

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технології вирощування кукурудзи на силос при  
підвищенні ефективності роботи агрегату для передпосівного обробітку ґрунту

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс  
спеціальності \_\_\_\_\_

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Бохенко О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Радик Д.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)





## Реферат

*Мета і завдання дослідження* – провести удосконалення технології вирощування кукурудзи на силос шляхом підвищення ефективності технологічної операції передпосівного обробітку ґрунту .

Для досягнення мети дослідження було поставлено та вирішено такі завдання:

виконано аналіз відомих технологій вирощування кукурудзи на силос;  
розроблено підготовчий план механізованих при вирощуванні кукурудзи на силос;

спроєктовано технологічний процесу вирощування кукурудзи на силос;  
розроблено технологічну операцію передпосівної підготовки ґрунту;  
розраховано вартість передпосівного обробітку ґрунту;  
обґрунтовано конструктивні зміни для підвищення ефективності роботи пружинної борони;

розраховано кріпильні елементи змінного стержня пружинних зубів борони.

*Об'єктом дослідження* – технологія вирощування кукурудзи на силос.

*Предмет дослідження* – технологічна операція передпосівного обробітку ґрунту.

*Практичне значення* – удосконалено пружинну борону, що дозволить ефективно здійснювати передпосівну підготовку ґрунту..

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, використаної літератури та додатків. Основний матеріал викладено на 59 сторінках машинописного тексту. Додатки займають 12 сторінок.

*Ключові слова.* Технологія вирощування, план механізованих робіт, пружинна борона, передпосівний обробіток ґрунту.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС .....	6
1.1 Кормова цінність силосу з кукурудзи .....	6
1.2 Біологічні властивості кукурудзи та передумови до вирощування .....	9
1.3 Підготовчий план механізованих при вирощуванні кукурудзи на силос .....	15
1.4 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра .....	17
2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС .....	18
2.1 Проектування технологічного процесу вирощування кукурудзи на силос .....	18
2.2 Розробка технологічної карти вирощування кукурудзи на силос .....	22
2.3 Розробка технологічного процесу передпосівної підготовки ґрунту .....	26
2.3.1 Агротехнічні вимоги до передпосівної підготовки ґрунту .....	26
2.3.2 Розрахунок агрегату для передпосівного обробітку ґрунту .....	28
2.4 Розрахунок вартості передпосівного обробітку ґрунту .....	30
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА .....	34
3.1 Огляд пружинних борін-аналогів.....	34
3.2. Обґрунтування конструктивних змін для підвищення ефективності роботи пружинної борони .....	36
3.3. Розрахунок кріпильних елементів змінного стержня пружинних зубів борони.....	46
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	49
4.1 Правила техніки безпеки для обслуговуючого персоналу комбінованого агрегату .....	49
4.2 Вимоги безпеки при роботі з ґрунтообробним агрегатом .....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	56

## ВСТУП

Виробництво силосу з кукурудзи має велику цінність в тваринництві, особливо у годівлі великої рогатої худоби і свиней.

Кукурудзяний силос має високе вміст енергії і білків, що робить його важливим джерелом поживних речовин для тварин. Він забезпечує енергетичні потреби тварин і сприяє зростанню і продуктивності.

Силос з кукурудзи може бути збережений протягом тривалого часу без значного зниження харчової цінності. Це важливо для забезпечення наявності корму для тварин протягом всього року, зокрема в зимовий період, коли свіжих кормів обмаль.

Виробництво силосу дозволяє використовувати всю рослину, включаючи стебла, листя і качани. Це зменшує втрати кормової бази і дозволяє максимально використовувати потенціал кукурудзяного поля.

Кукурудзяний силос містить відповідний співвідношення енергії, білків, вуглеводів та мінеральних речовин, що сприяє здоровому розвитку тварин і підвищує продуктивність.

Удосконалення механізованих технологій при виробництві силосу є важливим аспектом, який сприяє ефективності та якості процесу.

Нові технології сприяють підвищенню продуктивності, зниженню витрат робочої сили, покращенню якості силосу та ефективному використанню ресурсів. Ці технологічні покращення допомагають сільським господарствам досягти більш ефективного та стабільного виробництва силосу.

# 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС

## 1.1 Кормова цінність силосу з кукурудзи

Кукурудза – одна з найцінніших сільськогосподарських культур, які в агровиробництві вирощує людина. Існує багато сортів та видів кукурудз в залежності до кінцевого її призначення. Загальний вигляд кукурудзяного поля можна бачити на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Вигляд поля, засіяного кукурудзою [20]

Силос з кукурудзи є популярним кормом для худоби, оскільки він містить багато життєво необхідних поживних речовин. Кормова цінність силосу з кукурудзи залежить від кількох факторів, таких як сорт кукурудзи, стадія збирання, умови зберігання та процесу силосування.

Зазвичай силос з кукурудзи (рис. 1.2) містить велику кількість енергії, оскільки кукурудза багата крохмалем. Вона також містить приблизно 8-10% білка



Рисунок 1.2 – Подрібнена кукурудза при підготовці до силосування

та важливі мінеральні речовини, такі як кальцій, фосфор і калій. Однак точна кормова цінність може варіюватися.

Нижче наведена приблизна кормова цінність силосу з кукурудзи на 1 кілограм продукту:

Енергія: приблизно 900-1000 кілокалорій.

Білок: приблизно 8-10%.

Кальцій: приблизно 0,1-0,2%.

Фосфор: приблизно 0,2-0,3%.

Калій: приблизно 0,8-1,2%.

Важливо пам'ятати, що ці значення можуть відрізнятись в залежності від умов вирощування кукурудзи та технології збирання та силосування. Рекомендується проводити аналіз силосу, щоб точніше визначити його кормову цінність.

Крім основних поживних речовин, силос з кукурудзи також містить волокна, вітаміни та інші мікроелементи. Волокна в силосі допомагають забезпечити нормальну роботу шлунково-кишкового тракту тварини. Кукурудзяний силос також може містити деякі антиоксиданти, які сприяють загальному здоров'ю худоби.



Окрім кормової цінності, важливим фактором є якість силосу. Якість може бути змінена за такими чинниками, як правильний час збирання кукурудзи, наявність плісняви або гнилі, правильні умови ферментації та зберігання. Неякісний силос може містити мікотоксини, які є шкідливими для тварин і можуть негативно впливати на їх здоров'я та продуктивність.

У загальному, силос з кукурудзи є цінним кормом для худоби, оскільки містить велику кількість енергії, білка та мінеральних речовин. Проте, рекомендується проводити аналіз корму, щоб точно визначити його склад та кормову цінність, а також забезпечити високу якість силосу під час процесу збирання, силосування та зберігання.

Кукурудзяний силос має декілька корисних властивостей для великої рогатої худоби (ВРХ). Ось кілька переваг кукурудзяного силосу як корму для ВРХ:

Кукурудзяний силос містить значну кількість енергії, особливо у вигляді крохмалю. Велика кількість енергії допомагає задовольняти потреби в енергії ВРХ, особливо в періоди високої продуктивності, наприклад, під час лактації.

Крохмаль, який міститься в кукурудзяному силосі, добре перетравлюється в рубці ВРХ. Це дозволяє ефективно використовувати енергію з корму та сприяє підвищенню кормової ефективності.

Кукурудзяний силос містить деяку кількість волокон, що покращує перистальтику шлунково-кишкового тракту ВРХ.

Силос з кукурудзи також містить різноманітні мінеральні речовини, включаючи кальцій, фосфор і калій. Ці мінерали важливі для здоров'я кісток, росту та розвитку ВРХ.

Кукурудза є однією з найпоширеніших культур, тому кукурудзяний силос зазвичай легко доступний для багатьох фермерів і є відносно доступним за ціною.

## 1.2 Біологічні властивості кукурудзи та передумови до вирощування

Кукурудза є однорічною рослиною, яка відноситься до сімейства тонконогових. Вона має декілька характеристик, що визначають її біологічні властивості.

Кукурудза має стовбури, які можуть досягати висоти від 2 до 5 метрів. Стебла кукурудзи є циліндричними, міцними та суглобованими.

Кукурудза має довгі, широкі та плоскі листки, які розташовані вздовж стебла. Листя мають важливу роль у фотосинтезі, де здатні захоплювати сонячне світло та перетворювати його на енергію.

Коренева система кукурудзи складається з головного кореня та багато бічних коренів. Корені глибоко проникають у ґрунт, що дозволяє рослині забезпечувати стабільне кріплення та забезпечувати доступ до води та поживних речовин.

Кукурудза має окремі чоловічі (інфлоресценції) та жіночі (колоски) квіти, розташовані на одному рослині. Чоловічі квіти мають ниткоподібні тичинки, а жіночі квіти мають плодоніжку з пестиком. Кукурудза є вітропильною рослиною, тобто запилювання відбувається вітром, оскільки немає насічок.

Зерна кукурудзи є плодами рослини. Кожна рослина кукурудзи може формувати кілька колосків, на кожному з яких розташовані зерна. Зерно кукурудзи має великий резервуар крохмалю, білка та і

Кукурудза розмножується насінням. Насіння має тверду зовнішню оболонку, що дозволяє йому витримувати різні умови і зберігати життєздатність протягом тривалого періоду.

Кукурудза є рослиною, яка здатна до інтенсивного фотосинтезу. Вона має спеціалізовані структури, такі як листя та хлоропласти, які дозволяють рослині здійснювати фотосинтез, в результаті чого виробляється глюкоза та інші органічні речовини.

Адаптація до умов зростання: Кукурудза має високу толерантність до широкого спектру кліматичних умов. Вона може рости в різних ґрунтах та погодних умовах, включаючи помірні, тропічні та субтропічні регіони.

Кукурудза відома своїм швидким ростом. За оптимальних умов, вона може досягати значної висоти протягом короткого періоду часу.

Кукурудза використовується не тільки як корм для тварин, але й як цінна культура для харчових потреб людей, виробництва етанолу, продукції олії та інших промислових застосувань.

Ці біологічні властивості кукурудзи сприяють її успішному вирощуванню та широкому використанню як важливої культури як для харчової промисловості, так і для сільськогосподарського сектору.

Для успішного вирощування кукурудзи необхідно враховувати декілька передумов. Ось кілька основних факторів, що впливають на вирощування кукурудзи.

Кукурудза вимагає теплих кліматичних умов. Вона найкраще росте при температурі 20-30°C. Також важливо, щоб тривалість вегетаційного періоду (час від сходів до збору врожаю) була досить довгою, зазвичай від 70 до 100 днів, залежно від сорту.

