

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**Удосконалення технології вирощування ячменю озимого з  
обґрунтуванням параметрів і режиму роботи машини  
для внесення мінеральних добрив**

**Виконав:** студент факультету за спеціальністю  
208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Скирко Єгор Володимирович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Кобець Анатолій Степанович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро, 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**  
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин  
Освітній ступінь: "Магістр"  
Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри тракторів і  
сільськогосподарських машин  
(назва кафедри)  
**ДОЦЕНТ**  
(вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)  
„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)  
1. Тема роботи \_\_\_\_\_

керівник роботи \_\_\_\_\_  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року  
№ \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_



## АНОТАЦІЯ

Скирко Є.В. Удосконалення технології вирощування ячменю озимого з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи машини для внесення мінеральних добрив/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія».–ДДАЕУ, Дніпро, 2024.– 83 с.

В роботі представлено аналіз сучасних технологій вирощування і розроблено технологію вирощування ячменю озимого для умов і на замовлення ТОВ «Дубрава» Магдалинівської територіальної громади Дніпропетровської області. Складено технологічну карту вирощування і визначено необхідний комплекс машин зі складанням графіків використання тракторів і сільськогосподарських машин.

Проведено аналіз існуючих способів внесення мінеральних добрив і машин для їх виконання. Розроблена конструкція удосконаленого розкидача добрив і проведені розрахунки і теоретичні дослідження основних параметрів удосконаленої машини і режиму роботи агрегату .

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні озимого ячменю і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 107860 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року її використання.

Ключові слова: ячмінь озимий, технологія, мінеральні добрива, розкидач, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	7
1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА. ....	10
1.1 Біологічні особливості. ....	10
1.2 Основний обробіток ґрунту. ....	11
1.3 Внесення добрив. ....	13
1.4 Посів культури. ....	14
1.5 Догляд за посівами. ....	19
1.6 Збирання озимого ячменю. ....	20
2 ОБГРУНТУВАННЯ НАБОРУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ. ....	21
2.1 Складання технологічної карти на виробництво озимого ячменю. ....	21
2.2 Побудова графіків використання тракторів. ....	24
2.3 Побудова графіка використання сільськогосподарських машин. ....	25
3 СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ. ....	27
4 ОБГРУНТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНА- ЛЕНОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ. ....	30
4.1 Обґрунтування актуальності вдосконалення машини. . . . .	30
4.2 Розрахунок параметрів і режиму роботи. ....	31
4.2.1 Розрахунок основних параметрів бункера. ....	31
4.2.2 Вибір параметрів вентилятора. ....	32
4.2.3 Розрахунок проміжної ланцюгової передачі. ....	36
4.2.4 Розрахунок вала на міцність . . . . .	39
4.3 Описання розробленої машини. ТО машини. ....	44
5 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ НА ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ. ....	45
5.1 Агротехнічні вимоги. ....	45
5.2 Підготовка агрегату до роботи. ....	45

5.3 Підготовка поля до роботи. . . . .	46
5.4 Розрахунок основних параметрів агрегату. . . . .	46
5.5 Розрахунок продуктивності МТА і витрат палива. . . . .	46
6 ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ. . . . .	51
7 ОХОРОНА ПРАЦІ. . . . .	54
7.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. . . . .	54
7.2 Охорона праці при вирощуванні озимого ячменю. . . . .	54
7.3 Правила зберігання мінеральних добрив. . . . .	62
7.4 Заходи безпеки при транспортуванні і внесенні мінеральних добрив. . . . .	63
8 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ. . . . .	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. . . . .	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. . . . .	75
ДОДАТКИ. . . . .	78

## ВСТУП

Озимий ячмінь вирізняється своєю адаптацією до різних ґрунтово-кліматичних умов. Він стійкий до низьких температур, що робить його популярним у зонах Степу та Лісостепу. Культура забезпечує стабільні врожаї навіть за складних кліматичних умов - таких, наприклад, як рання весняна посуха. Тож аграрії надають їй перевагу, особливо в регіонах із нестабільним режимом зволоження ґрунтів. До війни лідерами за обсягами виробництва озимого ячменю були південні регіони держави. Одещина забезпечувала близько 27% загального збору, Миколаївська область - 18,9%, Херсонська - 10,5%. Тобто ці три регіони давали більше половини валового збору ячменю озимого [1, 2].

Повномасштабне вторгнення росії на територію України, безперечно, вплинуло на структуру посівів. Вже 2023 року Одещина посилала лідерство, збільшивши свою частку в загальнодержавному зборі до 36,5%. Водночас позиції Миколаївщини послабшали до 15,7%, проте частка Кіровоградщини зросла до 9,4%. Сукупно ці степові регіони разом із Дніпропетровською областю виробляють нині до 70% озимого ячменю. Крім того, ячмінь прибавив у структурі посівів і в західному регіоні – Тернопільській, Хмельницькій та Львівській областях [1].

Ячмінь звичайний здавна є важливою зернофуражною та харчовою культурою і першим окультуреним злаком близько 10 тис. років тому назад на Близькому Сході, що відіграв надзвичайно важливу роль у становленні і розвитку світового сільського господарства та загалом людської цивілізації [3].

Це зумовлено тим, що зерно ячменю найбільш збалансоване за амінокислотним складом й не поступається основним зерновим культурам, а лізину містить більше, ніж кукурудза, овес, сорго, пшениця чи рис.

Він є однією з найпоширеніших зернових колосових культур у світі і в Україні. Його використовують у переробній, харчовій, пивоварній, кондитерській, фармацевтичній промисловості. А у галузі кормовиробництва він просто незамінний, адже собівартість виробництва зерна ячменю значно нижча

від решти зернових культур. Зерно ячменю є цінним для годівлі тварин, ще й тому, що за поживними якостями наближається до стандартів концентратів [4].

Ячмінь посідає четверте місце серед найбільш вирощуваних злакових культур, поступаючись кукурудзі, рису та пшениці. Його виробництво сягає 141,3 мільйони тон, які збирають з 46,9 мільйонів гектар. Найбільша територія, на якій вирощується ячмінь, в межах Європейського Союзу знаходиться в Іспанії і складає 2,8 мільйона гектар. Друге та третє місця розділили Франція та Німеччина відповідно – 1,8 та 1,6 млн. га. До війни Україна займала четверте місце в світі з валовим збором зерна 9,4 млн. т. [3].

Врожайність ячменю в значній мірі коливається у різних країнах світу. Так, найвищу урожайність серед 20 найбільших виробників ячменю в світі отримують в Німеччині (6,7 т/га), Великобританії (5,9 т/га), Данії та Чехії 5,6 та 5,7 т/га відповідно. Україна за рівнем врожайності до війни займала 14 місце в даному рейтингу (3,3 т/га) [3].

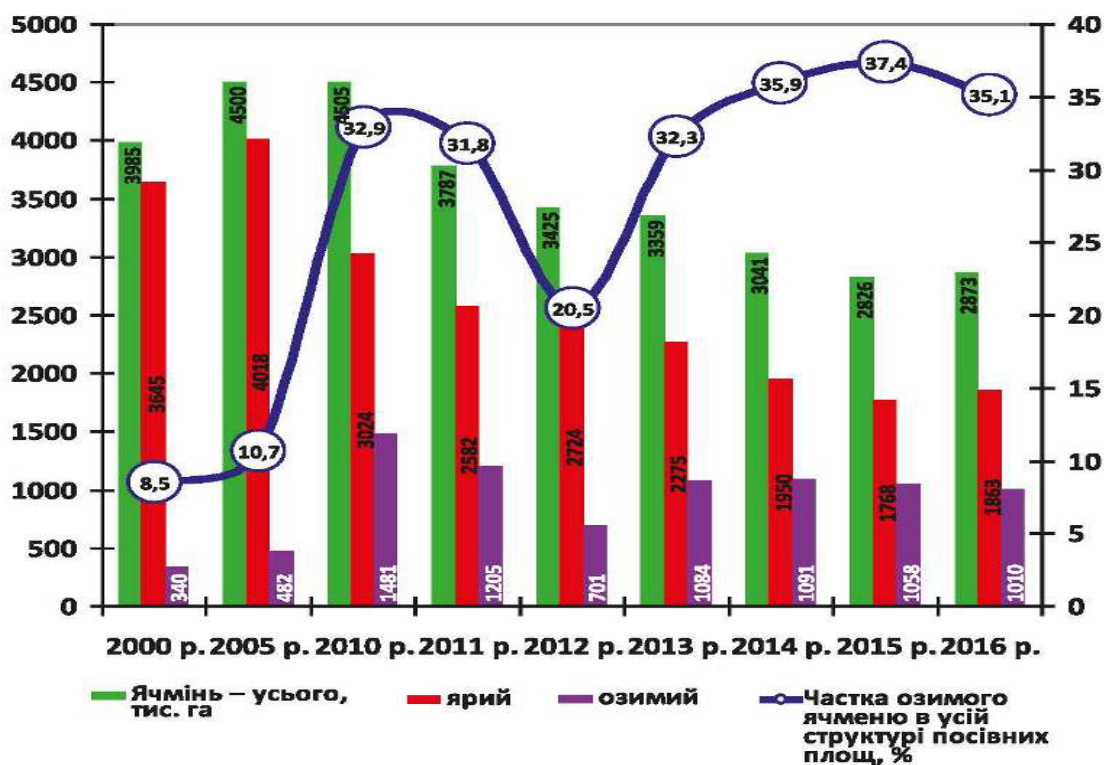


Рисунок 1 - Динаміка посівних площ ячменю в Україні (Джерело: розраховано за даними Державної служби статистики України)



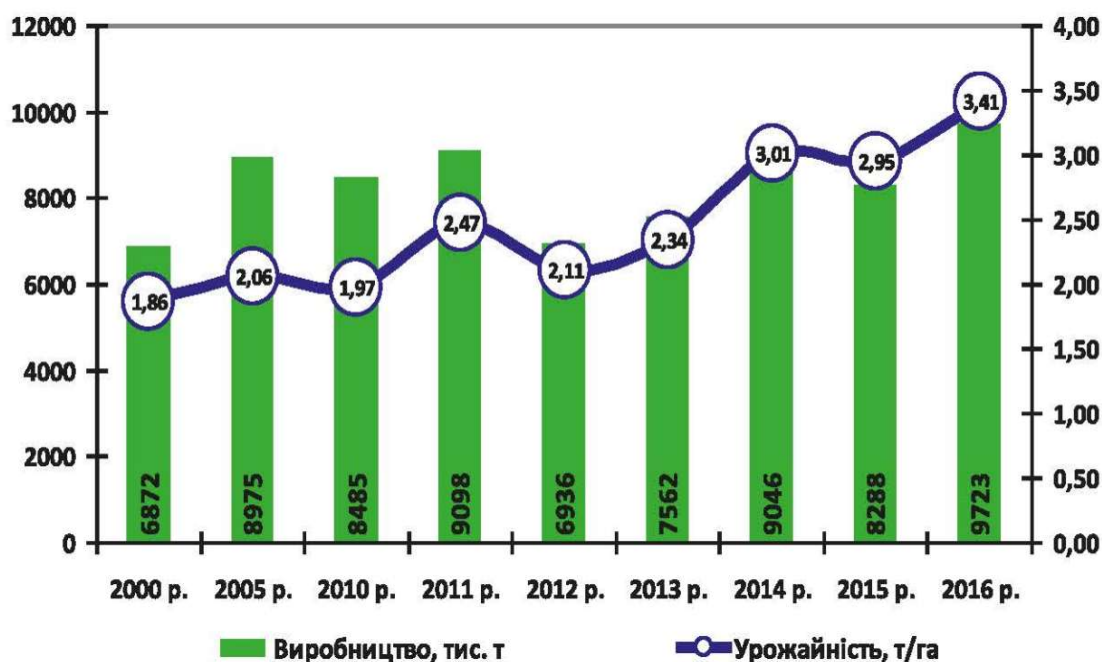


Рисунок 2 - Динаміка виробництва й урожайності ячменю в Україні (2016 р., за оперативними даними Держслужби статистики України на 1 листопада)

За даними Державної служби статистики України в 2019 році середня врожайність ярого ячменю склала 32,4 ц/га, а озимого – 36,7 ц/га, але в окремих областях, зокрема в Хмельницькій, вона становила 42,1 ц/га та 46,1 ц/га відповідно, що свідчить про позитивну динаміку зростання продуктивності й поступове наближення її до рівня розвинутих аграрних країн [4].

Для підвищення ефективності вирощування ячменю слід впроваджувати нові технології, основані на застосуванні сучасних сортів та гібридів, засобів захисту рослин, сучасної високопродуктивної техніки, яка забезпечить виконання всіх технологічних операцій в агротехнічний строк і з необхідною якістю.

Метою дипломної роботи є удосконалення технології вирощування ячменю озимого з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи машини для внесення добрив в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Дубрава» Магдалинівської територіальної громади.

# 1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА

## 1.1 Біологічні особливості

Озимий ячмінь - найменш морозо- і зимостійкий серед хлібних озимих культур. Він поширений в регіонах з теплими зимами. Північна межа вирощування озимого ячменю в Україні традиційно проходить через Львівську, Тернопільську, Вінницьку, Луганську області. Він пошкоджується навіть при температурах мінус 12-13°C, якщо температури тривають довго. Дуже шкодять ячменю глибокі зимові відлиги і ранньовесняні похолодання, бо при настанні теплих днів він швидко починає відростати.

Восени він може виходити в трубку, після чого морозо- і зимостійкість різко падає. Пояснюється це тим, що стадія яровизації триває не більше 30 - 40 днів. Багато сортів ячменю є дворучками. Вони встигають пройти її при осінній, зимовій і весняній сівбі.

В індивідуальному розвитку озимий ячмінь проходить такі самі технологічні фази і етапи органогенезу, як і інші хлібні озимі культури. Тривалість фенологічних фаз у нього коротша. Тому і загальний період вегетації коротший. Озимий ячмінь на 9 - 10 днів досягає раніше озимої пшениці і на 12 - 14 днів раніше ярого ячменю.

Ячмінь - самозапильна культура. Досить вимогливий до ґрунтів. Кращими для нього є багаті з легкодоступними формами елементів живлення структурні чорноземні, каштанові ґрунти середнього механічного складу з рН 6-7,5. Важкі, засолені, підтопльовані ґрунтовими водами, кислі, безструктурні піщані ґрунти малопридатні для вирощування озимого ячменю. Транспіраційний коефіцієнт - 300-450. На 1ц зерна з відповідною кількістю соломи бере з ґрунту 2,3 - 3,0 кг азоту, 0,9-1,1 кг фосфору, 1,7-2,3 кг калію.

*Сучасні сорти.* Ринок України пропонує сучасні сорти як вітчизняної так і закордонної селекції. Аналіз їх характеристик дає можливість пропонувати господарству наступні: Луран, Основа, Достойний, Трудівник, Ковчег, Метелиця, Морозко, Борисфен, Абориген, Селена стар та інші.

В останні роки практичний досвід підтверджує ефективність використання гібридів Хайвідо, які мають високий коефіцієнт кущення, що дозволяє:

- Отримати набагато більше продуктивних стебел на одній рослині;
- Підвищити компенсаторні можливості рослини й ефективніше використовувати площу живлення;
- Знизити норму висіву до 50 % (порівняно із сортами).

Аналіз літератури [3,4,5] показує, що два роки поспіль гібриди Хайвідо демонстрували стабільно вищу врожайність порівняно з районованими сортами. Зокрема, за період дворічних спостережень середня прибавка врожайності становила 22 %, або 12,7 ц/га порівняно із сортами. Для їх ефективного впровадження необхідно виконати чотири умови:

1. Оптимізація норм і термінів сівби;
2. Раннє підживлення азотними добривами, роздрібнене їх внесення;
3. Застосування регуляторів росту;
4. Внесення фунгіцидів для захисту листкової поверхні від хвороб.

## 1.2 Основний обробіток ґрунту

Система обробітку ґрунту залежить від попередника, загальних умов та погоди. Вона повинна забезпечити протирізальну стійкість, збереження вологи, вирівнювання ґрунту та зниження бур'янів. При цьому потрібно враховувати рекомендації зональних систем землевпорядкування. Кращими попередниками є чисті від бур'янів поля після кукурудзи, картоплі, зернових, бобових, гречки, у посушливих степових районах - чисті і зайняті пари. По кращих попередниках для озимих культур за достатнього зволоження він може поступатися урожайністю пшениці, а після гірших - переважає її. Спосіб та кількість

обробітку ґрунту сильно впливають на вологість посівного шару, на забрудненість і врожайність пшениці.

