

**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 дипломного проекту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ
ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ З РОЗРОБКОЮ
КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ СІВБИ**

Виконав: _____ Карпусь Вадим Олексійович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Тракторів і сільськогосподарських машин (ТСГМ)

Освітній ступінь - "Бакалавр"

Напрямок підготовки: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

канд. техн. наук, доцент

(вчене звання)

Г.В. Теслюк

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту _____

керівник проєкту _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ _____ ” _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту _____

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

А Н О Т А Ц І Я

Карпуть В.О. Удосконалення механізації вирощування буряків цукрових з розробкою комбінованого агрегату для сівби/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024. – 79 с.

В роботі проведено аналіз агротехнічних вимог до передпосівного обробітку ґрунту і сівби буряків цукрових, а також фізико-механічних властивостей ґрунту і насіння цукрових буряків.

Проведено аналіз способів сівби і технологій вирощування буряків та конструкцій комбінованих агрегатів. Обґрунтовано схему комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту з одночасним посівом цукрових коренеплодів. Визначено параметри агрегату, розроблена конструкція і робочі креслення вузлів і деталей.

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

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 3972050 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року її використання.

Ключові слова: ґрунт, буряк цукровий, коренеплоди, комбінований агрегат, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ І СІВБИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.	9
1.1 Агротехнічні вимоги до передпосівної підготовки ґрунту.	9
1.2 Агротехнічні вимоги до сівби цукрових буряків.	10
2 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРУНТУ ТА НАСІННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.	13
2.1 Фізико-механічні властивості ґрунту.	13
2.2 Основні фізико-механічні властивості насіння цукрових буряків.	18
3 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ І СПОСОБІВ СІВБИ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ.	21
3.1 Аналіз технологій вирощування цукрових буряків.	21
3.2 Аналіз способів сівби цукрових буряків.	23
4 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КОМБІНОВАНИХ АГРЕГАТІВ.	26
5 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ.	37
6 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АГРЕГАТУ.	41
6.1 Обґрунтування конструктивного удосконалення комбінованого посівного агрегату.	41
6.2 Розрахунок параметрів системи навіски сівалки ССТ-12Б.	44
6.2.1 Визначення зусилля піднімання сівалки.	44
6.2.2 Розрахунок гвинтової стяжки.	46
6.2.3 Розрахунок пальця кріплення гвинтової стяжки.	47
6.2.4 Розрахунок параметрів пружини.	49
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.	54
8 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	68
Д О Д А Т К И.	71

ВСТУП

За останні 30 років площі під цукровими буряками в Україні зменшилися більше ніж у 6 разів. Останніх 3 роки вони тримаються на рівні 215–226 тис га. Водночас слід зазначити, що з розвитком технологій зростає і врожайність: за 30 років вона збільшилась фактично вдвічі, у тому числі на 12% в передвоєнному 2021 році порівняно з 2020 (рис. 1) [1].

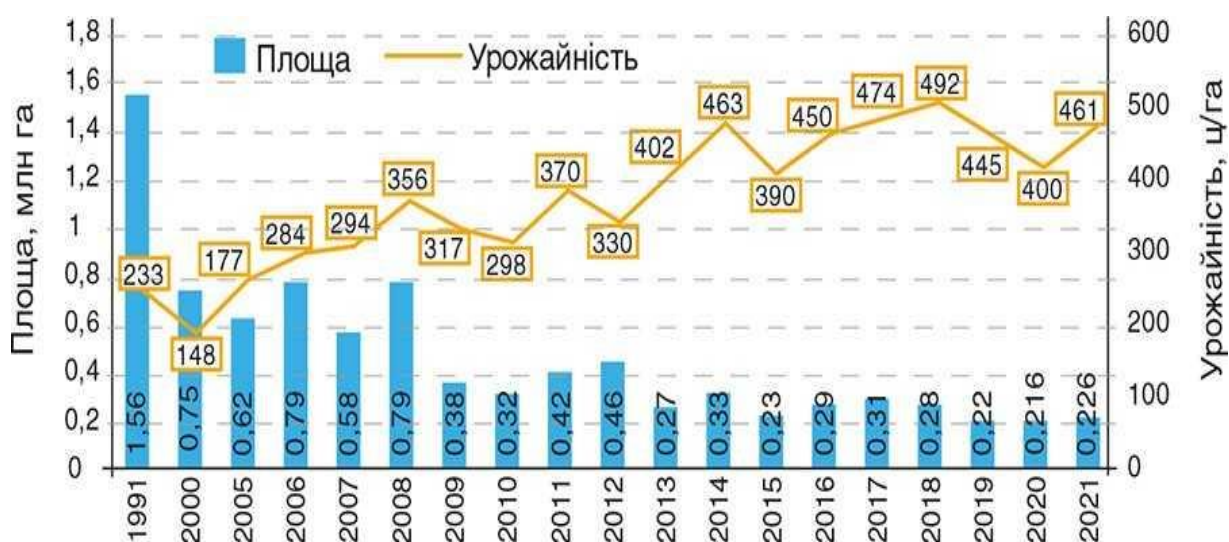


Рисунок 1 – Динаміка розвитку вирощування цукрових буряків в Україні - Джерело: Державна служба статистики України

Україна традиційно входить до ТОП-10 виробників цукру з цукрових буряків, хоча в кількісному обсязі такий показник світового виробництва становить не більше ніж 1%, поступаючись виробництву цукру з тростини. Виробництво цукру в Україні забезпечує продовольчу безпеку та у півтора рази перевищує фонд споживання країни. Водночас цукрові буряки є хорошим попередником для багатьох сільськогосподарських культур, що підвищує загальну продуктивність сівозміни. Крім того, проблеми з традиційним експортом зернових і олійних культур, які виникли внаслідок російської

агресії, порушення логістики, падіння цін на зернові і олійні культури – все це змушує аграріїв переглянути сівозміни. Тому є підстави вважати, що і для зменшення площ під цукровими буряками немає об'єктивних причин.

У першому році широкомасштабного вторгнення цукрові буряки у промислових масштабах вирощувались у 14 областях України, головні посіви були зосереджені у 6 областях (більше 70% посіву). Найбільш великі площі під цукровий буряк відвели наступні області: Вінницька 44,0 тис. га (-5,0 тис. га до 2021 р.), Хмельницька, Полтавська та Тернопільська [2].

Посівні площі під цукрові буряки у 2022 році склали 178 тис. га., що на 48 тис. га менше ніж у 2021 року (226 тис. га). У 2023 році посівна площа вже становила 220 тис. га.

Урожайність цукрових буряків у 2022 році в середньому по країні становила 50,2 т/га, що на 3,9 т/га більше ніж у 2021 році (46,3 т/га). Урожайність цукрових буряків вище середнього по країні була у наступних областях: Львівській (64,5 т/га), Тернопільській (56,3 т/га), Хмельницькій (51 т/га). Середня цукристість цукрових буряків при прийманні склала 16,7%, що на 0,2% нижче ніж у 2021 році (16,9%) [2].

Збільшення врожайності цукрових буряків насамперед досягається комплексом агробіологічних та агротехнічних заходів, а також завдяки ефективному використанню сучасної техніки. Зменшення собівартості досягається завдяки оптимальному вибору технологій, технологічних матеріалів і технічних засобів.

Досвід провідних закордонних фірм, які впроваджують свої технології і комплекси машин в окремих господарствах України, показує, що навіть в важких ґрунтово-кліматичних умовах можна отримати врожаї цукрових буряків до 600-700 ц/га. Тому актуальною є задача подальшого удосконалення вітчизняних технологій і машин для вирощування і збирання цукрових буряків. Вирішенню цієї задачі сприяє конструювання нових типів машин, що забезпечують комплексне виконання технологічних операцій в короткі строки.

Особливістю сівби цукрового буряка є мілке загортання насіння в ґрунт – на глибину 4 - 5 см. Передпосівна культивуація, що проводиться на глибину загортання насіння, як правило, висушує цей шар і незначне відхилення від вимог до рівномірності культивуації по глибині є причиною або недружніх сходів або затягування їх. Все це приводить до доказового падіння врожайності. Таким чином, посів – найвідповідальніша операція, при якій закладається майбутня густота рослин – основа урожаю і його кількості та якості. У буряківників норма висіву – це своєрідний індикатор, що відбиває основні зміни в технології обробітку цукрового буряка і в співвідношенні трудовитрат ручної і механізованої праці.

Зниження норми висіву дозволяє значно скоротити трудовитрати на обробіток буряка. Одним з варіантів виконання цього заходу є забезпечення рівномірного розподілу насіння по глибині на оптимальну величину з допустимим відхиленням не більш $\pm 0,5$ см. Існуючі машини і знаряддя для підготовки ґрунту і посіву не відповідають в повній мірі цій вимозі технології. На наш погляд, перспективним може бути загортання насіння на меншу глибину, але у вологий шар ґрунту. Запропонований захід може бути досягнутий завдяки використанню комбінованого ґрунтообробного агрегату. Таким чином, мета дипломного проекту полягає в підвищенні якісних показників посіву насіння цукрового буряка, що сприяє появі дружних сходів при одночасному зниженні до оптимуму норми висіву.

Задачами проекту є:

- розробка пристрою до сівалки ССТ-12Б який дозволяє проводити передпосівний обробіток ґрунту одночасно з сівбою;
- проведення обґрунтування основних геометричних, кінематичних, технологічних та економічних показників комбінованого посівного агрегату.

1 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ І СІВБИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

1.1 Агротехнічні вимоги до передпосівної підготовки ґрунту

Передпосівний обробіток ґрунту призначений для забезпечення посівних кондицій ґрунтового середовища відповідно до потреб сільськогосподарських культур. Залежно від технологічного рівня його виконують ґрунтообробними агрегатами на основі машин:

- одноопераційних (екстенсивний рівень технології);
- комбінованих (інтенсивний);
- багатофункціональних («точного землеробства»).

Основні функції, що покладені на знаряддя для передпосівного обробітку ґрунту, і вимоги, які з цього випливають:

- розпушення верхнього шару ґрунту (культиватори, зубові борони, фрезерні культиватори з вертикальною віссю обертання робочих органів) — уміст фракцій ґрунту розміром 0,3 - 5,0 мм до 90 % у посівному шарі;

- вирівнювання поверхні поля (культиватори, вирівнювачі, зубові борони, фрезерні культиватори) — гребнистість поверхні поля не більше ніж 3 см;

- підрізання бур'янів (культиватори, фрезерні культиватори з горизонтальною віссю обертання робочих органів) — повне, тобто 100 %;

- ущільнення ґрунту (котки кільчасто-шпорові, кільчасто-зубові, пруткові тощо) — до щільності посівного шару 0,9 - 1,1 г/см³.

Ці функції можна реалізувати послідовним застосуванням одноопераційних знарядь або об'єднанням різних робочих органів у комбіновані агрегати.

Суміщення операцій приводить до появи багатофункціональних сільськогосподарських машин, зокрема ґрунтообробно-посівних комплексів.

За глибиною обробітку передпосівний обробіток, як правило, належить до поверхневого (0 - 8 см) або мілкого (8 - 16 см). Вимоги до передпосівного обробітку ґрунту зумовлені особливостями сільськогосподарських культур. Більшість культур потребують ущільненого шару ґрунту в насінневому та піднасінневому просторах. Рациональні межі щільності для більшості культур становлять 0,9 - 1,3 г/см³. Цим пояснюється доцільність застосування нульового або мінімального обробітку ґрунту (реалізуючи прямий посів) на чистих від рослинних решток природної щільності фонах.

Вимоги до культивування при суцільному обробітку:

- суцільну культивування проводять в установлені агротехнікою терміни і на певну глибину. Середня глибина обробітку не повинна відхилитися від заданої більш як на 1 см;
- верхній посівний шар ґрунту після розпушення повинен мати дрібногрудкувату структуру. Не можна вивертати на поверхню поля вологий ґрунт. Висота гребнів на розпушеному полі не перевищує 3 - 4 см;
- під час культивування повністю (100 %) підрізають бур'яни і обробляють поле так, щоб не було огріхів і пропусків.

1.2 Агротехнічні вимоги до сівби цукрових буряків

1. Для сівби цукрових буряків використовують насіння тільки першого класу (лабораторна схожість 75- 90%, чистота не нижче 99,2%, подрібненого насіння не більше 0,5%), попередньо протруєні отрутохімікатами або дражжованих за відповідними вимогами.

2. Загальна тривалість посівних робіт не повинна перевищувати 5 - 6 днів. Сівбу на одному полі необхідно проводити за 1 - 2 дні.

3. Норму висіву насіння і добрив, глибина загортання насіння встановлюється в кожному окремому випадку агрономом господарства у відповідності до зональних рекомендацій і конкретних умов.

Сівалка для сівби буряків повинна забезпечувати плавне регулювання глибини загортання насіння і гранульованих мінеральних добрив в межах 3 -

10 см. При цьому добрива загортаються нижче насіння на 3 см і збоку від рядка на 3 см.

4. Сівалка повинна забезпечувати глибину загортання насіння з відхиленням від заданої не більше, ніж на $\pm 0,5$ см.

5. Висіваючий апарат і загортаючі органи повинні забезпечувати рівномірний розподіл насіння у рядку. Відхилення від розрахункового (очікуємого) інтервалу між насінинами не повинна перевищувати $\pm 30\%$. В заданий інтервал з допустимим відхиленням повинно вклатися не менше 70% насінин при нормах висіву до 70 тис/га, і не менше 65% при нормі висіву 80 - 110 тис/га.

6. Відхилення від заданої норми висіву насіння не повинно перевищувати 5% при нормах висіву 60 - 70 тис/га і 8% при нормі висіву 80 - 110 тис/га.

7. Сівалка повинна забезпечувати норми висіву в межах 60 - 180 тис/га з кроком регулювання 3 - 5 тис.

8. Висіваючі апарати сівалки повинні забезпечувати висівання повноцінних насінин. Допускається травмування посівного матеріалу не більше 0,5%.

9. Сівалка повинна забезпечувати однакову ширину міжрядь 450 мм. Допускається відхилення в цьому показнику на основних міжряддях не більше 1 см, на стикових – не більше 5 см.

10. Відхилення від заданої норми висіву мінеральних добрив не повинно перевищувати у всьому діапазоні норм $\pm 10\%$.

11. Сівалка повинна бути обладнана пристроєм для контролю за висівом насіння і гранульованих мінеральних добрив.

12. Сівалка повинна забезпечувати якісні показники роботи по висіву насіння і гранульованих мінеральних добрив на робочих швидкостях агрегату до 9 км/год.

13. Рядки повинні бути прямолінійні, відхилення від осьової лінії рядка на довжині 50 см допускається не більше 5 см.

14. Ширина поворотних полос на кінцях гонів повинна бути рівною 3 - 4 захватам посівного агрегату.

15. Після сівби поле вирівнюють і при необхідності прикотковують.