Вона виростає найкраще на добре дренованих ґрунтах з високою родючістю. Вона вимагає глибокого ґрунту, що дозволяє розростатися кореневій системі. Оптимальний рН рівень ґрунту для кукурудзи зазвичай коливається від 5,8 до 7,0.

Існує велика різноманітність сортів кукурудзи, що відрізняються за тривалістю вегетаційного періоду, висотою рослин, стійкістю до хвороб і шкідників та вмістом цінних речовин. Вибір сорту повинен враховувати кліматичні умови регіону, відведений час для вирощування та вимоги ринку.

Насіння кукурудзи повинно бути якісним і має бути належно обробленим для захисту від хвороб та шкідників. Для отримання найкращих результатів, рекомендується використовувати насіння високої якості, здатне до швидкого та рівномірного проростання.

Внесення добрив під кукурудзу є важливим етапом в агротехніці її вирощування. Добре збалансоване та належне внесення добрив сприяє здоровому росту рослин, формуванню високоякісного врожаю і підвищує врожайність культури. Основні види добрив, які використовуються під кукурудзу, включають азотні (N), фосфорні (P) і калійні (K) добрива.

Азотні добрива (N): Кукурудза потребує значних кількостей азоту для забезпечення свого росту і розвитку. Внесення азотних добрив рекомендується проводити в два етапи: перший - під час посіву або перед посівом, а другий - в період активного росту рослин, коли вона потребує додаткового живлення. Дозу азотного добрива слід встановлювати на основі рекомендацій агрономів і аналізу ґрунту.

Фосфорні добрива (P): Фосфор є важливим елементом для формування кореневої системи, розвитку квітів і насіння. Внесення фосфорних добрив рекомендується перед посівом або під час посіву. Дозу фосфору також слід встановлювати на основі рекомендацій агрономів і аналізу ґрунту.

Калійні добрива (K): Калій сприяє формуванню стійких рослин, збільшенню врожайності і покращенню якості плодів. Внесення калійних добрив рекомендується під час посіву або перед ним, а також під час активного росту рослин.

Крім основних макроелементів (азоту, фосфору і калію), кукурудза також потребує мікроелементів, таких як залізо, марганець, цинк, мідь та інші. Вони необхідні для правильного функціонування метаболічних процесів в рослині. Внесення мікроелементів може здійснюватися через використання спеціальних мікродобрив або комплексних добрив, які містять необхідну групу мікроелементів.

Для досягнення оптимальних результатів, рекомендується розподіляти добрива рівномірно на ділянці вирощування кукурудзи. Це може здійснюватися за допомогою механізованого внесення добрив або ручного розсипання. Розташування добрив поруч з кореневою зоною рослин сприятиме максимальному використанню живильних речовин.

Важливо враховувати фази росту кукурудзи для оптимального внесення добрив. Наприклад, перший внесок азотних добрив може бути проведений до посіву або під час нього, а наступні внесення можуть бути здійснені на етапах активного росту рослин або перед формуванням качанів.

Застосування органічних добрив: Органічні добрива, такі як компост, перегній або інші природні матеріали, можуть бути використані як додатковий джерело поживних речовин для кукурудзи. Вони сприяють підвищенню родючості ґрунту, збереженню його структури та підтримці екологічно збалансованого підходу.

Перед внесенням добрив необхідно врахувати стан ґрунту і його характеристики. Аналіз ґрунту допоможе визначити його потреби у поживних речовинах і підібрати оптимальну дозу добрив. Також слід враховувати рН-рівень ґрунту, оскільки це впливає на доступність поживних речовин для рослин.

Систематичність і розподіл добрив: Регулярне та систематичне внесення добрив дозволяє забезпечити постійне живлення рослин на протязі всього вегетаційного періоду. Рекомендується розподіляти добрива на кілька етапів, враховуючи потреби рослин на різних стадіях росту.

Надмірне внесення добрив може бути шкідливим для культури, спричиняючи накопичення надлишкових поживних речовин у ґрунті або негативно впливаючи на розвиток рослин. Недостатнє внесення добрив також може призвести до недостатнього живлення рослин і низької врожайності. Важливо дотримуватись рекомендованих доз добрив, які встановлюються на основі аналізу ґрунту та конкретних потреб кукурудзи.

При внесенні добрив під кукурудзу рекомендується консультиватися з агрономом або фахівцем з агротехніки, оскільки він зможе зробити більш точну оцінку поживних речовин, які потребуються для досягнення найкращих результатів в конкретних умовах вирощування.

Волога: Кукурудза потребує достатньої кількості вологи для нормального росту і розвитку. Оптимальний режим поливу варіюється залежно від

кліматичних умов, фази росту рослин та вологоутримуючих властивостей ґрунту. Важливо забезпечити регулярний та рівномірний полив, особливо під час періодів суші та формування качанів.

Боротьба з бур'янами, хворобами і шкідниками: Кукурудза може бути схильною до атак бур'янів, хвороб і шкідників. Важливо проводити систематичну боротьбу з бур'янами, використовуючи методи обприскування, механічного видалення або мульчування. Також слід вживати заходів для запобігання і контролю хвороб та шкідників, зокрема вибір відповідних сортів, застосування обробки насіння і застосування хімічних препаратів при необхідності.

Сівозміна є важливим аспектом сільськогосподарського виробництва, включаючи вирощування кукурудзи. Сівозміна полягає в плануванні послідовного вирощування різних культур на тій же ділянці протягом кількох років. Це сприяє збереженню родючості ґрунту, контролю шкідників та хвороб, покращенню врожайності і зниженню витрат на вирощування.

Одним з важливих аспектів сівозміни є чергування різних родин культур. Оскільки кукурудза належить до родини тонконогових (злаки), рекомендується чергувати її з культурами з інших родин. Це допомагає запобігти збільшенню популяції шкідливих організмів, які специфічні для даної родини.

Чергування зі злаками і зерновими культурами: Після вирощування кукурудзи рекомендується проводити чергування з іншими злаковими або зерновими культурами, такими як пшениця, ячмінь, овес або рис. Це допомагає запобігти розповсюдженню шкідників та захворювань, специфічних для кукурудзи.

Бобові культури, такі як соя, горох можуть бути включені до сівозміни після кукурудзи. Бобові культури мають специфічних азотфіксаторів, які допомагають поповнювати азот у ґрунті, покращуючи його родючість.

Культури, які мають інший тип кореневої системи, можуть бути використані в сівозміні після кукурудзи. Наприклад, картопля, буряк цукровий або морква мають кореневі системи, які відрізняються від кореневої системи

кукурудзи. Це допомагає покращити структуру ґрунту і забезпечує різноманітність в рослинних залишках.

Культури, які використовуються як корм для тварин, такі як люцерна, суданська трава або конюшина, можуть бути включені в сівозміну після кукурудзи. Це допомагає відновити поживні речовини в ґрунті, поліпшити структуру ґрунту і забезпечити різноманітність в рослинних залишках.

Для забезпечення збереження родючості ґрунту і запобігання шкідникам та хворобам рекомендується уникати повторного вирощування кукурудзи на одній ділянці протягом кількох років підряд.

Важливо пам'ятати, що конкретні варіанти сівозміни можуть варіюватися в залежності від регіональних умов, клімату, ґрунтових умов, доступних культур та інших факторів. Рекомендується консультиватися з агрономом або фахівцем з сівозміни для визначення оптимальної сівозміни для вашої конкретної ситуації.

Кукурудза може бути вразливою до стихійних лих, таких як посуха, повені або град. Для зменшення ризику втрат врожаю від таких природних катаклізмів, можна використовувати заходи захисту, такі як створення систем поливу, установка бар'єрів для захисту від повеней або використання захисних структур для запобігання пошкодження від граду.

Вирощування кукурудзи вимагає правильного застосування агротехнічних прийомів, таких як правильна глибина посіву, оптимальний розмір рядків, раціональний відстань між рослинами та правильна обробка під час росту. Важливо враховувати рекомендації агрономів і дотримуватися оптимальних агротехнічних практик для досягнення найкращих результатів.

Враховуючи ці передумови, а також забезпечуючи належний догляд і відповідну агротехніку, вирощування кукурудзи може бути успішним і приносити високі врожаї.

### **1.3 Підготовчий план механізованих при вирощуванні кукурудзи на силос**

Підготовка ґрунту перед сівбою кукурудзи є важливим етапом, який впливає на успішний ріст і розвиток рослин. Ось деякі кроки, які потрібно виконати для підготовки ґрунту перед сівбою кукурудзи:

Перед початком підготовки ґрунту важливо очистити ділянку від рослинних залишків, бур'янів та інших перешкод, які можуть заважати росту кукурудзи. Це можна зробити за допомогою плуга, дискової борони або іншого сільськогосподарського інструменту.

Оранка полягає в обробці верхнього шару ґрунту для полегшення його структури і забезпечення гарного контакту між насінням кукурудзи та ґрунтом. Оранку слід виконати на глибину 25-27 см для кращого проникнення коренів рослин і особливо, якщо попередники були стерньові культури. Можна під кукурудзу орати і до 30 см..

Якщо поле було забур'янене, то після попередника та за 15-20 днів перед оранкою виконують внесення гербіцидів перед лушенням стерні.

При передпосівній підготовці ґрунту виконують ряд операцій поверхневого обробітку, які покликані на те, щоб забезпечити належну грудкуватість поверхні. Сюди входять такі операції: ранньо-висняне боронування та кілька культивацій, якщо проросли бур'яни, то ще й внесення гербіцидів.

Перед сівбою кукурудзи рекомендується внести необхідні добрива відповідно до аналізу ґрунту і вимог культури. Добрива можна вносити під час розпушення ґрунту або окремим проходом за допомогою розкидача добрив.

Для отримання дрібнодисперсної ґрунтової структури, яка сприяє рівномірному проростанню коренів, можна провести додаткову ґрунтову обробку. Це може включати фрезерування, вирівнювання площі, які покращують рівномірність і розсіювання ґрунту.



Перед сівбою кукурудзи важливо також здійснити контроль за бур'янами. Це може включати попередню обробку ґрунту гербіцидами або використання механічних методів боротьби з бур'янами, таких як полегшення чи видалення бур'янів.

До сівби кукурудзи слід планувати ряди для посіву. Відстань між рядами залежить від виду кукурудзи та умов вирощування, але зазвичай рекомендується для вирощування кукурудзи на силос або 45 см, або 70 см між рядами. Тут ключову роль відіграє наявність певних типів сівалок, які цю технологічну операцію можуть виконувати.