Для господарства в дипломній роботі пропонуємо обробіток пару розпочинати відразу після збирання попередника. По стерньовому попереднику обробіток проводиться дисковими луцильниками ЛДГ-15 на глибину 6-8 см. На полях забруднених кореневими бур'янами проводиться два луцення: перше – дискове на глибину 6-8 см; друге – луцення на глибину 10-12 см. Орати потрібно через 2-3 неділі на глибину 25-27 см плугом з передплужником.

У весняно-літній період по мірі підростання бур'янів проводиться пошарова культивація, розпочинаючи з глибини 10-12 см і підводячи до 5-6 см. Всього проводиться три культивації.

При підготовці чорних парів в весняно-літній період загальні вимоги – боротьба з бур'янами, збереження і накопичення вологи до посіву озимих. Для більш дружнього проростання насіння і бур'янів в суху погоду проводиться культивація (окрім передпосівної) з прикочуванням. Для накопичення вологи в ґрунті, культивацію можна замінити щілюванням.

При обробці раннього пару оранка проводиться до 15 травня на глибину 20-22 см. Пізня оранка приводиться до втрати ґрунтом вологи і утворення великих грудок землі. В подальшому для посіву озимого ячменю ранній пар оброблюється так само, як і чистий пар.

Спосіб обробітку зайнятих парів залежить від умов погоди. Якщо після збирання попередника ґрунт вологий і при обробітку добре кришиться, можна застосовувати оранку на глибину 14-16 см.

Якщо при оранці утворюються великі грудки, то застосовують поверхневий обробіток (БДТ-7,0; БДТ-3,0 та ін.). Глибокий обробіток ґрунту (на 40 см) щілерізом забезпечує рихлення ґрунту. Безплужний обробіток забезпечує краще збереження вологи, більш дружню появу рослин та високу врожайність озимого ячменю.

Після гороху, кукурудзи та інших непарових попередників ґрунту оброблюється дисковими боронами (БДТ-7,0; ЛДГ-10) поверхнево на глибину 8-

10 см. Перед посівом дискування замінюють плоскорізним обробітком культиватором-щілерізом (КПП-250М) на глибину 12 см разом із щілюванням.

Метою передпосівної підготовки ґрунту є рихлення та вирівнювання. Передпосівна культивація проводиться плоскоріжучими робочими агрегатами на глибину 5-6 см з котками. Якісно підготовлене поле для посіву повинно бути вирівняним і містити грудочки ґрунту розміром від 1 до 5 см. Відхилення глибини обробітку від заданої не повинно перевищувати  $\pm 1$  см. Необхідно дотримуватись перекриття (15-20 см) між суміжними проходами. Ці методи дозволяють зберігати вологу і покращують якість посіву. Насіння висівають більш рівномірно і на відповідну глибину.

### 1.3 Внесення добрив

Озимий ячмінь добре реагує на внесення мінеральних добрив, особливо азотних. Це пов'язано з його інтенсивним куцінням і наростанням вегетативної маси та коротким періодом активного засвоєння поживних речовин з ґрунту. Мінеральні добрива вносять у середньому по 45-60 кг/га усіх елементів живлення. Фосфорні добрива до 90% від норми та повну норму калійних добрив використовують під основний обробіток ґрунту, близько 10 % фосфорних добрив – у рядки під час сівби ячменю. Азотні добрива вносять при розміщенні ячменю після кукурудзи, стерньових попередників у два прийоми: половину норми – до сівби, іншу половину – в підживлення навесні на II етапі органогенезу; після зернобобових – повну норму у весняне підживлення у фазі куціння (II етап органогенезу).

При дефіциті мінеральних добрив, їх доцільно використовувати для припосівного внесення в рядки у вигляді комплексних добрив у дозі 10-15 кг д. р. NPK. Озимий ячмінь непогано використовує післядію мінеральних та органічних добрив. Добре реагує на внесення мікроелементів. Особливо ефективним є використання мікроелементів на хелатній основі, які легко засвоюються рослинами. До таких відносяться: Еколист, Реаком, Вуксал, Нутривантга інші.

## 1.4 Посів культури

При вирощуванні озимого ячменю за інтенсивною технологією до посівного матеріалу вимагають високі вимоги. Насіння повинно бути великим, важким (маса 1000 зерен не менше 40-50 грамів) і однаковим, але за посівною якістю відповідним вимогам першого класу посівного стандарту. Це необхідно для забезпечення зберігання оптимальної густини продуктивних стеблин до збирання.

Найбільш повні посівні якості насіння відображає сила їх росту – здатність насіння давати в польових умовах дружні паростки і швидкий їх ріст. Силу росту встановлюють лабораторно при аналізі насіння в Державній насіннєвій інспекції. В дипломній роботі пропонуємо застосовувати насіння із силою росту не менше 80%.

Розміщення озимого ячменю по добрих попередниках при інтенсивній технології, зароблення норми висіву встановлюють з розрахунку отримання за час збирання 500-600 продуктивних стеблин на  $1\text{ м}^2$  – після чорних парів 3,5 млн. схожих насінин першого сорту. Огріхи агротехніки (погана підготовка ґрунту, недостатня кількість добрив, пізній посів) не можна компенсувати збільшенням норми висіву. Встановлена тенденція до підвищення норм якості зерна при допустимому зниженні норми висіву.

Озимий ячмінь чутливий до строків сівби. Як ранні, так і пізні посіви при інтенсивній технології зароблення озимого ячменю ведуть до зниження врожайності. При ранніх посівах ячмінь переростає, витрачає багато поживних речовин на утворення змін вегетативної маси, такий ячмінь сильно пошкоджується грибковими хворобами, знижується зимостійкість рослин. Пізні посіви повільно утворюють кущі і укорінюються, мають низьку продуктивність.

Оптимальні строки посіву для зони, в якій знаходиться господарство – третя декада вересня.

В дипломній роботі передбачено посів на глибину 3 см. Цей посів найбільш прийнятний для рослин озимого ячменю, якщо в посівному шарі ґрунту

знаходиться волога, в добре прогрітому ґрунті насіння дає дружні і повні сходи, рослини добре кущаться і вкорінюються.

Для умов господарства передбачено залишати постійну колію при посіві для послідуєчого внесення мінеральних добрив і обробітку хімічними засобами захисту рослин під час їх вегетації. Знаходження технологічної колії дозволяє значно підвищити якість агротехнічних робіт.

При посіві з залишком колії 1800 мм є незадіяні дві смуги по 450 мм, при цьому використовують гусеничний трактор Т-150 в агрегаті з трьома удосконаленими сівалками СЗ-3,6 із зчіпкою СП-11.

Для залишку незасіяних полос при технологічній колії 1800 мм на середній сівалці виключають 6-й, 7-й, 18-й та 19-й висіваючі апарати сошників (над котушками закріплюють кришки з металу). При такій схемі сошники 8-й, 9-й, 16-й та 17-й йдуть за слідом трактора, на базі сівалки встановлюють рихлячі лапи. Також збільшують стиснення пружини підвісок цих сошників.

Технологічній колії 1800 мм відповідає розкидач мінеральних добрив 1РМГ-4 та оприскувач ОПШ-15.

Вибираємо робочу швидкість руху агрегату  $V_p = 8.45 \text{ км/год}$  і відповідне їй номінальне тягове зусилля трактора  $P_{крн} = 18,6 \text{ кН}$  на 3-й передачі.

Визначаємо питомий опір машини:

$$K_v = K_0 \left[ 1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta C}{100} \right] \quad (1.1)$$

де  $K_0$  – питомий опір машини про  $V_0 = 5 \text{ км/год.}$ ,  $K_0 = 1,3 \text{ кН/м}$ ;

$\Delta C$  – темп збільшення питомого опору машини в залежності від швидкості агрегату,  $\Delta C = 2\%$ ;

$$K_v = 1.3 \left[ 1 + (8.45 - 5) \frac{2}{100} \right] = 1.38 \text{ кН/м}$$

Визначаємо максимальну ширину захвату агрегату:

$$B_{\max} = \frac{P_{кр} - G_{mp} \cdot \sin \alpha}{K_v + g_e \sin \alpha + g_{cy} (f_{cy} + \sin \alpha)} \quad (1.2)$$

де  $g_e$  – відношення ваги сівалки до конструктивної ширини захвату,

$$g_e = \frac{G_e}{b_e} = \frac{13.8}{3.6} = 3.8 \text{кН / м};$$

$g_{cy}$  – відношення ваги зчіпки до конструктивної ширини захвату, для СП-

$$11 \quad g_{cy} = 0,8 \text{кН / м};$$

$G_{mp}$  – вага трактора,  $G_{mp} = 66,6 \text{кН}$ ;

$\alpha$  – кут підйому,  $\alpha = 1^\circ$ ;

$$B_{\max} = \frac{18,6 - 66,6 \cdot 0,0175}{1,38 + 3,8 \cdot 0,0175 + 0,8(0,2 + 0,0175)} = 11,03 \text{м}$$

Визначаємо кількість машин в агрегаті:

$$П_H = \frac{B_{\max}}{b_c} = \frac{11,03}{3,0} = 3,06$$

Приймаємо  $П_H = 3$ .

Визначаємо опір посівного агрегату:

$$R_a = (K_v + g_e \sin \alpha) b_c \cdot n_n + g_{cy} \cdot b_{cy} (f_{cy} \cdot \sin \alpha) \quad (1.3)$$

$$R_a = (11,38 + 3,8 \cdot 0,0175) 3,6 \cdot 3 + 0,8 \cdot 10,8 (0,2 \cdot 0,0175) = 15,97 \text{кН}$$

Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля:

$$\eta = \frac{R_a}{P_{кпр} - G_{mp} \cdot \sin \alpha} \quad (1.4)$$

$$\eta = \frac{15,97}{18,6 - 66,6 \cdot 0,0175} = 0,92$$

Визначаємо довжину маркерів:

$$l_{np} = \frac{A - K_m}{2} + b_{ui} \quad (1.5)$$

$$l_{np} = \frac{10,65 - 1,33}{2} + 0,15 = 4,81$$

$$l_{лив} = \frac{A + K_m}{2} + b_{ui} \quad (1.6)$$

$$l_{лив} = \frac{10,65 + 1,33}{2} + 0,15 = 6,14$$

де  $A$  – відстань між крайніми сошниками, м;

$K_t$  – колія трактора, м;

$b_m$  – ширина міжрядь, м.



$$E = 4 \cdot b_c \cdot \Pi_H \quad (1.7)$$

$$E = 4 \cdot 3,6 \cdot 3 = 43,2$$

Визначаємо довжину шляху агрегату між заправками сівалки:

$$l_3 = \frac{10^4 \cdot V_l \cdot \rho_n \cdot \varphi_l}{U_e \cdot b_c} \quad (1.8)$$

де  $V_l$  – об'єм посівного ящика, м<sup>3</sup>;

$\rho_n$  – об'ємна маса насіння, кг/м<sup>3</sup>;

$U_e$  – норма висіву насіння, кг/га

$\varphi_l$  – коефіцієнт використання об'єму ящика.

$$l_3 = \frac{10^4 \cdot 0,212 \cdot 1100 \cdot 0,8}{60 \cdot 3,6} = 8637,7 \text{ м}$$

$$l_3 = \frac{10^4 \cdot 0,453 \cdot 750 \cdot 0,8}{160 \cdot 3,6} = 4718,75 \text{ м}$$

Визначаємо кількість проходів між заправками сівалок:

$$\Pi_{кр.с} = \frac{l_{3с}}{2L_p} \quad (1.9)$$

$$\Pi_{кр.с} = \frac{4718,75}{2 \cdot 413,6} = 5,7 \approx 5$$

де  $L_p$  – робоча довжина гонів, м.

$$L_p = L - 2E = 500 - 2 \cdot 43,2 = 413,6 \text{ м}$$

$$\Pi_{кр.м} = \frac{l_{3м}}{2L_p} \quad (1.10)$$

$$\Pi_{кр.м} = \frac{8637}{2 \cdot 413,6} = 10,4 \approx 10$$

Визначаємо кількість зерна та туків на одну заправку:

$$Q_{заг} = \frac{2 \cdot L_p \cdot U_b \cdot b_c \cdot n_c \cdot n_{кр}}{10^4} \quad (1.11)$$

$$Q_{заг.с} = \frac{2 \cdot 413,6 \cdot 160 \cdot 3,6 \cdot 3 \cdot 5}{10^4} = 7157 \text{ кг}$$

$$Q_{заг.м} = \frac{2 \cdot 413,6 \cdot 60 \cdot 3,6 \cdot 3 \cdot 10}{10^4} = 5360 \text{ кг}$$

Визначаємо відстань по ширині гону від однієї заправки до іншої:

$$X = 2 \cdot B_p \cdot n_{кр} \quad (1.12)$$

$$X_c = 2 \cdot 10,8 \cdot 5 = 108,6 \text{ м}$$

$$X_m = 2 \cdot 10,8 \cdot 10 = 216 \text{ м}$$

Визначаємо коефіцієнт робочих ходів агрегату:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 6R + 2e} \quad (1.13)$$

де  $e$  – довжина виїзду апарату, м;

$$e = 0,5 \cdot l_a = 0,5 \cdot 12,54 = 6,27 \text{ м} \quad (1.14)$$

де  $l_a$  – кінематична довжина апарату, м;

$$l_a = l_m + l_{зч} + l_c = 2,35 + 6,7 + 3,49 = 12,54 \text{ м} \quad (1.15)$$

де  $l_m$  – довжина транспортеру, м;

$l_c$  – довжина сівалки, м;

$l_{зч}$  – довжина зчіпки, м.

$$\varphi = \frac{413,6}{413,6 + 6 \cdot 10,8 + 2 \cdot 6,27} = 0,84$$

Визначаємо затрати часу на технологічний цикл:

$$t_{ц} = t_p + t_{зч} + t_{нов} + t_{зм} \quad (1.16)$$

$$W_{Г} = \frac{W_{зм}}{T_{зм}} = \frac{27,5}{7} = 3,93 \text{ га/год.} \quad (1.17)$$

Визначаємо кількість транспортних засобів необхідних для обслуговування посівних агрегатів:

$$n_{Г} = \frac{W_{Г} \cdot U_{дон} \cdot t_0}{g_{ме}} \quad (1.18)$$

де  $t_0$  – час повороту транспортного засобу, год.;

$g_{ме}$  – вантажопідйомність транспортного засобу, кг.

$$t_0 = \frac{S_p}{V_p} + \frac{S_x}{V_x} + t_{ноч} + t_{роз} \quad (1.19)$$

$$t_{ноч} = \frac{g_{ме}}{W_{ноч}} = \frac{3200}{60000} = 0,052 \text{ год} \quad (1.20)$$

$$t_{\text{паз}} = \frac{g_{\text{ме}}}{W_{\text{паз}}} = \frac{3200}{30000} = 0,12 \text{ год} \quad (1.21)$$

$$t_0 = \frac{3}{20} + \frac{3}{30} + 0,05 + 0,1 = 0,42 \text{ год}$$

$$n_T = \frac{3,93 \cdot 160 \cdot 0,4}{3200} = 0,08$$

Приймаємо  $n_T = 1$

Визначаємо витрати палива на одиницю роботи:

$$g = \frac{G_{\text{ПП}} \cdot T_p + G_{\text{нх}} \cdot T_{\text{нов}} + G_{\text{ест}} \cdot T_0}{W_{\text{зм}}} \quad (1.22)$$

де  $G_{\text{ПП}}, G_{\text{нх}}, G_{\text{ест}}$  – витрата палива при роботі, на поворотах, на спусках, кг/год.;

$T_0$  – час зупинок з працюючим двигуном, год.

$$T_0 = T_{\text{ГО}} + T_{\text{нф}} = 0,21 \cdot 0,5 = 0,51 \text{ год}$$

$$g = \frac{15 \cdot 3 + 9 \cdot 0,9 + 1,8 \cdot 0,51}{27,5} = 1,96 \text{ кг/га}$$

Визначаємо затрати часу та праці:

$$z_T = \frac{m}{W_{\text{год}}} = \frac{3}{3,93} = 0,76$$

де  $m$  – кількість осіб, що обслуговують агрегат.

Визначаємо час чистої роботи за один цикл:

$$t_p = \frac{2L_p \cdot \Pi_{\text{кр}}}{10^3 \cdot V_p} = \frac{2 \cdot 413,6 \cdot 5}{10^3 \cdot 8,45} = 0,5$$

Визначаємо час одного повороту:

$$t_{\text{нов}} = \frac{2\Pi_{\text{кр}}(6R + 2e)}{10^3 \cdot V_{\text{нов}}} = \frac{2 \cdot 5(6 \cdot 10,8 + 2 \cdot 6,27)}{10^3 \cdot 8,45} = 0,15$$

$$t_{\text{ц}} = 0,5 + 0,13 + 0,15 + 0,09 = 0,87.$$

### 1.5 Догляд за посівами

В якості регуляторів росту використовують 60% розчин тура. Обробіток насіння туром в нормі 5 кг на 1 тону насіння одночасно з протруюванням дає можливість кращого кушення. Для боротьби з мишовидними гризунами восени,

до настання морозів у жилі нори слід розкласти отруєні принади з роденфосу, застосовують також шторм або бактероденцид.