Вказаним вимогам до якості підготовки ґрунту та сівби цукрових буряків в нашій країні найбільш повно відповідають комбіновані ґрунтообробні агрегати та сівалки ССТ-12Б та ССТ-12В. Ці сівалки вітчизняного виробництва в основному забезпечують якісні показники виконання технологічного процесу точної сівби. Одним з показників по якому ці сівалки не відповідають вимогам є висока нерівномірність загортання насіння по глибині.

2 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ ТА НАСІННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

2.1 Фізико-механічні властивості ґрунту

Основною технологічною характеристикою ґрунту, яка відображає його будову, водно-фізичні особливості і його біологічну активність, є об'ємна маса. Всі види дії на ґрунт, включаючи обробку, рух по ній ходових систем тягових і сільськогосподарських машин являються причиною зміни об'ємної маси. Прийнято вважати, що розпушений ґрунт відповідає об'ємній масі до $1,15 \text{ г/см}^3$, ущільнений – $1,15 - 1,35 \text{ г/см}^3$, дуже ущільнений – більше $1,35 \text{ г/см}^3$.

Другий важливий фізико-механічний показник ґрунту - це його твердість. Твердість ґрунту – це опір заглибленню в нього будь-якого деформатора. Вимірюється твердість в Па різними пристосуваннями, принцип дії яких базується на примусовому заглибленні в ґрунт плунжерів різної форми, площі і розмірів. У відповідності з ОСТ 70.2.15.73 показником твердості ґрунту є його опір зминанню, а прибори для визначення цього показника отримали назву твердомірів.

Більшість робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь, а також різноманітні опорні поверхні (колеса, гусениці та ін.) енергетичних, транспортних і робочих машин при взаємодії з ґрунтом зминають його. В зв'язку з цим опір ґрунта зминанню (твердість) служить однією з основних його характеристик при оцінюванні умов роботи не тільки ґрунтообробних, але і багатьох інших сільськогосподарських машин.

Вологість ґрунту різко змінює всі механічні властивості ґрунту, особливим чином впливаючи на якість обробки. Вологість ґрунту характеризує долю рідкої фази, що знаходиться в ньому. В ґрунті розрізняють

вільну і звязану воду. Вільна вода в свою чергу поділяється на гравітаційну і капілярну.

Гравітаційною називають вологу, що міститься в крупних пустотах ґрунту.

Волога, що міститься в мілких капілярних пустотах, отримала названіє капілярної. Волога в капілярних пустотах переміщається в любых напрямках и рухається від більш вологих шарів до менш вологих.

Розрізняють абсолютну W_a і відносну W_v вологість ґрунту:

$$W_a = \frac{m_v - m_c}{m_c} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$W_v = \frac{W_a}{W_n} \times 100\% \quad (2.2)$$

де m_v – маса вологої проби ґрунту;

m_c – маса сухої проби ґрунту;

W_n – повна вологість ґрунту.

Вологість ґрунту має великий вплив на його технологічні властивості, і як наслідок, на якість обробки і витрати енергії. При обробці глинистих і суглинистих ґрунтів у перезволоженому стані відбувається залипання робочих органів, руйнування структурних агрегатів; в пересохшому ґрунті утворюються крупні глиби і пиловидні частинки, руйнуються структурні агрегати.

При певній вологості структурний ґрунт легко і якісно розпушується на його обробку витрачається мінімальна кількість енергії. Такий стан ґрунту називають фізичною зрілістю. В залежності від механічного складу ґрунту стан його фізичної зрілості проявляється при відносній вологості 40 - 70% що відповідає абсолютній вологості 18 - 30%. Науковими дослідженнями встановлено, що при механічній обробці ґрунту при його фізичній зрілості не

тільки зберігається цілістність структурних агрегатів, але і утворюються нові. В зв'язку з цим механічну обробку ґрунту в стані фізичної зрілості вважають одним із способів покращення його структури.

Польова вологомісткість ґрунту характеризується кількістю води в ньому, яка перестає рухатися вниз під впливом сил гравітації.

Кількість води, яку поглинає ґрунт до повного насичення, називається повною вологомісткістю.

При визначенні вологості ще розрізняють вологість зав'ядання, що являє собою нижню межу вмісту вологи, яку можуть використовувати культурні рослини.

Від вологості ґрунту прямо пропорційно залежить і такий важливий показник, як питомий опір (K , H/m^2). Цей показник визначається відношенням сили тягового опору до площі поперечного перетину скиби,

$$K = \frac{P}{a \times b}, H / m^2 \quad (2.3)$$

Науковими дослідженнями встановлено, що із збільшенням вологості питомий опір спочатку зменшується, а потім збільшується у зв'язку з збільшенням липкості ґрунту.

Липкість ґрунту – це здатність його частинок прилипати до різноманітних поверхонь, а також зклеюватися. Вона проявляється двояким чином: як опір при ковзанні ґрунту по поверхні робочих органів машин (корпусів плугів, лап культиваторів, сошників сівалок і т. п.) і як опір при відриванні тіл, що знаходяться з ґрунтом в контакті (кочення коліс, рух гусениць і т. п.). Опір ковзанню від прилипання визначається за формулою:

$$T_{np} = P_0 \times S + p \times N \times S; \quad (2.4)$$

де: P_0 – коефіцієнт дотичних сил питомого прилипання при відсутності нормального тиску, Па;

p – коефіцієнт дотичних сил питомого прилипання, яке створюється нормальним тиском, $1/m^2$;

S – площа контакту, m^2 ;

N – сила нормального тиску, Н.

Фрикційні властивості ґрунту характеризуються коефіцієнтом тертя і кутом тертя. Розрізняють коефіцієнт зовнішнього f і внутрішнього f_1 тертя. Значення коефіцієнта f залежить від великої кількості факторів, головними із яких є механічний склад ґрунту та його вологість. (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Коефіцієнт тертя ковзання по ґрунту
($N=3 \dots 8 \text{ Н/см}^2$)

Ґрунт	Абсолютна вологість	Коефіцієнт тертя
Дерново-підзолистий, легкосугл.	2...15	0,4...0,5
Дерново-підзолистий, середньосугл.	3...20	0,4...0,8
Лісостепний, темно-сірий, важкосуглинистий	20...23	0,5...0,8
Чорнозем глинистий	23	0,7
Чорнозем важкосуглинистий	7...16	0,4...0,7
Чорнозем середньосуглинистий	6...27	0,5...0,8
Чорнозем суглинистий	10...30	0,7...1,0
Чорнозем пісчаний	1...6	0,4...0,6

При певній вологості ґрунту прилипання і тертя діють сумісно. Якщо при цьому ґрунт ковзає по поверхні робочого органу, то обидва явища проявляються одночасно у вигляді опору його ковзання:

$$T_{\text{зар}} = F_T + T_{\text{пр}} \quad (2.5)$$

де: F_T – сила тертя ґрунта по матеріалу поверхні робочого органу машини;

$T_{\text{пр}}$ – сила прилипання ґрунту до матеріалу робочого органу.

Залипання робочих органів відбувається у тому випадку, коли сума питомих сил тертя і прилипання ґрунту до їх поверхні стає більшою, ніж межа міцності на зсув. Самоочищення спостерігається у тому випадку, коли сума сил прилипання і тертя ґрунта об ґрунт (скиби об налипші частинки) стає більшим, ніж загальний опір налипших частинок ковзанню.

Пластичність ґрунту – його властивість деформуватися під дією зовнішнього навантаження (змінювати свою форму без розпадання на частини) і зберігати цю деформацію після зняття навантаження.

Пластичність залежить в основному від механічного складу і вологості ґрунту і характеризується числом пластичності:

$$W_{\text{п}} = W_{\text{м}} - W_{\text{р}} \quad (2.6)$$

$W_{\text{м}}$ – верхня межа пластичності, тобто вологість ґрунту, при якій він розсипається від найменшого зтрушування;

$W_{\text{р}}$ – нижня межа пластичності, тобто вологість, при якій ґрунт, розкатаний в стержень діаметром 3 мм, починає кришитися.

Пісок непластичний, число пластичності для ґрунтів іншого механічного складу має наступні значення: супісь – 1 - 7, суглинок – 7 - 17, глина – більше 17.

Пружність протилежна пластичності. Під пружністю ґрунту розуміють її властивість відновлювати свою форму після знімання зовнішнього навантаження. Пружна деформація існує до тих пір, поки на тіло діє зовнішня сила, що викликає цю деформацію.

Пружність ґрунту, як його внутрішній стан, залежить головним чином від механічного складу, вологості і задернілості. Відносне значення пружних деформацій може коливатися в межах 30 - 80%.

В'язкість ґрунту – його властивість повільно деформуватися не тільки у функції навантаження, але і у функції часу дії цього навантаження. Чим більший час дії навантаження, тим більша і деформація ґрунту. В'язкість ґрунту пов'язана з явищами взаємного переміщення складових його фаз: твердих частинок, води і повітря.

Крихкість протипоставляється в'язкості. Межа міцності крихких тіл не перевищує межі пружності або співпадає з нею. Таким чином, в крихкому тілі пластичні деформації відсутні. Так, наприклад, пересохший ґрунт важкого механічного складу стає крихким і при руйнуванні він практично не деформується.

Абразивність проявляється в зношуванні робочих органів і залежить головним чином від механічного складу ґрунту.

Встановлено, що зношування леміша при оранці одного гектару складає: на глинистих і суглиннистих ґрунтах – 2 - 30 г, супісчаних і пісчаних з невеликою кількістю каміння – 30 - 100 г, пісчаних з великою кількістю каміння – 100 - 450 г.

Таким чином, загальним критерієм абразивності ґрунту можна вважати вміст в ньому піску. Висока абразивність пісчаних ґрунтів пояснюється переважанням в його складі кварцу – самого твердого із мінералів, що входять до складу ґрунта.

2.2 Основні фізико-механічні властивості насіння цукрових буряків

Основні властивості насіння, які впливають на технологію і техніку сівби об'єднуються під загальним поняттям - технологічні властивості насіння. До них відносяться посівні якості насіння та їх фізико-механічні характеристики.

До посівних якостей насіння відноситься господарча придатність, чистота, схожість, енергія проростання, посівна придатність, маса 1000 насінин, щільність і т.п.

Господарча придатність насіння характеризується відсотковим вмістом насіння, яке здатне прорости в посівному матеріалі.

$$\Gamma = \frac{NB}{100}, \quad (2.7)$$

де Н – чистота насіння, %; В – схожість насіння, %.

Для насіння цукрових буряків цей показник знаходиться в межах 0,47 - 0,63.

Чистота насіння визначається відсотковим вмістом насіння основної культури в насінному матеріалі. згідно ДСТУ для насіння цукрових буряків цей показник повинен бути не нижче 92,5 %. Схожість насіння характеризується відсотковим вмістом нормально пророслого насіння в пробі, яка взята для аналізу. Для насіння цукрових буряків цей показник знаходиться в межах 96 - 98 %. польова схожість визначається кількістю проростків, які з'явилися за 30 днів після сівби, виражених у відсотках від числа висіяних схожих насінин. Для насіння цукрових буряків цей показник знаходиться в межах 41,6 - 57.0 %.

Посівна придатність визначається схожістю насіння основної культури:

$$\Gamma_n = \frac{AB}{100}, \quad (2.8)$$

А – кількість насінин основної культури в посівному матеріалі, %;

В – схожість насіння, %.

Для насіння цукрових буряків $\Gamma_n = 0,4 - 0,65$

Маса 1000 насінин характеризує їх повноцінність. Для насіння цукрових буряків $M_{1000} = 9 - 23$ г.

Фізико-механічні властивості насіння – це лінійні розміри, характер поверхні, коефіцієнти тертя, парусність, сипкість, пружність, твердість, гігроскопічність і т.д.

Форма і розмір насіння впливають на процес висипання насіння через отвори бункерів.

Насіння цукрових буряків мають округлу форму і розміри 3,5 - 5,5 мм.

Коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього тертя характеризують фрикційні властивості насіння і їх сипкість. Для насіння цукрових буряків коефіцієнт внутрішнього тертя $\varphi_2 = 0,39 - 0,41$, коефіцієнт зовнішнього тертя $\varphi_1 = 0,33 - 0,38$ (по сталі). Ці значення показують, що насіння цукрових буряків схильні до сводоутворення.

Проростання насіння цукрових буряків відбувається при температурі :

- мінімальній – 4 - 5⁰С; Максимальній 28 - 30⁰С; оптимальній 23 - 25⁰С.

Результати досліджень по фізико-механічним та технологічним властивостям насіння цукрових буряків та ґрунту будуть використані при обґрунтуванні схеми посівного агрегату та проведенні інженерних розрахунків.

3 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ І СПОСОБІВ СІВБИ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ

За останні роки в Україні розроблено і впроваджено в різних господарствах в залежності від ґрунтово-кліматичних умов ряд технологій вирощування цукрових буряків, кожна із яких має як позитивні сторони, так і певні недоліки. Серед великого переліку технологій слід відзначити наступні:

- механізована;
- індустріальна;
- інтенсивна;
- інтенсивна малогербіцидна;

Кожна із вище перерахованих в порядку їх використання в сільськогосподарському виробництві вирішували ті чи інші основні напрямки технології.

3.1 Аналіз технологій вирощування цукрових буряків

Механізована технологія – охоплює епоху від середини 40-х рр до початку 70-х рр ХХ століття і включає багато елементів ручної праці. В цей період науковими дослідженнями було встановлено оптимальні попередники і залежність врожаю цукрових буряків від глибини орного горизонту.

Система передпосівної підготовки ґрунту включала раннє весняне боронування і дві передпосівні культивації. Основним способом сівби був пунктирний.

Формування кінцевої густоти, знищення бур'янів у гніздах і в захисних зонах проводилося вручну. З середини 60-х років боротьба з бур'янами в

механізований технології почала проводитися з використанням гербіцидів. Використання ручної праці значно зменшилося.

Після закупки за кордоном гербіцидів ґрунтової дії, на території України почали впроваджувати індустріальну технологію вирощування, яка базувалася на новому для того часу високопродуктивному комплексі машин. В цей час в країні почали використовувати сівалки для пунктирної сівби ССТ-8, ССТ-12, обприскувач ОПШ-15, бурякозбиральні комбайни СКЕМ-3Г, СТС-2.

Вищим досягненням науково-технічної і агротехнічної думки стала розробка і впровадження зональних інтенсивних технологій, оснований на використанні гербіцидів загальновинищувальної дії, ґрунтових і післясходових (страхових) гербіцидів. До цього часу (кінець 80-х років ХХ століття) у виробництві з'явилась пунктирна сівалка ССТ-12А, а в кінці століття і закордонних просапних сівалок Kinze-2000 (Джон-Дір-М-7100), Accord, просапних культиваторів УСМК-5,4, обприскувачів ОП-2000, гичкозбиральна машина БМ-6 та бурякозбиральні машини РКС-6 та КС-6.