Аналізуючи літературні джерела, зокрема [31], попередньо складаємо такий план механізованих робіт при попереднику – озима пшениця:

Лущення стерні на глибину 6-8см;

Плоскорізний обробіток на глибину 12-14 см;

Оранка на зяб (глибина 25-27 см);

Ранньовесняне боронування;

Передпосівна культивування з боронуванням на глибину загортання насіння (6-8 см);

Сівба пунктирним способом з внесенням мінеральних добрив(норма висіву 70-80 тис. шт./ га, 25 кг/ га, норма внесення добрив N15P15K15 (нітроамофоска - 100 кг/га) глибина загортання 6-8 см);

Досходове боронування;

Післяходове боронування;

Збирання кукурудзи;

Транспортування подрібненої маси;

Ущільнення силосної маси;

Укриття траншей плівкою.

## 1.4 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

При реалізації механізованої технології вирощування кукурудзи послідовно виконують ряд операцій, серед яких є підготовка поля перед посівом кукурудзи. Дана операція виконується, переважно, комбінованими агрегатами, технічна справність яких є запорукою якісного виконання технологічної операції підготовки ґрунту та забезпечує задану продуктивність праці.

Комбіновані агрегати – перспективні комплекси машин які спричиняються до значної економії енергоресурсів при обробітку ґрунту. Але поряд з тим вони повинні працювати при максимальній своїй ефективності. Це стосується, в першу чергу, дискової борони, яка є найбільш енергоємною в цьому процесі.

Пружинні борони ефективно працюють навіть на зволжених ґрунтах, але поряд з тим наявні абразивні вклучення ґрунту спричиняють їх відносно швидке зношування. Для розглядуваної пружинної борони заводом передбачено заміну повністю цілого пружного елемента, включаючи пружину. Така заміна є досить дорого вартісною. Інший спосіб як найпростіший це є наварювання окремих стержнів на зношені. Такий підхід змінює параметри пружності борони, а від того і її технологічні властивості, що може призвести до порушення агровимог при передпосівній підготовці ґрунту. Тому задача ставиться таким чином, щоб удосконалити спосіб заміни пружних елементів. Цей спосіб має бути простим та ефективним, тому є необхідність вивчити конструктивні та технологічні параметри пружинної борони для реалізації ідеї удосконалення.

## **2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС**

### **2.1 Проєктування технологічного процесу вирощування кукурудзи на силос**

За обраною технологією вирощування при низькому рівні забезпеченості господарства технікою очікуємо урожайність культури – 210 ц/га; попередником є озима пшениця; площа під культуру 100 га.

Представимо основні зразки техніки, які будуть задіяні до виконання намічених технологічних операцій вирощування та збирання кукурудзи на силос[28-30].

Лущення стерні – Т150К + ЛДГ-15, рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Луцильник дисковий гідрофікований ЛДГ-15

Для плоскорізного обробітку – культиватор передпосівний КПП-2,8, що агрегатується з тракторами тягового класу 1.4, рис. 2,2.

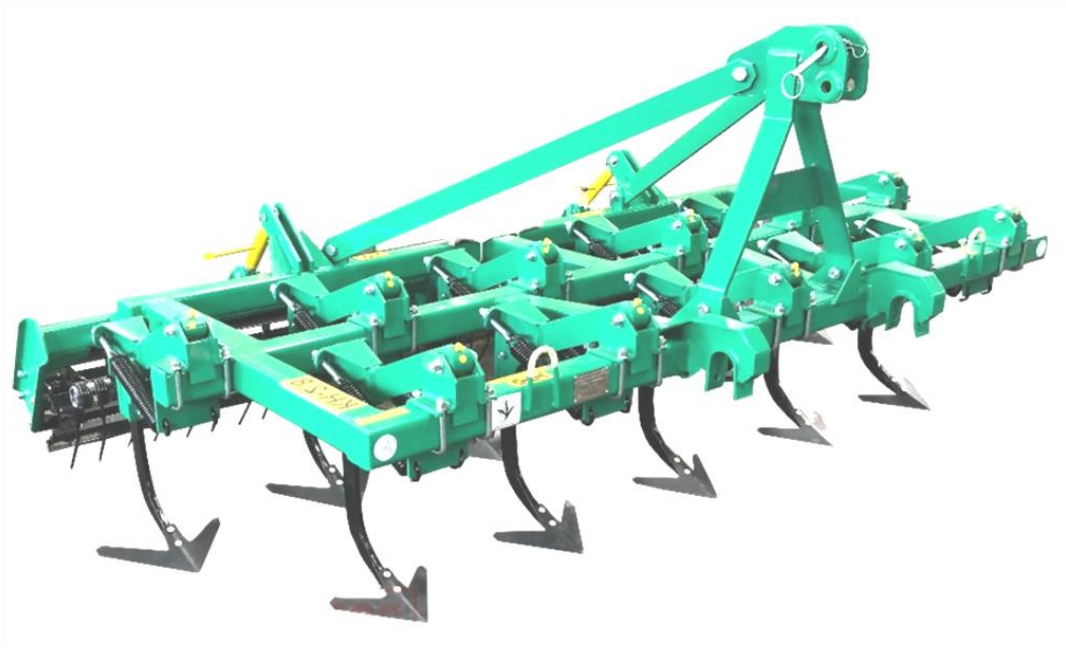


Рисунок 2.2 – Культиватор передпосівний КПП-2,8

Основний обробіток ґрунту заплановано виконувати плугами ПНЯ-4-42 (рис. 2.3) при агрегуванні з трактором Т-150К.



Рисунок 2.3 – Плуг навісний ярусний ПНЯ-4-42 ОАПК

Для передпосівного обробітку в господарстві будуть використовувати комбінований агрегат – борона дискова легка БДЛП-8,0+БП в агрегаті зі трактором Т-150К, рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Борона дискова легка БДЛП-8,0

Сівба пунктирним способом із внесенням добрив буде здійснюватись сівалкою СУПН-8А, рис. 2.5



Рисунок 2.5 – Сівалка універсальна пневматична СУПН -8А

Для збирання та подрібнення кукурудз використовують комбайн причіпний КПИ-2,4, рис.2.6.



Рисунок 2.6 – Комбайн причіпний КПИ-2,4 з жаткою для збирання кукурудзи

Для транспортування зеленої маси – причіп ПСЕ-20, рис. 2.7.



Рисунок 2.7 – Причіп-ємкість спеціальна ПСЕ-20

В даному пункті роботи було наведено основні марки сільськогосподарських машин, для яких вестимемо розрахунки та з їх використанням складатимемо технологічну карту на вирощування кукурудзи на силос.

## 2.2 Розробка технологічної карти вирощування кукурудзи на силос

За умовою виконання роботи посівна площа кукурудзи складає 100 га. Використовуючи технологію вирощування кукурудзи при низькому рівні ресурсного забезпечення господарства та попередній план механізованих робіт, складаємо технологічну карту. Розрахункові дані заносимо у таблиці 2.1-2.3.

Таблиця 2.1 – Технологічні операції основного обробітку, передпосівного ґрунту

№	Технологічна операція	Одиниця виміру	Обсяг робіт, фіз. одиниць	Склад агрегату			Обслуговуючий персонал	
				енерго-машина	с.-г. машина		механізатори	інші робітники
					марка	кількість		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Основний обробіток ґрунту</i>								
1	Лущення стерні на глибину 6-8 см	га	200	Т-150К	ЛДГ-15	1	1	
2	Плоскорізний обробіток на глибину 12-14 см	га	100	ЮМЗ-6АКЛ	КПП-22	1	1	
3	Оранка на зяб (глибина 25-27 см)	га	100	Т-150К	ПНЯ-4-42	1	1	
<i>Передпосівний обробіток ґрунту та сівба</i>								
4	Ранньовесняне боронування	га	100	Т-150К	СТ-21 БЗТС-1,0	1 21	1	
5	Передпосівна культивування з боронуванням на глибину загортання насіння (6-8 см)	га	100	Т-150К	БДЛП-8,0+ БП	1 3	1	
6	Навантаження насіння	т	2,5		вручну			

Продовження табл. 2.1

7	Транспортування та завантаження сівалок насінням	т	2,5	ЮМЗ-6АКЛ	2ПТС-4-887Б	1	1	2
8	Навантаження мін. добрив	т	10	ЮМЗ-6АКЛ	ПЕ-Ф-1А	1	1	
9	Транспортування мін. добрив та завантаження сівалок	т	10	ЮМЗ-6АКЛ	2ПТС-4-887Б	1	1	2
10	Провішування ліній першого проходу агрегату і відбивка поворотних смуг	га	100		вручну			2

Так само проектуємо технологічні операції посіву, догляду за посівами та збирання врожаю, табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Технологічні операції посіву, догляду за посівами та збирання врожаю

№	Технологічна операція	Одиниця виміру	Обсяг робіт, фіз. одиниць	Склад агрегату			Обслуговуючий персонал	
				енерго-машина	с.-г. машина		механізатори	інші робітники
					марка	кількість		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	Сівба пунктирним способом з внесенням мінеральних добрив(норма висіву 70-80 тис. шт./ га, 25 кг/ га, норма внесення добрив N15P15K15 (нітроамофоска - 100 кг/га) глибина загортання 6-8 см)	га	100	ЮМЗ-6АКЛ	СУПН-8А	1	1	
<i>Догляд за посівами</i>								
12	Досходове боронування	га	100	ЮМЗ-6АКЛ	С-11У ЗБП-0,6А	1 6	1	



## Продовження табл. 2.2

13	Післясходове боронування	га	100	ЮМЗ-6АКЛ	С-11У ЗБП-0,6А	1 6	1	
14	Обстеження посіву на враженість бур'янами, шкідниками та хворобами (За необхідності застосовують обприскування пестицидами)	га	100		Проводить спеціаліст			
<i>Збирання врожаю</i>								
15	Збирання кукурудзи	га	100	ЮМЗ-6АКЛ	КПИ-2,4		1	
16	Транспортування подрібненої маси	т	2100	ЮМЗ-6АКЛ	ПСЕ-20	1	1	
17	Ущільнення силосної маси	т	2100	Т-150		1	1	
18	Укриття траншей плівкою	т	2100		вручну			1

Далі визначаємо приблизні вартості закладених технологічних операцій [10], табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Вартість виконання технологічних операцій припосівного обробітку ґрунту та сівба