Весняний догляд за посівами озимого ячменю заключається в підживленні рослин азотом з врахуванням фаз розвитку. При оцінці стану посівів озимого ячменю після зимівлі визначаються цілі по догляду за нею. Озимий ячмінь часто уражується борошнистою росою, іржею, смугастим гельмінтоспориозом, сажковими та вірусними хворобами. При появі перших ознак захворювання посіви обробляють високоефективними фунгіцидами.

### 1.6 Збирання озимого ячменю

Озимий ячмінь, вирощений за інтенсивною технологією, можна збирати як роздільним способом, так і прямим комбайнуванням. Спосіб збирання обирають виходячи із того яка техніка є, особливості сорту, погодних умов та інших факторів.

В дипломній роботі збирання озимого ячменю пропонується як роздільним, так і прямим комбайнуванням. Термін збирання визначається окремо для кожного поля. Висота стерні при роздільному збиранні 15...20 см, в залежності від густоти і висоти рослин.

## 2 ОБГРУНТУВАННЯ НАБОРУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ

### 2.1 Складання технологічної карти на виробництво озимого ячменю

Технологічна карта розробляється окремо на кожну культуру на всю площу посіву. Повна площа посіву під відповідну культуру береться у відповідності з завданням. Врожайність продукції приймається з урахуванням прогресивної технології з урахуванням прогресивної технології вирощування і береться з перспективних планів розвитку господарства. Вихід побічної продукції рослинництва береться в процентному відношенні від виходу основної продукції.

Вибір попередника і основного обробітку ґрунту здійснюється з науково обґрунтованого системою сівозмін. Норми внесення добрив, гербіцидів, ядохімікатів і норми висіву насіння приймаються у відповідності з рекомендаціями для зони степу України.

Віддаль перевезення насіння, добрив, основної і побічної продукції приймається в відповідності з планом землекористування господарства. В перелік сільськогосподарських робіт (графа 2) технологічної карти включаються всі операції які необхідно виконати для одержання кінцевої продукції.

В графі 3 проставляються основні агротехнічні вимоги (глибина обробітку, норма висіву, тощо).

Обсяг робіт (графа 4) визначається посівною площею, кратністю обробітку, для транспортних робіт і навантажувальних робіт – валовим виходом основної і

побічної продукції, кількістю перевезених вантажів:

$$Q = k \cdot F \quad (2.1)$$

$$Q_{II} = g \cdot F \quad (2.2)$$

$$Q_T = Q_{II} \cdot S \quad (2.3)$$

де  $Q$ ,  $Q_{II}$ ,  $Q_T$  – відповідно, обсяг польових робіт, навантажувальних робіт, транспортних робіт;

$k$  – кратність обробітку;

$g$  – норма внесення, т/га;

$S$  – віддаль перевезення, км.

$$Q = 2 \cdot 342 = 648_{га}$$

$$Q_{II} = 1 \cdot 342 = 342_{т}$$

$$Q_T = 342 \cdot 5 = 1710_{км}$$

Календарні агротехнічні строки виконання сільськогосподарських робіт (графа 5) проставляється у відповідності з типовими технологічними картами для зони розміщення відповідного господарства.

Кількість робочих днів (графа 6) за агротехнічний строк визначається по формулі:

$$D_p = D_k \cdot \alpha \quad (2.4)$$

де  $D_p$  і  $D_k$  – відповідно, кількість робочих і календарних днів за агротехнічний строк;

$\alpha$  – коефіцієнт використання календарного часу.

$$D_p = 4 \cdot 1 = 4$$

В графі 7 вказується тривалість робочого дня в годинах. Доцільно планувати роботу агрегатів на протязі світового дня. Кількість змін за робочий день підраховується за формулою:

$$K_{зм} = \frac{T_{\delta}}{T_{зм}} \quad (2.5)$$

де  $K_{зм}$  – коефіцієнт змінності;

$T_{\delta}$  – тривалість робочого дня, годин;

$T_{зм}$  – тривалість робочого часу зміни.

$$K_{зм} = \frac{14}{2} = 7$$

В графі 9, 10, 11, та 12 вноситься марка машин, які входять в агрегати і їх кількість. При цьому необхідно використовувати технологічні комплекси

машин, що рекомендовані для даної зони системою машин, які мають найвищу продуктивність, найменшу гектарну витрату палива і найменші прямі експлуатаційні витрати.

Кількість механізаторів і допоміжних працівників, обслуговуючих машинний апарат, визначаються з технологічних характеристик і залишаться в графі 13 і 14.

В графі 15 і 17 заповнюються відповідно змінна норма виробітку і норма витрат палива, які прийняті в господарстві, або взяті з типових норм.

Вирібок агрегату за агротехнічний строк визначається за формулою:

$$W_{спр} = W_{зм} \cdot D_p \cdot K_{зм} \quad (2.6)$$

$$W_{спр} = 60 \cdot 4 \cdot 7 = 168$$

де  $W_{зм}$  – норма обробітку агрегату за строк, яка заноситься в графу 16.

Потреба машинних агрегатів для виконання даного обсягу робіт визначається за формулою (графи 18, 19, 20):

$$n_a = \frac{Q}{D_p \cdot K_{зм} \cdot T_{зм} \cdot W} \quad (2.7)$$

де Q – обсяг робіт, га;

$D_p$  – кількість робочих днів;

$K_{зм}$  – коефіцієнт змінності;

W – годинна продуктивність агрегату, га/год.;

$$n_a = 5$$

Потреба механізаторів і допоміжних робітників (графи 21, 22) визначається множенням граф 13, 14 на кількість агрегатів (графа 18).

Потреба в паливі визначається за формулою:

$$G_i = g \cdot Q \quad (2.8)$$

де g – норма витрати, кг/га.

$$G_i = 42 \text{ кг}$$

і заноситься в графу 23 даної технологічної карти.

Затрати праці на одиницю роботи заносяться в графу 24 і визначаються за формулою:

$$h = \frac{(m_0 + m_g)}{W_{зм}} T_{зм} \quad (2.9)$$

де  $m_0$  – кількість механізаторів;

$m_g$  – кількість допоміжних працівників;

$W_{зм}$  – змінна продуктивність, га/зм.;

$T_{зм}$  – час зміни, годин.

$$h = 0,18$$

Затрати праці на весь обсяг робіт (графа 25) визначається за формулою:

$$H_i = h \cdot Q \quad (2.10)$$

$$H_i = 61,6 \text{ люд.год.}$$

Прямі експлуатаційні витрати (графа 26) беруться з довідкової літератури.

Кількість годин роботи тракторів (графи 27, 28, 29, 30) визначаються за формулою

$$T_i = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \quad (2.11)$$

$$T_i = 63 \text{ год.}$$

Коефіцієнт переводу в умовні еталонні трактори вибираються із довідкової літератури і заносять в графу 31.

Обсяг робіт в умовних гектарах (графа 32) знаходиться з виразу:

$$\Omega = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \lambda_{у.м.} \quad (2.12)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт переведення в умовні еталонні трактори.

$$\Omega = 69,3 \text{ ум.га}$$

В графі 33 приводиться загальна сума прямих експлуатаційних витрат.

## 2.2 Побудова графіків використання тракторів

При побудові графіка використання тракторів по осі абсцис відклали заданий календарний період виконання польових робіт, а по осі ординат – установлену розрахунком кількість тракторів відповідних марок, що необхідна для виконання запланованого обсягу робіт по операції. Кожній операції на графіку відповідає прямокутник, основою якого є тривалість виконання операції



в календарних днях, а висотою – кількість тракторів, зайнятих на виконанні даної операції.

Графік використання всіх запланованих марок тракторів будували на одній календарній шкалі. Якщо строки проведення робіт по кількох операціях збігалися, то прямокутники на графіках відповідних марок тракторів будували один над другим. Загальна висота їх дорівнює в масштабі кількості тракторів, необхідних у даний період для виконання запланованих робіт.

Кожний прямокутник кодували номером тієї операції, на виконання якої запланований даний трактор.

Побудова графіків використання тракторів дає змогу визначити комплекс машин для виконання циклу механізованих робіт по вирощуванню даної культури, визначити завантаження тракторного парку. Це дозволить ще на ранній стадії виявити прорахунки в розподілі тракторів за операціями, встановити причину підвищеної потреби в тракторах та механізаторах.

В результаті побудови графіка використання тракторів встановлено, що для вирощування пшениці на площі 600 га необхідно мати: два трактори Т-150, чотири трактори МТЗ-80, шість тракторів ЮМЗ-6, два – Т-150К і один трактор Т-25.

### 2.3 Побудова графіка використання сільськогосподарських машин

Після побудови графіка використання тракторів будували графік використання сільськогосподарських машин. Для цього по осі абсцис відкладали календарні дати, а по осі ординат - найменування та марку сільськогосподарських машин та сумарну потребу в цих машинах. Використання сільськогосподарських машин на графіках позначали лінією, паралельною осі абсцис, довжина якої у відповідному масштабі дорівнює розрахунковій тривалості роботи сільськогосподарської машини на виконанні технологічної операції. Над лінією проставляли розрахункову кількість тих машин, що використовуються на даній операції, а під лінією – номер цієї операції в технологічній карті.

Після побудови графіка по ньому визначали найбільшу кількість машин кожної марки, одночасно зайнятих на виконанні технологічних операцій, яку і приймали за потребу в них. Результати розрахунків необхідної кількості сільськогосподарських машин приведені на листі графічної частини роботи.

### 3 СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Впровадження інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, спрямоване на збереження та підвищення родючості ґрунтів за рахунок внесення добрив і хімічних меліорантів. Добрива містять в собі основні елементи живлення рослин: фосфор Р, калій К, азот N і речовини, які покращують фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту і сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських рослин.

Промисловість випускає мінеральні добрива у вигляді гранул розміром 1-5 мм, кристалів, порошків або рідин [4]. Залежно від вмісту поживних речовин мінеральні добрива бувають прості (вміщують один елемент) і складні (вміщують два або три поживних елементи). Рідкі мінеральні добрива, до складу яких входить кілька поживних елементів, одержали назву комплексних (РКД).

Способи внесення добрив визначаються агротехнікою вирощування культур. Залежно від періоду внесення розрізняють передпосівний, припосівний і післяпосівний (підживлення) способи внесення добрив.

Передпосівний спосіб (його також називають основним, суцільним або розкидним) застосовують для внесення основної маси туків, всіх меліорантів. Рівномірно розкидані (розсіяні) по полю добрива при суцільному внесенні заробляють в ґрунт на глибину 10 – 20 см плугом або культиватором.

Припосівне внесення виконують одночасно з посівом. Вносять добрива в ґрунт разом з насінням або поблизу нього.

Підживлюють сільськогосподарські культури одночасно з культивацією міжрядь; культури суцільного висіву – наземними агрегатами, для пересування яких при сівбі утворюють технологічну колію, за несприятливих умов прохідності при підвищеній вологості – авіацією. Все ширше застосовують передпосівне внутрішньоґрунтове внесення туків, які розміщують стрічками, рядками, гніздами у волого забезпеченому шарі ґрунту. Це дозволяє знизити витрати добрив, зменшити їх змивання стічними водами, полегшити керування розвитком рослин.

Для механізації всіх операцій технологічного процесу внесення добрив складають технологічні комплекси. Залежно від виду добрив, віддалі до поля і наявного набору машин застосовують прямоточну, перевантажувальну і перевалочну технології внесення добрив.

При прямоточній технології добрива завантажують на складі в розкидач, який транспортує їх до поля і вносить у ґрунт. При перевантажувальній – добрива із сховища завантажують у транспортні засоби, вивозять в поле, перевантажують в польовий розкидач і вносять в ґрунт. При перевалочній технології добрива із сховища вивозять в поле і вивантажують в купи або в пересувні місткості. У встановлені агротехнікою строки добрива з куп завантажують в розкидачі і вносять у ґрунт.

Машина для внесення добрив класифікують за такими ознаками:

- за призначенням – для підготовки і навантаження мінеральних добрив; внесення твердих, пиловидних і рідких мінеральних добрив;
- за способом агрегування – самохідні, причіпні, начіпні та напівначіпні;
- за кількістю виконуваних операцій – машини для внесення добрив і комбіновані агрегати.

При внесенні добрив дотримують таких агротехнічних вимог. Злежалі мінеральні добрива перед використанням подрібнюють і просіюють. Розмір частинок після подрібнення повинен бути не більше 5 мм, вміст частинок розміром 1 мм допускається до 6 %.

Під час розтарювання втрати добрив з паперовою мішкотарою не повинні перевищувати 1 %, а з поліетиленою – 0,5 %. Вміст шматків мішкотари в подрібнених добривах не повинен перевищувати 3 % від маси паперових і 0,8 % від маси поліетиленових мішків.

При змішуванні добрив вологість вихідних компонентів не повинна відрізнятись від стандартної більш як на 25 %. Відхилення від заданого співвідношення поживних елементів у тукосуміші допускається не більше  $\pm 5\%$ , а неоднорідність суміші – не більше  $\pm 10\%$ .

Відхилення фактичної дози від заданої при внесенні мінеральних добрив допускається не більше  $\pm 5 \%$ , нерівномірність розподілу добрив по ширині захвату – до  $\pm 15 \%$ , необроблені поворотні смуги і пропуски між суміжними проходами агрегату не допускаються. Розрив між внесенням добрив і їх зароблюванням в ґрунт не повинен перевищувати 12 годин.

## УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

### 4.1 Обґрунтування актуальності вдосконалення машини

Ефективність внесення мінеральних добрив залежить від дотримання строків, доз і якості внесення добрив при правильній організації і повній механізації робіт.

Для підвищення якості внесення добрив стає все більш актуальним питання про створення нових, більш ефективних машин для внесення мінеральних добрив.

В даному дипломному проекті проводимо удосконалення базової машини РУМ-5. Удосконалення полягає в заміні серійного розкидаючого пристрою. Замість двох розкидальних дисків встановлюємо пневматичний пристрій, принцип дії якого оснований на інтенсивній подачі потоку повітря від вентилятора до розкидаючого пристрою.

Перевагою такого технічного рішення є рівномірне розподілення мінеральних добрив по полю. Конструктивна розробка вдосконаленої машини представлена на листах графічної частини проекту. Ця машина повинна, також, відповідати агротехнічним вимогам, які представлені в другому розділі розрахунково-пояснювальної записки.

Впровадження такої машини дозволяє підвищити ефективність використання мінеральних добрив, підвищити продуктивність змінного часу роботи машини.

При розрахунках параметрів удосконаленого розкидача мінеральних добрив використовуємо методики теоретичної та прикладної механіки та теорії сільськогосподарських машин.

### 4.2 Розрахунок параметрів і режиму роботи

#### 4.2.1 Розрахунок основних параметрів бункера

Ємність бункера машини визначається з виразу:

$$V = \frac{G}{\gamma_{CP}} \quad (4.1)$$

де  $G$  – вантажопідйомність машини,  $G = 6$  т;

$\gamma_{CP} = 1,15$  т/м<sup>3</sup> - середня об'ємна маса добрив.

$$V = \frac{6}{1,15} = 5,24 \text{ м}^3$$

Приймаємо форму бункера розкидача в вигляді урізаної піраміди, як найбільш поширену на серійних машинах. Така форма зменшує зависання добрив в кутках бункера і знижує навантажувальну висоту машини. З метою усунення зависання добрив в бункері кут нахилу стінок бункера до горизонту має бути більшим кута природного укосу добрив, який дорівнює 40...45°. Приймаємо  $\alpha = 50^\circ$ .