Малогербіцидна технологія як різновид інтенсивної технології, передбачає використання комбінованих агрегатів, що суміщують в одному проході виконання декількох операцій, наприклад, передпосівної культивації, сівби і стрічкового (в зону рядка) внесення ґрунтових гербіцидів, або сівбу з стрічковим внесенням гербіцидів, або культивацію міжрядь з обробкою гербіцидами захисних зон. Крім цього, малогербіцидна інтенсивна технологія передбачає використання нових робочих органів для боротьби з бур'янами в захисних зонах рядків культурних рослин, наприклад, пруткових пружинних прополочних борінок, плоскорізних і корпусних підгортачів та ін.

Підводячи підсумок короткому огляду технологій і технічних засобів для їх реалізації, можна констатувати, що незалежно від назви технології в кінцевому підсумку всі вони переслідують головну мету – захист ґрунту, навколишнього середовища і людини, отримання максимально можливих врожаїв в конкретних погодних умовах при одночасному зниженні затрат на гектар і на одиницю отриманої продукції.

У зв'язку з переходом України до ринкової економіки і до світових цін на сировину і продукцію підіймається питання економії паливно-мастильних матеріалів. В зв'язку з цим, як етап подальшого розвитку інтенсивних технологій, з'явилася енергозберігаюча технологія вирощування цукрових буряків. Завдяки впровадженню елементів енергозбереження на всіх моментах реалізації технології – суміщення операцій весняного комплексу, повне завантаження потенційних можливостей тягових машин, оптимізація кількості і ступені активності дії на ґрунт при його обробці та ін. – вдалося без зниження врожайності знизити витрати паливно-мастильних матеріалів з 125...130 л/га до 110...115 л/га.

Наряду з важливістю других елементів технології, найбільш актуальним є сівба цукрових буряків, її якість і затрати часу.

3.2 Аналіз способів сівби цукрових буряків

Основним способом сівби цукрових буряків є пунктирне розміщення їх на дні борозни із заданою відстанню між насінинами. Для сівби цукрових буряків з міжряддям 450 мм використовують 12-ти рядні сівалки ССТ-12А, ССТ-12Б та ССТ-12В. Для міжряддя 600 мм на основі вищенаведених сівалок відповідно виробляються 8-рядні машини ССТ-8 та ССТ-8А. Ці сівалки забезпечують висів каліброваного та дражованого насіння цукрових буряків з одночасним внесенням в зону рядка гранульованих мінеральних добрив.

В плані розташування рядка насіння необхідно відмітити, що сівба цукрових буряків може бути гладенькою, гребневою або борозною.

Гладенька сівба – загальноприйнята, займає більшість площ вирощування буряків і виконується на зяблевій гладенькій оранці на фоні весняної передпосівної підготовки ґрунту, що включає раннє боронування та 2 культивації.

В зонах підвищеної вологості з метою прискорення підсихання ґрунту до нормального фізичного стану сівбу буряків можливо виконувати в гребні,

які формують спеціальними культиваторами-гребнеутворювачами восени. При цьому гребінь має наступні параметри (рис. 3.1).

За результатами перевірки гребневої технології вирощування в порівнянні з гладенькими посівами розміщення рослин, широкого розповсюдження по причині використання спеціальних машин на невеликих площах і при сумнівному економічному ефекті гребневий спосіб сівби широкого застосування не знайшов.

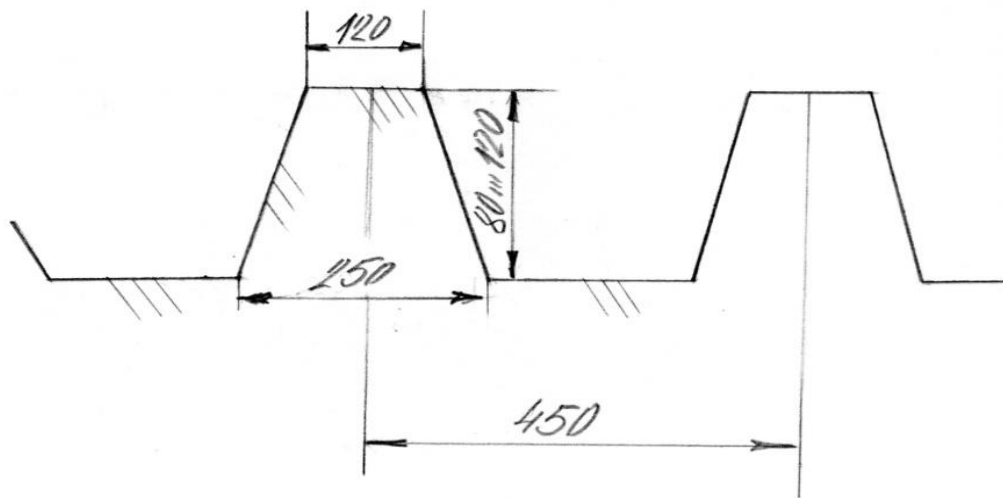


Рисунок 3.1 - Параметри гребнів

Для степових посушливих зон України більш доцільним може бути сівба буряків на дно борозди. Суть ідеї зводиться до наступного. В зонах недостатньої зволоженості нашої країни до моменту сівби буряків (15/IV...25/V) верхній шар ґрунту, який підлягає багатократній дії робочих органів ґрунтообробних машин (боронування, одна-дві допосівні культивації), на глибині 4 - 5 см практично обезвожений. Для гарантованого отримання сходів буряків його насіння необхідно загортати глибше цього шару і вкласти його на вологе дно борозни. У зв'язку з достатньо великою глибиною загортання і значними відмінностями енергії проростання окремо взятих насінин сходи буряків з'являються неодноразово, іноді при глибині загортання більше 6 см ще і ослабленими, що приводить до нерівномірності їх висоти особливо в перші фази розвитку. Як відомо, посіви буряків для боротьби з коренепаростковими і широколистними бур'янами оброблюють гербіцидом в

дуже швидкоплинну фазу розвитку культурних рослин – 3 - 5 листків. Різниця в розвитку рослин нерідко робить неможливою таку хімічну прополку.

У зв'язку з вищевикладеним, пропонується одночасно з сівбою насіння буряків проводити передпосівну підготовку ґрунту на глибину 4 - 6 см. При цьому забезпечується якісний обробіток ґрунту та вирівнювання поверхні поля, а також стабільний рух полозовидного сошника серійної сівалки ССТ-12Б. Орієнтовно, насіння буряків буде загортатися на глибину 4 - 5 см. Загортання насіння у вологий шар ґрунту забезпечить швидкі і одночасні сходи і однаковий розвиток рослин в їх наступні фази. Даний спосіб сівби не має аналогів і в зв'язку з цим є необхідність в його детальному опрацюванні, що і буде виконано в даному дипломному проєкті.

Таким чином, розглянуті способи сівби цукрових буряків районовані для відповідних ґрунтово-кліматичних зон. Однак для посушливих зон країни оптимальним є сівба на рівну поверхню поля. З іншого боку розпушений шар ґрунту швидко висихає і з'являється небезпека неотримання сходів рослин. В зв'язку з цим пропонується сумістити передпосівну підготовку ґрунту та сівбу і висівати насіння буряків у вологий шар ґрунту.

4 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КОМБІНОВАНИХ АГРЕГАТІВ

Багаторазові проходи ґрунтообробних агрегатів по полю пов'язані з необхідністю виконання декількох операцій приводять до надмірного ущільнення і розпилення ґрунту.

При оранці п'ятикорпусним плугом трактор ущільнює 40 - 50% поверхні поля. Під дією гусениць трактора і коліс машин агрегатні грудочки ґрунту руйнуються, розпилюються, густина ґрунту підвищується, а капілярність і вологопроникність зменшуються. Все це веде до зниження врожайності. Багаторазовий передпосівний обробіток затягує сівбу, що також несприятливо впливає на урожай.

Особливо шкідливий багаторазовий обробіток у зонах недостатнього зволоження і на легких безструктурних ґрунтах. При інтенсивному обробітку внаслідок вивітрювання і водної ерозії втрачається органічна речовина, погіршується структура ґрунту, зростають втрати вологи і утворення глиб. У зв'язку з цим отримала широке поширення система мінімального обробітку ґрунту, при якій скорочується число обробок і проходів тракторів по полю. Для цього використовують комбіновані машини і агрегати, які виконують за один прохід декілька операцій: наприклад, оранку і додатковий поверхневий обробіток (подрібнення груд, вирівнювання поверхні, ущільнення) культивуацію, боронування, прикочування, передпосівний обробіток ґрунту і посів, основний або передпосівний обробіток ґрунту і внесення добрив, гербіцидів та інших отрутохімікатів.

Можливість та доцільність суміщення технологічних операцій визначають системами землеробства та обробітку ґрунту, що застосовуються, засміченістю полів бур'янами та їх видовим складом, метеорологічними

умовами, параметрами енергетичних засобів, агрономічними, техніко-економічними та іншими факторами.

Детальна класифікація комбінованих агрегатів наведена на рис. 4.1.

Можливість суміщення технологічних операцій та використання комбінованих машин визначають такі фактори:

- збіг строків для виконання робіт – наприклад, передпосівної культивуації, сівби, прикочування, внесення добрив, гербіцидів тощо;
- необхідність проведення робіт у стислі строки – наприклад, підготовка ґрунту для вирощування проміжних культур або озимих після непарових культур;
- нестійкі метеорологічні умови, які при роздільному виконанні передбачених операцій знижують ефективність останніх – наприклад, випадання опадів після передпосівної культивуації знижує її ефективність аж до необхідності повторної культивуації і призводить до розтягування строків проведення комплексу робіт;
- наявність енергоємних тракторів відповідних тягових класів, які придатні для агрегування з комбінованими машинами;
- пристосованість робочих органів для одночасного виконання різних технологічних операцій – наприклад, культивуації та сівби.

Використання комбінованих машин зменшує шкідливий вплив колісних ходів на ґрунт, скорочує строки проведення операцій, підвищує якість робіт і продуктивність праці, знижує виробничі витрати.

Є ряд агротехнічних робіт, виконання яких можливе лише комбінованими машинами, зокрема, внесення у ґрунт добрив та меліорантів, а в окремих випадках і пестицидів; аміачної води під час передпосівної культивуації; безводного аміаку.

На можливість і доцільність суміщення технологічних операцій впливає рівень технічного рішення, вартість виготовлення та роботи агрегату. Комбіновані машини порівняно з одно операційними складніші й дорожчі, а їх технічна та технологічна надійність може виявитися нижчою, особливо у

несприятливих умовах роботи. Тому ступінь суміщення операцій має певні межі. Загалом добре суміщаються схожі за характером такі операції, наприклад, як культивація та боронування. Складніше суміщати ті операції, для виконання яких технічні засоби значно відрізняються.

Комбіновані машини і агрегати повинні містити набір робочих органів для одночасного виконання лише тих операцій, котрі можна суміщувати у часі без порушення агротехніки, строків і якості виконання.

Комбіновані агрегати призначені для виконання за один прохід кількох технологічних операцій, що суміщені в часі.

Розрізняють три основних типи комбінованих машин:

- агрегат із кількох послідовно з'єднаних простих машин, кожна з яких виконує окрему операцію;
- машина з послідовно встановленими простими робочими органами для виконання кількох операцій;
- машина зі спеціальним комбінованим робочим органом для послідовного виконання технологічного процесу.

Комбіновані агрегати і машини для суміщення передпосівного обробітку ґрунту з сівбою можна розділити на два основні типи:

- агрегати, що складаються з декількох машин і знарядь, які можна використовувати окремо;
- спеціалізовані комбіновані машини, які не допускають роздільного використання знарядь, що входять до них або вимагають значних демонтажних робіт для роз'єднання.

За набором виконуваних технологічних операцій комбіновані машин можна розділити на чотири групи:

- машини для суміщення основного і додаткового обробітку ґрунту;
- машини для суміщення операцій передпосівного обробітку ґрунту;

- машини для суміщення основного або передпосівного обробітку ґрунту з внесенням добрив;
- машини для суміщення передпосівного обробітку ґрунту і сівби.

Наведемо характеристику машин, які входять у кожен із груп.

Машини для суміщення основного і додаткового обробітку ґрунту. До них відносяться комбінований орний агрегат ПКА, комбінований агрегат АКП-2,5, плуг ПВН-3-35 з комбінованими корпусами, комбінована машина АКР-3,6 і ротаційний плуг ПР-2.

Комбінований орний агрегат ПКА призначений для оранки, подрібнення груд, ущільнення ґрунту і вирівнювання його поверхні. ПКА (рис. 4.2а) складається з плуга (в основному ПЛП-6-35) 4 і пристосування ПВР-2,3, обладнаного дворядним котком. Перший ряд котка утворений з вузько клинчастих дисків-пакувальників 3, другий – із кільчасто-шпорових дисків 1. На рамі пристосування змонтовані два баластних ящики 2. Коток приєднують до зчипки плуга гнучким зв'язком. При роботі агрегату диски 3, розвиваючи великий тиск, розрізають великі грудки, проникають у ґрунт на 10 – 15 см і в результаті бокового зсуву ущільнюють глибші шари ґрунту. Кільчасто-шпорові диски 1 подрібнюють грудки, що залишилися і вирівнюють поверхню ґрунту. Глибину ходу дисків регулюють зміною маси баласту, що заповнює ящики 2.

Використовуються пристосування ПВР-3,5 для семи- і ПВР-2,3 для п'яти-, шестикорпусних плугів.

Комбінований агрегат АКП-2,5 (рис. 4.2.б) призначений для основного і передпосівного обробітку ґрунту без обороту пласта у районах недостатнього зволоження. Агрегат складається з двох секцій. На рамі 5 передньої секції встановлені три дискові батареї 6 і три плоскоріжучі лапи 7. На задній секції змонтовані коток-розпушувач 9 з дворядним розташуванням кільчасто-шпорових дисків, вирівнювач 8 і баластний ящик 10. Передню секцію навішують на трактор, а задню приєднують до неї причепом. Дискові батареї

можуть бути складені із сферичних або голчастих дисків. Вирівнювач встановлюють тільки при використанні сферичних дисків. Диски рихлять верхній шар ґрунту на глибину до 8 см, лапи підрізають пласт на глибину до 16см, рихлять його і знищують бур'яни, вирівнювач вирівнює поверхню поля, а котки розбивають грудки ґрунту і ущільнюють його.

Ширина захвату агрегату 2,5 м. агрегують з тракторами ДТ-75В і Т-150К.