№	Норма виробітку	Кількість нормозмін	Витрати праці на весь обсяг робіт, люд.-год.	Тарифна ставка за нормозміну,		Зарплата за весь обсяг робіт, грн.			Витрати палива, кг	
				механізаторам	іншим робітникам	механізаторам	іншим робітникам	разом	на одиницю роботи	на весь обсяг робіт
1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	52,8	3,79	26,52	207,76		786,97		786,97	2,1	420,00
2	9,30	10,75	75,27	180,96		1945,81		1945,81	8,70	870,00
3	7,20	13,89	97,22	241,28		3351,11		3351,11	20,50	2050,00
<i>Разом за період</i>			<i>199,01</i>			<i>6083,89</i>		<i>6083,89</i>		<i>3340,00</i>
4	71,7	1,39	9,76	207,76		289,76		289,76	1,7	170,00

Продовження табл. 2.3

1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5	49,2	2,03	14,05	180,96		367,8		367,8	3,1	310
6		7,41	51,85		121,84		902,83	902,83		
7	17,3	7,41	155,56	160,84	121,84	1191,8 2	1805,6 7	2997,49	1,8	4,50
8	109,00	7,41	51,85	207,76		1539,5		1539,5	0,65	6,50
9	17,30	7,41	155,56	160,21	121,84	1187,1 6	1805,6 7	2992,82	1,60	16,00
10		1,00	7,00		121,84	243,68		243,68		507
11	13,50	7,41	51,85	207,76		1539,5		384,74	3,50	330,00 1
<i>Разом за період</i>			497,48			6359,2 3	4514,1 7	10873,4 5		884

12	47,9	2,09	14,61	180,96		377,79		377,79	1,5	150,00
13	34,9	2,87	20,06	180,96		518,51		518,51	1,9	190,00
14		1,00	7,00		124,84	896,3	124,84	1021,14		
<i>Разом за період</i>			41,67				124,84	1021,14		340,00
15	5,70	17,54	122,81	207,76		3644,9 1		3644,91	14,80	1480,00
16	64,70	32,46	227,20	180,96		5873,5 1		5873,51	1,20	2520,00
17	700,00	3,00	21,00	180,96		542,88		542,88	0,47	987,00
18		1,00	7,00		121,84		121,84	121,84		
<i>Разом за період</i>			378,01			10061, 3	121,84	10183,1 4		4987,00
<b>Разом</b>			1116,17			22504, 42	4760,8 5	28161,5 7		9551,00

Визначимо вартість палива

$$B_{\text{п}}=9551 \cdot 1,18 \cdot 44=495887,92 \text{ грн.}$$

Загальна вартість вирощування кукурудзи на силос є орієнтовним підрахунком і становитиме

$$B = \frac{28161,57 + 495887,92}{100} = 5240,49 \text{ грн/га.}$$

Значення має приблизний характер, тут не враховано ряд вартостей, але складається орієнтовна вартість вирощування культури за наміченими операціями.

## **2.3 Розробка технологічного процесу передпосівної підготовки ґрунту**

### **2.3.1 Агротехнічні вимоги до передпосівної підготовки ґрунту**

Передпосівна підготовка ґрунту є важливим етапом перед посівом кукурудзи. Агротехнічні вимоги до передпосівної підготовки ґрунту можуть варіюватись залежно від конкретних умов та регіону, але основні принципи включають такі елементи.

Перед посівом кукурудзи слід забезпечити очищення поля від залишків попередніх культур, таких як рослинні залишки або соломі. Це допоможе запобігти поширенню хвороб і шкідників, а також забезпечить кращі умови для росту кукурудзи.

Ґрунт перед посівом кукурудзи може бути оброблений різними способами, залежно від умов і вимог. Зазвичай використовують такі методи оранки, глибоке розпушування, фрезерування або дискова обробка. Метою

обробки є створення оптимальної структури ґрунту, полегшення проникнення води і повітря, а також полегшення проростання кореневої системи рослин.

Перед посівом слід забезпечити рівномірність поверхні ґрунту. Нерівності можуть створювати проблеми при механічному посіві, збільшувати ризик утрати вологи і створювати нерівномірність у зростанні рослин. Рівномірність поверхні можна досягти за допомогою рихлення (4-6 см), вирівнювання або інших методів.

Кукурудза має глибоку кореневу систему, тому перед посівом важливо забезпечити добре рихлення. Це допоможе створити сприятливі умови для проростання насіння, розвитку кореневої системи і забезпечити доступ до вологи та поживних речовин.

Внесення органічних і мінеральних добрив: Перед посівом кукурудзи рекомендується провести аналіз ґрунту, щоб визначити його поживний стан. На основі результатів аналізу можна внести органічні і мінеральні добрива для забезпечення оптимального рівня поживних речовин для рослин. Внесення добрив може бути здійснено передпосівне або під час підготовки ґрунту.

Перед посівом слід забезпечити контроль над бур'янами. Це може включати використання гербіцидів або механічну обробку ґрунту для знищення бур'янів. Важливо виконати цю операцію перед посівом, щоб уникнути конкуренції бур'янів з кукурудзою після сходів.

Враховуючи ці агротехнічні вимоги до передпосівної підготовки ґрунту, можна створити оптимальні умови для росту, розвитку і високого врожаю кукурудзи. Важливо пам'ятати, що конкретні методи і технології можуть варіюватися залежно від регіону, кліматичних умов, типу ґрунту та інших факторів.

### 2.3.2 Розрахунок агрегату для передпосівного обробітку ґрунту

План механізованих робіт передбачає агрегат у складі Т-150К+ БДЛП+ 3 БП загальною шириною захвату 9,27 м.

Рекомендована швидкість виконання операції 10 км/год, це буде відповідати другій передачі руху трактора ( $V_m = 10,1$  км/год) з номінальним тяговим зусиллям  $P_{н.гак} = 33,3$  кН [18, 22, 23 **Error! Reference source not found.**].

Послідовність розрахунку:

Максимальна ширина захвату агрегату

$$B_{\max} = \frac{P_{\text{гак}} - R_{\text{зч}}}{K_v}, \quad (3.13)$$

де  $R_{\text{зч}}$  – опір зчипки,  $R_{\text{зч}} = 0$ ;

$K_v$  – питомий опір дискової борони разом з пружинними та поправкою на збільшення швидкості, кН/м.

Тоді

$$K_v = K[1 + \Pi_o(V_p - V_0)], \quad (3.14)$$

де  $K$  – питомий робочої машини,  $K = 2,2$  кН/м;

$\Pi_o$  – коефіцієнт приросту питомого опору,  $\Pi_o = 0,026$  [22];

$V_p$  – робоча швидкість агрегату, км/год;

$V_0 = 5$  км/год,

Робочу швидкість буде визначатись

$$V_p = V_m \left( 1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (3.15)$$

де  $V_m = 10,1$  км/год;

$\delta$  – коефіцієнт буксування,  $\delta = 12\%$ .

Звідси

$$V_p = 10,1 \left( 1 - \frac{12}{100} \right) = 8,9 \text{ км/год.}$$

Тоді питомий опір з поправкою на швидкість

$$K_v = 1,9[1 + 0,026(8,9 - 5)] = 2,42 \text{ кН/м.}$$

Звідси максимальна ширина захвату

$$B_{\max} = \frac{33,3 - 0}{2,42} = 13,76 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість дискових борін в агрегаті

$$n_l = \frac{B_{\max}}{B_k}, \quad (3.16)$$

де  $B_k$  – конструктивна ширина захвату луцильника,  $B_k = 9,27$  м.

$$n_l = \frac{13,76}{9,27} = 1,48 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n_l = 1,0$  шт.

Тяговий опір агрегату

$$R_{a2p} = K_V \cdot B_k \cdot n_l + R_{3ч}, \quad (3.17)$$

звідки

$$R_{a2p} = 2,42 \cdot 9,27 \cdot 1 = 22,43 \text{ кН.}$$

Тоді коефіцієнт використання тягового зусилля трактора

$$\eta_{втз} = \frac{R_{a2p}}{P_{зак}}, \quad (3.18)$$

тоді

$$\eta_{втз} = \frac{22,43}{33,3} = 0,67.$$

Цей коефіцієнт показує на завантаження трактора в межах 67%. Тут можна прагнути до підняття даного коефіцієнта, але його значення пов'язане із невеликим питомим опором дискової та пружинних борін, оскільки дані знаряддя використовуються для передпосівного поверхневого обробітку ґрунту на глибину 6-8 см.

## 2.4 Розрахунок вартості передпосівного обробітку ґрунту

Загальні витрати складатимуть [25]

$$C_{ез} = T_{\phi} + B_{п.м.м} + C_a + C_p + H, \quad (3.19)$$

де  $T_{\phi}$  – оплата праці, грн;

$B_{п.м.м}$  – вартість паливо-мастильних матеріалів, грн;

$C_a$  – відрахування на амортизацію, грн;

$C_p$  – те саме на ремонт і ТО, грн;

$H$  – інші накладні витрати, грн.

Визначимо вартість палива

$$B_n = C \cdot G \quad (3.55)$$

де  $C$  – вартість 1 л дизельного палива,  $C = 44,0$  грн (врахуємо, що 1 кг = 1,18 л);

$G$  – потреба дизельного палива для операції,  $G = 310$  кг.

$$B_n = 44 \cdot 1,18 \cdot 310 = 16095,2 \text{ грн.}$$

Інші види матеріалів і їх вартість за співвідношеннями до дизельного палива (310,0 кг):

- дизельне масло (5%) – 15,5 кг – 2260 грн;
- трансмісійне масло (0,3%) – 0,93 кг – 130 грн ;
- консистентне мастило (0,3%) – 0,93 кг – 82 грн;
- пусковий бензин (1,0%) – 3,1 кг – 167,4 грн.

Тоді вартість за такими матеріалами на передпосівний обробіток складе

$$B_{н.м.} = 16095,2 + 2260 + 130 + 82 + 167,4 = 18734,6 \text{ грн.}$$

### **Визначимо амортизаційні відрахування**

$$C_a = \frac{B_m \cdot A_m}{100 \cdot W_z \cdot T_{mp}} + \frac{B_m \cdot A_m}{100 \cdot W_z \cdot T_m}, \quad (3.20)$$



де  $B_m$ ,  $B_M$  – балансові вартості енергозасобу та борін,

$B_m = 420000$  грн (вартість відновленого Т-150К),  $B_M = 104000$  грн;

$A_m$ ,  $A_M$  – норма амортизаційних відрахувань на трактор та косарку,

$A_m = 17\%$ ,  $A_M = 14,2\%$  [25];

$T_{mp}$ ,  $T_M$  – нормативне річне навантаження на трактор та косарку,

$T_{mp} = 1600$  год,  $T_M = 200$  год.

