

**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 проєкту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ
ГРУНТУ І КОНСТРУКЦІЇ ДИСКОВОЇ
БОРОНИ**

Виконав: студент _____ Клевець Павло Олегович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2025

=

**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) _____

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

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Клевець П.О. Удосконалення механізації обробітку ґрунту і конструкції дискової борони/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025. – 77 с.

В роботі проведено аналіз фізико-механічних властивостей ґрунту і конструкції сучасних дискових борін вітчизняного і закордонного виробництва. Проведено патентний аналіз дискових робочих органів ґрунтообробних машин.

Розроблено конструкцію дискової борони для поверхневого обробітку ґрунту і проведені розрахунки основних параметрів і режиму її роботи. Розроблено креслення окремих вузлів і деталей удосконаленої борони.

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

Річний економічний ефект від застосування удосконаленої технології і дискової борони в господарстві становить 3246520 грн., а затрати на виготовлення окупляться протягом 1 року експлуатації.

Ключові слова: ґрунт, обробіток, технологія, дискова борона, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ.	9
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ДИСКОВИХ БОРІН.	18
3 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ.	30
4 ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСКОВОЇ БОРОНИ.	36
5 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОЇ БОРОНИ.	39
5.1 Технологічний і конструктивний розрахунок.	39
5.2 Розрахунок основних розмірів дисків борони.	41
5.3 Радіус викривлення сферичної поверхні диску.	44
5.4 Кінематичний розрахунок.	44
5.5 Розрахунок витрат потужності.	45
5.6 Розрахунок болтового з'єднання на зріз.	45
6 ОХОРОНА ПРАЦІ І ЗАХОДИ З ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ.	48
6.1 Охорона праці при вирощуванні соняшнику	48
6.2 Заходи цивільної оборони по усуненню наслідків надзвичайних ситуацій.	56
7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	68
Д О Д А Т КИ.	71

ВСТУП

Важлива умова високої ефективності будь-якого прийому обробітку ґрунту - застосування його з урахуванням ґрунтових і кліматичних умов, біологічних особливостей вирощуваних культур й інших факторів, від яких залежать майбутній урожай сільгоспкультур. На сьогодні існують чотири основні типи обробітку ґрунту: традиційний, стрип-тил, вертикальний та No-till. Кожна з цих систем має свої плюси та мінуси, але всі вони активно використовуються та приносять користь [1, 2].

Важливе ґрунтоводоохоронне значення в сучасних агроландшафтах має обробіток ґрунту, який забезпечує оптимізацію всіх чинників життя рослин. Виходячи з великої різноманітності ґрунтів України, віддавати перевагу одній із технологій обробітку ґрунту сьогодні проблематично. Потрібен компроміс між полицевим і безполицевим обробітком, поверхневим і глибоким розпушуванням [3].

Ґрунтообробка є базовою операцією у формуванні майбутнього врожаю. А якість проведення основного обробітку ґрунту є необхідною умовою доброго врожаю. Обробіток ґрунту є однією з найбільш енергоємних операцій у рільництві. По Україні на нього в середньому витрачається 24-30 кг/га дизельного палива, що становить 20-25 % загальних його витрат [4].

Залежно від кліматичних умов, типу, механічного складу, вологості та твердості ґрунту, попередника, забур'яненості і культури, яку слід використати, та дальшої сівозміни нині можна виділити розвиток трьох головних технологій основного обробітку ґрунту [3]:

- традиційна технологія, яка ґрунтується на полицевому основному обробітку, і при якій на поверхні поля може залишатися до 15 % пожнивних залишків;

- ґрунтозахисна технологія, яка ґрунтується на системі мінімального обробітку ґрунту і яка в свою чергу ділиться на:

- система зменшеного обробітку ґрунту, при якій на полі після посіву залишається від 15 до 30 % рослинних залишків;

- система збереження родючості ґрунту, при якій на полі залишається більше 30 % рослинних залишків. Обробіток ґрунту за даною системою може проводитись із створенням мульчованого шару (на глибину 3-10 см) або із створенням гребнів для просапних культур;

- технологія нульового обробітку ґрунту, при якій на полі залишається більше 90 % пожнивних рослинних залишків і яка ґрунтується на використанні сівалок прямого висіву та інтенсивному застосуванні гербіцидів.