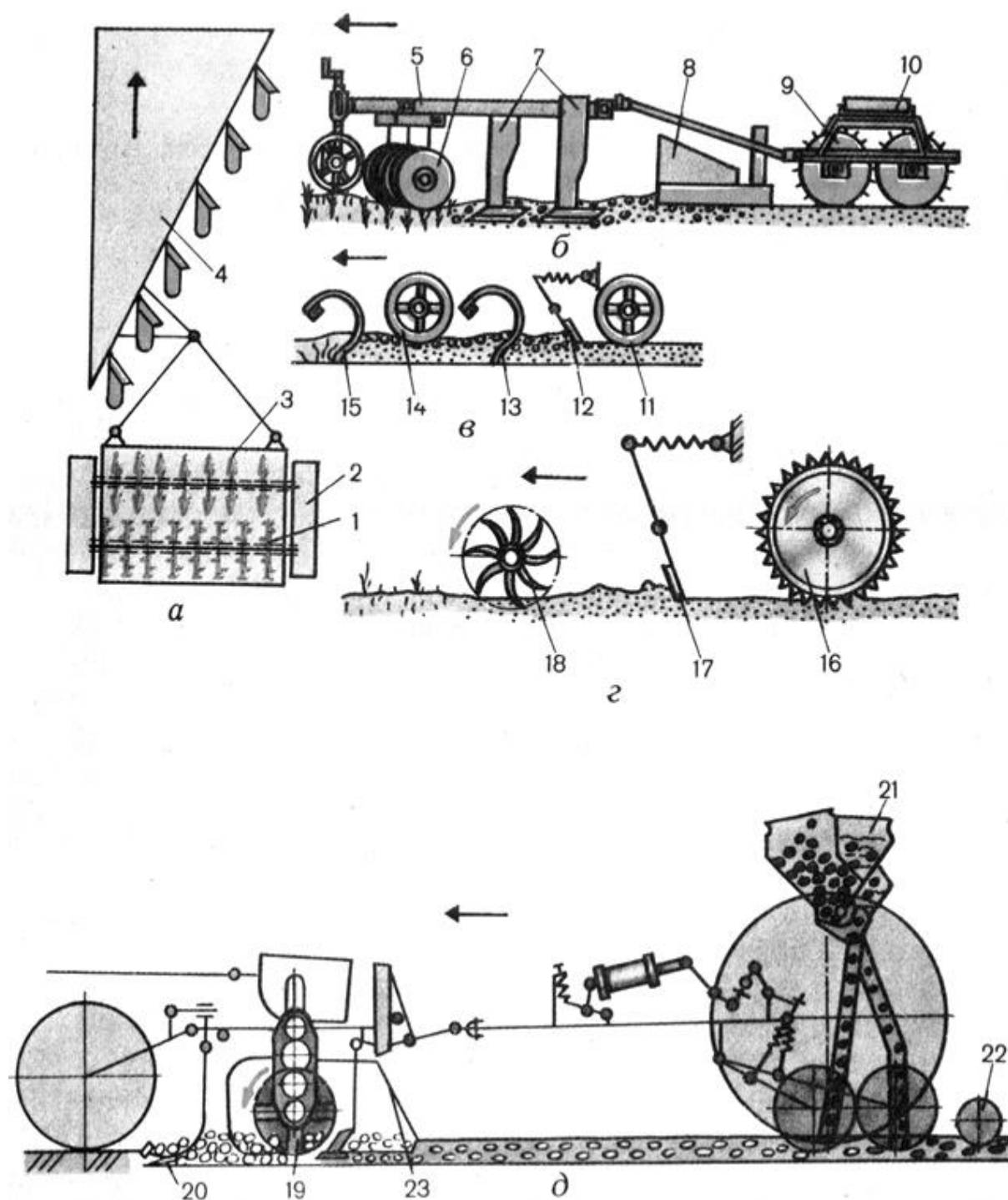


Рисунок 4.2 – Комбіновані агрегати і машини:

а - ПКА; *б* - АКП-2,5; *в* - РВК-3,6; *г* - ВИП-5,6; *д* - КА-3,6;

1 і 3- диски; 2 і 10- баластні ящики; 4- плуг; 5- рама; 6- дискова батарея; 7- плоскоріжучі лапи; 8- вирівнювач; 9, 11, 14, 16 і 22- котки; 12 і 17- вирівнюючі бруси; 13 і 15 – розпушувальні лапи; 18- голчастий диск; 19- фрезерний барабан; 20- універсальна стрілчаста лапа; сівалка СЗ-3,6; 23- фартух

Для суміщення основного і додаткового обробітку ґрунту розробляють нові конструкції плугів, у котрих за кожним корпусом із вкороченою полицею розташована невелика фреза, плуги з ножами, що обертаються у горизонтальній площині, культиватори з робочими органами типу фрез. Використання таких фрезерних машин найбільш ефективно на важких ґрунтах, що запливають, а також на полях, відведених для картоплі, цукрових буряків, овочевих та інших культур, що вимогливі до вологи.

Машини для суміщення операцій передпосівного обробітку ґрунту. До них відносять: комбіновані агрегати РВК-3,6 і РВК-5,4; машину ВИП-5,6; фрезерний культиватор глибокорозпушувач КФГ-3,6; фрезерний культиватор гребенутворювач КГФ-2,8.

Комбіновані агрегати РВК-3,6 і РВК-5,4 (рис. 4.2в) призначені для передпосівного обробітку ґрунту. За один прохід агрегат культивує ґрунт на глибину 15см, руйнує глиби і грудки, вирівнює і прикочує ґрунт. Ширина захвату агрегатів відповідно 3,6 і 5,4 м.

На рамі послідовно розташовані ряд розпушувальних лап 15 на пружинних стойках; передній рідкий кільчасто-шпоровий коток 14, диски якого ущільнюють ґрунт у проміжках між лапами; другий ряд розпушувальних лап 13, встановлених вслід за дисками котка; вирівнюючий брус 12 і секції заднього кільчасто-шпорового котка 11.

Заглиблення робочих органів регулюють поворотом осі із закріпленими лапами. Вирівнюючий брус 12 можна переміщати по висоті, а тиск його на

грунт регулювати натяжними пружинами. Агрегатують РВК-3,6 з тракторами МТЗ-80 і ДТ-75В, а РВК-5,4 – з тракторами Т-150К і К-701.

Комбінована машина ВІП-5,6 призначена для передпосівної підготовки ґрунту під зернові, технічні та овочеві культури. Вона включає три секції, на рамах яких змонтовані батареї голчастих дисків 18 (рис. 4.2г), вирівнюючий брус 17 і кільчастий коток 16, що складається із зубчастих і клинчастих дисків. За один прохід машина подрібнює ґрунтові грудки, вирівнює мікрорельєф поля і ущільнює верхній шар ґрунту.

Ширина захвату машини 5,6 м, робоча швидкість 6 – 8 км/год, продуктивність 3,3 - 4,5 га/год. машину агрегатують з тракторами ДТ-75В, МТЗ-80.

Фрезерний культиватор КФГ-3,6 призначений для передпосівної підготовки важких і перезвожених ґрунтів під посів рису, зернових та інших культур у зоні зрошувального землеробства. Культиватор обладнаний фрезерним барабаном 19 (рис. 4.2д) діаметром 350 мм, фартухом 23, приводом і механізмом регулювання глибини.

Фрезерний барабан – це пустотілий вал з дев'ятьма привареними дисками, з котрим через один кріплять три правих і три лівих Г-подібних ножі. Під час роботи барабан 19 обертається з частотою 480хв^{-1} , ножі відрізають смужку ґрунту і відкидають під кожух. Від удару ґрунт кришиться. Фартух 23 запобігає розкиданню ґрунту фрезою і вирівнює поверхню поля. На рамі встановлюють встик два фрезерних барабани довжиною 1,8 м. вони приводяться в рух із зовнішніх кінців через зубчасті передачі і трансмісійні вали.

Фрези рихлять ґрунт на глибину до 10 см. Культиватор навішують на трактор Т-150К. Ширина захвату – 3,6 м, продуктивність 2,8 га/год.

Машини для суміщення основного або передпосівного обробітку ґрунту із внесенням добрив. Комбіновані агрегати, які суміщають оранку або культивування із внесенням рідких добрив під технічні та овочеві культури, складаються із підживлювача-обприскувача ПОМ і плуга або культиватора, на рамі яких монтують штангу, а до стояків корпусів або лап кріплять

підживлювальні трубки. Рідкі добрива під тиском поступають до підживлювальних трубок і впорскуються ними на дно борозни, котру засипає ґрунтом корпус, що йде слідом. Внесення аміачних добрив одночасно з основним або передпосівним обробітком ґрунту знижує втрати аміаку на випаровування, так як він добре адсорбується розпушеним ґрунтом.

Комбінована машина МКП-4 вносить у ґрунт основні дози мінеральних добрив на глибину 10...15 см з одночасним передпосівним обробітком ґрунту.

Культиватор-глибокорозпушувач-підживлювач КПП-2,2 суміщає основний обробіток стерневих полів з локальним внесенням добрив на глибину до 25 см.

Виноградниковий плуг ПРВМ-3 обладнаний пристосуванням для внесення мінеральних добрив одночасно з обробітком фрунту.

Машина для суміщення передпосівного обробітку ґрунту і сівби. Таке поєднання найкращим чином відповідає вимогам агротехніки, так як дозволяє висівати насіння у вологий, добре розрихлений ґрунт за рахунок ліквідації розриву між обробітком і посівом.

Найпростішим комбінованим агрегатом такого типу є агрегат, який складається із культиватора КПС-4 і зернової сівалки. Для складання широкозахватних агрегатів використовують зчіпки.

До комбінованих машин відносять також сівалку-культиватор СЗС-2,1, її модифікація СЗС-2,1М, луцильник-сівалка ЛДС-6, сівалка-культиватор СГ-4 для гребеневого посіву і догляду за соєю, лугові агрегати АПЛ-1,5 і АЛС-2,5. Для передпосівного обробітку ґрунту і посіву зернових культур на важких ґрунтах використовують комбінований агрегат КА-3,6 (рис. 5.2д), який включає навісний культиватор КФГ-3,6, зчіпний пристрій, зернотукову сівалку СЗ-3,6, прикочуючий пристрій, що складається із клинчастих котків, слідовказівник і сигналізацію.

Під час роботи ножі фрезерного барабана 19 рихлять ґрунт, фартух 23 вирівнює поверхню поля, сівалка 21 висіває насіння і добрива у 24 рядки і заробляє їх у ґрунт на задану глибину, котки 22 ущільнюють ґрунт у рядках.

Конструкція агрегату дозволяє роздільно використовувати фрезерний культиватор і сівалку. Ширина захвату агрегату 3,6м, робоча швидкість 7 - 9 км/год, продуктивність 2,38 га/год. Навішують на трактори Т-150 і Т-150К.

Фрезерний культиватор-сівалка КФС-3,6 за один прохід фрезерує ґрунт, вирівнює поверхню поля, висіває насіння рису або іншої культури і прикочує ґрунт. Машина складається з двох частин: ґрунтообробної і посівної. Ґрунтообробна частина зібрана з одиниць фрезерного культиватора КФГ-3,6, обладнана спеціальною рамою з автонавіскою і опирається на два опорно-ходових колеса.

Посівна частина складена із робочих органів рисової сівалки СРН-3,6, змонтованих на окремій рамі. Посівну частину кріплять до рами ґрунтообробною частиною з можливістю її демонтажу. Тому фрезерний культиватор може працювати без посівної частини і виконувати суцільне фрезерування ґрунту на глибину до 10 см.

Під час руху машини ножі фрезерних барабанів рихлять ґрунт на глибину 4 - 5 см, фартухи фрези і лижі сошників вирівнюють поверхню, висіваючі апарати подають насіння у воронки і сошники, що йдуть вслід за лижами, заробляють насіння на глибину 5 - 40 мм. За сошниками рухаються гладкі циліндричні котки, які вирівнюють поверхню і ущільнюють ґрунт.

Норму висіву насіння у межах від 66 до 458 кг на 1га регулюють зміною робочої довжини катушок і зміною зірочок ланцюгової передачі від прикочуючих котків на вал висіваючих апаратів. Число рядків, що висівається 24, ширина міжрядь 15 см, об'єм насінного ящика 520 дм³, ширина захвату машини 3,6 м, робоча швидкість до 7,5 км/год, продуктивність 2 га/год. агрегують з тракторами Т-150 і Т-150К.

В останні роки на полях України все більше використовуються посівні комбіновані агрегати провідних світових фірм – HORSCH, LEMKEN, KUHN, KONGSKILDE і ін.

Рисунок 4.3 – Комбінований посівний агрегат CO 6 фірми HORSCH

Рисунок 4.4 - Комбінований посівний агрегат (а) Solitair фірми
LEMKEN з набором ґрунтообробних знарядь (б)

Рисунок 4.5 - Комбінований посівний агрегат RG 3001

фірми KUHN

В цих агрегатах в основному використовується пневматична сівалка і набір ґрунтообробного знаряддя для різних умов експлуатації. Агрегати мають високу продуктивність при одночасному обробітці ґрунту, сівбі і ущільненні ґрунту після сівби. Агрегати можуть бути використані як після основного обробітці ґрунту, так і по стерні. При цьому вони мають змінні сошники і

Рисунок 4.6 - Комбінований посівний агрегат фірми KONGSKILDE

відповідні ґрунтообробні робочі органи.

5 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ

Передпосівний обробіток - один з найвідповідальніших етапів, своєчасне і якісне проведення якого позитивно впливає на формування врожаю. Провести його слід у стислі агротехнічні терміни, максимально зберігаючи вологу у верхніх шарах ґрунту та забезпечивши відповідну його структуру.

Враховуючи особливість ґрунтово-кліматичних умов пропонується поєднати передпосівний обробіток з сівбою. Для цього необхідно використати комбінований ґрунтообробно-посівний агрегат, скомплектований з машин ВИП-5,6 та сівалки ССТ-12Б. Норма висіву вибирається в межах 7-14 кг/га залежно від схожості насіння.

Найбільш відповідальною операцією в технології вирощування цукрових буряків є сівба насіння. При цьому сівалки мають забезпечувати сівбу насіння буряка та культур близьких за розмірами за заданою нормою висіву. Відхилення загального висіву від заданої норми допускається не більше $\pm 3\%$.

Необхідно, щоб сошники сівалки подавали насіння на ущільнене дно борозенки на однакову задану глибину і загортали його вологим шаром ґрунту. Відхилення від заданої глибини може бути не більше як ± 1 см. Поверхня поля після проходу сівалки повинна бути рівною, допустима висота гребнів і глибини борозенок 2 – 3 см. Нерівномірність висіву гранульованих добрив туковисівними апаратами допускається до $\pm 10\%$.

Враховуючи ці вимоги пропонується сумістити в одному проході агрегату передпосівну підготовку ґрунту та сівбу насіння цукрових буряків.

Схема агрегату, що пропонується у даному дипломному проєкті показана на рис. 5.1 і у графічній частині проєкту.

Оскільки агрегат є причіпним, комбінованим, то він включає обертову мотику, кільчасто-зубові котки, вирівнювач та сівалку. Агрегатується з трактором ДТ-75-М як одна сільськогосподарська машина.

Виходячи з технічно допустимої швидкості на виконання операцій вибираємо 4 передачу трактора, для якої:

- тягове зусилля на гаку $P_T = 24,3$ кН;
- транспортна швидкість $V_T = 7,3$ км/год.