$W_z$  – годинна продуктивність

$$W_z = W_{zm} / T_p, \quad (3.21)$$

де  $W_{zm}$  – продуктивність за зміну,  $W_{zm} = 16,4$  га;

$T_p$  – робочий час зміни,  $T_p = 5,92$  год.

$$W_z = 16,4 / 5,92 = 2,77 \text{ га/год.}$$

Звідси випливає, що

$$C_a = \frac{420000 \cdot 17}{100 \cdot 2,77 \cdot 1600} + \frac{104000 \cdot 14,2}{100 \cdot 2,77 \cdot 200} = 42,77 \text{ грн/га.}$$

Аналогічно розраховуємо відрахування на ТО та поточний ремонт:

для трактора – 6 %, для косарки – 9 %

$$C_p = \frac{420000 \cdot 6}{100 \cdot 2,77 \cdot 1600} + \frac{104000 \cdot 9}{100 \cdot 2,77 \cdot 200} = 22,58 \text{ грн/га.}$$

### Сумарні затрати на передпосівний обробіток

$$C_v = T_\phi + B_{п.м.м} + C_a + C_p. \quad (3.22)$$

Підставляємо значення

$$C_g = 367,8 + 16095,2 + 4277 + 2258 = 22998 \text{ грн.}$$

Накладні витрати складають 20% від суми витрат і становитимуть

$$H = 22998 \cdot 0,2 = 4599,6 \text{ грн.}$$

Сума експлуатаційних витрат

$$C_{ez} = 22998 + 4599,6 = 27967,6 \text{ грн.}$$

Вартість 1 га передпосівного обробітку ґрунту

$$C_{1\text{га}} = \frac{C_{ez}}{S_{\phi}}. \quad (3.59)$$

$$C_{1\text{га}} = \frac{27967,6}{100} = 279,68 \text{ грн/га.}$$

Звідси випливає, що вартість 1 га передпосівного обробітку ґрунту становить 279,68 грн.

## 3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 3.1 Огляд пружинних борін-аналогів

#### **Борона пружинна БП-12 [28].**

Призначена для передпосівного обробітку ґрунту (рис. 3.1) з метою розпушення і вирівнювання верхнього шару ґрунту. Робочими органами є спеціальні пружинні лапи, кут нахилу до площини ґрунту, що обробляється, регулюється в кожній секції ручкою. Ширина захвату 12 м; продуктивність 12 га/год; глибина обробітку до 7 см.



Рисунок 3.1 – Борона пружинна БП-12

#### **Борона причіпна гідрофікована ЗПГ-24 [30].**

Використовується для ранньовесняного боронування зябу, озимих посівів, до сходового і після сходового боронування, заробки мінеральних добрив, закриття вологи, обробки стерні (збір соломи, сіна у валки), рис. 3.2.

Регулювання кута атаки зубів дає можливість змінювати глибину розпушування від 2 до 9 см.



Рисунок 3.2 – Борона причіпна гідрофікована ЗПГ-24

### **Борона пружинна БПЗ-15.**

Борона пружинна БПЗ-15 призначена для передпосівного і післяпосівного розпушення верхнього шару ґрунту, подрібнення грудочок, боронування сходів, вичісування бур'янів і післяжнивних решток, знищення ґрунтової кірки і вирівнювання поверхні поля, рис.3.3.

Особливості та ефективність: робочі органи – пружинні зуби, процес взаємодії яких з перешкодами (ґрунт, рослини, післяжнивні рештки) є вібраційним, що виключає їх забивання, підвищує якість подрібнення ґрунту і післяжнивних решток. Змінний кут атаки пружинного зуба дозволяє регулювати глибину обробітку ґрунту: зменшення кута нахилу зубів зменшує перемішування ґрунту і встановлює захисний режим впливу на культури, що обробляються, а збільшення – покращує процес боронування.



Рисунок 3.3 – Борона пружинна БПЗ-15

### 3.2. Обґрунтування конструктивних змін для підвищення ефективності роботи пружинної борони

Комбіновані агрегати – перспективні комплекси машин які спричиняються до значної економії енергоресурсів при обробітку ґрунту. Але поряд з тим вони повинні працювати при максимальній своїй ефективності. Це стосується, в першу чергу, дискової борони, яка є найбільш енергоємною в цьому процесі. Тут варто дослідити встановлення найбільш раціональних кутів атаки та постановки площини диска до вертикалі, а також правильно забезпечити обґрунтовану швидкість обробітку.

Пружинні борони ефективно працюють навіть на зволжених ґрунтах, але поряд з тим наявні абразивні включення ґрунту спричиняють їх відносно швидке зношування. Для розглядуваної пружинної борони заводом передбачено заміну повністю цілого пружного елемента, включаючи пружину. Така заміна є досить дорого вартісною. Інший спосіб як найпростіший це є наварювання окремих стержнів на зношені, рис. 3.4. Такий підхід змінює параметри пружності борони, а від того і її технологічні властивості, що може призвести до порушення агровимог при передпосівній підготовці ґрунту. Тому



Рисунок 3.4 – Наварювання пружинних стержнів

задача ставиться таким чином, щоб удосконалити спосіб заміни пружних елементів. Цей спосіб має бути простим та ефективним, тому є необхідність вивчити конструктивні та технологічні параметри пружинної борони для реалізації ідеї удосконалення.

Далі зосередимо увагу на конструктивних і експлуатаційних недоліках пружинної борони. Борони виконують у вигляді ланок малої ширини захвату для кращого копіювання рельєфу поля. Залежно від тиску, що передається одним зубом на ґрунт, борони поділяються на легкі, середні і важкі.

Зуби легких борін мають круглий переріз і заточуються на конус. Зуби середніх і важких борін мають квадратний переріз з односторонньою відтяжкою. В даному випадку в нас борона круглого перерізу.

Конструкція борін повинна відповідати таким вимогам:

1. Кожен зуб борони повинен проводити окрему борозну, віддаль між якими по всій ширині захвату повинна бути однаковою і дорівнювати заданому значенню  $a$ .

2. Борона не повинна забиватись рослинними рештками і ґрунтом. Для цього зуби, що утворюють суміжні борозенки, повинні бути достатньо віддалені один від одного за напрямком руху і шириною.

Стійкий хід борони забезпечується тоді, коли лінія тяги буде проходити через слід центра ваги.

Ці вимоги виконуються при розміщенні зубів борін на розгортці багатозахідного гвинта в точках перетину гвинтових ліній з твірними циліндра, які розміщені на однаковій відстані  $h$ .

Таблиця 3.1 – Основні параметри пружинної борони, рис.3.5

Матеріал пружинного зуба	Сталь 65Г
Довжина зуба	400 мм
Відстань між поперечними планками	381 мм
Діаметр пружини зуба	63,5 мм
Кількість зубів в одному ряді	14
Кількість зубів в одній секції	42
Кількість рядів поперечних планок однієї секції	3
Кількість секцій	3
Вага однієї секції борони	580 кг

Для даної конструкції пружинної борони число поперечних рядів зубів (поперечних планок)  $M = 3$ , і число поздовжніх планок  $N = 14$ . Звідси знайдемо число зубів

$$z = M \cdot N = 3 \cdot 14 = 42. \quad (3.1)$$

Побудову зубового поля розпочинаємо з проведення горизонтальних прямих з відстанню через  $C_{\Pi} = 38$  см (рис. 3.6).



Рисунок 3.5 – Пружинна борона

Відповідно до типу борони та її призначення визначаємо ширину міжряддя  $a$

$$a = \frac{2h_0}{\operatorname{tg} \psi} = \frac{2 \cdot 0.07}{\operatorname{tg} 62^\circ} = 0.075 \quad (3.2)$$

де  $h_0$  – глибина боронування (з паспортних даних пружинної борони  $h_0 = 7 \div 11$  см),  $h_0 = 7$  см;

$\psi$  – кут атаки борони. Для легкої борони  $\psi = 62 - 65^\circ$  [28]. Приймаємо кут  $\psi = 62^\circ$ .

Кут  $\alpha$  нахилу гвинтової лінії до твірної циліндра визначаємо з виразу

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C_n}{b - 2a} = \frac{38}{23 - 2 \cdot 7.5} = 4.75 \quad (3.3)$$

Звідки кут нахилу твірної

$$\alpha = \operatorname{arctg} 4.75 = 78^\circ;$$

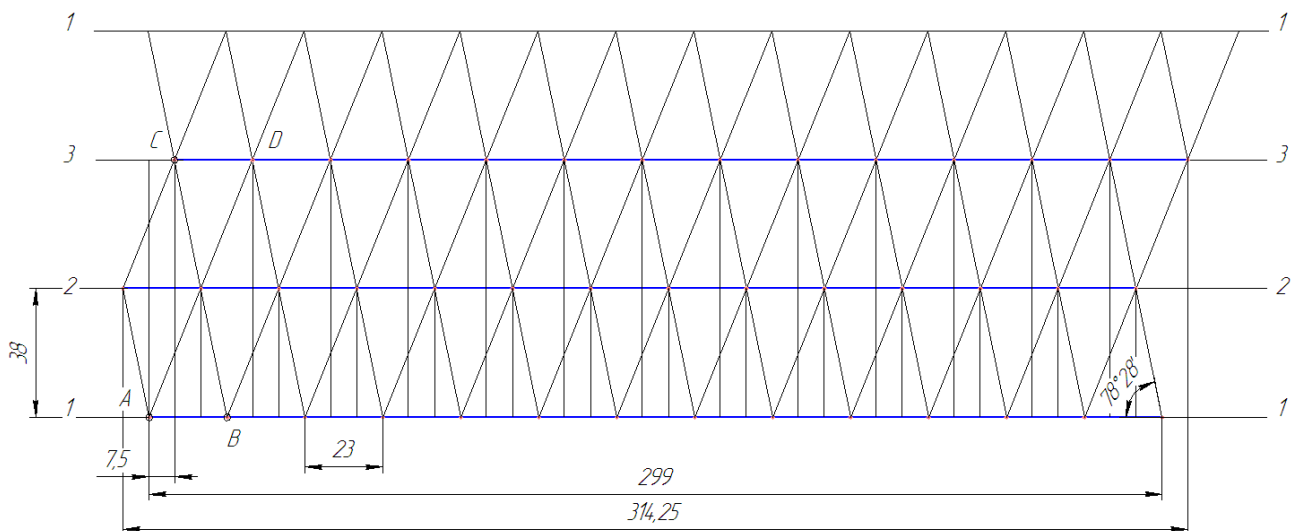


Рисунок 3.6 – Схема розміщення пружинних зубів на рамі борони



Проводимо з точки А вертикальний відрізок по горизонталі на величину  $a$ , до твірної 3-3. Точку перетину твірної і вертикалі позначимо С.