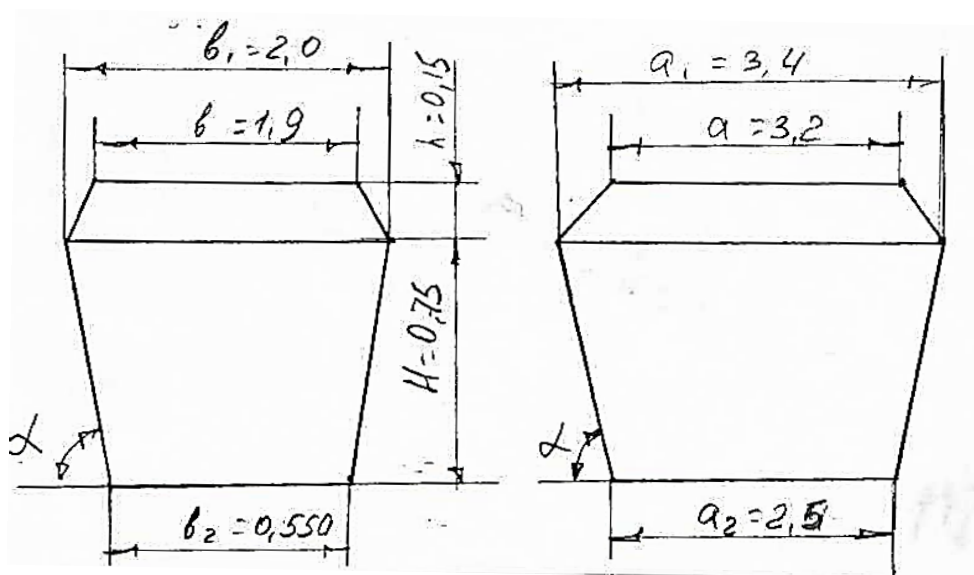


Рисунок 4.1 - Розрахункова схема бункера машини

Об'єм бункера визначаємо за формулою:

$$V = \frac{H}{6} [(2a + a_1)(b + b_1)] + \frac{h}{6} [(2a + a_2)(b + b_2)], \quad (4.2)$$

де  $H$  – висота бункера, м;

$h$  – висота борта, м;

$b_1$  – найбільша ширина верхньої частини бункера, м;

$b$  – ширина бортів, м;

$b_2$  – ширина нижньої частини бункера, м;

$a_1$  – довжина верхньої частини бункера, м;

$a$  – довжина бортів, м;

$a_2$  – довжина нижньої частини бункера, м.

$$V = \frac{0,75}{6} [(2 \cdot 3,2 + 3,4)(1,9 + 2,0)] + \frac{0,15}{6} [(2 \cdot 3,2 + 2,5)(1,9 + 0,55)] = 5,31 \text{ м}^3$$

#### 4.2.2 Вибір параметрів вентилятора

Оптимальними параметрами і режимами пневматичного апарата являються:

- діаметр пневмопроводу,  $d = 0,2$  м;
- швидкість повітря в пневмопроводі,  $V = 40$  м/с;

Розрахункові коефіцієнти:

- коефіцієнт розгону матеріала  $\beta = 1,2$ ;
- коефіцієнт пневмотранспорту  $\kappa = 1,3$ .

Основою розрахунків пневмотранспортної системи є визначення оптимальних параметрів вентилятора, головним з яких є витрати повітря і тиск [10].

Витрати повітря розраховуються за формулою:

$$Q_B = V \frac{\pi d^2}{4} = 40 \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 1,26 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.3)$$

Натиск, який створює вентилятор, повинен компенсувати втрати тиску на вихід аеросуміші в атмосферу. Втрати статичного тиску складаються з втрат при переміщенні чистого повітря (ділянка від перерізу I-I (рис.4.2) до IV-IV) і втрат при рухові аеросуміші (ділянка від перерізу IV-IV до VI-VI).

На рис. 4.2. зображено схему ділянки пневмопроводу, яка з'єднує вентилятор з найбільш віддаленою точкою розсіву.



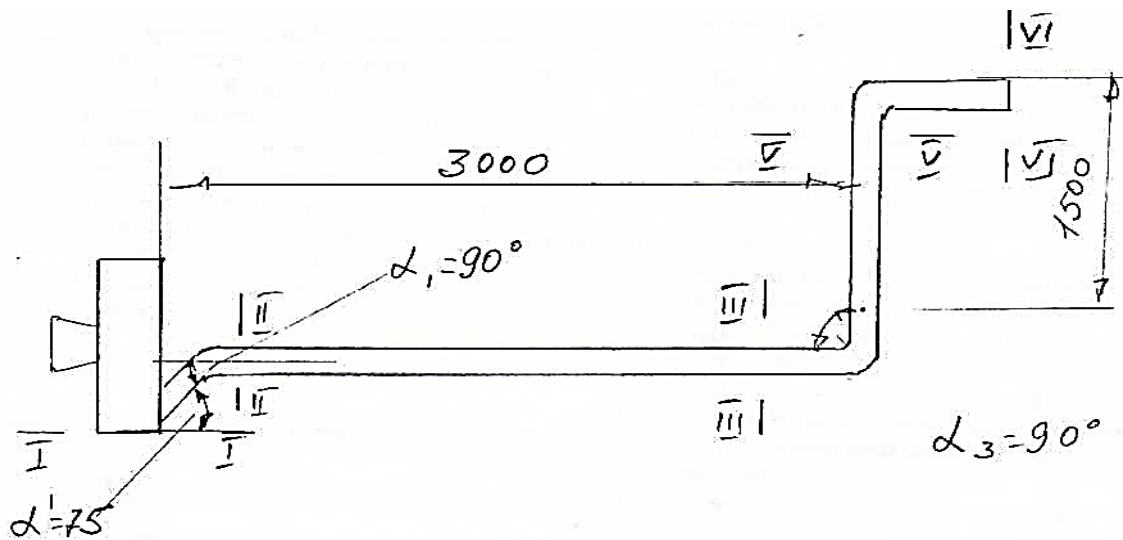


Рисунок 4.2 - Розрахункова схема пневмотраси

Розрахунок виконуємо для найбільш несприятливого випадку (дальньої ділянки виходу аеросуміші).

Визначаємо масову концентрацію аеросуміші при пневмотранспортуванні:

$$\mu = \frac{G_M}{G_B}, \quad (4.4)$$

де  $\mu$  - масова витратна концентрація аеросуміші;

$G_M = 2,78$  кг/с - масова витратна концентрація матеріалу;

$G_B$  - масова витратна концентрація повітря, кг/с.

$$G_B = Q_B \cdot \rho = 1,26 \cdot 1,2 = 1,51 \text{ кг/с} \quad (4.5)$$

де  $\rho$  - об'ємна маса повітря, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>.

Тоді:

$$\mu = \frac{2,78}{1,51} = 1,84$$

Втрати тиску  $\Delta P_1$  для чистого повітря дорівнюють:

$$\Delta P_1 = \sum \left( l \frac{\lambda}{D} + \sum_1^n \xi \right) \frac{\rho \cdot V_B^2}{2}, \quad (4.6)$$

де  $n$  - число ділянок пневмопроводу і місцевих опорів;

$l$  - довжина ділянки від вентилятора до місця подачі матеріалу в пневмопровід м;

$\lambda = 0,02$  – коефіцієнт тертя повітря по металу;

$\xi = 1,45$  – коефіцієнт місцевих опорів.

$$\Delta P_1 = \left[ (3+1) \frac{0,02}{0,2} + 1,45 \right] \frac{1,2 \cdot 40^2}{2} = 1776 \text{ Н/м}^2.$$

Для ділянки пневмопроводу, де рухається суміш матеріалу з повітрям (від ІУ-ІУ до УІ-УІ), втрати тиску складаються з втрат тиску на розгін матеріалу, на переміщення аеросуміші і на вихід потоку з пневмопроводу в атмосферу.

Втрати тиску на розгін матеріалу визначаються з виразу:

$$\Delta P_2 = \beta \cdot \mu \frac{P_B \cdot V_B^2}{2 \cdot \eta_p} \quad (4.7)$$

де  $\eta_p$  - коефіцієнт корисної дії ежекторного приймачника в місці введення матеріалу;

$\beta$  - коефіцієнт опору в місці введення матеріалу.

$$\Delta P_2 = 1,2 \cdot 1,84 \frac{1,2 \cdot 40^2}{2 \cdot 0,6} = 3533 \text{ Н/м}^2.$$

Втрати тиску на переміщення аеросуміші по пневмопроводу будуть дорівнювати:

$$\Delta P_3 = (1 + K \cdot \mu) l \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{\rho_B V_B^2}{2} \quad (4.8)$$

де  $K$  – коефіцієнт переміщення аеросуміші;

$D$  – діаметр пневмопроводу, м.

$$\Delta P_3 = (1 + 1,3 \cdot 1,84) \cdot 4 \cdot \frac{0,02}{0,2} \cdot \frac{1,2 \cdot 40^2}{2} = 1302 \text{ Н/м}^2.$$

Втрати тиску на вихід потоку в атмосферу дорівнює динамічному напору в вихідному перерізі:

$$\Delta P_4 = \frac{\rho_B \cdot V_B^2}{2} \quad (4.9)$$

$$\Delta P_4 = \frac{1,2 \cdot 40^2}{2} = 960 \text{ Н/м}^2.$$

Сумарні втрати будуть дорівнювати:

$$P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 \quad (4.10)$$

$$P = 1776 + 3533 + 1302 + 960 = 7571 \text{ Н/м}^2.$$

По отриманому значенню тиску і витратам повітря вибираємо вентилятор ОН-186 № 8, який працює в режимі:  $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$ , ККД -  $\eta_{\text{вент}} = 0,7$ .

Потужність, яка необхідна вентилятору, дорівнює:

$$N = \frac{G_B \cdot P}{100 \cdot \eta_{\text{BEN}}} \quad (4.11)$$

$$N = \frac{151 \cdot 7571}{100 \cdot 0,7} = 16300 \text{ Вт} = 16,3 \text{ кВт.}$$

Проводимо розрахунок приводу вентилятора. Для приводу вентилятора приймаємо наступну кінематичну схему (рис. 4.3).

Вентилятор приводиться в рух від ВВП трактора через клинопасову передачу, проміжний вал, редуктор з певним передаточним відношенням, клинопасову передачу.

Виходячи з технологічного розрахунку частота обертання ротора вентилятора становить  $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$  і частота обертання ВВП трактора  $n = 1050 \text{ хв}^{-1}$ .

Виходячи з конструктивних міркувань приймаємо проміжну клинопасову передачу з передаточним числом  $i = 1$ , а редуктор – з передаточним числом  $i = 1$ . Необхідне передаточне число всього приводу вентилятора буде становити:

$$i = \frac{3000}{1050} = 2,86.$$

Тоді передаточне відношення другої клинопасової передачі повинно бути  $i = 2,86$ . Приймаємо діаметр відомого шків ротора вентилятора  $d_1 = 100 \text{ мм}$ . Визначаємо діаметр ведучого шків:

$$d_2 = d_1 \cdot i(1 - \varepsilon) \quad (4.12)$$

$$d_2 = 100 \cdot 2,86 (1 - 0,02) = 228,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d_2 = 230 \text{ мм}$ .

Враховуючи передаточне відношення ( $i = 2,86$ ) і оберти вала вентилятора ( $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$ ), приймаємо передачу приводу вентилятора через клиновий пас.

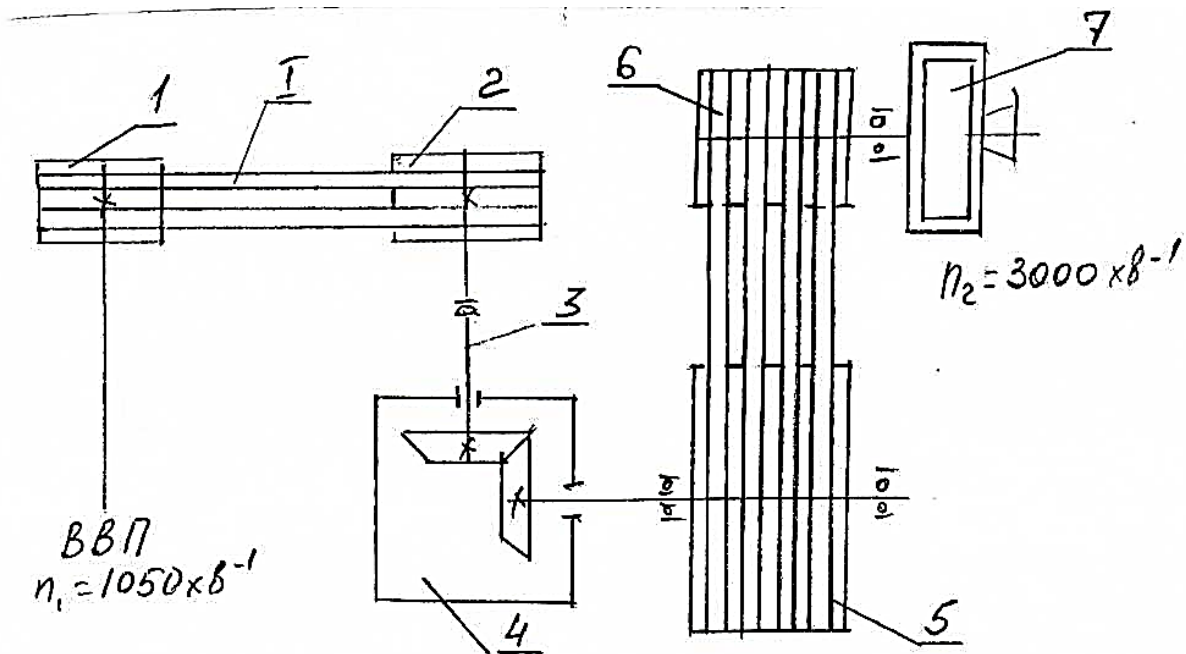


Рисунок 4.3 - Схема приводу вентилятора: 1- ведучий шків; 2 - відомий шків; 3 – проміжний вал; 4 – редуктор; 5 – ведучий шків; 6 – відомий шків; 7 – вентилятор

Виходячи з потужності, яка передається на валу вентилятора (4,62 кВт) приймаємо клиновий пас типу Б. Діаметр меншого (відомого шківа)  $d = 100$  мм. Тоді лінійна швидкість паса буде дорівнювати:

$$V = \omega \cdot R = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \quad (4.13)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 3000}{60} = 15,7 \text{ м/с.}$$

При такій лінійній швидкості один пас може передати близько 1,5 кВт. Значить необхідна кількість пасів повинна бути:

$$m = \frac{4,62}{1,5} = 3,1$$

Приймаємо для надійності 4 паси.

#### 4.2.3 Розрахунок проміжної ланцюгової передачі

На працездатність ланцюга в більшій мірі впливає частота ударів його ланок. За один обхід ланцюга по контуру кожна ланка ланцюга піддається ударам чотири рази [11].

Два удари приходяться на зуби ведучої і відомої зірочки в момент входження у впадину зуба і два удари як результат центрального удару послідуєючої ланки, яка входить в зчеплення з зубами зірочок.

Найбільшого значення досягає удар ланки по зубу ведучої зірочки з боку ведучої вітки. Кількість ударів ланки в секунду визначаємо за формулою:

$$v = \frac{2z_1 \cdot \omega_1}{\pi \cdot L_t} \quad (4.14)$$

де  $z_1 = 12$  – кількість зубів на ведучій зірочці;

$\omega_1 = 0,93 \text{ с}^{-1}$  – окружна швидкість зірочки;

$L_t = 120 \text{ мм}$  – довжина ланцюга.

Кількість допустимого числа ударів ланки ланцюга в секунду визначається в залежності від шагу ланцюга. Для шагу 25,4 мм  $[v]$  відповідає 30 ударам

$$v = \frac{2 \cdot 12 \cdot 0,93}{3,14 \cdot 120} = 0,3 \leq 30,$$

тобто умова  $v \leq [v]$  виконується.

Визначаємо сили, які діють в вітках ланцюга і сили тиску на вали.

