого 1993 р. зі змінами і доповненнями, внесеними Законами України від 24 березня 1999 року № 555-XIV, від 29 травня 2001 року № 2470-III.

Ступінь надійності управління цивільною обороною став одним з найважливіших показників її готовності до виконання поставлених задач.

Цивільна оборона — це цілеспрямована діяльність начальників штабів і служб для підтримки постійної готовності підлеглих їм органів і сил, організації їх дій і напряду зусиль на успішне виконання задач для захисту населення і народного господарства у військовий і мирний час. Задачі управління: підтримка високого політико-морального стану особового складу органів управління і сил цивільної оборони; збір, обробка і оцінка даних про обстановку; ухвалення рішення; доведення задач до підлеглих; організація і підтримка взаємодії; всестороннє забезпечення заходів, що проводяться, підготовка формувань до майбутніх дій; організація і підтримка безперервного і стійкого зв'язку в ході ведення цивільної оборони; постійний контроль за готовністю органів і сил і виконанням поставлених задач.

В сучасних умовах до управління пред'являються наступні вимоги: висока постійна готовність всієї системи управління, твердість, гнучкість, безперервність,

висока якість і оперативність в роботі, спритність. Суть високої постійної готовності полягає в тому, щоб вся система управління буквально з перших хвилин після отримання сигналів тривоги змогла забезпечити успішне виконання задач у будь-якій складній обстановці [17].

Штаб цивільної оборони об'єкту - основний орган управління. На нього покладаються складні задачі і в першу чергу - підтримка повсякденної готовності цивільної оборони об'єкту (служб, формувань) до виконання майбутніх задач.

Від начальника штабу залежить злагоджена і злагоджена робота штабу, всіх служб, командирів загонів, команд і груп, особового складу формувань. При організації управління встановлюються: порядок збору, обробки і аналізу інформації штабом і службами ЦО об'єкту; які дані в якій формі і коли докладаються начальнику ЦО і начальнику штабу ЦО об'єкту; які дані і в які терміни видаються штабу ЦО, службам, начальникам ЦО цехів і командирам формувань; терміни і порядок докладів про обстановку і представлення донесень у вищестоящий штаб, здійснення інформації сил цивільної оборони; порядок несення чергування на пункті управління, порядок роботи вузла зв'язку, обчислювального центру і використання їх посадовцями для поточної роботи; порядок контролю і надання допомоги підлеглим; загальний розпорядок дня на пункті управління, у тому числі їди, відпочинку, побутові питання; заходи щодо дотримання прихованого управління.

Підвищення стійкості агропромислового комплексу в умовах надзвичайних ситуацій досягається посиленням найслабших (уразливих) елементів і ділянок його. Для цього на об'єкті завчасно, на основі досліджень, планується і проводиться великий об'єм робіт, що включають виконання організаційних і інженерно-технічних заходів. При цьому слід всесторонньо оцінювати їх економічну доцільність. Заходи тільки тоді будуть доцільними, коли вони максимально ув'язуються із задачами, вирішуваними в мирний час з метою забезпечення безаварійної роботи об'єкту, поліпшення умов праці, вдосконалення виробничого процесу. З цією метою необхідно використовувати притулки для господарських цілей і обслуговування населення. Взагалі, на існуючих об'єктах заходи щодо

підвищення стійкості їх роботи раціонально проводити в процесі реконструкцій або виконання ремонтно-будівельних робіт.

З метою підвищення стійкості об'єкту розв'язуються наступні задачі [18]:

- захист робітників і службовців у всіх надзвичайних ситуаціях;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів об'єкту, вдосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробка заходів щодо зменшення вірогідності виникнення вторинних чинників поразки і збитку від них;
- підготовка до відновлення виробництва після поразки об'єкту.

Всі заходи проводяться в мирний час або при загрозі нападу.

Посилення міцності будівель, споруд, устаткування пов'язано з великими витратами, тому тільки найважливіші з них доцільно доводити до заданої стійкості даного підприємства з тим, щоб вони могли самостійно функціонувати і забезпечувати випуск особливо важливої продукції.