Ділимо нижню лінію на відрізки, які дорівнюють величині  $b = 23$  см, проводимо з їх кінців лінії, паралельні прямій ВС. Точки перетину цих ліній з горизонтальними прямими відповідають місцям необхідного розміщення зубів борони. Проводячи з точки А через знайдені точки пряму AD, визначаємо напрямок гвинтових ліній зворотного спрямування [28].

### Визначення навантаження на ланки зубової борони

Навантаження, що діє на зуби пружинної борони ми можемо визначити через зусилля, що притискає пружинну борону до ґрунту на задану глибину. Оскільки пружинна борона прикріплена до рами дискової борони, то при переведенні дискової борони в робоче положення відповідно і пружинна борона переходить в робоче положення.

При переведенні пружинної борони з транспортного положення в робоче висота підвісу поводка пружинної борони зменшується з 64 см до 47 см. В такому положенні зуби борони займають положення під кутом приблизно  $65^\circ$  до поверхні поля. В такому положенні пружинні зуби знаходяться на поверхні ґрунту. На процес входження пружинних зубів в ґрунт на задану глибину впливає не лише сама вага пружинної борони, а також зусилля, яке створюється притискною пружиною на поводках борони.

Запишемо рівняння моментів виходячи з умови рівноваги пружинної борони в поздовжньо-вертикальній площині, оскільки сили, які діють в горизонтальній площині, взаємно врівноважуються (рис. 3.7) [26].

$$\begin{aligned} \sum M = 0; \\ 2 \cdot G_n \cdot l'_n + 2 \cdot G_{nl} \cdot l_2 + G_1 \cdot l_1 + G_2 \cdot l_2 + G_3 \cdot l_3 + 2F_n \cdot l_f - \\ - R_1 \cdot l_1' \cdot 14 - R_2 \cdot l_2' \cdot 14 - R_3 \cdot l_3' \cdot 14 = 0 \end{aligned} \quad (3.4)$$

де  $2G_n$  – вага поводків борони;

$G_1$  – вага одного ряду пружинної борони,  $G_1 = G_2 = G_3$  ;

$2G_{nl}$  – вага повздовжніх планок борони;



$$G_n = V_{\text{п}} \cdot \gamma, \quad (3.5)$$

де  $\gamma$  – густина поводка борони з матеріалу Ст 3 (ГОСТ 380-88) [13],

$$\gamma = 0,0078 \text{ г/мм}^3;$$

$V_{\text{п}}$  – об'єм поводка.

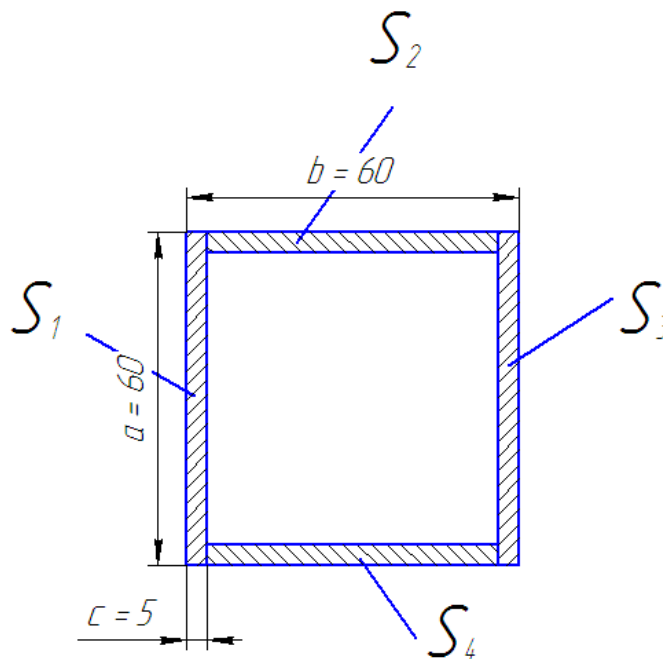


Рисунок 3.9 – Вигляд поперечного перерізу поводка

Об'єм поводка знайдемо за формулою:

$$V_{\text{п}} = (S_1 + S_2 + S_3 + S_4) \cdot l_n, \quad (3.6)$$

де  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  – площі поперечного перетину елементів поводка борони (рис.3.9).

$$S_1 = c \cdot a, \quad (3.7)$$

де  $c$  – товщина поводка;

$a$  – довжина профілю поперечного перетину поводка.

$$S_1 = 5 \cdot 60 = 300 \text{ мм}^2;$$

$$S_2 = c \cdot (b - 2 \cdot c), \quad (3.8)$$

де  $b$  – ширина профілю поперечного перетину повідка.

$$S_2 = 5 \cdot (60 - 2 \cdot 5) = 250 \text{ мм}^2;$$

$$S_3 = S_1 = 300 \text{ мм}^2.$$

$$S_4 = S_2 = 250 \text{ мм}^2;$$

$$V_{\Pi} = (300 + 250 + 300 + 250) \cdot 1062 = 1168200 \text{ мм}^3 ;$$

$$G_n = 1168200 \cdot 0,0078 = 9111,96 \text{ г} \approx 9 \text{ кг} = 90 \text{ Н}.$$

Визначаємо вагу повздовжньої ланки борони аналогічно що й для повідка, враховуючи те, що площа поперечного перерізу рівна площі поперечного перерізу повідка борони, а довжина поперечної ланки рівна  $l_{nl} = 0,9 \text{ м}$ .

$$V_{\Pi l} = (300 + 250 + 300 + 250) \cdot 900 = 990000 \text{ мм}^3 ;$$

$$G_{nl} = 990000 \cdot 0,0078 = 7722 \text{ г} \approx 7,7 \text{ кг} = 77 \text{ Н}.$$

Знайдемо вагу кожної поперечної ланки борони  $G_l$ , до якої кріпляться пружинні зуби:

$$G_l = V_l \cdot \gamma, \quad (3.9)$$

де  $V_{л}$  – об'єм поперечної ланки пружинної борони, який визначимо за формулою:

$$V_{л} = (S'_1 + S'_2 + S'_3) \cdot l_p, \quad (3.10)$$

де  $S'_1, S'_2, S'_3$  – площі поперечного перетину поводка борони (рис.3.10);

$l_p$  – довжина одного ряду секції пружинної борони,  $l_p = 3008$  мм.

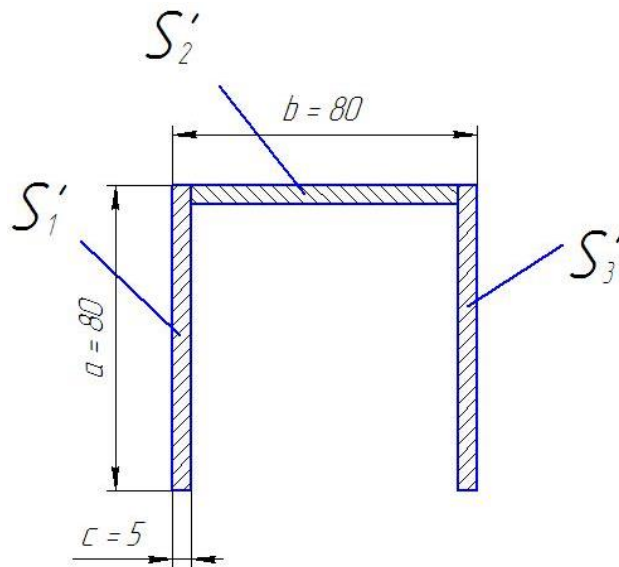


Рисунок 3.10 – Вигляд поперечного перетину поперечної ланки борони

$$S'_1 = c \cdot a; \quad (3.11)$$

$$S'_1 = 5 \cdot 80 = 400 \text{ мм}^2;$$

$$S'_2 = c \cdot (b - 2 \cdot c); \quad (3.12)$$

$$S'_2 = 5 \cdot (80 - 2 \cdot 5) = 350 \text{ мм}^2;$$

$$S'_3 = S'_1 = 400 \text{ мм}^2.$$

$$V_n = (400 + 350 + 400) \cdot 3008 = 3459200 \text{ мм}^3 ;$$

$$G_n = 3459200 \cdot 0,0078 = 26981,76 \text{ г} \approx 27 \text{ кг} = 270 \text{ Н.}$$

Приймаємо масу одного пружинного зуба  $G_3 = 1,5 \text{ кг}$ .

Знайдемо масу одного ряду пружинної борони  $G_I$  за формулою:

$$G_I = G_n + G_3 \cdot n_{зр} , \quad (3.13)$$

де  $n_{зр}$  – кількість пружинних зубів в одному ряді секції борони,  $n_{зр} = 14$  шт.

Тоді

$$G_I = 27 + 1,5 \cdot 14 = 48 \text{ кг.}$$

Враховуючи те, що поперечна ланка борони складається не лише з рами та зубів, а також з додаткових кріпильних елементів, прийmemo  $G_I = 50 \text{ кг} = 500 \text{ Н}$ .

За експериментальними даними встановлено, що навантаження на один зуб борони для важких умов складає  $50 \text{ Н}$  при глибині обробітку  $7 \text{ см}$ .

Знайдемо необхідну силу притиску пружинами пружинної борони до ґрунту  $F_n$  :

$$F_n = \frac{-2 \cdot G_n \cdot l'_n - 2 \cdot G_{\text{пл}} \cdot l_2 - G_1 \cdot l_1 - G_2 \cdot l_2 - G_3 \cdot l_3 + R_1 \cdot l'_1 \cdot 14 + R_2 \cdot l'_2 \cdot 14 + R_3 \cdot l'_3 \cdot 14}{2 \cdot l_f} . \quad (3.14)$$

Підставляючи значення, отримаємо максимальну силу притиску однією пружиною

$$F_n = \frac{-2 \cdot 90 \cdot 0,51 - 2 \cdot 77 \cdot 1,19 - 500 \cdot 0,81 - 500 \cdot 1,19 - 500 \cdot 1,57 + 50 \cdot 0,99 + 50 \cdot 1,21 + 50 \cdot 1,43}{2 \cdot 0,15} = 1603 \text{ Н.}$$

Отже, для існуючої конструкції зубової борони максимальне навантаження на зуб з боку ґрунту становить 50 Н і для забезпечення необхідної глибини потрібно створити зусилля двома притискними пружинами в межах 3206 Н.

### 3.3. Розрахунок кріпильних елементів змінного стержня пружинних зубів борони

Визначимо за діючим навантаженням силу, що діє на зуб борони в осьовому напрямку, рис.3.11.