Окружна сила

$$F_t = \frac{1000 \cdot P}{V} \quad (4.15)$$

де  $P = 0,4 \text{ кВт}$  – потужність, яка передається передачею;

$V = 0,08 \text{ м/с}$  – швидкість руху ланцюга.

$$F_t = \frac{1000 \cdot 0,4}{0,08} = 5500 \text{ Н.}$$

Визначаємо силу натягу ланцюга від провисання:

$$F_g = K_f \cdot g \cdot a \cdot q, \quad (4.16)$$

де  $K_f$  – коефіцієнт провідності, який вибирається в залежності від кута нахилу ланцюга до горизонту. Приймаємо  $K_f = 2$ ;

$q = 2,6 \text{ кг/м}$  погонна маса ланцюга;

$a$  – міжосьова відстань.

$$F_g = 2 \cdot 2,6 \cdot 0,68 \cdot 9,8 = 34,3 \text{ Н}$$

Сила натягу ланцюга від відцентрових сил дорівнює:

$$F_{\text{ц}} = q \cdot V^2 = 2,6 \cdot 0,08^2 = 0,01 \text{ Н} \quad (4.17)$$

Визначаємо загальне зусилля в ведучій вітці ланцюга:

$$F_3 = F_t \cdot K + F_g + F_{\text{ц}} \quad (4.18)$$

$$F_3 = 5500 \cdot 1,25 + 34,3 + 0,01 = 6634,31 \text{ Н}$$

Загальне зусилля в відомій вітці ланцюга дорівнює:

$$F_{\text{зар2}} = F_g + F_{\text{ц}} \quad (4.19)$$

$$F_{\text{зар2}} = 34,3 + 0,01 = 34,31 \text{ Н}$$

Сили, які діють на вали ведучої і відомої зірочки:

$$F_{10} = F_t \cdot K_D + 2F_g, \quad (4.20)$$

де  $K_D$  - динамічний коефіцієнт.

$$F_{10} = 5500 \cdot 1,25 + 2 \cdot 34,3 = 6668,6 \text{ Н}$$

Схема сил зображена на рис. 4.4. Перевірка ланцюга по питомому тиску в шарнірах проводиться по формулі:

$$P = \frac{F_t \cdot K_E}{\rho \cdot m_p \cdot 10^2} \leq [P] \quad (4.21)$$

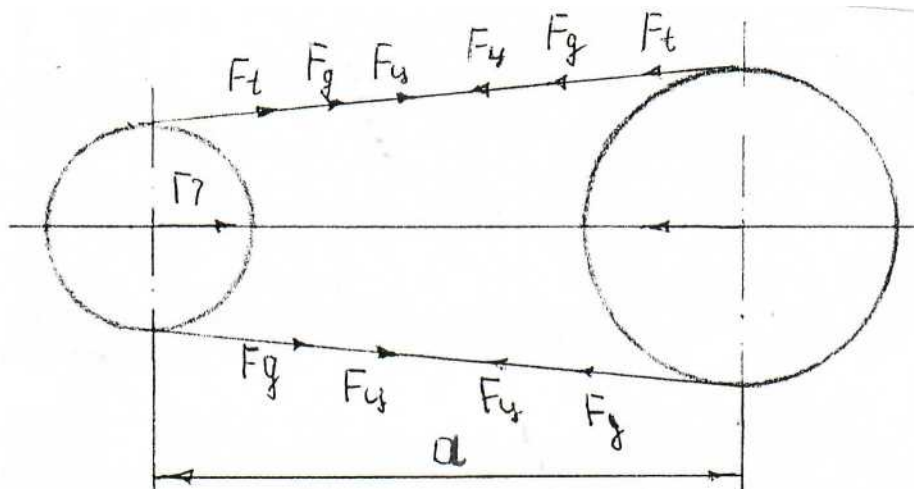


Рисунок 4.4 - Схема сил в ланцюговій передачі

де  $\rho = 1,79 \text{ см}^2$  – проекція опорної поверхні шарнірна однорядного ланцюга;

$[P]$  – допустимий питомий тиск в шарнірах ланцюга.

$$P = \frac{5500 \cdot 14}{1,79 \cdot 1 \cdot 10^2} = 36.$$

Перевантаження становить 3 %, що допускається (до 5 %). Запас міцності ланцюга визначаємо за формулою:

$$S = \frac{Q}{P_{31}} \geq [S] \quad (4.22)$$

де  $[S]$  – додатковий запас міцності ланцюга;

$Q = 60$  кН – руйнуюче навантаження для ланцюга.

$$S = \frac{60}{6,634} = 10$$

Це значення задовольняє умову. Значить вибраний нами ланцюг підходить для даних умов роботи.

#### 4.2.4 Розрахунок вала на міцність

Значення сил, які діють на шестерню, визначаємо за формулами [12]:

$$T_M = P_M \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi_M \quad (4.23)$$

$$P_{o.c} = P_M \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi_M \quad (4.24)$$

$$P_M = \frac{2 \cdot 716200 \cdot N}{d_{CP} \cdot n_M} \quad (4.25)$$

де  $T_M$  – радіальна сила;

$P_{o.c}$  – осьова сила;

$P_M$  – окружна сила;

$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 20^\circ = 0,364$  – кут евольвентного зчеплення;

$\varphi_M$  - кут при вершині початкового конуса шестерні:

$$\varphi_M = \operatorname{arctg} \frac{1}{i} \quad (4.26)$$

$i = 1$  – передаточне число редуктора;

$$\varphi_M = \operatorname{arctg} \frac{1}{1} = 45^\circ;$$

$N$  – потужність, яку передає редуктор;

$d_{cp} = 80$  мм – середній діаметр шестерні;

$n_{ш} = 1050$  – число обертів вала шестерні.

$$P_{ш} = \frac{2 \cdot 716200 \cdot 7}{80 \cdot 1050} = 1200 \text{ Н}$$

$$T_{ш} = 1200 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 45^\circ = 302,4 \text{ Н}$$

$$P_{oc} = 1200 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \sin 45^\circ = 302,4 \text{ Н}$$

Визначаємо реакції в опорах

а). Фронтальна площина:

$$\sum M_B = b \cdot R_A^\phi - \frac{d_{cp}}{2} \cdot P_{oc} + (a+b)T_{ш} = 0$$

$$\sum M_A = -b \cdot R_B^\phi + a \cdot T_{ш} - \frac{d_{cp}}{2} \cdot P_{oc} = 0$$

$$R_A^\phi = \frac{\frac{d_{cp}}{2} \cdot P_{oc} - (a+b)T_{ш}}{b} = \frac{0,08 \cdot 302,4 - (0,06 + 0,1) \cdot 302,4}{0,1} = -362,8 \text{ Н}$$

$$R_B^\phi = \frac{a \cdot T_{ш} - \frac{d_{cp}}{2} \cdot P_{oc}}{b} = \frac{0,06 \cdot 302,4 - \frac{0,08}{2} \cdot 302,4}{0,1} = 60,4 \text{ Н}$$

Перевірка:

$$R_B^\phi + R_a^\phi + T_{ш} = 60,4 - 362,8 + 302,4 = 0$$

б). Горизонтальна площина:

$$\sum M_A = -a \cdot P_{ш} - b \cdot R_B^\Gamma = 0$$

$$\sum M_B = -(a+b) \cdot P_{ш} + b \cdot R_A^\Gamma$$

$$R_B^\Gamma = \frac{-a \cdot P_{ш}}{b} = \frac{-0,06 \cdot 1200}{0,1} = -720 \text{ Н}$$

$$R_A^\Gamma = \frac{(a+b) \cdot P_{ш}}{b} = \frac{(0,06 + 0,01) \cdot 1200}{0,1} = 1920 \text{ Н}$$

Перевірка:

$$R_B^\Gamma + R_a^\Gamma - P_{ш} = -720 + 1920 - 1200 = 0$$

Визначаємо результуючі реакції в опорах:



$$R_A = \sqrt{(R_A^\phi)^2 + (R_A^r)^2} = \sqrt{(-362,8)^2 + 1920^2} = 2236,6 \text{ Н}$$

$$R_B = \sqrt{(R_B^\phi)^2 + (R_B^r)^2} = \sqrt{60,4^2 + (-720)^2} = 722,5 \text{ Н}$$

Визначаємо згинаючі моменти:

$$M_C^\phi = \frac{d_{CP}}{2} \cdot P_{OC} = 0,04 \cdot 302,4 = 12,1 \text{ Н}$$

$$M_A^\phi = a \cdot T_{ш} - \frac{d_{CP}}{2} \cdot P_{OC} = 0,06 \cdot 302,4 - 0,04 \cdot 302,4 = 60,5 \text{ Н}$$

$$M_A^r = a \cdot P_{ш} = 0,06 \cdot 1200 = 72,0 \text{ Н}$$

Як видно з рис. 4.5, самий більший сумарний згинаючий момент буде в опорі А.

Фронтальна площина:

$$M_{3.c.} = \sqrt{(M_A^\phi)^2 + (M_A^r)^2} = \sqrt{60,5^2 + 72,1^2} = 93,7 \text{ Н}$$

$$M_{екв} = \sqrt{M_{3.c.}^2 + 0,75(\alpha \cdot M_{кр})^2} \quad (4.27)$$

де  $M_{екв}$  – еквівалентний момент в перетині вала, Н·м;

$M_{3.c.}$  – згинаючий сумарний момент, Н·м.

$\alpha = 1$  – коефіцієнт, який враховує характер зміни напружень.

$$M_{кр} = 71620 \frac{N}{n} \quad (4.28)$$

$M_{кр}$  – крутний момент, який передається валом.

$$M_{кр} = 71620 \frac{7}{1050} = 477,5 \text{ Н·м}$$

$$M_{екв} = \sqrt{93,7^2 + 0,75(1 \cdot 477,5)^2} = 418 \text{ Н·м}$$

Діаметр вала в небезпечному перетині визначається за формулою:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1[G]_{32}}} \quad (4.29)$$

де  $[G]_{32} = \frac{\sigma_{-1}}{n}$  – допустиме напруження для матеріалу вала, кг/см<sup>2</sup>;

$\sigma_{-1}$  – межа витримки при згині;

$n = 1,4 \dots 1,5$  – запас міцності.

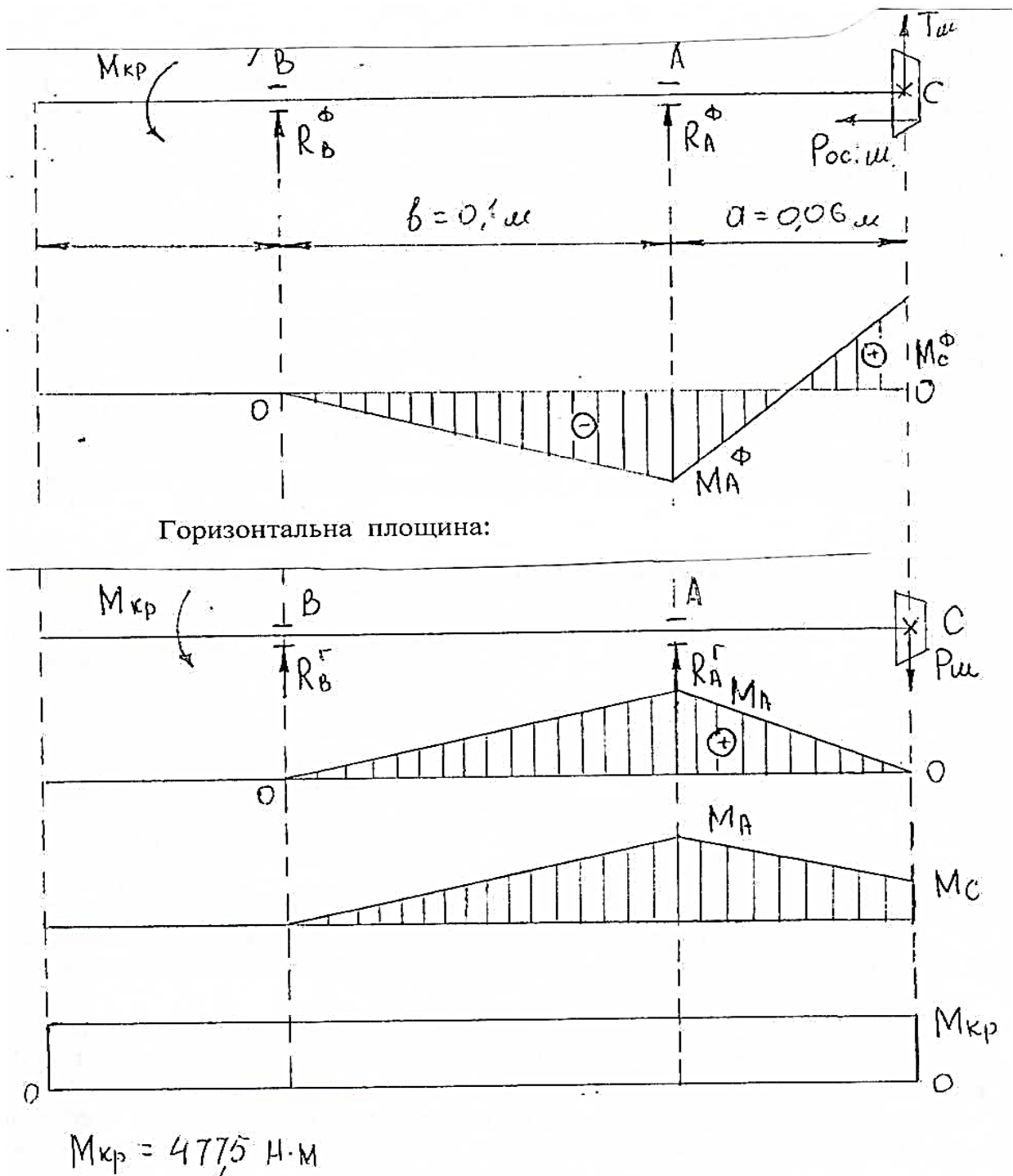


Рисунок 4.5 - Схема сил і реакцій, які діють на вал

$$[G]_{32} = \frac{4810}{1,5} = 3210 \text{ кг/см}^2.$$

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{418}{0,1 \cdot 3210}} = 1,14 \text{ см} = 11,4 \text{ мм}$$

З врахуванням сил, які розтягують вал, по ГОСТ 6636-53 приймаємо  $d = 15$

мм.

Враховуючи, що на підшипники діють радіальне і осьове навантаження, приймаємо радіально-упорний підшипник. Для них коефіцієнт працездатності буде становити:

$$C = Q(n \cdot h)^{0,3}, \quad (4.30)$$

де  $Q$  – умовне навантаження на підшипник;

$n = 1050 \text{ хв}^{-1}$  – число обертів внутрішнього кільця підшипника;

$h = 2500 \text{ год.}$  – довговічність роботи підшипника.

$$Q = (R_A \cdot K_K + m \cdot P_{oc}) K_V \cdot K_T \quad (4.31)$$

$R_A = 2236,6 \text{ Н}$  – радіальне навантаження;

$P_{oc}$  – осьова сила, яку сприймає даний підшипник, Н;

$n_l = 1,5$  – коефіцієнт приведення осьового навантаження до радіального;

$K_V = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує характер навантаження;

$K_m = 1,0$  – температурний коефіцієнт;

$K_K = 1$  – кінематичний коефіцієнт, який враховує час обертання внутрішнього кільця підшипника і вплив на його довговічність [13].

$$P_{oc} = P_{ocш} + P_{ocд} \quad (4.32)$$

$$Q = (2236,6 \cdot 1 + 1,5 \cdot 452,4) \cdot 1,2 \cdot 1 = 3498 \text{ Н}$$

$$C = 349,8 (1050 \cdot 2500)^{0,3} = 29482 \text{ Н}$$

Приймаємо підшипник кочення легкої серії № 7202.

### 4.3 Описання розробленої машини. ТО машини

Принцип роботи машини полягає в наступному. З початком руху машини завантажені в кузов добрива подаються транспортером через дозуючу заслінку в туконапрячник, де вони підхоплюються повітряним потоком, який створює вентилятор, і подаються в труби для розкидання.

З труб добрива в вигляді аеросуміші поступають на відбивачі, які рівномірно розподіляють їх по поверхні ґрунту.

Привід вентилятора виконується від ВВП трактора з частотою обертання  $1050 \text{ хв}^{-1}$ , через вали трансмісії, клинопасові передачі і редуктори.

Транспортер приводиться в дію від правого заднього колеса машини, через вал, внутрішньо вузловий телескопічний карданний вал, механізм включення транспортера, ланцюгові передачі, які дозволяють отримати дві швидкості руху транспортера шляхом перестановки ланцюгів.

Таке конструктивне виконання приводу транспортера дозволяє отримати дози внесення добрив, які не залежать від швидкості руху агрегату. Для отримання необхідної дози внесення добрив на задньому борту машини є дозуюча заслінка шибєрного типу, керування якою здійснюється штурвалом, розташованим на лівому боці машини.

Керування робочими органами машини здійснюється з робочого місця тракториста. Контроль за роботою машини тракторист виконує візуально за допомогою дзеркала заднього виду трактора.

Технічне обслуговування (ТО) машини проводиться в відповідності з ГОСТ 20793-81 "Трактори і сільськогосподарські машини". В залежності від умов експлуатації допускається відхилення на 10% від встановленої наробітки.

При обслуговуванні і експлуатації необхідно суворо дотримуватись вимог техніки безпеки. До обслуговування машини допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку. Обслуговування повинно проводитися тільки в спецодязі.

Категорично забороняється перенавантажувати причіп поверх встановленої вантажопідйомності і для даного типу трактора.

## 5 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ НА ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

### 5.1 Агротехнічні вимоги

Агрегат, який складається з трактора ЮМЗ-6Л і вдосконаленого розкидача мінеральних добрив РУМ-5, призначено для транспортування і самостійного розкидання мінеральних добрив [14].