При проектуванні і будівництві нових цехів широко застосовуються високоміцні і легкі конструкції із сталі, сплавів алюмінію і інші.

У каркасних будівель стійкість досягається за рахунок вживання полегшених конструкцій стінного заповнення і збільшення світлових отворів шляхом використання скла, легких панелей з пластиків і інших матеріалів, що легко руйнуються. Руйнуючись, ці матеріали зменшують тиск ударної хвилі на каркас споруди, у найважливіших спорудах встановлюються додаткові опори; окремі елементи (труби, колони, щогли) закріплюються розтяжками т.д.

Технологічне устаткування, верстати, вимірювальні прилади, як правило, розміщуються у виробничих будівлях, і тому їм завдається збитку не тільки від дії ударної хвилі, але і від уламків елементів конструкцій і вторинних вражаючих чинників, що обриваються.

Підвищення стійкості устаткування досягається шляхом посилення його самих слабких елементів, а також створенням запасів цих елементів, окремих вузлів і

деталей, матеріалів інструментів для ремонту і відновлення пошкодженого устаткування.

Велике значення має міцне закріплення на фундаментах верстатів, установок і іншого устаткування, а також пристрій розтяжок і додаткових опор. Важке устаткування розміщують, як правило, на нижніх поверхах, але деякі його види розміщують зовні будівель, на відкритому майданчику, під навісом, а особливо цінне — розташовують в заглиблених, підземних або спеціально побудованих приміщеннях підвищеної міцності.

Підвищення стійкості технологічного процесу досягається завчасною розробкою способів продовження виробництва при виході з ладу окремих верстатів, ліній або навіть окремих цехів за рахунок перекладу виробництва в інші цехи; розміщенням виробництва важливих видів продукції у філіалах; шляхом заміни зразків устаткування іншими, що вийшли з ладу, а також скороченням числа типів верстатів і приладів, що використовуються [18].

Для випадків значних руйнувань передбачають заміну складних технологічних процесів більш простими з використанням типів устаткування,

що збереглися. Передбачається також зміна технології із заміною дефіцитних матеріалів, деталей і сировини на більш доступні, по можливості з виробництва виключаються отруйні, вибухонебезпечні і горючі речовини.

На об'єкті повинні розробитись способи безаварійної екстреної зупинки виробництва. Якщо за умов технологічного процесу зупинити окремі ділянки виробництва (агрегати, печі і т.п.) не можна, то їх переводять на знижений режим роботи. Для нагляду за роботою цих елементів в об'єкті призначаються відповідальні.

Підвищення стійкості систем енергопостачання досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних заходів. Створюються дублюючі джерела електроенергії, газу, води і пари шляхом прокладки декількох електро-, газо-, водо- і паропостачальних комунікацій і подальшого їх закольцовування. Інженерні і енергетичні комунікації переносяться в підземні колектори або спеціально побудовані міцні споруди. Передбачається резерв автономних джерел електро- і водопостачання. На об'єктах, що мають теплові

електростанції, вмонтовуються пристосування для їх роботи на різних видах палива, а також створюється його запас. Встановлюються автоматичні вимикачі, що відключають лінії при коротких замиканнях і перенапруженнях, при дії електромагнітних полів ядерного вибуху.

Стійке водопостачання досягається тільки за наявності декількох систем живлення або двох-трьох незалежних вододжерел, видалених один від одного на безпечну відстань. Застосовується оборотне водопостачання з повторним її використанням для технічних цілей.

Для більшої надійності створюються вільні лінії і перемички, по яких у разі потреби повинні подавати воду в обхід пошкоджених ділянок, зруйнованих будівель і споруд.

Пожежні гідранти і відключаючі пристрої розміщуються на території, яка при руйнуванні будівель і споруд не буде завалена.

Вода, призначена для пиття, очищається і знезаражується в спеціальних пристроях, що знаходяться на водопровідних станціях. На очисних спорудах передбачаються додаткові заходи по очищенню води, що поступає із заражених водоймищ, від радіоактивних і отруйливих речовин, а також від бактерійних засобів.