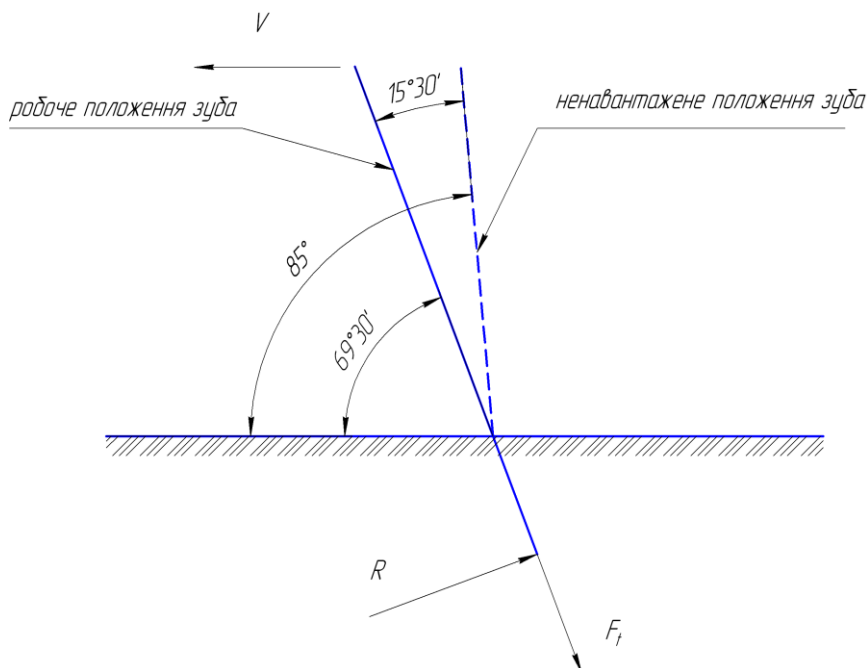


Рисунок 3.11 – Розрахункова схема навантаження на зуб борони

Тут осьову силу буде викликати сила тертя стержня об ґрунт, а нормальною силою буде служити сила  $R = N$ , яка є заданою

$$F_T = f_1 \cdot N = 0.6 \cdot 50 = 30 \text{ Н}, \quad (3.15)$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя сталі об ґрунт,  $f_1 = 0,6$  [27];

$N$  – сила, що діє перпендикулярно осі стержня (нормально),  $N = 50$  Н;

Для розрахунку приймемо  $F_T = 30 \cdot 4 = 120$  Н для непередбачуваного випадку прилипання зубів до ґрунту.

Для з'єднання стержнів запропонуємо наступну конструкцію кріплення, рис. 3.12.

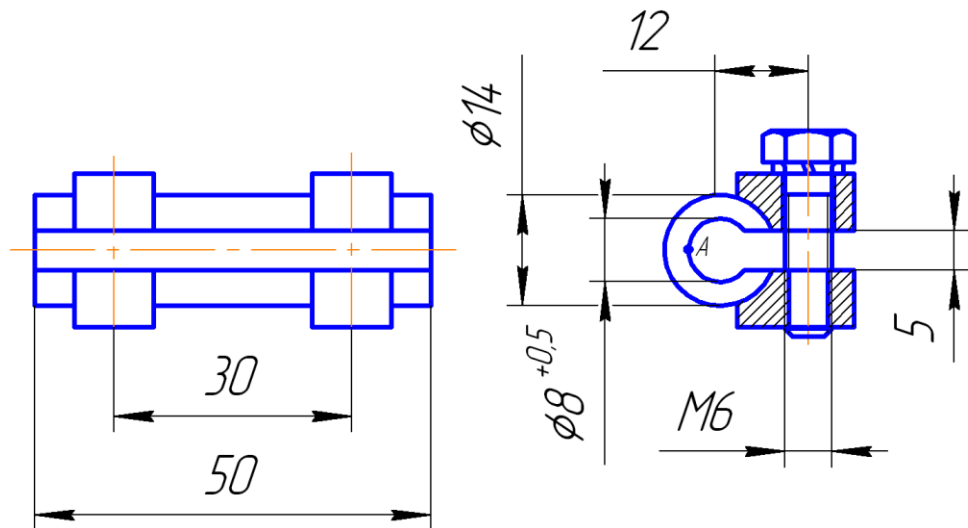


Рисунок 3.12 – Конструкція з'єднувача

Задачею розрахунку є визначення стискуючої сили клеми або відповідно розтягуючої сили болта, що забезпечить необхідну силу тертя для втримування змінного стержня в клемі та кріплення її до основи.

Нам необхідно забезпечити силу тертя не менше  $F_T = 120$  Н. Отже, затяжка болта повинна бути такою щоб між клемою і стержнем викликати силу тертя хоча б на 20% більшу.

Визначимо нормальну силу притиску клеми

$$N' = \frac{1.2F_t}{f'} = \frac{1.2 \cdot 120}{0.2} = 720 \text{ Н}, \quad (3.16)$$

Для визначення сили притиску болтом  $P$  складаємо рівняння моментів відносно точки згину клеми  $A$ .

$$P\left(l + \frac{d}{2}\right) = N' \cdot \frac{d}{2},$$



звідки

$$P = \frac{N' \cdot \frac{d}{2}}{l + \frac{d}{2}} = \frac{720 \cdot \frac{8}{2}}{12 + \frac{8}{2}} = 180 \text{ Н}, \quad (3.17)$$

де  $d$  - діаметр внутрішнього отвору (стержня),  $d = 8$  мм;

$l$  - відстань від осі болта до центру внутрішнього отвору,  $l = 12$  мм.

Для затиску клеми було вибрано болт М6. Перевіримо його максимально допустиму осьову силу для затиску [15, 27]

$$\sigma_p = \frac{P}{A_b} \leq [\sigma_p], \quad (3.18)$$

де  $A_b$  - мінімальна площа поперечного перетину болта,

$$A_b = \frac{\pi d'^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 4.918^2}{4} = 18.987 \text{ мм}^2,$$

де  $d'$  - внутрішній діаметр різьби болта М6,  $d' = 4.918$  мм;

$[\sigma_p]$  - допустиме напруження розтягу болта,  $[\sigma_p] = 160$  МПа [26].

Визначаємо дійсне напруження в болті

$$\sigma_p = \frac{180}{18.987} = 9.48 \text{ МПа} \leq [\sigma_p] = 160 \text{ МПа}.$$

Отже, умова міцності виконується повністю, інших перевірок проводити не потрібно, оскільки є великий запас міцності. Тому для затиску будемо використовувати болти М6 як показано на рис. 3.12.

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Правила техніки безпеки для обслуговуючого персоналу комбінованого агрегату**

Виконання вимог безпеки праці є обов'язкове для обслуговуючого персоналу. Тракториста, що обслуговує борону необхідно навчити безпечним методом роботи відповідно до даної інструкції.

Забороняється допускати до роботи з боронами осіб, яким не виповнилося 18 років, які не мають документів на право управління тракторами, а також осіб, які не пройшли інструктаж з охорони праці.

Проводити приймання, завантаження та розвантаження борони, а також операції з підготовки до роботи та обслуговування при встановленні та знятті зі зберігання під керівництвом механіка або бригадира з використанням вантажопідійомних механізмів. Стропування проводити тільки в зазначених місцях.

При транспортуванні, обкатуванні і роботі борони перевірити надійність з'єднання та фіксації всіх вузлів встановлених в транспортне положення та надійність з'єднання борони з трактором перед транспортуванням.

Перевірити надійність з'єднання борони з трактором перед обкатуванням та початком роботи [16, 19].

Забороняється:

1. Транспортування борони в робочому положенні.
2. Транспортування зі швидкістю більше 15 км/год.
3. Агрегування з несправними трактором чи бороною.
4. Знаходитися в зоні роботи борони, сідати на трактор і сходити з нього, чистити секції, проводити ремонт, обслуговування та регулювання під час руху.
5. Розвертатися бороною чи здавати назад з опущеними робочими органами.

6. Транспортування борони без фіксації шасі в транспортному положенні.

Очищення робочих органів проводити тільки чистиком. Затягування гайок на кріпленні проводити спеціальним ключем. Забороняється працювати несправним інструментом, а також користуватися подовжувачем для стандартних ключів.

При роботі в ґрунтових зонах з підвищеною запиленістю необхідно використовувати засоби особистого захисту.

Не допускається пошкодження маслопроводів, рукавів високого тиску рухомими чистиками трактора і борони.

Круті повороти категорично заборонені.

При роботі на схилах напрям обробітку поля визначається агрономом в залежності від кута атаки ухилу, який вказаний в паспорті поля.

При технічному огляді, знятті та постановці на зберігання.

Інструмент та пристосування для технічного огляду повинні бути справними і відповідати своєму призначенню та забезпечувати безпеку виконання робіт.

Не допускається паління і запалювання вогню, зберігання та споживання продуктів в приміщеннях та на ділянках для проведення фарбування та консервації.

Ознайомити осіб, що проводять фарбування і консервацію про ступінь шкідливості речовин, які використовуються, а також про надання необхідної допомоги при нещасних випадках. Після закінчення фарбування, консервації мити руки та обличчя з милом.

При фарбуванні користуватися респіратором для захисту дихальних шляхів. Не допускаються до роботи по фарбуванню та консервації осіб, що мають порізи, подразнення та інші пошкодження шкіри на відкритих частинах тіла. Проводити підготовку поверхонь до фарбування та консервації, фарбування і консервацію в приміщеннях обладнаних припливно- витяжною вентиляцією і засобами пожежогасіння або на відкритому повітрі в спеціально

відведеному місці.

Місце для зберігання борони повинно мати рівну поверхню.

Транспортування агрегату по дорогах загального призначення необхідно проводити відповідно до діючих «Правил дорожнього руху».

Забороняється транспортування агрегату в темні години доби, або в інших випадках обмеженої видимості, а також без світла.

#### **4.2 Вимоги безпеки при роботі з ґрунтообробним агрегатом**

Обробіток ґрунту проводиться колісними і гусеничними тракторами класу 20-30 кН. Виконуючи ці роботи дозволяється трактористам-машиністам, які мають категорію "А" і "В" з талонами попередження та пройшли інструктаж вимог безпеки і не мають медичних протипоказань.

2. Трактористи повинні бути забезпечені спецодягом: костюм з пилонепроникної тканини, рукавиці комбіновані, окуляри захисні.

3. Технічний стан тракторів, сільськогосподарських машин повинен відповідати вимогам інструкції.

4. Під час роботи, переїзду не дозволяється перебувати на тракторах стороннім особам.

5. Тракторист повинен бути навчений прийомам надання долікарської допомоги. На кожному тракторі має бути невеличка аптечка.