Дозу мінеральних добрив під кожен культуру розраховує агроном господарства в відповідності з агрономічною картою полів. В залежності від відстані і наявності техніки агроном намічає технологічну схему внесення добрив.

Нерівномірність розподілу при поверхневому внесенні добрив по всій площі поля не повинна перевищувати 25 % для кузовних машин і 15 % - для тукових сівалок. Не допускаються розриви між суміжними проходами машин і необроблені ділянки поля.

Поворотні смуги засівають добривами з тією ж дозою висіву, що і основне поле. Вологість мінеральних добрив, які вносяться, повинна забезпечити нормальну роботу дозуючих пристроїв. Максимальне відхилення вологості від стандартної повинно бути не більше 2 %.

### 5.2 Підготовка агрегату до роботи

Перед початком експлуатації розкидача перевіряють його комплектність, правильність складання, його технічний стан. Розкидач повинен пройти обкатку на протязі 5 хв. При цьому перевіряють роботу транспортера, приводів, гальма.

Натяг ланцюгів транспортера регулюють переміщенням відомих валів за допомогою натяжних гвинтів.

### 5.3 Підготовка поля до роботи

Очищують поле від сторонніх предметів і рослинних залишків. Глибокі розвальні борозни і ями вирівнюють.

Вибирають спосіб і напрямок руху агрегату. Поле розмічають по довжині на ділянки з врахуванням запасу робочого ходу агрегату, місця розташування пункту заправки і виконання технологічної схеми внесення добрив [15].

При внесенні добрив машинами з великою шириною захвату доцільно перші 5-6 проходів виконувати по вішкам, які встановлені по кінцях гону.

#### 5.4 Розрахунок основних параметрів агрегату

Визначаємо тяговий опір агрегату:

$$R_{AT} = P_{np} \cdot G_{np} \left( f_{np} \pm \frac{i}{100} \right) \quad (5.1)$$

де  $P_{np}$  – число причепів в агрегаті;

$G_{np}$  – загальна маса завантаженого причепа;

$f_{np}$  – коефіцієнт опору коченню причепа;

$i$  – схил місцевості, %.

Знаходимо загальну масу причепа:

$$G_{np} = G_{np,x} + Q_b \quad (5.2)$$

де  $G_{np,x} = 2,0$  т – маса не навантаженого причепа, т;

$Q_b$  – маса вантажу в причепі, яку визначаємо за формулою (186 [16]).

$$Q_b = 5,0 \text{ т}$$

$$G_{np} = 2,0 + 5,0 = 7,0 \text{ т}$$

Тоді:

$$R_{AT} = 1 \cdot 7,0 \left( 0,45 \pm \frac{1}{100} \right) = 32,5 \text{ кН.}$$

$$R_{axx} = 1 \cdot 2,0 \left( 0,45 \pm \frac{1}{100} \right) = 9,21 \text{ кН}$$

#### 5.5 Розрахунок продуктивності МТА і витрат палива

Визначаємо продуктивність агрегату за зміну [17]:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot V_p \cdot V_p \cdot T_p \quad (5.3)$$

де  $W_{зм}$  – змінна продуктивність агрегату, га/зм;

$B_p$  – робоча ширина захвату машини, м;

$T_p$  - час (чистий) робочої зміни, год.

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau \quad (5.4)$$

$T_{зм}$  – час зміни, год.

$\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни.

Для визначення коефіцієнта використання часу зміни розглянемо кінематику агрегату на полі і баланс часу зміни.

При внесенні мінеральних добрив вибираємо човниковий спосіб руху агрегату. Визначаємо значення коефіцієнта робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{xx}}, \quad (5.5)$$

де  $L_p$  – робоча довжина гонів, м;

$L_{xx}$  – довжина холостого ходу, м.

Робоча довжина гону визначається за формулою:

$$L_p = L - 2E_{\min}, \quad (5.6)$$

де  $L = 1000$  м – довжина поля;

$E_{\min}$  – мінімальна ширина поворотної смуги, м.

При застосуванні грушевидного повороту:

$$E_{\min} = 2,8 R_o + l + d_k, \quad (5.7)$$

де  $R_o$  – радіус повороту агрегата, м;

$$R_o = 1,1 R_p \cdot K_p \quad (5.8)$$

$K_p$  – коефіцієнт зміни радіусу повороту –  $K_p = 1,09$ ;

$$R_o = 1,1 \cdot 12 \cdot 1,09 = 14,3 \text{ м};$$

$l$  – довжина виїзду, м;

$$l = 0,5 L_k \quad (5.9)$$

$L_k$  – кінематична довжина агрегату, м;

$$L_k = L_T + L_M, \quad (5.10)$$

$L_T = 1,2$  м – кінематична довжина трактора;

$L_M = 5,21$  м – кінематична довжина машини, м.

$$L_K = 1,2 + 5,21 = 6,41 \text{ м}$$

$$l = 0,5 \cdot 6,41 = 3,2 \text{ м.}$$

$d_k$  – кінематична ширина машини, м – відстань від поздовжньої осі агрегату до найбільш віддаленої точки

$$d_K = \frac{B_K}{2}, \quad (5.11)$$

де  $B_K = 2,16$  м – конструктивна ширина машини.

$$d_K = \frac{2,16}{2} = 1,08 \text{ м}$$

Тоді:

$$E_{\min} = 2,8 \cdot 14,3 + 3,2 + 1,08 = 44,3 \text{ м.}$$

Приймаємо  $E = 48$  м для кратності проходів агрегату на поворотних смугах.

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 48 = 904 \text{ м.}$$

Визначаємо довжину холостого ходу:

$$L_{xx} = 6R_o + 2l \quad (5.12)$$

$$L_{xx} = 6 \cdot 14,3 + 2 \cdot 3,2 = 92,2 \text{ м}$$

Отримані результати розрахунків підставляємо в формулу (5.5) і отримаємо:

$$\varphi = \frac{904}{904 + 92,2} = 0,9$$

Оптимальна ширина загінок вибирається при човниковому способі руху і грушовидному повороті

$$l_{\text{опт}} = 1/5 \cdot L \quad (5.13)$$

$$l_{\text{опт}} = 1/5 \cdot 1000 = 200 \text{ м;}$$

Приймаємо  $l_{\text{опт}} = 192$  м для кратності проходів агрегату.

## 5.6 Баланс часу зміни

Визначаємо чистий час зміни через тривалість циклу [16]:



$$T_p = t_{\text{ци}} \cdot n_{\text{ци}} \quad (5.14)$$

де  $t_{\text{ци}}$  – чистий час одного циклу, год;

$n_{\text{ци}}$  – кількість циклів.

Чистий час одного циклу визначаємо за формулою:

$$t_{\text{ци}} = \frac{2L_p}{V_p \cdot 1000}, \quad (5.15)$$

$$t_{\text{ци}} = \frac{2 \cdot 904}{10 \cdot 200} = 0,904 \text{ год.}$$

Кількість циклів визначаємо за формулою:

$$n_{\text{ци}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{оз}} - T_{\text{ф}} - T_{\text{пер}}}{t} \quad (5.16)$$

де  $T_{\text{оз}} = 0,35$  – час зупинок агрегату для виконання ТО і ін., год;

$T_{\text{ф}}$  – час зупинок на фізіологічні потреби, год;

$$T_{\text{ф}} = (0,03 \dots 0,05) T_{\text{зм}} \quad (5.17)$$

Приймаємо  $T_{\text{ф}} = 0,3$  год.

$T_{\text{пер}} = 0,18$  – час на переїзди, год.

$t_{\text{ци}}$  – робочий час циклу, який визначаємо за формулою:

$$t_{\text{ци}} = t_{\text{цр}} + t_{\text{цх}} + t_{\text{тз}} \quad (5.18)$$

де  $t_{\text{цр}} = 0,9$ ;

$t_{\text{цх}}$  – час, який затрачується на повороти за цикл, год;

$$t_{\text{цх}} = \frac{2L_x}{V_{\text{хх}} \cdot 1000} \quad (5.19)$$

$V_{\text{хх}} = 8,55$  – швидкість холостого ходу на поворотах, км/год.

$$t_{\text{цх}} = \frac{2 \cdot 92,2}{8,55 \cdot 1000} = 0,021 \text{ год.}$$

$t_{\text{тз}} = 0,01$  – затрати часу на технологічні зупинки за цикл, год.

Тоді:

$$t_{\text{ци}} = 0,9 + 0,021 + 0,01 = 0,931 \text{ год.}$$

Підставляємо всі отримані значення в формулу (5.16)

$$n_{ц} = \frac{10 - 0,35 - 0,30 - 0,18}{0,93} = 9,86.$$

Округлюємо це значення до найближчого цілого числа і приймаємо –  $n_{ц} = 10$ .

Час чистої роботи за зміну дорівнює:

$$T_p = 0,9 \cdot 10 = 9 \text{ год.}$$

Холостий час зміни:

$$T_x = 0,021 \cdot 10 = 0,21 \text{ год.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни буде дорівнювати:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}} = \frac{9}{10} = 0,9$$

З врахуванням цього продуктивність агрегату, формула (5.3), буде становити:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,9 = 108 \text{ га/зм.}$$

Витрати палива агрегатом визначаємо за формулою:

$$g_T = \frac{G_T \cdot T_T + G_B \cdot T_B + G_3 \cdot T_3 + G_B \cdot T_B + G_O \cdot T_O}{W_{зм}} \quad (5.20)$$

де  $G_T, G_B, G_3, G_B, G_O$  – витрати палива за годину відповідно при рухові з вантажем, без вантажу, при завантаженні, при вивантаженні, зупинках з працюючим двигуном;

$T_T, T_B, T_3, T_B, T_O$  – час руху відповідно з вантажем, без вантажу, при завантаженні і розвантаженні, зупинці з працюючим двигуном.

$G_T = 8,5$  кг/год;  $G_B = 4,2$  кг/год;  $G_3 = 7,6$  кг/год;  $G_O = 7,6$  кг/год;  $T_T = 0,05$  год;  $T_B = 0,04$  год;  $T_3 = 0,03$  год;  $T_B = 0,02$  год;  $T_O = 0,50$  год. Тоді питомі витрати палива будуть становити:

$$g_T = \frac{8,5 \cdot 0,05 + 4,2 \cdot 0,04 + 7,6 \cdot 0,03 + 7,6 \cdot 0,02 + 1,3 \cdot 0,5}{108} = 1,01 \text{ кг/га}$$

## 6 ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ

Для визначення максимально можливого врожаю необхідно знати показники кількості продуктивної вологи, що використовується при вирощуванні озимого ячменю, та коефіцієнт потреби води.

Величина ДВУ (т/га) визначається за формулою:

$$ДВУ = \frac{W}{K_{10}} \quad (6.1)$$

де  $W$  – запас продуктивної вологи, мм;

$K_{10}$  – коефіцієнт потреби води.

Щоб визначити кількість продуктивної вологи для рослин, необхідно суму опадів помножити на 10 (1 мм опадів дорівнює 10 тонам води в розрахунку на 1 га) та отриманої величини враховуємо не виробничі витрати на стікання та випаровування.

По даним метеостанцій річна кількість опадів по господарству складає 490 мм. В розрахунку на гектар, кількість води складає  $490 \times 10 = 4900$  т. Не виробнича витрата води на стікання та випаровування складає 30% від загальної її кількості тобто складає – 1470 т. Таким чином, кількість продуктивної вологи в розрахунку на 1га складає:  $4900 - 1470 = 3430$  т.

Кожна культура на утворення одиниці сухої речовини вимагає окремої кількості вологи. Цю величину води називають коефіцієнтом транспірацій плюс вирощування з поверхні ґрунту. При цьому для розрахунку величини врожаю приймається коефіцієнт потреби води, що дорівнює транспірації плюс випаровування з поверхні ґрунту.

Для озимого ячменю:

$$K_{10} = 400$$

$$ДВУ = \frac{3430}{400} = 8.6 \text{ т/га}$$

Ми отримуємо 86 центнерів абсолютно сухої речовини. Очікуваний врожай біомаси при стандартній вологості буде складати 100 ц/га. При

співвідношенні основної і побічної продукції озимого ячменю, рівному 1:1,3 можна очікувати отримання 45,0 центнерів зерна з гектару.

Розрахунок норм приводимо за допомогою балансового методу, коли враховується ефективність плодоношення ґрунту і коефіцієнт використання доступних елементів корму з ґрунту та добрив, що дозволяє краще забезпечити рослини елементами корму в оптимальному співвідношенні.

При розрахунку норм добрив на запланований врожай використовують формулу запропоновану „ВИУА” та „ВНИЕ” в модифікації І.С. Шатанова та М.К. Каюмова, яка при внесенні компосту має наступний вигляд:

$$D = \frac{(100 \cdot B) - (P_H \cdot K_H) - (P + K_H)}{K_y \cdot C} \quad (6.2)$$

де  $B$  – вміст елементів мінерального корму з запланованим врожаєм, ц/га;

$P$  – вміст в ґрунті доступного потрібного розчину, кг/га;

$K_y$  – коефіцієнт використання потрібного розчину добрив, кг/га;

$K_H$  – коефіцієнт використання потрібних речовин ґрунту, %;

$C$  – вміст діючих речовин в добривах, %;

$P_H$  – важливі коефіцієнти використання важливих речовин, %.

Розрахунок азотних добрив в ц/га:

$B = 175$  кг/га;  $P = 135$  кг/га;  $K_y = 60\%$ ;  $K_H = 34\%$ ;  $C = 20,5\%$ ;  $P_H = 180$  кг/га;  
 $K_H = 20\%$ .

$$D_N = \frac{(100 \cdot 175) - (180 \cdot 20) - (135 + 34)}{60 \cdot 20,5} = 672 \text{ кг / га}$$

Розрахунок фосфорних добрив в ц/га:

$B = 655$  кг/га;  $P = 150$  кг/га;  $K_y = 20\%$ ;  $K_H = 9\%$ ;  $C = 18,7\%$ ;  $P_H = 92$  кг/га;  $K_H = 35\%$ .

$$D_{P_2O_3} = \frac{(100 \cdot 655) - (92 \cdot 35) - (150 + 9)}{18,7 \cdot 20} = 427 \text{ кг / га}$$

Розрахунок калійних норм добрив в ц/га:

$B = 125$  кг/га;  $P = 414$  кг/га;  $K_y = 60\%$ ;  $K_H = 12\%$ ;  $C = 41,6\%$ ;  $P_H = 160$  кг/га;  
 $K_H = 50\%$ .

$$D_{H_2O} = \frac{(100 \cdot 125) - (160 \cdot 50) - (414 + 12)}{60 \cdot 41,6} = -0,18 \text{ ц / га}$$

Отже, з розрахунків видно, що калійних добрив в ґрунті знаходиться в надлишку, при цьому їх вносити не рекомендується.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 7.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

При організації охорони праці в господарстві слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542) [22].

В сільському господарстві суттєвий вплив на умови праці визначають небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які класифікуються на такі групи: фізичні, хімічні та фізіологічні [21].

В групу фізичних факторів входять машини та механізми, що рухаються, їх захисні рухомі частини, підвищена запиленість і загазованість повітря, підвищена температура повітря; яскравість світла.

Група хімічних небезпечних та шкідливих факторів виробництва поділяються на наступні підгрупи по фактору впливу на організм людини: загально токсичні, подразнюючі; та ті, що проходять через шкіру людини.

Фізичні перевантаження можуть бути статичними, динамічними та гідродинамічними. Також бувають нервово-психологічні перевантаження.

### 7.2 Охорона праці при вирощуванні озимого ячменю

Робочі місця механізаторів укомплектовуються необхідним інвентарем, а робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту.

Під час роботи з отрутохімікатами не дозволяється палити та приймати їжу. Для вживання їжі в польових умовах відводиться спеціальне місце.

Слідкують, щоб перед вживанням їжі працівники знімали спецодяг, вимивали руки та обличчя чистою водою з милом, полоскали рот.

При роботі з мінеральними добривами ознайомлюють працівників з їх основними властивостями, можливим впливом на організм людини та з індивідуальним захистом. Під час завантаження сухих мінеральних добрив необхідно стояти з навітряного боку, надівши респіратор.

При вирощуванні озимого ячменю вносять гербіциди і пестициди, тому при швидкості вітру більше 4 м/с роботи припиняються. Такі роботи проводять вранці або ввечері. Раніше щорічно на робочих місцях механізаторів проводили паспортизацію, складала санітарно-технічний паспорт робочого місця. Аналізуючи одержані дані при паспортизації намічалось ряд заходів по поліпшенню умов праці та організації робочого місця механізатора.

При вирощуванні та збиранні урожаю використовується велика кількість сільськогосподарських агрегатів та шкідливих речовин. Все це сприяє створення для працюючих шкідливих умов та небезпечних умов праці.