В населених пунктах сільської місцевості колодязі і інші джерела води закриваються спеціальними пристроями з навісом і пристосуванням для запобігання доступу сторонніх осіб.

Підвищення стійкості матеріально-технічного постачання об'єкту забезпечується створенням запасів сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, устаткування і палива, необхідного не тільки для забезпечення виробничого процесу, але і для відновлення об'єкту у разі його пошкодження.

Розміри незнижуваних запасів визначаються для об'єкту індивідуально. Дуже важливо забезпечувати їх надійне збереження, тому місця розміщення матеріально-технічних резервів слід вибирати з таким розрахунком, щоб вони знаходилися якомога ближче до об'єкту, але при цьому у разі його поразки не могли бути знищені.

Надійність захисту резервів підвищується при їх розміщенні під землею, в пристосованих для цього відпрацьованих гірських виробленнях, природних порожнинах або спеціально споруджених складах.

Заходи щодо зменшення вірогідності виникнення вторинних чинників поразки і збитку від них здійснюються завчасним плануванням і проведенням профілактичних робіт, що обмежують або виключають їх виникнення.

## **5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗОВАНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ФРЕЗЕРНОЮ МАШИНОЮ**

Для оцінки економічної ефективності використання фрезерного культиваторного агрегату в складі машини МФ-2 для смугового обробітку ґрунту порівнюємо економічні витрати з комбінованим культиватором для суцільного обробітку ґрунту КПП-7 «Урожай» виробництва ТОВ «Оріхівсільмаш».

Культиватори серії «Урожай» – універсальні широкозахватні с.-г. машини, призначені для ресурсозберігаючої передпосівної і парової культивації ґрунту на глибину від 5-12см, підрізання і вичісування бур'янів, а також вирівнювання та ущільнення поверхні ґрунту під посів з робочою швидкістю до 10 км. Культиватори серії «Урожай» застосовуються в ґрунтово кліматичних зонах з вологістю ґрунту в межах 8-27% і твердістю ґрунту в оброблюваному шарі в межах 0,4-1,6 МПа.

При економічному оцінюванні ефективності нової машини положимо, що використання МФ-2 за рахунок більш якісної підготовки ґрунту під посів дозволить збільшити урожайність (наприклад, соняшника) щонайменше на 5%.

За методику визначення показників економічного оцінювання культиваторного агрегату в складі МФ-2 положимо ДСТУ 4397:2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування» [24]. Цей стандарт поширюється на спеціалізовану сільськогосподарську техніку (далі за текстом – машини), призначену для виконання окремих операцій, трактори, транспортні засоби, універсальні самохідні машини, технологічні мобільні та стаціонарні комплекси. Стандарт встановлює загальні положення, показники економічного оцінювання та методи їх визначення на етапі випробування вказаних машин.

За базовий варіант культиваторного агрегату положимо МТА у складі трактора ХТЗ-17221 і культиватора КПП-7.

За новий варіант культиваторного агрегату положимо МТА у складі трактора Білорус-1221 і фрезерного культиватора МФ-2.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції ( $E_p$ ) у гривнях визначаються за формулою:

$$E_p = (П_б - П_н) \cdot B_з + E_я, \quad (5.1)$$

де  $П_б, П_н$  – сукупні витрати на га відповідно по базовій і новій машинах, грн/га;

$B_з$  – річний обсяг наробітку новою машиною в умовах певної природно-кліматичної зони, га;

$E_я$  – річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Зональний річний обсяг наробітку новою машиною ( $B_з$ ) в одиницях наробітку визначають за формулою:

$$B_з = W_{ек} \cdot T_з, \quad (5.2)$$

де  $W_{ек}$  – продуктивність нової машини за 1 год експлуатаційного часу, га/год.