Визначаємо опір агрегату за формулою:

$$R_{АГР.} = R_K + R_M + R_B + R_C, \quad (5.1)$$

де R_K - опір котків, кН;

R_M - опір мотики, кН;

R_B - опір вирівнювача, кН;

R_C - опір сівалки, к Н.

Опір котків визначаємо за формулою:

$$R_K = n \cdot B_P \cdot K, \quad (5.2)$$

де n - кількість машин в агрегаті, 1 шт.;

B_P - робоча ширина захвату машини, 5,4м;

K - питомий опір машини, 0,6кН/м.

Підставивши дані, одержимо

$$R_K = 1 \cdot 5,4 \cdot 0,6 = 3,24 \text{ кН.}$$

Аналогічно визначаємо тяговий опір інших машин комбінованого агрегату з врахуванням їх питомого опору. Тяговий опір:

- вирівнювача

$$R_B = 1 \cdot 5,4 \cdot 1,2 = 6,48 \text{ кН};$$

- обертової мотики

$$R_M = 1 \cdot 5,4 \cdot 1,3 = 7,02 \text{ кН};$$

- сівалки

$$R_C = 1 \cdot 5,4 \cdot 1,2 = 6,48 \text{ кН}.$$

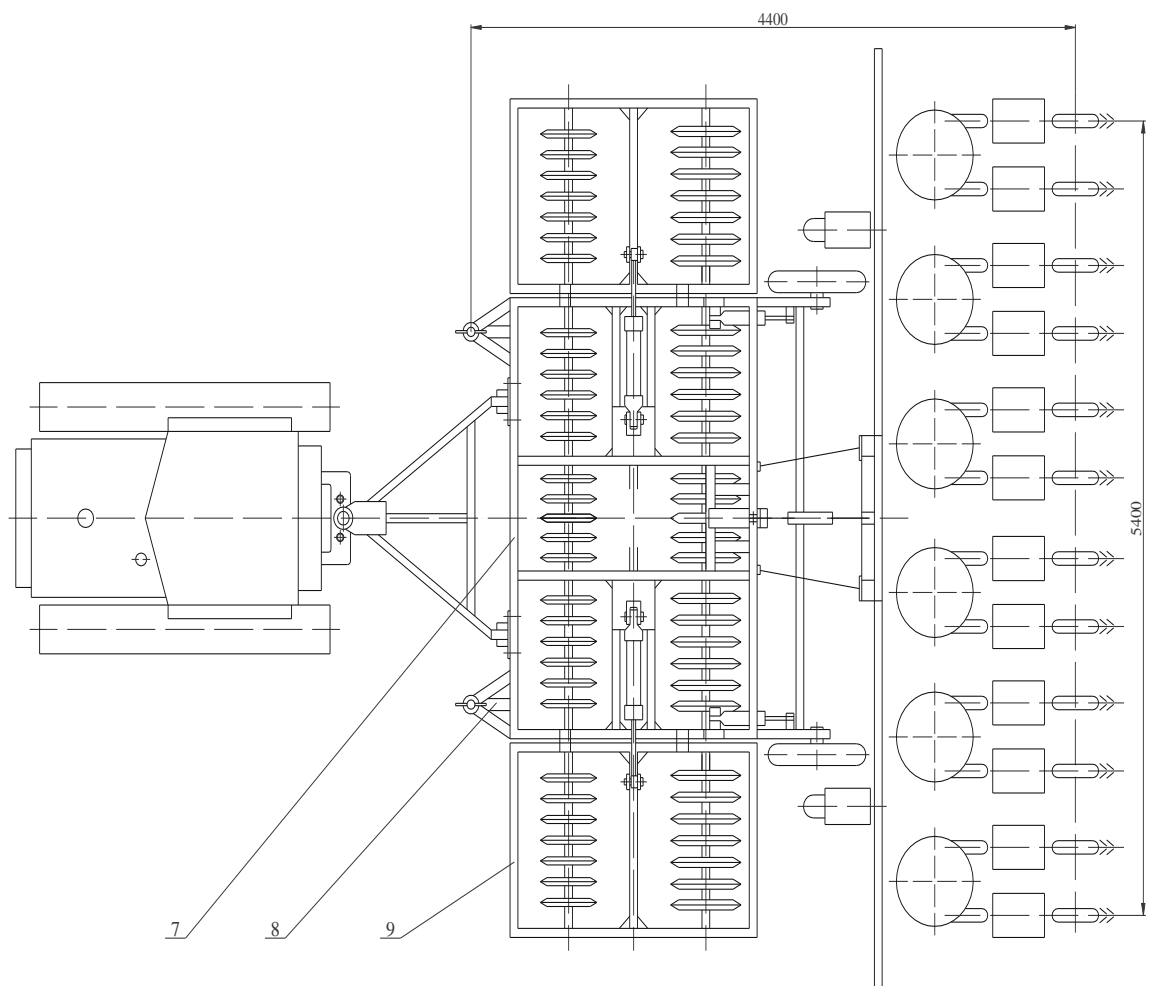
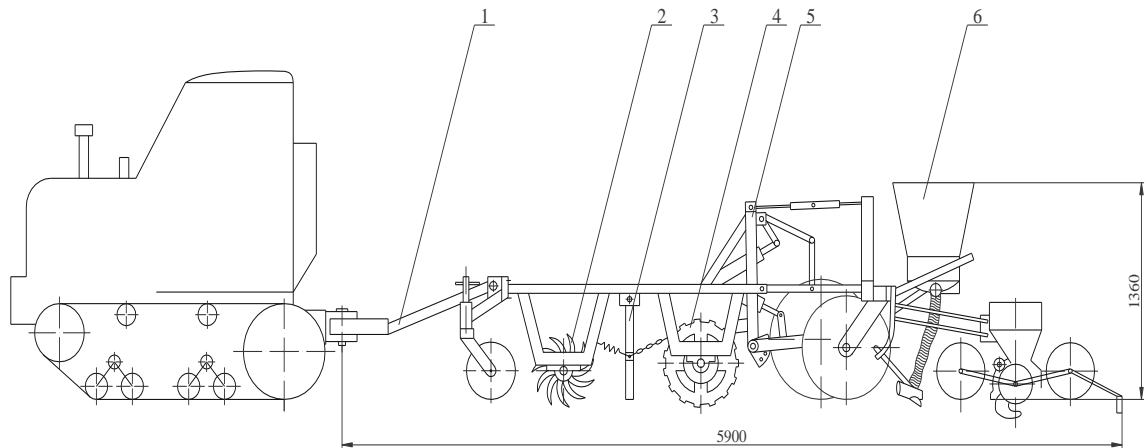


Рисунок 5.1 - Конструктивна схема комбінованого агрегату:

1- сниця, 2- обертова мотика, 3- шлейф, 4- коток, 5- навіска, 6- сівалка,
7- центральна рама, 8- опорні колеса, 9- бокова секція

Підставивши отримані значення у формулу (5.1) отримаємо:

$$R_{АГР.} = 3,24 + 6,48 + 7,02 + 6,48 = 23,22 \text{ кН.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання гакового зусилля трактора за формулою:

$$\eta = \frac{R_{АГР.}}{P_T}, \quad (5.3)$$

У числовому вигляді

$$\eta = \frac{23,22}{24,3} = 0,95.$$

Коефіцієнт використання потужності трактора визначимо за формулою:

$$\eta_P = \frac{N_{ГАК.}}{N_E}, \quad (5.4)$$

де $N_{ГАК.}, N_C$ - відповідно гакова та ефективна потужність двигуна, кВт.

Гакову потужність визначимо за формулою

$$N_{ГАК.} = V_P \cdot R_{АГР.}, \quad (5.5)$$

де V_P - робоча швидкість агрегату, м/с; визначається з формули

$$V_P = V_T(1 - \delta), \quad (5.6)$$

де δ - коефіцієнт буксування ходової частини, (для гусеничних тракторів 0,1).

Тоді

$$V_P = 7,3(1 - 0,1) = 6,57 \text{ км/год} = 1,8 \text{ м/с.}$$

Відповідно

$$N_{ГАК} = 1,8 \cdot 23,22 = 41,7 \text{ кВт.}$$

Згідно формули (5.4) отримуємо

$$\eta_P = \frac{41,7}{66} = 0,63.$$

По проведеному обґрунтуванні складу комбінованого посівного агрегату проводимо відповідні розрахунки.

6 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АГРЕГАТУ

6.1 Обґрунтування конструктивного удосконалення комбінованого посівного агрегату

Згідно агротехнічних вимог сівбу цукрових буряків необхідно проводити у добре підготований вологий ґрунт не пізніше ніж через дві години після використання окремих агрегатів призначених для поверхневого обробітку ґрунту.

Саме така умова є основною і використання окремих агрегатів на цих операціях обумовлено конструкцією комбінованого агрегату, який складається з машини ВИП-5,6 та сівалки ССТ-12Б.

Машина ВИП-5,6 включає голчастий диск, вирівнювач та кільчато-зубовий каток. Ці знаряддя кріпляться до однієї рами і становить секцію. Машина має одну передню і дві задні секції, шарнірно з'єднані між собою. Безпосередньо до комбінованого агрегату приєднати сівалку не можна, оскільки відсутня рама з механізмом з'єднання. Сівалка ССТ-12Б навісна, під час роботи її робочі органи приводяться в рух від опорно-привідних коліс.

Для з'єднання комбінованого агрегату з сівалкою необхідно розробити конструкцію вирівнювача, взявши за основу її робочі органи, закріпивши їх на двох бокових та одній центральній рамі. Бокові рами з'єднані з центральною за допомогою пальців (шарнірно) і переводяться у робоче і транспортне положення гідроциліндрами. Для фіксації їх у піднятому положенні передбачено вухо, приварене до рами у отвір якого вставляється палець.

До задньої частини центральної рами (рис. 6.2 і графічна частина проєкту) приварений механізм переведення сівалки у робоче і транспортне положення, який включає гідроциліндр, центральну та нижні тяги із розкосами.

Для переведення комбінованого агрегату у робоче і транспортне положення на центральній рамі встановлено два колеса, які переводяться у робоче і транспортне положення за допомогою гідроциліндрів.

У передній частині центральної рами розміщені два самовстановлюючі колеса, призначені для регулювання глибини обробітку обертової мотики, вирівнювача та котків у робочому положенні агрегату. Під час переведення машини у транспортне положення гвинтовим механізмом переміщують колеса вниз відносно рами, чим забезпечують необхідну відстань від робочих органів мотики до землі.

Розроблений комбінований агрегат працює наступним чином. Під час технологічного процесу опорні колеса гідроциліндрами переводяться у робоче положення. Після цього гідроциліндром механізму, що з'єднує вирівнювач і сівалку, переводять останню у робоче положення. Переведення бокових секцій у робоче положення виконується двома гідроциліндрами, розміщеними на центральній рамі.

Під час руху МТА голчасті диски, які вільно обертаються, розбивають грудочки землі, що нагромаджуються перед вирівнювачем, який зрізує мікронерівності, зароблює виїмки і колію, утворену трактором. За ним перекочуються по ґрунту кільчасто-зубові котки, які розкришують залишені грудочки і ущільнюють поверхневі шари ґрунту.

Останньою машиною комбінованого агрегату є сівалка, яка і здійснює сівбу в попередньо підготовлений ґрунт.

Внаслідок використання запропонованого комбінованого агрегату, сівба виконується у розрихлений ґрунт на глибину заробки насіння. При цьому верхній шар ґрунту є з достатньою кількістю вологи і дрібногрудковатою

структурою посівного шару ґрунту; також знищуються сходи бур'янів, покращується мікробіологічна активність та живильний режим ґрунту.

Крім цього, економляться значні енергетичні та матеріальні ресурси. Сівба виконується за короткий термін з використанням меншої кількості машинотракторних агрегатів.

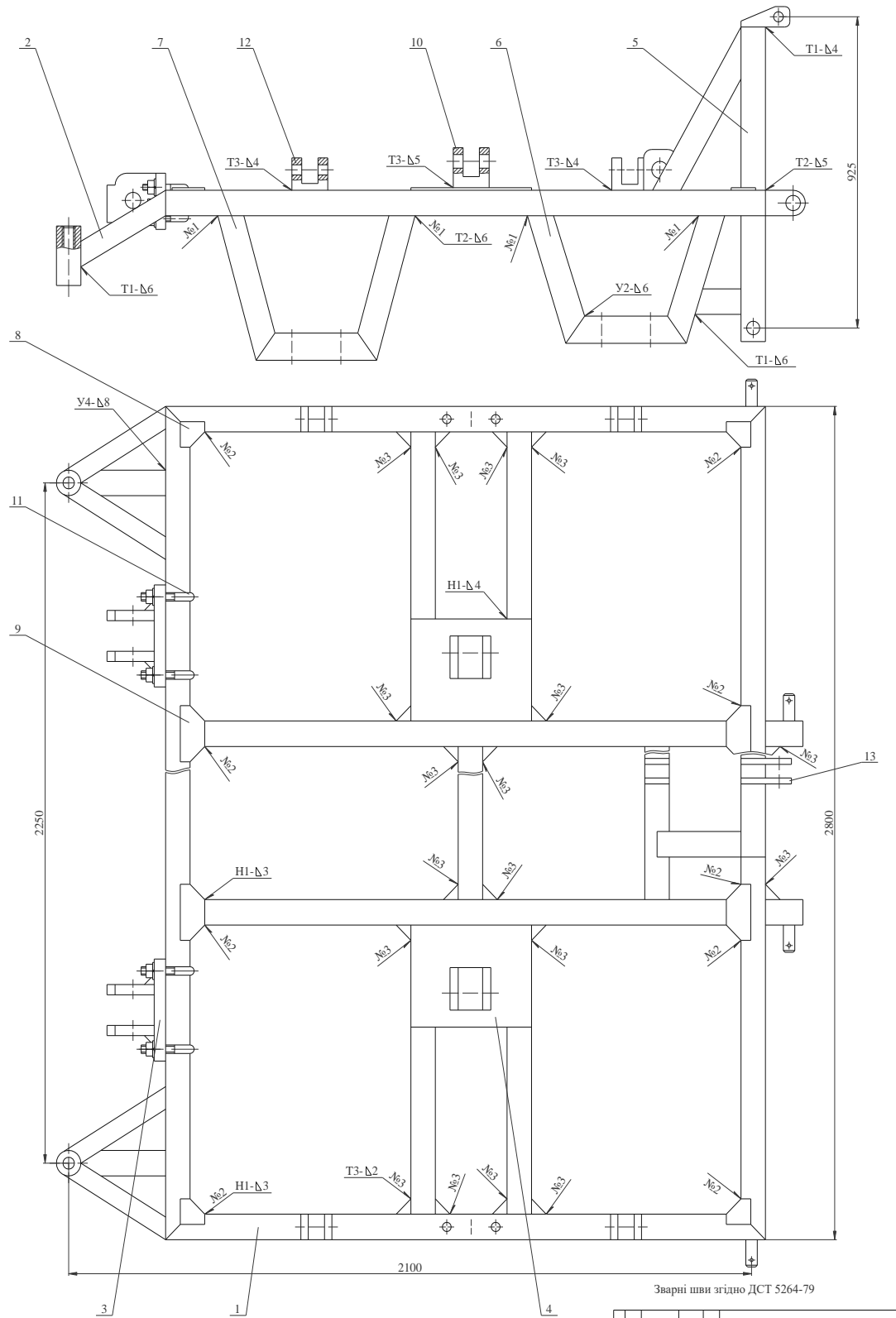


Рисунок 6.1 – Центральна рама комбінованого агрегату

6.2 Розрахунок параметрів системи навіски сівалки ССТ-12Б

6.2.1 Визначення зусилля піднімання сівалки

Метою розрахунку є визначення зусилля переведення сівалки з робочого у транспортне положення та тиску масла у гідросистемі при різних положеннях сівалки.