Причинами професійних захворювань і виробничих травм можуть бути:

- забруднення повітря пилом вище допустимих норм під час обробітку ґрунту;
- внесення гербіцидів та мінеральних добрив при вирощуванні та збиранні озимого ячменю;
- відсутність захисних огорожень та щитків на частинах машин та механізмів, що рухаються або обертаються;
- робота на нахилах з крутизною 8-9 градусів;
- відпочинок механізаторів в необладнаних місцях;
- проведення ремонтних робіт при працюючому двигуні трактора;
- незадовільний технічний стан тракторів та сільськогосподарських машин;
- необдумані та небезпечні дії робітників, які обслуговують агрегати;
- відсутність, несправність або не використання засобів індивідуального захисту;
- погана організація робочих місць;

- слабкий контроль з сторони керівників по дотриманню вимог охорони праці при виконанні небезпечних та шкідливих робіт;

- невідповідність працюючих та неякісне проведення інструктажів.

Робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту: комбінезонами з пилозахисної тканини, чоботами, рукавицями, окулярами типу ПО-2 для захисту зору. Органи дихання захищають респіраторами з протипиловими та протигазовими патронами, в залежності від особливості роботи, яку виконують. Всі робочі місця пов'язані з виробництвом озимого ячменю забезпечується повністю укомплектованими медичними аптечками. Трактори і автомобілі забезпечені двохсторонньою сигналізацією. Робітникам, які зайняті на роботах з шкідливими умовами видається спеціальне харчування (молоко), обладнано місця для відпочинку, а також встановлено особливий режим праці. На кожному агрегаті для забезпечення пожежної безпеки встановлено:

- вогнегасник ОУ- 3 – 1 шт.;

- штикова лопата – 1 шт.;

- брезент, ящик з піском;

- всі машини обладнані спеціальними засобами для відводу статичної електрики.

При технічному обслуговуванні МТА в польових умовах до роботи на пересувних агрегатах технічного обслуговування допускаються особи, які добре знають обладнання, трактори і сільськогосподарські машини, володіють навиками безпечного виконання робіт, пройшли навчання та інструктажі відповідно до вимог.

У зв'язку з тим, що деякі діагностичні прилади, інструмент і обладнання пунктів та пересувних агрегатів технічного обслуговування живляться електричним струмом, вони відповідно до Правил влаштування електроустановок (ПВЕ) належать до категорії електроустановок. Тому майстри діагности (майстри-наладчики), які обслуговують електроустановки та прилади, що від них живляться, відповідно до Правил технічної експлуатації



електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів (ПВЕ і ПТБ) мають третю кваліфікаційну групу з техніки безпеки для роботи з установками до 1000 В.

Трактористи-машиністи, які беруть участь у технічному обслуговуванні сільськогосподарської техніки разом з майстром-наладчиком, виконують роботу, яку він їм доручає.

Технічне обслуговування в польових умовах виконують у світлий час доби, як виняток допускається проведення його в нічний час двома працівниками за умови достатнього штучного освітлення.

Для технічного обслуговування сільськогосподарських машин в польових умовах вибирається рівна, горизонтальна ділянка з урахуванням вимог пожежної безпеки, особливо під час збирання врожаю зернових культур.

Під'їжджають агрегатом на підготовлений майданчик, гальмують, опускають робочі органи на землю і обов'язково вимикають двигун. В роз'єднаному стані для стійкості тракторів і сільськогосподарських машин підкладають упори. Перед тим, як домкратом підняти машину, під нього підкладають дошку, а потім під раму міцні підставки. Домкрати встановлюють в місцях, позначених на рамі або зазначених в заводській інструкції даної машини.

Для технічного обслуговування використовується тільки справний інструмент, який відповідає вимогам техніки безпеки.

При огляді вузлів, механізмів і окремих деталей перш за все звертається увага на наявність запобіжника, щитків і захисних кожухів на деталях, що обертаються. Всі передачі надійно огорожують, а на відкидних огороженнях монтують засувки та замки. У машинно-тракторних агрегатах перевіряють стан причіпного пристрою і механізму навіски, отвори причіпної серги трактора і машини.

Після заміни спрацьованих деталей, регулюванні вузлів або механізмів роботу машини перевіряють на холостому ходу. Перед перевіркою прибирають з робочих органів інструмент та інші зайві предмети, подають попереджувальний сигнал і плавно без ривків пускають машину. Перед пуском

тракторів або самохідних машин переконуються, що важіль коробки передач знаходиться у положенні “Нейтральне”. Не дозволяється стояти навпроти валів, які обертаються, ланцюгових та пасових передач, розвантажувальних вікон або конвеєрів.

Від’єднують трубопроводи або шланги, а також підтягують кріплення для усунення течі масла в гідравлічній системі тільки при відсутності тиску в системі і опущених на землю начіпних машинах чи робочих органах.

Заправляють трактори і самохідні машини паливом і мастильними матеріалами за допомогою механізованих заправних агрегатів МЗ-3905Т (03-1401И, 03-1401, 03-1362И, 02-1362) на шасі тракторних причепів 2ПТС-4М і 2ПТС-4МЗ-793, При цьому відстань між трактором і заправним агрегатом становить не менше 3 м. Пролите паливо або мастило з деталей машин витирають ганчіркою, а землю перекопують. Під час заправки трактора паливом не курять і не користуються відкритим вогнем. Стежать за справним станом заземлення.

Відкриваючи пробку радіатора, щоб не допустити опіків гарячою парою обличчя і рук, необхідно користуються рукавицями і стоять з навітряного боку, а пробку відкривають поступово.

При використанні закритих систем рідинного охолодження двигунів заливні горловини радіаторів мають бути обладнані кришками, що швидко знімаються і зблоковані з пароповітряними клапанами. Застосування закритих систем рідинного охолодження дозволяє підняти температуру закипання рідини від 100 до 105°C і вище, завдяки чому значно скорочується витрата рідини на охолодження двигуна.

При підвищенні температури в системі охолодження понад 105 °C і тиску (надлишковому) вище 30—40 кПа (0,3—0,4 ат) паровий клапан, при закритій кришці автоматично відкривається і випускає випари в атмосферу. Якщо ж необхідно відкрити кришку радіатора, то відповідно до вимог безпеки праці, механізатор повинен цю операцію здійснює за два прийоми. Спочатку частково повертають до обмежувального упору (при цьому паровий клапан повністю

відкриє доступ для пари від заливної горловини в зливну трубку), коли тиск у внутрішній порожнині радіатора повністю зрівняється з атмосферним знімають кришку повністю. Проте найчастіше в умовах експлуатації дуже часто відкривають кришку з горловини-радіатора за один прийом. В результаті чого з горловини викидається перегріта пара і охолоджена рідина, яка потрапивши на незахищену шкіру рук або обличчя, викликає опіки.

При попаданні дизельного палива на руки механізатора, паливо викликає подразнення шкіри. Щоб запобігти цьому необхідно використовувати профілактичні пасти і мазі, а також мийні та дезінфікуючі засоби.

Перевіряють справність ободу, відсутність тріщин, забоїн. Якщо спрацьований протектор, то покришку вибраковують.

При заміні деталей необхідно застосовувати знімачі і пристрої, які входять до обладнання пересувної майстерні.

В кабінах тракторів при проведенні технічного обслуговування перевіряють справність склоочисника, який забезпечує чистоту лобового скла, справність замків дверей кабіни, щоб запобігти їх самовільному відкриванню.

При підготовці трактора до роботи в нічний час перевіряють справність електроосвітлення (фар, плафонів, підсвічування панелі контрольно-вимірювальних приладів в кабіні та ін.).

У процесі роботи необхідно періодично очищають радіатор двигуна від пилу й бруду. Продувають його стиснутим повітрям від агрегату технічного обслуговування або на стаціонарних пунктах технічного обслуговування. Працюють в захисних окулярах, спрямовуючи потік повітря від себе.

Переконавшись у відсутності людей поблизу, випробовують машину спочатку на холостому ході, а потім під навантаженням, старанно перевіряють гальма і випробовують їх на ході.

Для безпечного з'єднання трактора з начіпним знаряддям під'їжджають заднім ходом так, щоб кульові втулки нижніх тяг розмістилися проти відповідних пальців на рамі машини. За допомогою важеля гідророзподільника підводять втулки до стикання з пальцями, з'єднують кульові шарніри тяг з

пальцями машини і зашплінтовують. Якщо тракторний агрегат обладнаний автоматичною зчіпкою, її опускають разом з начіпним механізмом. Трактор подають назад, стежачи, щоб рамка автозчіпки увійшла в замок знаряддя і після включення гідросистеми на “Піднімання” знаряддя приєднують до трактора.

Для надійного включення автозчіпки не допускається відхилення знаряддя вбік від осі трактора понад 120 мм, а їх замків вперед чи вбік більш як на 15°.

В процесі підготовки до роботи дискових борін і луцильників, перевіряють кріплення, регулюють положення чистиків, змащують підшипники й встановлюють необхідний кут атаки дискових батарей, щільно підтягують і стопорять гайки на осях батарей. Зазор між чистиком і поверхнею диска встановлюють у межах 2—4 мм. Під час регулювання положення дисків, щоб не поранити руки гострими краями, користуються рукавицями. Очищають дискові борони і луцильники спеціальними чистиками.

Забивання зубових борін значно зменшується, якщо зуби скошеними гранями встановити під кутом до напрямку руху агрегату, це сприяє їх самоочищенню.

Перед культивацією полів перевіряють стан культиваторів, кріплення гряділів, штанги, стояків робочих органів і вилок для їх піднімання.

Перед початком польових робіт поле оглядають і при необхідності підготовляють: засипають рови, ями, видаляють каміння, перешкоди позначають віхами. Біля ярів та крутих схилів встановлюють попереджувальні знаки та відбивають контрольні борозни, а в межах поля для роботи агрегатів — поворотні смуги.

Для роботи групи машин призначають старшого з найбільш досвідчених трактористів-машиністів, який відповідає за роботу агрегатів у загінці, стежить, щоб відстань між тракторами була в межах 30 - 40 м. Якщо причіпні машини обслуговують кілька працівників, один з них відповідає за пуск і зупинку даного агрегату.

Переїзд тракторним агрегатом в поле, на місце роботи і з поля дозволяється тільки за маршрутом, затвердженим керівником господарства.

Не можна робити крутих поворотів, якщо робочі органи заглиблені в ґрунт, бо це призводить до поломок і аварій. Перед поворотом робочі органи виглиблюють, а на початку прямолінійного руху знову повертають у робоче положення. Якщо під час роботи в польових умовах потрібно замінити лемеші плуга чи лапи культиватора, двигун трактора вимикають або від'єднують машину від трактора, а під раму начіпної машини підставляють надійні підставки.

При роботі в умовах надмірної запиленості, під час заправки туковисівних апаратів, а також при заточуванні робочих органів ґрунтообробних машин необхідно користуються захисними окулярами і рукавицями.

Рух причіпного агрегату можна починати після подачі сигналу трактористом і одержання від старшого на агрегаті сигналу у відповідь. Необхідно стежити, щоб кришки ящиків для зерна й туків у сівалок були щільно закриті, при завантажуванні зерна відкриті кришки ставлять на запобіжники. Під час завантажування сухих порошкоподібних добрив стоять з навітряного боку, надівши респіратор.

Періодично протягом робочого дня очищають бункери, живильні ковші, сошники, тукопроводи й борознозакривачі від ґрунту, рослинних решток та інших сторонніх предметів і усувають виявлені несправності. Чистики для очищення сошників мають дерев'яні ручки. Усувають несправності та очищають машину тільки після зупинки агрегату.

Забороняється під час руху агрегату переходити з однієї сівалки на іншу.

Під час роботи стежать за роботою механізму передач. Послаблені ланцюги підтягують натяжними зірочками. Надмірний натяг ланцюгів не допускається.

Періодично перевіряють стан пневматичних коліс. Тиск повітря в камерах повинен відповідати заводській інструкції.

Для роботи у темний час доби завчасно перевіряють справність електричного освітлення.

Отвори висівних апаратів очищають спеціальними чистиками, гачками.

Розрівнюють насіння тільки лопатками.

Під час грози необхідно зупинити агрегат, вимкнути двигун, а важіль коробки передач встановити у положення “Нейтральне”, зафіксувати гальма, начіпну машину опустити на землю і відійти від трактора на відстань не менше як 15 м.

Протягом світлового дня підготовляють поле до збирання врожаю. Видаляють або позначають віхами перешкоди, розбивають поле на загінки площею не більше, обкошують і прокошують їх, розорюють прокоси та підготовляють поворотні смуги.

Якщо у польових умовах необхідно усунути несправність, то після зупинки комбайна на рівній ділянці поля — вимкнути двигун, а на рульовому колесі вивісити табличку: “Не включати! Працюють люди”. Якщо необхідно вийти з кабіни, комбайн слід зупинити, включити гальма та заглушити двигун.

Впровадження цих заходів в господарстві дозволить підвищити загальний рівень охорони праці, зменшити кількість і важкість нещасних випадків і захворюваність працівників.

### 7.3 Правила зберігання мінеральних добрив

7.1. Склади мінеральних добрив повинні бути побудовані за проектами, розробленими в відповідності з діючими нормами проектування.

7.2. На території складів мінеральних добрив категорично забороняється зберігання мінеральних кормів, фуражу і т. ін.

7.3. сипучі мінеральні добрива постачаються на склади в затареному вигляді (паперові, поліетиленові мішки) і в розсипному виді.

7.4. При отриманні добрив на склади і відпусканні користувачу повинні видаватися сертифікати або паспорти з відділу технічного контролю заводу-виробника. Разом з технічною характеристикою продукції в сертифікатах повинні міститися правила безпеки при перевезенні, зберіганні і застосуванні мінеральних добрив, правила очищення і дегазації транспортних засобів, тари і

машин, рекомендації по використанню засобів індивідуального захисту і спецодягу і інші рекомендації по безпеці роботи.

При закупці закордонних мінеральних добрив організація, яка закупає ці добрива, повинна забезпечити переклад сертифікатів і інструкцій для користувачів.

7.5. Забороняється прийом на склади і видача зі складів мінеральних добрив в тарі і агрегатному стані, які не відповідають вимогам ГОСТ і технічним умовам.

7.6. На складах необхідно обладнати достатню кількість стелажів для складування затарених мінеральних добрив.

7.7. На місцях зберігання аміаку, підготовки розчинів, перекачування і заправки автоцистерн повинні бути встановлені водопровідні крани.

7.8. Під час навантажувально-розвантажувальних робіт, пов'язаних з інтенсивним фізичним навантаженням, при роботі в протигазах, також при роботі в зимовий період на відкритому повітрі і в неопалюваних приміщеннях складу, робочим надаються перерви для відпочинку і зігрівання згідно існуючому положенню.

7.9. Перед початком робіт повинно бути проведено наскрізне провітрювання всіх приміщень

#### 7.4 Заходи безпеки при транспортуванні і внесенні мінеральних добрив

7.10. Транспортні засоби, які використовуються для перевезення мінеральних добрив, повинні мати кузови і ємності без можливості розсипання і розливання мінеральних добрив. При транспортуванні незатарених сипучих мінеральних добрив кузова автомашин і причепів повинні закриватися брезентом для запобігання пилоутворення.

7.11. Забороняється перевезення людей, харчових продуктів, питної води і предметів домашнього вжитку разом з мінеральними добривами.

7.12. Перевезення рідких мінеральних добрив (аміачної води і ін.) повинна проводитися в цистернах заводського виготовлення. Насоси, штуцери, крани і інші деталі, які взаємодіють з аміаком, повинні бути з матеріалу, стійкого до агресивної дії аміаку.

7.13. Запірні пристрої (вентилі, крани) на цистернах слід відкривати повільно, без ривків і ударів металевими предметами. Для запобігання заклинення клапанів вентилів забороняється тримати їх в відкритому положенні.

7.14. Не рекомендується закривати вентилі з обох кінців шлангів і трубопроводів, в яких знаходиться водний аміак, так як це може привести до їх розриву і витіку аміаку.

7.15. Зовнішні поверхні цистерн і інших ємностей для перевезення і зберігання рідких мінеральних добрив повинні мати смуги і надписи, що відрізняються на загальному фоні поверхні.

7.16. Забороняється проводити роботи в нічний час, які зв'язані з транспортуванням, виготовленням розчинів і внесенням в ґрунт рідкого аміаку.

7.17. Після роботи по перевезенню мінеральних добрив кузова транспортних засобів повинні бути очищені від залишків добрив і промиті під тиском зі шлангу. Ємності, трубопроводи, крани і ін. Промиваються гарячою водою або паром і залишаються відкритими до повного висихання.