$T_з$  – зональне річне навантаження машини, год.

$$B_{зб} = 210 \cdot 3,74 = 785,4 \text{ га.}$$

$$B_{зн} = 210 \cdot 1,58 = 331,8 \text{ га.}$$

Річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції ( $E_я$ ) у гривнях, визначається за формулою:

$$E_я = C_{ян} - C_{яб}, \quad (5.3)$$

де  $C_{ян}, C_{яб}$  – вартість продукції, отриманої у разі застосування відповідно нової та базової машини протягом року, грн.

В дипломному проекті положимо, що за рахунок більш якісної підготовки ґрунту під посів дозволить збільшити урожайність (наприклад, соняшника) щонайменше на 5%. В натуральних одиницях це становитиме 80 кг/га насіння соняшника. При його вартості 10900 грн/т річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції становитиме

$$E_я = 80 \cdot 10,9 = 872 \text{ грн/га.}$$

Вартість продукції, отриманої у разі застосування нової чи базової ( $C_я$ ) у гривнях, визначають за формулою:

$$C_я = \sum_{j=1}^n Ц_j \cdot V_j, \quad (5.4)$$

де  $C_j$  – закупівельна ціна одиниці  $j$ -ї продукції, грн;

$V_j$  – кількість  $j$ -ї продукції, одержаної у разі застосування нової чи базової машини, т.

Сукупні витрати ( $\Pi$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Pi = I + K \cdot E_n, \quad (5.5)$$

де  $I$  – прямі експлуатаційні витрати, грн/га;

$K$  – питомі інвестиційні вкладення, грн/га.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ( $E_n$ ) визначають за формулою:

$$E_n = C_\delta / 100, \quad (5.6)$$

де  $C_\delta$  – ставка пільгового кредиту Національного банку України у відсотках,  $C_\delta = 17,5\%$ .

Прямі експлуатаційні витрати ( $I$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$I = Z + \Gamma + A + \Phi + M, \quad (5.7)$$

де  $Z$  – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га;

$\Gamma$  – затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, грн/га;

$P$  – затрати на технічне обслуговування, поточне та капітальне ремонтування, грн./га;

$A$  – затрати на амортизацію, грн./га;

$\Phi$  – затрати на допоміжні матеріали, грн./га;

$M$  – затрати на зберігання, страхування та монтування, грн./га.

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу ( $Z$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_d \cdot n_i}{W_{3M}}, \quad (5.8)$$

де  $L_i$  – кількість  $i$ -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонтування машини (визначаються за даними випробувань), люд;

$t_i$  – тривалість зайнятості  $i$ -го виробничого персоналу, год;

$r_i$  – погодинна тарифна ставка оплати праці на  $i$ -му виді робіт, грн./люд.год.;

$k_D$  – коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи тощо;

$n_i$  – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд сприяння зайнятості);

$W_{cm}$  – продуктивність машини за годину змінного часу, га/год.

$$C_a = \frac{49,8}{3,74} = 13,32 \text{ \$/га}.$$

$$C_i = \frac{49,8}{1,58} = 8,44 \text{ \$/га}.$$

Затрати коштів на паливно-мастильні матеріали ( $\Gamma$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Gamma = q \cdot k_n \cdot C_n, \quad (5.9)$$

де  $q$  – питомі витрати палива, кг/га;

$C_n$  – ціна одного літру палива грн/кг;

$k_n$  – коефіцієнт, що враховує вартість мастильних матеріалів.

$$\Gamma_o = 4,84 \cdot 1,15 \cdot 29 = 161,4 \text{ грн/га}.$$

$$\Gamma_n = 6,35 \cdot 1,15 \cdot 29 = 211,8 \text{ грн/га}$$

Затрати на капітальне, поточне ремонтування та технічне обслуговування ( $P$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$D = \frac{\hat{A} \cdot (r_o + r_E)}{W_{ae} \cdot T_i}, \quad (5.10)$$

де  $r_T$  – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування;

$r_K$  – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

$T_n$  – нормативне річне завантаження, год.