Для розрахунків скористаємося схемою начіпки та сівалки (див. рис. 5.1 та графічну частину проекту).

Центр ваги сівалки буде орієнтовано знаходитися на висівному апараті тукового ящика, заповненого добривами.

Для визначення зусилля будується план швидкостей (рис. 6.2) у такому масштабі λ , щоб швидкості точок ланок механізму начіпки визначались довжинами цих ланок. Напрямок векторів швидкостей точок кінців ланок повертаються на 90° .

Маючи план швидкостей і напрям діючих сил визначаємо зусилля піднімання плуга на штоці гідроциліндра начіпки у робочому і транспортному положеннях, враховуючи, що у момент піднімання сівалки на її робочих органах залишатиметься ще й незначна кількість землі.

Вагу сівалки визначимо за формулою

$$G_C = G_D + G_H + G_M + G_T, \quad (6.1)$$

де G_D - вага мінеральних добрив, Н;

G_H - вага насіння, Н;

G_M - вага машини, Н;

G_T - вага ґрунту, Н.

Тоді

$$G_C = 1680 + 12040 + 2160 + 100 = 15980 \text{ Н.}$$

Згідно з планом швидкостей (рис. 6.2) зусилля на штоці гідроциліндра визначається з рівняння:

$$P_P = \frac{G_C \cdot L_P}{h_P}, \quad (6.2)$$

де h_P , L_P - плече сили P_P і G_C відносно полюса, Н.

Підставивши дані, одержимо

$$P_P = \frac{15980 \cdot 0,9}{0,2} = 71910 \text{ Н.}$$

Аналогічно визначаємо зусилля піднімання сівалки для транспортного положення але без врахування ваги ґрунту, тобто за формулою:

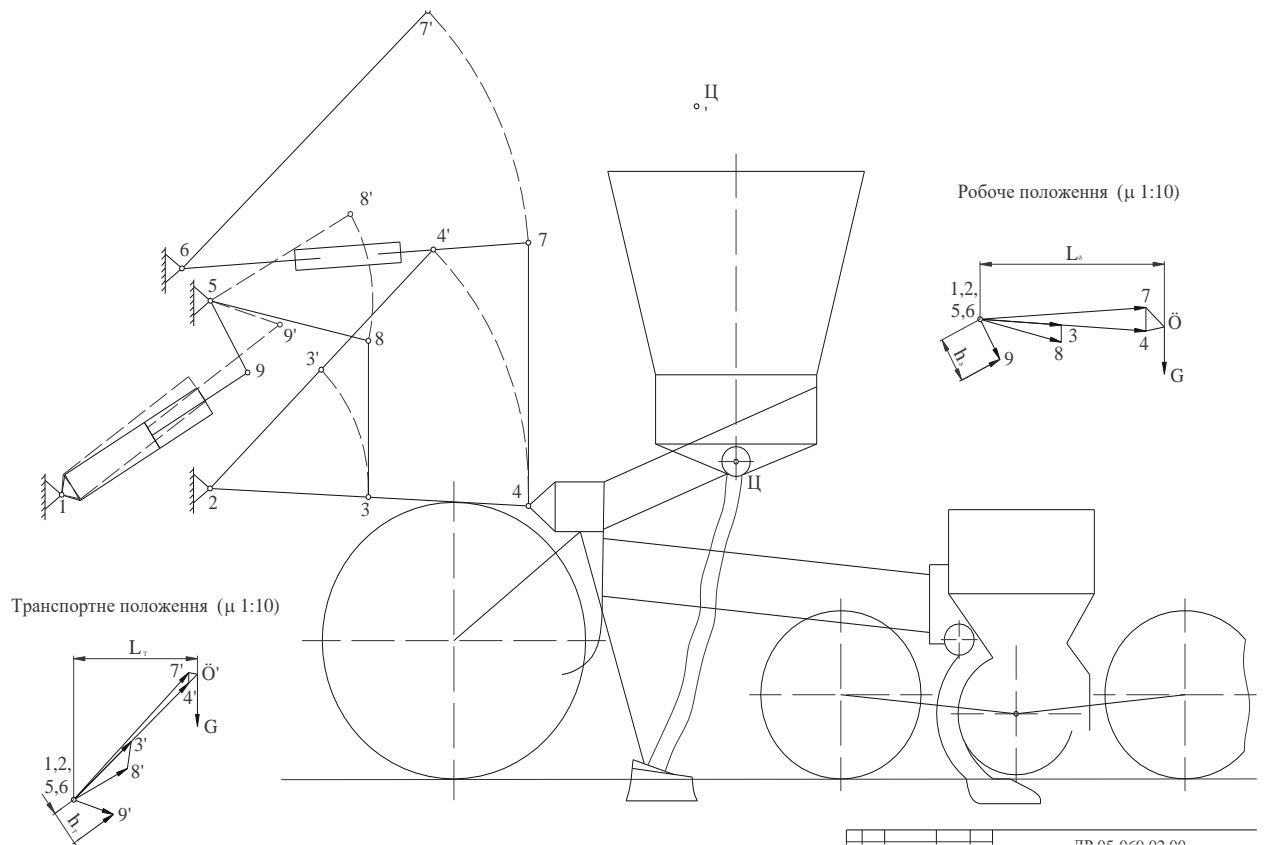


Рисунок 6.2 – Силевий аналіз сівалки

$$P_T = \frac{G_C \cdot L_T}{h_T}, \quad (6.3)$$

де h_T , L_T - плече сили P_T і G_C відносно полюса, Н.

Підставивши дані, одержимо

$$P_T = \frac{15980 \cdot 0,6}{0,16} = 59550 \text{ Н.}$$

Для заданих значень сили, що діє на шток, та надійної роботи механізму піднімання сівалки вибираємо циліндр ЦС-110.

Визначаємо тиск масла у гідросистемі, необхідний для піднімання сівалки в різних положеннях за формулою:

$$p = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot D^2}, \quad (6.4)$$

де D - діаметр силового циліндра, мм.

Підставивши дані, визначимо тиск:

- для робочого положення

$$p = \frac{4 \cdot 71910}{3,14 \cdot 110^2} = 7,6 \text{ МПа};$$

- для транспортного положення

$$p = \frac{4 \cdot 59550}{3,14 \cdot 110^2} = 6,3 \text{ МПа}.$$

Отримані значення підтверджують, що система буде надійно працювати, а вибраний гідроциліндр забезпечить переведення сівалки з робочого у транспортне положення.

6.2.2 Розрахунок гвинтової стяжки

Мета розрахунку - визначити діаметр гвинта для стяжки верхньої поздовжньої тяги механізму посівки. Оскільки у гвинтовій стяжці (рис. 6.3) гвинти навантажені осьовими розтягувальними силами, то проектний розрахунок можна проводити за формулою:

$$d = 1,3 \sqrt{\frac{P}{[\tau]_P}}, \quad (6.5)$$

де P - сила, що діє на гвинт, Н;

$[\tau]_P$ - допустиме напруження розтягу, Н/мм², яке визначається з формули:

$$[\tau]_P = \frac{\sigma_T}{[k]}, \quad (6.6)$$

де σ_T - межа текучості матеріалу, 780Н/мм²;

$[k]$ - запас міцності.

Підставивши дані, одержимо

$$[\tau]_P = \frac{780}{3} = 260 \text{ МПа.}$$

Тоді

$$d = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{74910}{260}} = 21,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо: $d = 22 \text{ мм.}$

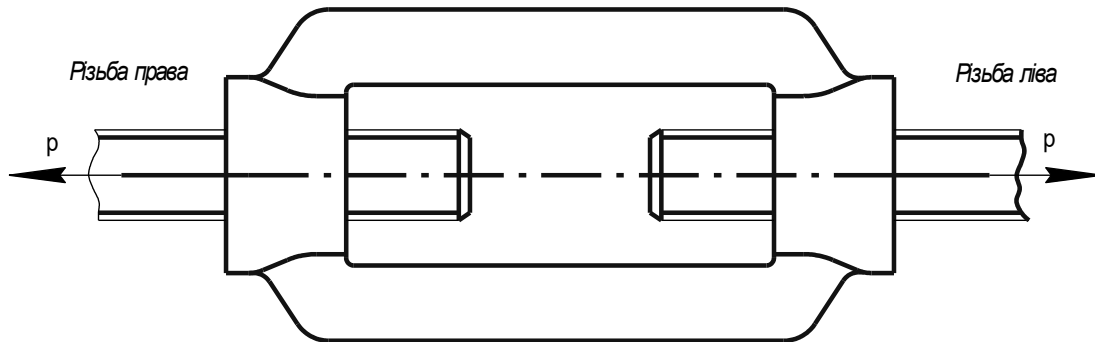


Рисунок 6.3 Розрахункова схема гвинтової стяжки

Гвинтова стяжка кріпиться до вуха кронштейна за допомогою пальця, тому необхідно розрахувати його діаметр.

6.2.3 Розрахунок пальця кріплення гвинтової стяжки

Мета розрахунку - визначити діаметр пальця кріплення гвинтової стяжки поздовжньої тяги до кронштейна рами.

Згідно рис. 6.4 на палець діє сила P , товщина вуха кронштейна, $h = 12$ мм.

З умови міцності на зріз у найбільш небезпечному перерізі визначаємо діаметр пальця

$$d \geq 2 \sqrt{\frac{4P}{n \cdot \pi [\tau]_{3P}}}, \quad (6.7)$$

де P - сила, що діє на палець, Н;

n - кількість площин зрізу, $n=2$;

$[\tau]_{3P}$ - допустиме напруження зрізу, МПа.

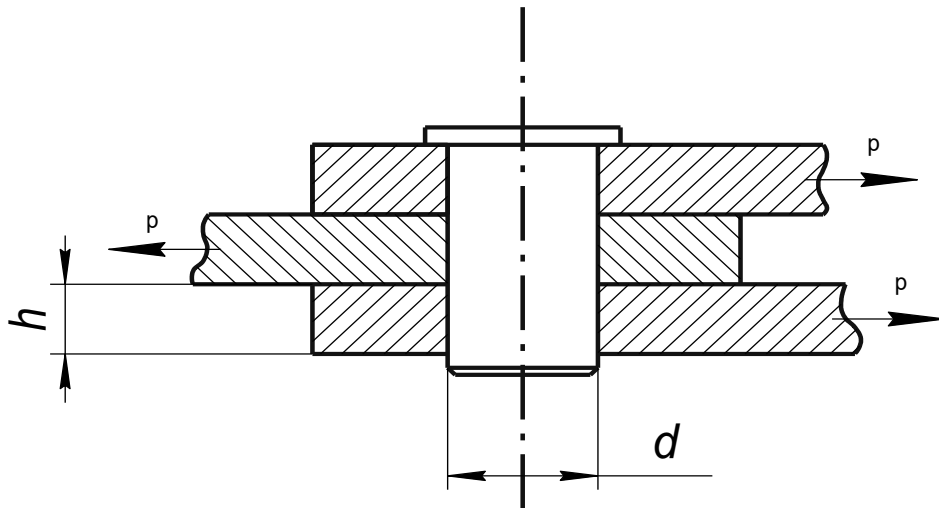


Рисунок 6.4 Розрахункова схема пальця

Згідно рекомендовано прийняти допустиме напруження на зріз за формулою

$$[\tau]_{3P} = (0,2 \div 0,3) \cdot \sigma_T. \quad (6.8)$$

Підставивши дані, одержимо

$$[\tau]_{3P} = (0,2 \div 0,3) \cdot 780 = (156 \div 234) \text{ МПа.}$$

Приймаємо $[\tau]_{3P} = 190 \text{ МПа.}$

Тоді

$$d \geq \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 71910}{2 \cdot 3,14 \cdot 190}} = 15,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d = 16 \text{ мм.}$

Перевіряємо міцність з'єднання на зминання за формулою:

$$\sigma_{3M} = \frac{P}{A_{3M}} = \frac{P}{2d \cdot h} \leq [\sigma_{3M}], \quad (6.9)$$

де A_{3M} - площа зминання мм^2 ;

h - висота пластини, 12 мм

$[\sigma]_{3M}$ - допустиме напруження зминання, $[\sigma]_{3M} = 200 \text{ МПа.}$

Підставивши дані, одержимо

$$\sigma_{3M} = \frac{71910}{2 \cdot 16 \cdot 12} \approx 195 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується, а отже надійність роботи даного вузла забезпечена.

6.2.4 Розрахунок параметрів пружини

Для створення відповідного тиску на ґрунт, шлейф комбінованого агрегату виготовляють підпружиненим. У даному випадку пружина працює на розтяг. Для розрахунків пружини скористаємося розрахунковою схемою (рис. 6.5).

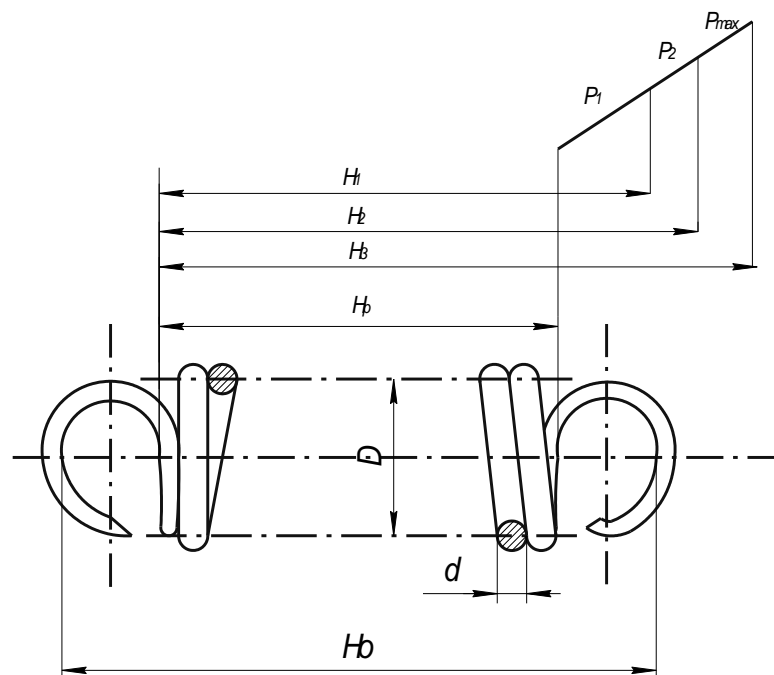


Рисунок 6.5 - Розрахункова схема пружини розтягу

Діаметр дроту для виготовлення пружини визначається за формулою:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{k \cdot P_{MAX} \cdot c}{[\tau]_{KP}}}, \quad (6.10)$$

де k - коефіцієнт, що враховує кривизну витків, $k = 1,37$;

c - індекс пружини, згідно [13] $c = 5$;

$[\tau]_{KP}$ - допустиме напруження кручення, згідно [13] $[\tau]_{KP} = 560 \text{ Н/мм}^2$.