7.18. Завантаження мінеральних добрив в транспортні засоби і машини повинне проводитися, як правило, механізованим способом.

7.19. При ручній заправці агрегату тара, яка застосовується для завантаження бункерів і інших ємностей, не повинна вмщати більше 10 кг мінеральних добрив.

7.20. При механізованому завантаженні мінеральних добрив в бункери літаків маса мішків з робочими сумішами не повинна перевищувати 20 кг.

7.21. Кришки бункерів, банок тукових сівалок, насінневих ящиків і т.п. повинні щільно закриватися і фіксуватися в закритому і відкритому положенні.



7.22. Роботи по приготуванню, розведенню і змішуванню рідких мінеральних добрив дозволяється проводити тільки з використанням спеціальної апаратури і індивідуальних засобів захисту.

7.23. Внесення рідких мінеральних добрив в ґрунт повинно виконуватися тільки за допомогою спеціальних машин, які знаходяться в справному технічному стані.

7.24. Перед початком роботи по внесенню рідких мінеральних добрив ємності, трубопроводи, шланги, крани, форсунки, насоси і інші деталі машин повинні бути ретельно очищені, промиті і перевірені на герметичність чистою водою.

7.25. Всі операції по заправці машин рідкими мінеральними добривами повинні проводитися по закритій герметичній системі трубопроводів.

7.26. При внесенні мінеральних добрив в ґрунт слід використовувати трактори зі справними кабінами і машини, які відповідають вимогам “Санітарних правил по будові тракторів, самохідних шасі, сільськогосподарських машин, навісних і причіпних знарядь”.

7.27. При забрудненні трубопроводів, кранів, форсунок, наконечників і т.п. очистка їх дозволяється лише при повній зупинці агрегату. Очищення трубопроводів, форсунок і іншої арматури слід проводити спеціальними чистиками і ручними насосами. Категорично забороняється продування ротом комунікацій, форсунок, кранів і ін.

7.28. При одночасному застосуванні мінеральних добрив з отрутохімікатами слід дотримуватись правил, які передбачені в “Санітарних правилах по зберіганню, транспортуванню і застосуванню пестицидів”.

7.29. Тара з-під сипучих мінеральних добрив повинна бути очищена від залишків і повернена на склад. Миття тари повинно виконуватися на спеціальних площадках для миття.

7.30. Тара, яка знаходиться в обігу на складі, може використовуватися лише для зберігання і перевезення мінеральних добрив.

7.31. Паперова тара з-під мінеральних добрив, яка стала непридатною для подальшого використання, повинна знищуватися (спалюватися) на спеціальних площадках.

7.32. Тара скляна і металева з-під мінеральних добрив в господарстві повинна збиратися в спеціально відведене місце, потім, після попереднього механічного очищення, збиратися для відвезення на заводи-постачальники.

7.33. Після закінчення робіт всі площадки, машини (банки, ящики, тукопроводи і т.п.), знаряддя повинні бути звільнені від залишків мінеральних добрив, очищені і промиті водою під тиском з шлангів.

7.34. На машинах для внесення в ґрунт мінеральних рідких добрив цистерни, баки, трубопроводи, крани і т. п., повинні промиватися гарячою водою або паром. Очищення і миття машин і знарядь повинно проводитися на площадках для миття.

7.35. Машини і знаряддя, які використовуються для робіт з мінеральними добривами, повинні зберігатися в спеціально відведених місцях.

7.36. Залишки добрив повинні бути прибрані з полів і повернені на склад.

7.37. Після закінчення робіт з мінеральними добривами спецодяг і індивідуальні засоби захисту повинні бути очищені, промиті і передані на склад.

7.38. При всіх видах робіт з мінеральними добривами не повинні допускатися порушення виробничого процесу, необхідно суворо дотримуватись всіх правил безпеки і гігієни праці.

7.39. При роботі з мінеральними добривами працівники повинні забезпечуватися спецодягом і індивідуальними захисними засобами згідно існуючих нормативів.

З особами, які постійно працюють з мінеральними добривами, а також при отриманні нових видів добрив і нової техніки, повинен проводитись ввідний інструктаж з профілактики професійних отруєвань і захворювань і наданні долікарської допомоги.

7.40. Особи, які працюють з мінеральними добривами, повинні регулярно проходити медичний огляд.

7.41. На складах, площадках і інших місцях, де масово працюють з добривами, на видних місцях повинні бути вивішені інструкції і правила з безпеки робіт і наданні першої допомоги при нещасних випадках.

7.42. На складах і інших місцях масових робіт з мінеральними добривами повинні бути встановлені умивальники з милом, бачки для питної води і аптечки з набором необхідних медикаментів.

7.43. При експлуатації удосконаленої машини РУМ-5 категорично забороняється:

- перевозити людей в кузові машини;
- присутність людей в зоні працюючої машини (25 м);
- працювати без засобів індивідуального захисту;
- працювати з несправною гальмівною системою і світловою сигналізацією;
- працювати без пристосування для рівномірного розвантажування кузова;
- проводити обслуговування і ремонт машини з працюючим двигуном трактора;
- проводити поворот трактора відносно машини більше  $60^{\circ}$ ;
- працювати без страхового ланцюга;
- експлуатувати машину при  $1000 \text{ хв}^{-1}$  ВВП трактора.

При експлуатації удосконаленого розкидача мінеральних добрив необхідно пам'ятати, що:

- зчіпка машини проводиться тільки з гідрокрюком трактора;
- попадання каменю, валунів і інших сторонніх предметів в кузов машини приводить до передчасного виходу її з строю;
- перед зрушенням з місця необхідно впевнитися в відсутності людей біля машини;
- робота без пристосування для рівномірного розвантаження кузова машини може привести до аварії;
- завантаження кузова необхідно починати з передньої його частини;

- поворот трактора відносно машини більше  $60^{\circ}$  може привести до злому карданного вала;
- заміна коліс, регулювання підшипників, гальма слід проводити при встановлених під балансири запобіжних підставках (козлах) і клинах під колесами;
- всі захисні кожухи і щитки повинні бути встановлені на місці.

Розроблені заходи можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні сільськогосподарських культур.

## 8 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Розрахунки економічної ефективності розробок проводимо в порівнянні з серійною машиною для внесення мінеральних добрив РУМ-5. Вихідні дані для проведення розрахунків представлені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Назва показників	Базова машина РУМ-5	Удосконалена машина
1. Продуктивність, га/год.	7,0	10,8
2. Питомі витрати палива, кг/га	1,56	1,01
3. Балансова ціна машини, грн..	237500	240000
4. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Затрати праці на внесенні мінеральних добрив визначаються за формулою:

$$H = \frac{m}{W_{\text{год}}}, \quad (8.1)$$

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

$W_{\text{год}}$  – продуктивність агрегату за годину.

Для базової машини затрати праці будуть становити:

$$H_6 = \frac{1}{7,0} = 0,4 \text{ люд.год/га.}$$

При використанні розробленого агрегату для внесення мінеральних добрив затрати праці будуть становити:

$$H_p = \frac{1}{10,8} = 0,09 \text{ люд.год/га.}$$

Зниження затрат праці при впровадженні розробки будуть становити:

$$H_3 = H_6 - H_p = 0,4 - 0,09 = 0,31 \text{ люд.год/га} \quad (8.2)$$

На площі впровадження в господарстві 100 га економія затрат праці буде становити 31 люд./год.

Прямі експлуатаційні затрати на внесенні мінеральних добрив визначаються за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (8.3)$$

де  $C_o$  – затрати на оплату праці з нарахуваннями, грн./га;

$C_a$  – амортизаційні підрахунки, грн./га;

$C_p$  – затрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{ПММ}}$  – затрати на паливо-мастильні матеріали.

Оплата праці механізатору, який працює на базовому агрегаті проводиться за 5 розрядом тарифної сітки і становить 348 грн./зміну з урахуванням останнього збільшення заробітної плати. За один гектар внесення мінеральних добрив оплата праці визначається рівнянням:

$$C_{o.1} = \frac{C_T}{W_{3M}}, \quad (8.4)$$

де  $C_T$  – оплата праці за тарифною сіткою.

Для механізатора, який працює на базовому агрегаті, оплата праці за 1 га обробленої (внесення мінеральних добрив шляхом розкидання по поверхні поля) площі становить:

$$C_{O.1}^B = \frac{348}{7,0} = 49,7 \text{ грн./га}$$

В господарстві на цю оплату проводяться нарахування: за продукцію – 50 %, за складність робіт – 50 % (24,9 грн./га) і за інтенсивність робіт – 12 % (6,0 грн./га). І оплата з цими нарахуваннями становить:

$$C_{об1} = 49,7 + 24,9 + 24,9 + 6,0 = 105,4 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на удосконаленому агрегаті, основна оплата праці становить:

$$C_{O1}^P = \frac{348}{10,8} = 32,2 \text{ грн./га}$$

Аналогічно проводяться нарахування за продукцію, складність і інтенсивність:

$$C_{op1} = 32,2 + 16,1 + 16,1 + 3,9 = 68,3 \text{ грн./га}$$

Амортизаційні відрахування визначаються на основі річних норм на реновацію і вартості машини за формулою:

$$C_a = \frac{Ц \cdot \alpha}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3M}}, \quad (8.5)$$

де  $Ц$  – балансова вартість машини, грн.;

$\alpha$  - річна норма амортизаційних відрахувань, %;

$D$  – кількість днів роботи в рік;

$K$  – коефіцієнт змінності.

Відрахування на амортизацію для базової машини становлять:

$$C_{аб} = \frac{237500 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,0} = 69,11 \text{ грн./га}$$

Амортизаційні відрахування для розробленої машини для внесення мінеральних добрив становлять:

$$C_{ар} = \frac{240000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 10,8} = 45,27 \text{ грн./га}$$

Аналогічно за рівнянням (8.5) визначаються відрахування на ремонт і технічне обслуговування базової і розробленої машини.

Затрати на паливо і мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{ПММ} = g_{га} \cdot Ц_{ПММ}, \quad (8.6)$$

де  $g_{га}$  – витрати палива на 1 га площі внесення добрив, кг/га;

$Ц_{ПММ}$  – комплексна ціна 1 кг палива, грн./кг.

Комплексна ціна включає ціну основного і пускового палива і мастильних матеріалів, які визначаються в відсотках до основного палива згідно нормативних даних. Ці ціни залежать від постачальників, ситуації, що склалася на ринку нафтопродуктів і ін. При розрахунках приймаємо комплексну ціну ПММ 56,7 грн/л.

При роботі агрегату з базовою машиною затрати на паливо і мастильні матеріали становлять:

$$C_{ПММ}^б = 1,56 \times 56,70 = 88,5 \text{ грн./га};$$

При роботі агрегату з розробленим розкидачем ці затрати будуть становити:

$$C_{ПММ}^р = 1,01 \times 56,70 = 57,3 \text{ грн./га}$$

Загальні прямі затрати при внесенні мінеральних добрив базовим агрегатом будуть становити:

$$C_6 = 105,4 + 69,11 + 69,11 + 88,5 = 332,1 \text{ грн./га}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при внесенні добрив агрегатом з розробленим розкидачем будуть становити:

$$C_p = 68,3 + 45,27 + 45,27 + 57,3 = 216,1 \text{ грн./га}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні нової машини становлять:

$$E = C_6 - C_p = 332,1 - 216,1 = 116,0 \text{ грн./га} \quad (8.7)$$

Таблиця 8.2 - Основні економічні показники проекту

Назва показників	Базовий агрегат	Розроблений агрегат
1. Продуктивність, га/год.	7,0	10,8
2. Витрати палива, кг/га	1,56	1,01
3. Затрати праці, люд.год./га	0,4	0,09
4. Зниження затрат праці, люд.год./га	--	0,31
5. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га:		
всього,	332,1	216,1
в т.ч.: оплата праці з нарахуваннями	105,4	68,3
амортизаційні відрахування	69,11	45,27
затрати на ремонт і ТО	69,11	45,27
затрати на ПММ	88,5	57,3
6. Зниження прямих затрат, грн./га	--	116,0
7. Річний економічний ефект, грн.	--	107860
8. Затрати на розроблену машину, грн.	--	2500
9. Строк окупності затрат, років	--	0,02

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_B = \frac{116,0 \cdot 100}{332,1} = 34,9 \%$$

Річний економічний ефект при запровадженні розробки в господарстві на площі 1000 га буде становити:

$$E_p = 116,0 \times 1000 = 116000 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники при запровадженні розробки в виробництво представлені в таблиці 8.2.



Розрахунок строку окупності затрат, які були зроблені для вдосконалення машини, проводяться за формулою:

$$Z_o = \frac{Z_M}{E_p} = \frac{2500}{116000} = 0,03 \text{ роки.}$$

Проведені розрахунки показують доцільність використання розробок і удосконаленого розкидача мінеральних добрив РУМ-5.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз діяльності показує, що господарство забезпечене сільськогосподарською технікою в необхідній кількості, але техніка морально і фізично зношена і її необхідно міняти і удосконалювати для підвищення ефективності і зменшення затрат на виробництво продукції.

2. На підставі аналізу існуючих технологій вирощування зернових культур для умов господарства розроблена удосконалена технологія вирощування озимого ячменю, що дозволяє зменшити затрати і збільшити урожайність. Розроблена технологічна карта на вирощування, визначено комплекс необхідних машин.

3. На практиці для основного внесення мінеральних добрив існує велика кількість різної техніки, яку випускають як в Україні, так і за кордоном. Основним напрямком її вдосконалення є підвищення якості і рівномірності внесення мінеральних добрив.

4. Проведені розрахунки дали можливість визначити основні параметри вдосконаленої машини РУМ-5, розробити конструкцію вдосконалених вузлів машини і системи приводу робочих органів.

5. Розроблені в проекті заходи по охороні праці можуть бути використані при проведенні інструктажів на робочому місці перед початком робіт по внесенню добрив.

6. Економічний ефект від проведених розробок становить 116,0 грн./га. При цьому затрати праці знижуються на 0,31 люд.год./га в порівнянні з технологією внесення добрив із застосуванням базової машини. Затрати на модернізацію машини окупаються на протязі першого року її експлуатації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Війна суттєво вплинула на географію вирощування озимого ячменю. 27.09.2024// <https://agroportal.ua/news/eksklyuzivny/viyna-suttyevo-vplinu-la-na-geografiyu-viroshchuvannya-ozimogo-yachmenyu>.

2. Заєць С.О., Балян І.В., Онуфран Л.І., Юзюк С.М. Урожайність різних сортів ячменю озимого в умовах Південного Степу // <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/434>.
3. Кернасюк Ю. Ринок ячменю: потенціал розвитку// Агробізнес сьогодні <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/7950-rynok-iachmeniu-potentsial-rozvytku.html>.
4. Стрельбіцький М. Ячмінь в Україні: сьогодення й перспективи вирощування// <https://consumerhm.gov.ua/2189-yachmin-v-ukrajini-sogodennya-j-perspektivi-viroshchuvannya-2>.
5. Аврамчук А. Вирощування ячменю - особливості технології// SuperAgronom.com.
6. Технологія вирощування озимого ячменю [http:// www.semagro.com.ua/info/tehnologija-viroshuvannja-ozimogo-jachmenyu-420.html](http://www.semagro.com.ua/info/tehnologija-viroshuvannja-ozimogo-jachmenyu-420.html).
7. Інтенсивна технологія вирощування ячменю озимого// [https://pidru4niki.com/78627/agropromislovist/intensivna\\_tehnologiya\\_viroshchuvannya\\_yachmenyu\\_ozimog](https://pidru4niki.com/78627/agropromislovist/intensivna_tehnologiya_viroshchuvannya_yachmenyu_ozimog).
8. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
9. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
10. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.
11. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф. Головчука.–К.:Грамота, 2007.- 360 с.

12. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: навчальний посібник / Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

13. Землеробська механіка. Т 2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Глонь і ін. – Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

14. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. - Харків, Око. – 2003. – с. 375.

15. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. – 384 с.

16. Довідник сільського інженера / Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. та ін.; за ред. Гречкосія В.Д.-К: Урожай,1991.-400 с.

17. Технологічна наладка та усунення несправностей сільськогосподарських машин. Довідник / Гаврилюк Г.Р., Живолуп Г.І., Короткевич П.С. та ін.-К.: Урожай,1988.-254 с.

18. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.

19. Машиновикористання в землеробстві/ В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.

20. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві, В.Ю.Ільченко, П.І.Карасьов, А.С.Лімонт та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка. К.: Урожай, 1993. – 288 с.

21. Целинський В.П. Охорона праці в рослинництві. – К.: Урожай, 1991. – 80 с.

22. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018

року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

23. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.