$$D_a = \frac{1563000 \cdot (0,0712)}{1340} + \frac{367500 \cdot (0,0146)}{785,4} = 89,89 \text{ \$/га}.$$

$$D_i = \frac{970000 \cdot (0,0638)}{1340} + \frac{212800 \cdot (0,0146)}{331,8} = 55,54 \text{ \$/га}$$

Затрати на амортизацію машини ( $A$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{3m} \cdot T_3}, \quad (5.11)$$

де  $a$  – коефіцієнт відрхувань на амортизацію машини. Визначають за допомогою прямолінійного методу нарахування амортизації, тобто

$$a = 1 / n, \quad (5.12)$$

де  $n$  – термін служби в роках.

$$\dot{A}_a = \frac{1563000 \cdot (0,105)}{1340} + \frac{367500 \cdot (0,125)}{785,4} = 180,96 \text{ \$/га}.$$

$$\dot{A}_i = \frac{970000 \cdot (0,105)}{1340} + \frac{212800 \cdot (0,125)}{331,8} = 156,18 \text{ \$/га}$$

Затрати на допоміжні технологічні матеріали ( $\Phi$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Phi = \sum h_i \cdot \Pi_{Ti}, \quad (5.13)$$

де  $h_i$  – питомі витрати  $i$ -го виду технологічного матеріалу, кг/га;

$\Pi_{Ti}$  – ціна одиниці  $i$ -го технологічного матеріалу, грн./кг.

Затрати на зберігання, страхування та монтування машин ( $M$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{pi} \cdot r_i \cdot n_i + \Pi_d + S_{3CM}}{W_{ER} \cdot T_3}, \quad (5.14)$$

де  $Z_{pi}$  – затрати праці  $i$ -ої категорії працівників на доскладання та монтування устаткування, люд.-год.;

$\Pi_d$  – вартість матеріалів, які використані на доскладанні та монтуванні машини, грн.;

$S_{3CM}$  – річні витрати на зберігання та страхування машини, грн.

$$\dot{I}_a = \frac{1563000 \cdot (0,03)}{1340} + \frac{367500 \cdot (0,03)}{785,4} = 49,0 \text{ \$/га}.$$

$$\dot{I}_i = \frac{970000 \cdot (0,03)}{1340} + \frac{212800 \cdot (0,03)}{331,8} = 40,96 \text{ \$/га}.$$

Питомі інвестиційні вкладення ( $K$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$K = \frac{B + K_{БУД}}{B_3}, \quad (5.15)$$

де  $K_{БУД}$  – балансова вартість будівельної частини, необхідної для експлуатації машини, (вводиться в формулу за наявності різниці в обсягах будівельної частини нової та базової машини), грн.

$$\hat{E}_a = \frac{1563000 + 0}{1340} + \frac{367500 + 0}{785,4} = 1634,3 \text{ \$/га}.$$

$$\hat{E}_i = \frac{970000 + 0}{1340} + \frac{212800 + 0}{331,8} = 1365,23 \text{ \$/га}.$$

Прямі експлуатаційні витрати ( $I$ ) у гривнях на га складатимуть:

$$I_{\bar{o}} = 13,32 + 180,96 + 89,89 + 161,4 + 49,02 = 494,6 \text{ грн/га}.$$

$$I_n = 8,44 + 156,18 + 55,54 + 211,8 + 40,96 = 472,9 \text{ грн/га}$$

Сукупні витрати ( $\Pi$ ) у гривнях на га складатимуть:

$$\Pi_{\bar{o}} = 494,6 + 1634,3 \cdot 0,175 = 780,6 \text{ грн/га}.$$

$$\Pi_n = 472,9 + 1365,23 \cdot 0,175 = 711,8 \text{ грн/га}.$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції ( $E_p$ ) у гривнях дорівнюватиме:

$$E_p = (780,6 - 711,8 + 872) \cdot 331,8 = 266501,0 \text{ грн}.$$

Річний прибуток ( $O$ ) від експлуатації нової машини у гривнях визначають за формулою:

$$O = (I_{\bar{o}} - I_n) \cdot B_z + E_p, \quad (5.16)$$

де  $I_{\bar{o}}$ ,  $I_n$  – прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та новій машинах на одиницю виробітку, грн/га.