Підставивши дані, одержимо

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{1,37 \cdot 3240 \cdot 5}{560}} = 10,0 \text{ мм},$$

приймаємо $d = 10 \text{ мм}$.

Середній діаметр пружини визначається із залежності:

$$D = c \cdot d. \quad (6.11)$$

Тобто

$$D = 5 \cdot 10 = 50 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань вибираємо довжину робочої частини пружини, $H_p = 100 \text{ мм}$.

Крок пружини розтягу відповідає діаметру її витка і становить $h = 10 \text{ мм}$.

Кількість робочих витків пружини знаходимо за формулою:

$$i = H_p / h, \quad (6.12)$$

тобто

$$i = 100 / 10 = 10.$$

Довжина пружини розтягу у ненавантаженому стані визначається як

$$H_0 = i \cdot d + 2 \cdot h_{\text{ПР}}, \quad (6.13)$$

де $h_{\text{ПР}}$ - висота одного витка, знаходимо її з виразу

$$h_{\text{ПР}} = (0,5 \div 1,0) \cdot D. \quad (6.14)$$

Підставивши дані, одержимо

$$h_{\text{ПР}} = (0,5 \div 1,0) \cdot 50 = 25 \div 50 \text{ мм}.$$

Відповідно

$$H_0 = 10 \cdot 10 + 2 \cdot 50 = 200 \text{ мм}.$$

Жорсткість пружини визначимо за формулою:

$$Z = \frac{Z_1}{i}, \quad (6.15)$$

де Z_1 - жорсткість одного витка, $Z_1 = 800 \text{ Н/мм}$.

Тоді

$$Z = \frac{800}{10} = 80 \text{ Н/мм}.$$

Сила пружини при робочій деформації визначається за формулою:

$$P_2 = P_3 \cdot (1 - \delta), \quad (6.16)$$

де δ - відносний інерційний зазор, для пружини розтягу $\delta = 0,05 \div 0,1$.

Тоді

$$P_2 = 3240 \cdot (1 - 0,1) = 2916 \text{ Н.}$$

Сила пружини при попередній деформації визначається із залежності:

$$P_1 = P_2 - (Z \cdot h). \quad (6.17)$$

Тоді

$$P_1 = 2916 - (80 \cdot 10) = 2116 \text{ Н.}$$

Перевіряємо число робочих витків за формулою

$$n = \frac{Z_1}{Z}. \quad (6.18)$$

Тобто

$$n = \frac{800}{80} = 10.$$

Попередня деформація пружини визначається як

$$F_1 = \frac{P_1}{Z}. \quad (6.19)$$

Тобто

$$F_1 = \frac{2116}{80} = 26,45 \text{ мм.}$$

Робоча деформація пружини визначається з виразу:

$$F_2 = \frac{P_2}{Z}. \quad (6.20)$$

Підставивши дані, одержимо

$$F_1 = \frac{2916}{80} = 36,45 \text{ мм.}$$

Максимальна деформація пружини визначається за формулою:

$$F_3 = \frac{P_{MAX}}{Z}. \quad (6.21)$$

Тобто

$$F_3 = \frac{3240}{80} = 40,5 \text{ мм.}$$

Довжина пружини при попередній деформації з врахуванням зачепів [13]

$$H_1 = H_0 + F_1. \quad (7.22)$$

Підставивши дані, одержимо

$$H_1 = 200 + 26,45 = 226,45 \text{ мм.}$$

Довжини пружини при робочій деформації визначається з виразу [13]

$$H_2 = H_0 + F_2. \quad (7.23)$$

Тобто

$$H_2 = 200 + 36,45 = 236,45 \text{ мм.}$$

Довжина дроту для виготовлення пружини визначається за формулою:

$$L = \frac{\pi D \cdot i}{\cos \alpha} + 2 \cdot l_{\text{ПР}}, \quad (6.24)$$

де $l_{\text{ПР}}$ - довжина дроту для одного причепа, $l_{\text{ПР}} = 108,4 \text{ мм}$;

α - кут піднімання витків, $\alpha = 10^\circ$.

Тоді

$$L = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 10}{\cos 10^\circ} + 2 \cdot 108,4 = 1818,9 \text{ мм.}$$

Таким чином, вибираємо для даного вузла пружину розтягу № 210 I класу, розряду 3, матеріал пружини сталь 50ХФА твердістю HRG 44 - 50 (ДСТУ 13768-93).

Масу пружини визначмо за формулою:

$$Q = 19,25 \cdot 10^{-6} \cdot D \cdot d^2 \cdot n, \quad (6.25)$$

де n - повна кількість витків.

Тоді

$$Q = 19,25 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10 = 0,96 \text{ кг.}$$

Об'єм, який займає пружина визначмо за формулою

$$W = 0,758 \cdot D^2 \cdot H. \quad (6.26)$$

Підставивши дані, одержимо

$$W = 0,758 \cdot 50^2 \cdot 226,45 = 429122,7 \text{ мм}^3.$$

Проведемо перевірочний розрахунок пружини. Мета розрахунку - перевірити окремі складові геометричних параметрів пружини і допустимі напруження кручення.

Жорсткість пружини визначмо за формулою:

$$Z = \frac{P_1}{F_1} = \frac{P_2}{F_2} = \frac{P_{\text{MAX}}}{F_3} = \frac{1000 \cdot d^4}{D^3 \cdot n}. \quad (6.27)$$

Підставивши дані, одержимо

$$Z = 0,08 = 0,08 = 0,08 = 0,08.$$

Як видно з розрахунків жорсткість вибраної пружини однакова з розрахунковим значенням, тому її підібрано правильно.

Напруження при крученні визначимо за формулою:

$$\tau_{KP} = K \frac{8P_{MAX} \cdot D}{\pi \cdot d^3}, \quad (6.28)$$

де K - поправочний коефіцієнт, який визначається із залежності:

$$K = \frac{4c \cdot 1}{4c \cdot 4} + \frac{0,615}{c}. \quad (6.29)$$

Підставивши дані, одержимо

$$K = \frac{4 \cdot 5 \cdot 1}{4 \cdot 5 \cdot 4} + \frac{0,615}{5} = 1,31.$$

Тоді

$$\tau_{KP} = 1,31 \cdot \frac{8 \cdot 3240 \cdot 50}{3,14 \cdot 10^3} = 54,01 \text{ Н/мм}^2.$$

Отримане значення відхиляється від табличного на 8,6%, що є допустимим параметром.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

До експлуатації та обслуговування комбінованого агрегату повинні допускатися особи, які ознайомлені з його будовою і закінчили курси з вивчення конструкції і правил експлуатації даного агрегату.

Категорично забороняється допускати до роботи машиною осіб без посвідчення тракториста-машиніста.

Агрегат має бути обладнаний світлоповертачами згідно з ГОСТ 8769, допускається також нанесення на елементи конструкції машини чергування червоних та білих, або жовтих та чорних смуг під кутом 45° до вертикалі, які чергуються з відстанню між ними 50 мм [19]. Агрегат повинен мати крім причіпного пристрою, страховий ланцюг або трос.

Вузли і деталі гідросистеми повинні бути надійними, виключати витікання масла і самовільне опускання робочих органів. Гідросистема комбінованого агрегату повинна з'єднуватись з гідросистемою енергозасобу за допомогою розподільчих муфт.

Машина повинна бути обладнана механічними розтяжками для надійності фіксації бокових секцій і транспортного ходу для далекого транспортування.

На агрегаті повинні бути нанесені попереджувальні надписи: “Увага! Перевір надійність фіксації бокових секцій. Не стій поблизу бокових секцій.”

Попадання на ґрунт паливо-мастильних речовин (масло, дизельне паливо, солідол і т. п.) під час агрегування комбінованої машини з енергозасобом, а також у процесі експлуатації не допускається. Розміщення маслянок повинно забезпечувати зручний і безпечний доступ до них.

Комбінований агрегат повинен бути споряджений комплектом інструменту, необхідним для обслуговування його у польових умовах.

Для очистки знарядь агрегат повинен бути укомплектований ручним чистиком.

На великогабаритних вузлах машини повинні бути позначені місця стропування згідно ГОСТ 14 192.

При експлуатації комбінованого агрегату забороняється:

- працювати при будь-яких несправностях;
- проводити регулювання та ремонт при працюючому двигуні трактора і у транспортному положенні агрегату;
- проводити очистку робочих органів на ходу;
- знаходитися спереду агрегату або трактора під час роботи;
- транспортування агрегату без транспортних розтяжок;
- робота без страховочного ланцюга.

Перед початком роботи агрегату необхідно перевірити правильність усіх з'єднань збірних одиниць, звернувши увагу на затяжку всіх різьбових з'єднань і штуцерів гідросистеми [10].

Працювати необхідно при “плаваючому” положенні розподільника трактора для гідросистеми агрегату і “нейтральному” для гідропідвіски трактора.

При роботі агрегату слідкувати за глибиною ходу знарядь.

Під час роботи не їхати назад при опущених сошниках. Поворот агрегату у кінці гону проводиться при піднятих сошниках.

При дальніх переїздах слід зафіксувати:

- вісь коліс – розтяжкою для далекого транспортування,
- рами – спеціальними розтяжками [10].

Підготовка до роботи

Складання комбінованого агрегату здійснюється таким чином:

- встановити раму з віссю на опорні колеса;
- приєднати мотику, шлейфи і котки;
- встановити додаткову систему навіски;
- приєднати бурякову сівалку;
- перевірити змащування кріпильних вузлів і їх затяжку;

- провести випробування агрегату для чого необхідно: під'єднати його до трактора і перевірити працездатність гідросистеми шляхом п'ятикратного переведу її із транспортного положення у робоче і навпаки з витримкою не менше 30 секунд у крайніх положеннях; виправити підтяжкою виявлені послаблення у різьбових з'єднаннях; після заповнення гідросистеми агрегату маслом перевірити і довести до необхідного рівня масло у гідросистемі трактора;
- перевірити і довести тиск шинах коліс, який повинен становити $0,25+0,05$ МПа;
- провести обкатку агрегату у роботі при швидкості до 3 м/с, після чого перевірити всі різьбові з'єднання і при необхідності підтягнути їх.
- при підготовці до роботи комбінованого агрегату його агрегують з трактором ДТ-75М.

Технічне обслуговування

Для підтримання комбінованого агрегату у належному технічному стані виконують щозмінне технічне обслуговування його одночасно з обслуговуванням трактора, з яким вона працює. При встановленні на зберігання проводять після сезонне технічне обслуговування.

Під час проведення щозмінного технічного обслуговування добре очищають агрегат від ґрунту, бур'янів, та рослинних решток, уважно оглядають стан, кріплення всіх складальних одиниць і робочих органів, гайки осей батарей повинні бути надійно затягнуті і зафіксовані. Перевіряють тиск у пневматичних шинах. Виявлені недоліки усувають. Всі тертьові поверхні змащують.

Перевіряють та підтягують кріплення сошників, правильність встановлення та натяг ланцюгів, розміщення сошників, відсутність у бункерах насіння і добрив, сторонніх предметів, змащують сівалку згідно з картою мащення.

При післясезонному технічному обслуговуванні, крім операцій щозмінного технічного обслуговування, робочі органи знарядь промивають у гасі і покривають захисним мастилом для запобігання іржавінню.

Правила зберігання.

Збереження комбінованого агрегату проводиться згідно ГОСТ 7751-85.

Після закінчення польових робіт складові частини комбінованого агрегату необхідно доставити до місця збереження і провести наступні роботи:

- очистити від пилу, бруду і рослинних залишків,
- встановити на підставки,
- демонтувати гідроциліндри, ходові колеса, рукави високого тиску і здати на склад,
- змастити солідолом маслянки,
- нанести консерваційну змазку на робочі органи,
- відкриті місця гідросистем змазати солідолом і оберігати від попадання бруду і вологи;
- бункери насінєвих і туковисівних апаратів, а також апарати очистити від насіння і мінеральних добрив;
- туковисівні апарати і їх бункери промити теплою водою, просушити, щільно закрити;
- місця із пошкодженою фарбою підфарбовують;
- тукопроводи знімають із сівалки, очищають від пилу, добрив, промивають теплою водою та підсушують;
- втулково-роликові ланцюги знімають з сівалок, промивають дизельному паливі і протягом 20хв проварюють у автолї;
- при зберіганні агрегату у приміщенні ланцюги без натягу встановлюють на сівалки, а з сівалок на відкритих майданчиках здають на склад;
- зірочки, зубчасті передачі, різьбові з'єднання покривають антикорозійним мастилом;

- всі підшипники і тертьові поверхні змащують згідно з картою мащення;
- тиск у камерах пневматичних шин коліс знижують до 0,098 МПа;
- всі пружини розвантажують та змащують антикорозійним мастилом;
- електросигналізацію знімають і зберігають на складі після її очищення.

Зберігають знаряддя встановленим на підставки у закритому приміщенні або під навісом.

Транспортування агрегату проводиться згідно з “Правилами перевезення вантажів”.

8. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічну оцінку ефективності проекту визначаємо за умови, що розроблений комбінований агрегат заміняє два окремих – агрегат для передпосівного обробітку ґрунту (трактор класу 3 (Т-150) + культиватор КШН-5,6) і посівний агрегат (трактор класу 1,4-2 (МТЗ-80, Т-70С) + сівалка ССТ-12В).

Вихідні дані для розрахунку зводимо в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показники	Базова технологія		Комбінований агрегат
	Т-150К + КШН-5,6	МТЗ-80 + ССТ-12В	
Ширина захвату, м	5,6	5,4	5,4
Робоча швидкість, км/год.	До 8	До 8	До 8
Витрати палива, кг/га	4,8	3,9	4,9
Балансова ціна, грн.	310000 + 70000	250000 + 75000	310000 + 97000

Основним техніко-економічним показником роботи агрегату є продуктивність, яка визначається за формулою:

$$W = 0,1 B_p \cdot V \cdot \tau, \quad (8.1)$$

де B_p – робоча ширина захвату, м;

V - робоча швидкість, км/год.;

τ - коефіцієнт використання змінного часу, $\tau = 0,5-0,95$.