6. При роботі в нічний час відпочивати у кабіні трактора при працюючому двигуні не дозволяється. При груповій роботі тракторів визначаються місця відпочинку за межами поля.

7. У разі недомагання необхідно припинити роботу, повідомити керівників і звернутися в медпункт.

Вимоги безпеки до початку роботи

1. Одягти спецодяг, акуратно його заправити, щоб не було звисаючих кінців.

2. При під'єднанні трактора до причіпної машини людям треба відійти від техніки на відстань не менш як 1,5 м. З'єднання проводити при повній зупинці трактора.

3. Перед початком запускання двигуна трактора перевірити положення важелів переключення передач та справність блокуючого пристрою.

4. Починати роботу тільки після ретельної перевірки справності всього агрегату.

5. При запуску пускачем не дозволяється намотувати мотузку на руку.

6. Перед початком руху трактора з місця необхідно переконатися, що це нікому не загрожує, подати попереджуючий сигнал.

7. Особливо бути обережним при навішуванні на трактор навісних машин.

Вимоги безпеки під час роботи

1. При підйманні та опусканні навісного знаряддя, а також при поворотах треба переконатися, що ці дії не створюють небезпеки для інших працівників.

2. Під час руху агрегату сідати, сходити з нього не дозволяється.

3. Забороняється перебувати під піднятим навісним знаряддям при регулюванні та усуненні неполадок.

4. Не дозволяється залишати навісне знаряддя у піднятому положенні при довгочасних зупинках трактора.

5. На причіпних знаряддях не дозволяється встановлювати допоміжні сидіння, якщо вони не передбачені заводом-виготовлювачем.

6. При роботі у нічний час трактор повинен мати справне освітлення.

7. При з'єднанні відвалів, стояків корпусів, передплужників, отвори необхідно суміщати за допомогою бородків.

8. Очищати плуг від бур'янів, налиплого ґрунту тільки після повної зупинки.

9. При боронуванні очищення зубових борін необхідно робити за допомогою гачків. Невиконання цієї вимоги призводить до травмування працівників.

При боронуванні поля, яке забруднено рослинними рештками, бур'янами, зубці борін встановлюють скосами в бік руху агрегату, це забезпечує самоочищення борін. Якщо поле чисте, скоси направляються в протилежний бік руху агрегату.

10. При зберіганні зубові борони повинні ставитися зубцями вниз.

11. При застосуванні дискових борін, луцильників необхідно звертати увагу на правильне встановлення чисток. Зазор між чисткою і диском повинен бути не менше 2 мм.

12. Забороняється регулювати глибину ходу дисків, сидіти на баластних ящиках при рухові агрегату.

13. При регулюванні навісного культиватора під опорні колеса підкладають дерев'яний брус рівний глибині рихлення. Ця вимога забезпечує безпеку праці, тому що зникає необхідність регулювання під час роботи.

14. При використанні культиваторів на підживленні, добрива засипати у банки туковисівних апаратів тільки після повної зупинки агрегату.

15. При заточуванні лап культиваторів, дисків, лемешів та дискових ножів необхідно користуватися рукавицями і захисними окулярами.

Заходи безпеки в аварійних ситуаціях

1. При виникненні несправності, необхідно відразу зупинити агрегат.

2. Якщо стався нещасний випадок, повідомити адміністрацію. Потерпілому надати першу долікарську допомогу. Місце нещасного випадку зберегти без змін до повного розслідування.

Вимоги безпеки після закінчення робіт

1. Вигнати агрегат із загінки і, по затвердженим у господарстві маршрутам руху, поставити його на місце стоянки. Заглушити двигун, загальмувати трактор, у холодний період року злити воду і впевнитись, що вона повністю витекла з системи охолодження.

2. Очистити агрегат від бруду, пилу, рослинних решток. Оглянути та усунути виявлені недоліки.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було досягнуто таких результатів.

Розроблено план механізованих робіт при попереднику – озима пшениця та низькому ресурсному забезпеченні технології:

Лущення стерні на глибину 6-8см;

Плоскорізний обробіток на глибину 12-14 см;

Оранка на зяб (глибина 25-27 см);

Ранньовесняне боронування;

Передпосівна культивация з боронуванням на глибину загортання насіння (6-8 см);

Сівба пунктирним способом з внесенням мінеральних добрив(норма висіву 70-80 тис. шт./ га, 25 кг/ га, норма внесення добрив N15P15K15 (нітроамофоска - 100 кг/га) глибина загортання 6-8 см);

Досходове боронування;

Післясходове боронування;

Збирання кукурудзи;

Транспортування подрібненої маси;

Ущільнення силосної маси;

Укриття траншей плівкою.

Загальна вартість вирощування кукурудзи на силос становитиме 5240,49 грн/га.

Для передпосівного обробітку ґрунту використовується агрегат Т-150К+ БДЛП+ 3 БП загальною шириною захвату 9,27 м.

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора складає 67%. Тут можна прагнути до підняття даного коефіцієнта, але його значення пов'язане із невеликим питомим опором дискової та пружинних борін, оскільки дані знаряддя використовуються для передпосівного поверхневого обробітку ґрунту на глибину 6-8 см.

Вартість 1 га передпосівного обробітку ґрунту становить 279,68 грн.

Встановлено проблематику при зношуванні зубів пружних борін та окреслено, які розрахунки потрібно виконати, щоб обґрунтовано запропонувати спосіб їх відновлення:

- побудовано зубове поле борони як передумову визначення навантаження на зуб;

- максимальне навантаження на зуб з боку ґрунту становить 50 Н;

- для забезпечення необхідної глибини потрібно створити зусилля двома притискними пружинами в межах 3206 Н;

- для заміни зношеної частини стержні розроблено клемовий затискач, який стягується болтами М6 та втримує підготовлений стержень з пружинної сталі на заміну зношеному визначеної довжини.

Також в роботі розроблені окремі питання, що стосуються: правил техніки безпеки для обслуговуючого персоналу комбінованого агрегату; вимог безпеки при роботі з ґрунтообробним агрегатом.



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Andreykiv O., Babii A., Dolinska I., Yadzhak N., Babii M. Residual lifetime prediction of field sprayer booms under the action of manoeuvre loading and corrosive environment. *Procedia Structural Integrity*. Volume 36, 2022, Pages 36-42.
2. Andrii Babii, Taras Dovbush, Nadiia Khomuk, Anatolii Dovbush, Anna Tson, Vasyl Oleksyuk, 2022. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity* No 36. 203-210.
3. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 105, no 1, pp. 5–12.
4. Syrotyuk A.M., Babii A.V., Barna R.A., Leshchak R.L., Marushchak P.O. Corrosion-Fatigue Crack-Growth Resistance of Steel of the Frame of a Sprayer Boom. *Materials Science*, 2021, 56(4), P. 466–471.
5. Агрохімія: Лабораторний практикум / А.П.Лісовал, І.М.Давиденко, Б.М.Мойсеєнко. – К.: Вища школа, 1994. 335с.
6. Бабій, А. Математическая модель нагрузки привода режущего аппарата косилки [Текст] / А. Бабій, М. Бабій, Т. Рыбак // *Motrol*, 2014. – Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin. Vol. 16, No 4. – С.275–284.
7. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально–транспортуючих мобільних засобів. *Науковий журнал «Інженерія природокористуванн*, 2019. №3 (13) С. 87–91.
8. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» / А.В. Бабій. Вид–во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. 100 с.

9. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Машини для заготівлі кормів. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2022. 76 с.

10. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проєктування для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 144 с.

11. Бабій А.В., Головецький І.В., Герасимович П.В. Проблеми та перспективи розвитку картоплярства в Україні. Збірник тез доповідей X Міжнародної науковопрактичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль 24-25 листопада 2021 року. ФОП Паляниця ВА. Т.1. С. 25-26.

12. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.

13. Бабій А.В., Коноваленко С.І., Бабій М.В., Цепенюк М.І. Причіпний пристрій широкозахватної машини. Деклараційний патент на корисну модель 140142 А01В 59/06 (2006.01). Заявлено 24.06.2019, u201907015 опубліковано 10.02.2020, бюл. № 3/2020.

14. Бабій А.В., Сташків М.Я., Цепенюк М.І. Професійно-орієнтована практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 96 с.

15. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
16. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / За ред. Є.П. Желібо, В.М.Пічі. Львів: „Новий світ–2000”, 2002. – 328 с.
17. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: підручник. За ред. О.І. Зінченка. К. : *Агроосвіта*, 2001. 591 с.
18. Ільченко В.Ю., Нагірний Ю.П., Джолос П.А. Машиновикористання в землеробстві. К.: *Урожай*, 1996. 384 с.
19. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч. пос. К.: КНЕУ, 2003. 215с.
20. Кукурудза на силос від А до Я: усе про гібриди та технологію. Kurkul: веб-сайт. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/929-kukurudza-na-silos-vid-a-do-ya-use-pro-gibridi-ta-tehnologiyu>.
21. Ластівка М.М. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти аграрних технікумів і коледжів зі спеціальності 208 Агроінженерія. *Ладизжинський коледж*, 2019. 374 с.
22. Лімонт А.С., Мельник І.І., Малиновський А.С. та ін. Практикум з машиновикористання в рослинництві: Навч. посібник / За ред. І.І. Мельника. К.: *Кондор*, 2004. 284 с.
23. Машиновикористання в землеробстві. За ред. проф. В.Ю. Ільченка та доц. Ю.П. Нагірного. К.: *Урожай*, 1996. 382 с.
24. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В.М. Сало, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, О.М.Васильковський, П.Г.Лузан. *Кропивницький: ЦНТУ*, 2018. 170с.
25. Методичні рекомендації з оплати праці робітників сільськогосподарських підприємств на збиранні зернових культур урожаю 2018 року / І. М. Демчак, В. О. Мариненко, В. М. Івченко та ін. К. : *НДІ*

"Украгропромпродуктивність", 2018. 40 с.

26. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УРСР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.

27. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.

28. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка; авт. кол.: / Д.Г. Войтюк, С.С.Яцун, М.Я. Довжик. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.

29. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001. 384 с.

30. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 3: Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / П.В. Сисолін, М.М. Петренко, М.О. Свірень; За ред. М.І. Черновола. К.: Фенікс, 2007. 432 с.

31. Технології та нормативи витрат на вирощування кормових та зернофуражних культур / За ред. П.Т. Саблука, Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева. Київ: ННЦ ІАЕ, 2009. 756 с.

32. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія / Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін. за ред. Л.М. Тіщенка. Харків: ХНТУСГ, 2015. 273 с.