$$O = (494,6 - 472,9 + 872) \cdot 331,8 = 282126,0 \text{ грн}.$$

Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину ( $T_{окд}$ ) у роках визначають за формулою:

$$T_{окд} = \frac{\hat{E}_i}{\hat{I}}, \quad (5.17)$$

де  $K_n$  – сумарні інвестиційні вкладення відповідно у нову машину, грн.

$$T_{окд} = \frac{970000 + 212800}{282126} = 6,8 \text{ років}.$$

Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат по елементах представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат

| Склад МТА за варіантом | Заробітна плата |        | Амортизація |        | Капітальне, поточне ремонтування, ТО |        | Паливо |        | Затрати на допоміжні матеріали |        | Затрати на зберігання, страхування та монтування |        | Всього |        |
|------------------------|-----------------|--------|-------------|--------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|
|                        | грн/год         | грн/га | %           | грн/га | %                                    | грн/га | кг/га  | грн/га | т/га                           | грн/га | %                                                | грн/га |        | грн/га |
| Базовий варіант        |                 |        |             |        |                                      |        |        |        |                                |        |                                                  |        |        |        |
| ХТЗ-17221              | 49,8            | 13,32  | 10,5        | 122,5  | 7,12                                 | 83,05  | 4,84   | 161,4  | 0                              | 0      | 3                                                | 34,99  | 494,6  |        |
| КПП-7                  |                 |        | 12,5        | 58,49  | 1,46                                 | 6,83   |        |        |                                |        |                                                  | 14,04  |        |        |
| Новий варіант          |                 |        |             |        |                                      |        |        |        |                                |        |                                                  |        |        |        |
| Білорус-1221           | 49,8            | 8,44   | 10,5        | 76,01  | 6,38                                 | 46,18  | 6,35   | 211,8  | 0                              | 0      | 3                                                | 21,72  | 472,9  |        |
| МФ-2                   |                 |        | 12,5        | 80,17  | 1,46                                 | 9,36   |        |        |                                |        |                                                  | 19,24  |        |        |

Результати обчислювання показників порівняльної економічної ефективності представлено в табл. 5.2.

Результати розрахунків економічної ефективності свідчать, що використання фрезерного культиватора МФ-2 на передпосівному обробітку ґрунту дозволить на кожному гектарі оброблювальної площі заощаджувати 21,71 грн. За рахунок меншої вартості нового культиваторного агрегату в порівнянні з базовим, а також збільшення урожайності соняшника щонайменше на 5% за рахунок більш якісної підготовки ґрунту під посів дозволить отримати річний економічний ефект в сумі 266501,0 грн. Затрати на придбання нового культиваторного агрегату при його річному зональному завантаженні окупляться за 6,8 років.

Таблиця 5.2 - Показники порівняльної економічної ефективності нового культиваторного агрегату

| Найменування показника               | Варіант МТА        |                     | Відхилення (+,-) |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|------------------|
|                                      | Базовий            | Новий               |                  |
|                                      | ХТЗ-17221 + КПП-7  | Білорус-1221 + МФ-2 |                  |
| Балансова вартість агрегату, грн     | 1563000+<br>367500 | 970000 +<br>212800  | -747700          |
| Продуктивність змінна, га/год        | 3,74               | 1,58                | -2,16            |
| Зональний наробіток, год<br>га       | 210<br>785,4       | 210<br>331,8        | 0<br>-453,6      |
| Затрати праці, люд.-год/га           | 0,267              | 0,633               | +0,365           |
| Прямі експлуатаційні витрати, грн/га | 494,6              | 472,9               | -21,71           |

|                                                                                                                 |       |        |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|-------|
| Сукупні витрати, грн/га                                                                                         | 780,6 | 711,8  | -68,8 |
| Річний економічний ефект, одержаний за рахунок економії ресурсів (або зміни кількості та якості продукції), грн | -     | 289330 | -     |
| Річний економічний ефект від експлуатації нового агрегату, грн.                                                 | -     | 266501 | -     |
| Річний прибуток, грн.                                                                                           | -     | 282126 | -     |
| Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень, роки                                                        | -     | 6,8    | -     |