Приймаємо для розрахунків $\tau = 0,8$. Тоді продуктивність агрегату Т-150К+КШН-5,6 буде становити:

$$W_{c1} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6 \cdot 0,8 = 2,69 \text{ га/год.}$$

Продуктивність агрегату МТЗ-80+ССТ-12В буде становити

$$W_{c2} = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 6 \cdot 0,8 = 2,59 \text{ га/год.}$$

Продуктивність комбінованого агрегату буде становити:

$$W_H = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 7 \cdot 0,8 = 3,02 \text{ га/год.}$$

Енергоємність операції визначається за формулою:

$$F = \frac{N}{W}, \quad (8.2)$$

де N – потужність двигуна трактора.

Для розрахунків: $N_{T-150K} = 125$ кВт, $N_{MTЗ-80} = 58,9$ кВт.

Енергоємність операції, яку виконує серійний комплекс машин, становить:

$$F_c = \frac{125}{2,69} + \frac{58,9}{2,59} = 69,21 \text{ кВтгод./га.}$$

Енергоємність операції, яку виконує комбінований агрегат, становить:

$$F_H = \frac{125}{3,02} = 41,39 \text{ кВтгод./га.}$$

Затрати праці на виконання операцій визначаємо за формулою:

$$H = \frac{K}{W}, \quad (8.3)$$

де K – кількість обслуговуючого персоналу агрегату;

W – продуктивність агрегату за годину.

Затрати праці на виконання операцій за базовою технологією становлять:

$$H_c = \frac{1}{2,69} + \frac{2}{2,59} = 1,14 \text{ люд.год./га}$$

Затрати праці при роботі комбінованого агрегату становлять:

$$H_H = \frac{1}{3,02} = 0,33 \text{ люд.год./га}$$

Зниження затрат праці при роботі комбінованого агрегату становлять:

$$H_3 = H_c - H_H = 1,14 - 0,33 = 0,81 \text{ люд.год./га}$$

Прямі експлуатаційні затрати при проведенні операцій визначаються по формулі:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{ПММ}}, \quad (8.4)$$

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

C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

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

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

Оплата праці механізатору, який працює на агрегаті, нараховується по тарифній сітці за норму виконаної роботи. За 1 га обробленої площі оплата праці становить:

$$C^1_o = \frac{C_T}{W_{3M}}, \quad (8.5)$$

де C_T – оплата праці за тарифною сіткою;

W_{3M} – продуктивність агрегату за зміну.

Для механізаторів, які працюють на базових агрегатах оплата праці з врахуванням останнього підвищення мінімальної заробітної плати до 8000 грн. становить 348 грн. за зміну [22]. А за 1 га передпосівного обробітку площі оплата праці буде становити:

$$C^1_{O.B} = \frac{348}{18,83} = 18,5 \text{ грн./га.}$$

Крім того, в господарстві механізаторам проводиться доплата: 50 % - за складність робіт (становить 9,2 грн./га), 12% - за інтенсивність робіт (становить 2,2 грн./га). І тоді оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C^{н.об} = 18,5 + 9,2 + 2,2 = 29,9 \text{ грн./га.}$$

На цю суму механізатору нараховується 20 % за класність (становить 6,0 грн./га) і 51 % соціального страхування і ін. (становить 15,2 грн./га). І тоді вся оплата праці з нарахуваннями механізатору, який працює на базовому агрегаті, становить:

$$C^{11}_{O.B} = 29,2 + 6,0 + 15,2 = 50,4 \text{ грн./га.}$$

На сівбі за базовою технологією оплата праці механізатору і робочому, який обслуговує сівалку становить:

$$C^2_{O.B} = \frac{348}{18,13} = 19,2 \text{ грн./га.}$$

$$C_{O.B}^3 = \frac{348}{18,13} = 19,2 \text{ грн./га.}$$

Доплата механізатору: 50 % - за складність робіт (становить 9,6 грн./га), 12% - за інтенсивність робіт (становить 2,3 грн./га). І тоді оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{об}^н = 19,2 + 9,6 + 2,3 = 31,1 \text{ грн./га.}$$

На цю суму механізатору нараховується 20 % за класність (становить 6,22 грн./га) і 51 % соціального страхування і ін. (становить 15,7 грн./га). І тоді вся оплата праці з нарахуваннями механізатору, який працює на базовому агрегаті, становить:

$$C_{O.B}^{31} = 21,45 + 4,29 + 10,94 = 36,7 \text{ грн./га.}$$

Оплата праці всіх робітників, задіяних на виконанні технологічних операцій за базовою технологією буде становити:

$$C_{O.B} = 50,4 + 36,7 + 19,2 = 106,3 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на комбінованому агрегаті, оплата праці буде становити:

$$C_{O.H}^1 = \frac{348}{21,14} = 16,5 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно нараховуються всі необхідні доплати: 50 % за складність робіт (8,3 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (2,0 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{он}^н = 16,5 + 8,3 + 2,0 = 26,8 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 20% за класність (5,4 грн./га) і 51 % соціального страхування (13,7 грн./га) і оплата праці з усіма нарахуваннями для механізатора, який працює на новому агрегаті, буде становити

$$C_{он} = 26,8 + 5,4 + 13,7 = 45,9 \text{ грн./га.}$$

З врахуванням оплати праці робітника, який обслуговує сівалку в комбінованому агрегаті, затрати на оплату праці за новою технологією будуть становити

$$C_{O.H} = 45,9 + 16,5 = 62,4 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм відрахувань на зняття за формулою:

$$C_a = \frac{S \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (8.6)$$

де S – балансова вартість машини, грн.;

D – кількість днів роботи за рік;

K – коефіцієнт змінності.

За нормативами [22] річна норма відрахувань для тракторів становить 12%, а для культиваторів і сівалок становить 15 %. Тоді нарахування на амортизацію для базового агрегату на передпосівному обробітку ґрунту будуть становити:

$$C_{a.б.1} = \frac{310000 \cdot 12}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 18,83} + \frac{70000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 18,83} = 46,9 \text{ грн./га.}$$

Нарахування на амортизацію для базового агрегату на сівбі цукрових буряків будуть становити:

$$C_{a.б.2} = \frac{250000 \cdot 12}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 18,13} + \frac{75000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 18,13} = 42,1 \text{ грн./га.}$$

Загальні амортизаційні відрахування на ці дві операції становлять:

$$C_{a.б.} = 46,9 + 42,1 = 89,0 \text{ грн/га.}$$

Для комбінованого агрегату амортизаційні відрахування будуть становити:

$$C_{a.н} = \frac{310000 \cdot 12}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 21,4} + \frac{97000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 21,4} = 44,9 \text{ грн./га.}$$

Так як норма відрахувань на ремонт і технічне обслуговування така ж сама, як і для амортизаційних відрахувань, то приймаємо ці ж самі значення для відповідних машин.

Затрати на паливо і мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{пмм} = Ц_{п} \cdot g_{га}, \quad (8.7)$$

де $Ц_{п}$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн./кг;

$g_{га}$ – витрати палива на 1 га.

$$g_{га} = \frac{G \cdot K}{W} \quad (8.8)$$

G – витрати палива за годину;

K – поправочний коефіцієнт, який враховує неповне завантаження двигуна при холостих поворотах і переїздах, під час зупинок трактора з працюючим двигуном – $K = 0,92$.

Комплексна ціна палива і мастильних матеріалів залежить від ситуації на ринку, постачальника і інших причин. Приймаємо її $C_{п} = 55,80$ грн./кг.

Затрати на паливо і мастильні матеріали для базового агрегату на передпосівному обробітку ґрунту будуть становити:

$$C_{ПММ}^{б1} = 55,8 \cdot 4,8 = 267,8 \text{ грн./га.}$$

Затрати на паливо і мастильні матеріали для базового агрегату на сівбі цукрових буряків будуть становити:

$$C_{ПММ}^{б2} = 55,8 \cdot 3,9 = 217,6 \text{ грн./га.}$$

Загальні затрати на ПММ для базової технології становлять:

$$C_{ПММ}^{б} = 267,8 + 217,6 = 485,4 \text{ грн/га.}$$

Аналогічні затрати на роботу нового агрегату будуть складати:

$$C_{ПММ}^{н} = 55,8 \cdot 4,9 = 273,4 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі затрати на виконання роботи базовими агрегатами будуть становити:

$$C_c = 106,3 + 89 + 89 + 485,4 = 769,7 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі затрати при роботі комбінованого агрегату будуть становити:

$$C_n = 62,4 + 44,9 + 44,9 + 273,4 = 425,6 \text{ грн./га.}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні комбінованого агрегату на вирощуванні цукрових буряків будуть становити:

$$E = C_c - C_n = 769,7 - 425,6 = 344,1 \text{ грн./га.}$$

При впровадженні розробки у виробництво урожайність цукрових буряків збільшиться на 10%, що становить при урожайності 40 т/га 4 т

додаткового урожаю. При ринковій вартості коренеплодів цукрових буряків 1900 грн./т економічний ефект від додаткової продукції становить:

Таблиця 8.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Назва показників	Базова технологія	Комбінований агрегат
	Т-150К +КШН-5,6 МТЗ-80 + ССТ-12В	
1. Продуктивність агрегату, га/год.	5,4	5,4
2. Питомі витрати палива, кг/га	8,7	4,9
3. Енергоємність, кВт · год./га	69,2	41,39
4. Затрати праці, люд.год./га	1,14	0,33
6. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	769,7	425,6
в т.ч.: оплата праці з нарахуваннями	106,3	62,4
амортизаційні відрахування	89,0	44,9
затрати на ремонт і ТО	89,0	44,9
затрати на ПММ	485,4	273,4
7. Зниження прямих затрат, грн./га		344,1
8. Економічний ефект від додаткової продукції, грн./га		7600
8. Річний економічний ефект, грн.		3972050
9. Строк окупності затрат, років		0,02

$$E_{\partial} = 4,0 \times 1900 = 7600 \text{ грн./га.}$$

Сумарний питомий економічний ефект становить:

$$E_c = E + E_{\partial} = 344,1 + 7600 = 7944,1 \text{ грн./га.}$$

Річний економічний ефект за умови впровадження розробки на площі 500 га буде становити

$$E_p = 7944,1 \times 500 = 3972050 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники представлені в таблиці 8.2.

Строк окупності затрат на удосконалення культиватора визначається за формулою:

$$Z_o = \frac{S}{E_p} \quad (8.9)$$

$$Z_o = \frac{82000}{3972050} = 0,02 \text{ роки.}$$

Проведені розрахунки показують ефективність розробки і впровадження удосконаленого культиватора на вирощуванні кукурудзи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Сівба цукрових буряків є найбільш відповідальною операцією для забезпечення високих урожаїв. Від якості і строків сівби залежить рівномірність і дружність сходів, а значить і якість майбутніх обробок, підживлення і збирання врожаю.

2. Проведення двох основних операцій – передпосівний обробіток ґрунту і сівба, за один прохід агрегату дозволяє зменшити затрати, провести операцію в оптимальні агротехнічні строки, зберегти вологу в ґрунті і закласти хороший фундамент для майбутнього врожаю.

3. Розроблено комбінований агрегат, який дозволяє використовувати дві серійні машини для одночасного проведення двох основних операцій. Проведено інженерні розрахунки і визначено основні параметри агрегату. Розроблено креслення основних вузлів і деталей комбінованого агрегату.

4. Розроблено заходи з охорони праці, які можна використовувати в господарстві при проведенні польових робіт і відповідних інструктажів для дотримання безпечного виконання робіт.

5. Економічний ефект від використання розробки становить 7600 грн./га. При цьому знижуються затрати праці, енергоємність процесу, витрати паливно-мастильних матеріалів. Затрати на розробку окупаються протягом першого року експлуатації комбінованого агрегату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Огляд сезону-2021 вирощування цукрових буряків// <https://www.agronom.com.ua/oglyad-sezonu-2021-vyroshhuvannya-tsukrovyh-buryakiv/>.
2. Хто виробив найбільше цукру? Огляд виробництва у сезоні 2022// <https://latifundist.com/analytics/32-hto-virobiv-najbilshe-tsukru-oglyad-virobnitstva-u-sezoni-2022>.
3. Челапко Н. Цукровий буряк 2022. Посівні площі. Переробні потужності. Залишки й експорт//<https://latifundist.com/spetsproekt/964-tsukrovij-buryak-2022-posivni-ploshchi-pererobni-potuzhnosti-zalishki-j-eksport>.
4. [Потаєва О. В умовах воєнного часу цукровий буряк набуває економічної доцільності для аграріїв. – 28.04.2022.](https://agrotimes.ua/agromarket/v-umovah-voennogo-chasu-czukrovuj-buryak-nabuvaye-ekonomichnoyi-doczilnosti-dlya-agrariyiv/) // <https://agrotimes.ua/agromarket/v-umovah-voennogo-chasu-czukrovuj-buryak-nabuvaye-ekonomichnoyi-doczilnosti-dlya-agrariyiv/>.
5. Бондар В. Про прибутковість вирощування цукрових буряків// Агробізнес сьогодні. - № 4 (203), лютий 2011. – с. 9-13.
6. Пиркін В.І. Перспективи ефективного розвитку галузі буряківництва на Україні// Цукрові буряки. - №3-4, 2008. с. 9 – 11.
7. Українська інтенсивна технологія виробництва цукрових буряків// За ред.. О.М.Ткаченка, М.В.Роїка – Київ: «Академпрес», 1998. – 240 с.
8. Чубко О. Цукрові буряки по осені рахують// Агросектор. - №7-8 (21-22), 2007. – с. 26-28.
9. Карабиньош С., Новицький А., Сиволапов А. Бурякозбиральні машини та їх характеристики// Пропозиція. – № 11, 2011. с. 135-141.
10. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г.Войтюк, Л.В.Аніскевич, В.В.Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г.Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.

11. 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.
12. Українська інтенсивна технологія виробництва цукрових буряків// За ред.. О.М. Ткаченка, М.В. Роїка – Київ: «Академпрес», 1998. – 240 с.
13. Деталі машин: навчально-методичний комплекс: навчальний посібник для студентів інженерних спеціальностей/ А.С Кобець, В.І Дирда, С.П Сокол, А.М. Пугач і ін. За редакцією: А.С Кобець, В.І Дирда. – Дніпро: Журфонд, 2016. – 428 с.
14. Кобець А.С., Дем'яненко А.Г., Береза О.Ю. і ін. Землеробська механіка.- Т2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки. За редакцією А.С. Кобця. – Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. - 713 с.
15. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.
16. Землеробська механіка. Т.3. Аналіз і результати досліджень робочих органів машин для обробітку ґрунту /А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, В.І. Дирда та ін. – Дніпро, Пороги, 2022. – 408 с.
17. 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.
18. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.
19. 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.

20. Отченаш В.А. Ефективність вирощування цукрових буряків та цукру в Україні// Ефективна економіка. - №11, 2012.

21. Бондар В. Про прибутковість вирощування цукрових буряків// Агробізнес сьогодні. - №4 (203), лютий 2011.

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