## ВИСНОВКИ

1. Умови ґрунтово-кліматичної зони «Південний степ» є такими, що для вирощування зернових та технічних культур кількість вологи в ґрунті на період посіву та в процесі їх вегетації є визначальним фактором, який формує рівень врожайності. Саме тому за останні роки низький рівень врожайності с.-г. культур у ПСП «Приморський», на нашу думку, пов'язаний із нестачею вологи в ґрунті через певні проблеми в системі його обробітку.
2. На відміну від інтенсивного розпушування ґрунту в передпосівний період та в процесі догляду за рослинами ефективним є екстенсивні методи мінімального обробітку. Останні можна реалізувати технологією стрічково-смугового обробітку шляхом розпушування смуг ґрунту вертикально-фрезерними машинами. Високоефективними машинами такого типу є фрезерні культиватори, що використовуються в садівництві.
3. На підставі даних технічної літератури визначено, що найбільш близьким технічним рішенням для реалізації розпушування ґрунту вертикально-фрезерними культиваторами є зразок фрезерної машини МФ-1 з вертикальною віссю обертання робочих органів. Її експериментальні випробування науковцями ТДАТУ показали високе значення коефіцієнту структурно – агрегатного стану, що відповідає вимогам ДСТУ4362.
4. Запропонована в роботі конструктивно-технологічна схема знаряддя для стрічково-смугового обробітку ґрунту під умовною маркою МФ-2 має активний привід робочих органів, які обертаються навколо вертикальних осей та містить каркас (раму), усередині якого горизонтально в ряд розташовані циліндричні зубчасті колеса. Кожна з паразитних шестірень закріплена на вертикальному валу, нижня частина якого служить для кріплення робочого органа – ножового розпушувача. Конструкція МФ-2 спрямована на зниження енерго– і металоємності

процесу обробки ґрунту й підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

5. Обґрунтований кінематичний режим роботи ножового робочого органу МФ-2, який за швидкістю руху агрегату 6-8 км/год дорівнює 1,05.
6. Обґрунтовано схему та параметри культиваторного агрегату у складі трактора Білорус-1221 тягово-зчіпні та енергетичні властивості якого достатні для того, щоб долати тяговий опір чотирьох фрезерних ножових роторів і вісім стрілочастих культиваторних лап фрезерної машини МФ-2.
7. Обґрунтований раціональний режим руху культиваторного агрегату, який за швидкістю 7,84 км/год розвиває продуктивність (змінного часу) роботи 1,58 га/год.
8. Розроблена операційно-технологічна карта на стрічково-смуговий обробіток ґрунту запропонованим культиваторним агрегатом дозволяє реалізувати високу ступінь організації праці та забезпечити агротехнічну якість ґрунтообробних робіт.
9. Аналіз конструкції фрезерного знаряддя на наявність небезпечних та шкідливих виробничих факторів виявив найбільш небезпечні: підвищений вміст пилу в повітрі; підвищений шум; монотонність праці механізатора; небезпека технічного та технологічного обслуговування МТА. На усунення яких і були направлені основні заходи з охорони праці при експлуатації фрезерного агрегату.
10. Результати оцінки економічної ефективності свідчать, що використання фрезерного культиватора МФ-2 на передпосівному обробітку ґрунту дозволить на кожному гектарі оброблювальної площі заощаджувати 21,71 грн. За рахунок меншої вартості нового культиваторного агрегату в порівнянні з базовим, а також збільшення врожайності соняшника щонайменше на 5% за рахунок більш якісної підготовки ґрунту під посів дозволить отримати річний економічний ефект в сумі 266501,0 грн. Затрати на придбання нового культиваторного агрегату при його річному зональному завантаженні окупляться за 6,8 років.