Ефективного використання всіх технологій обробітку ґрунту можна досягти тільки за комплексного їх поєднання. Але це потребує застосування великої кількості різних машин і агрегатів, що, з економічної точки зору, не завжди можливо.

Аналіз виробничих даних в нашій країні показує, що полицевий обробіток оправдовує себе в умовах достатнього забезпечення вологою, а також в умовах нестійкої вологості, коли сумарні затрати на боротьбу з бур'янами менші, ніж на внесення гербіцидів. З іншого боку, за останні роки все більшого розповсюдження набули дві альтернативні технології – системи збереження родючості і нульового обробітку ґрунту. Ця тенденція спостерігається в США, але і в Україні доля нетрадиційних способів обробітку ґрунту постійно росте.

Нетрадиційні технології забезпечують мінімалізацію затрат на паливо-мастильні матеріали і оптимальне збереження ґрунтової вологи.

Для виконання операцій із обробітку ґрунту, незалежно від впровадженої технології, потрібна надійна високопродуктивна сільськогосподарська техніка. При її виборі основними критеріями є:

- економічні показники (продуктивність, вартість, витрати палива на гектар оранки, експлуатаційні витрати);
- технічні показники (довговічність робочих елементів, безаварійність роботи, простота обслуговування);
- якість виконання технологічного процесу.

Метою даної роботи є вдосконалення механізації обробітку ґрунту і конструкції дискової борони.

1 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

Ґрунт є біологічним середовищем, в якому проростає насіння і розвиваються рослини. Для життя рослин ґрунт має знаходитися у такому стані, який сприяє найкращим умовам їх розвитку. Для цього виконується перелік технологічних операцій ґрунтообробки згідно з агротехнічними вимогами. Слід зауважити, що ґрунт виконує ще одну функцію - він використовується для пересування сільськогосподарських агрегатів, тобто він сприймає на себе вагу машини через ходову систему, що в свою чергу призводить до його ущільнення і втрати родючості. Різні ґрунти за складом мають різну здатність до ущільнення і відповідно різну допустиму „граничну” масу машини.

Ґрунти відрізняються між собою за механічним складом, який утворюється згідно з класифікацією Н.А. Качинського [7] в процентному співвідношенні між глиною (частинки $< 0,01$ мм) та піском (частинки $> 0,01$ мм). Якщо ґрунт у своєму складі має більше 50 % „фізичної глини”, то він належить до глини, більше 20 % - до суглинку, більше 10 % - до супіску і менше 10 % - до піску. Перші дві фракції ще мають градацію: ґрунт важкий, середній та легкий. Останні дві фракції відносяться до легких ґрунтів.

До складу верхнього родючого шару входять ще й органічні речовини, одним з головних є гумус. Він надає ґрунту структурності, тобто такого складу, який має окремі зерна та грудочки, що підвищує зв'язність легких ґрунтів і знижує зв'язність важких ґрунтів. Це приводить до вирівнювання фізико-механічних властивостей (характеристик) по усьому полю, що позитивно впливає на сталість енергетичних показників ґрунтообробних та збиральних машин, а також їх зниження.

Але розвиток рослин неможливий ще без двох складових - повітря та вологи, які розташовуються у міжагрегатних порожнинах. Волога в свою

чергу проникає в дрібні капілярні порожнини. Від вмісту цих складових залежать фізико-механічні характеристики ґрунту, які змінюються в досить широких межах. Вологість ґрунту визначається кількістю води, що міститься в ґрунті. Розрізняють абсолютну вологість W_a і відсоткове відношення маси води до маси сухого ґрунту, з якого відібрали воду) та відносну вологість W_B (визначається відсотковим відношенням абсолютної вологості до польової вологості):

$$W_a = \frac{m_B - m_c}{m_c} \cdot 100, \quad (1.1)$$

$$W_B = \frac{W_a}{W_n} \cdot 100, \quad (1.2)$$

де m – маса вологої проби ґрунту;

m_c – маса сухої проби ґрунту;

W_n – польова вологість.

Якщо абсолютна вологість знаходиться в межах 15-30 %, а відносна вологість - 40-70%, то це відповідає умовам фізичної стиглості ґрунту і створює найкращі умови роботи для ґрунтообробних машин.

Наступні дві характеристики ґрунту - щільність і твердість - теж суттєво впливають на енергетичні показники робочих органів ґрунтообробних машин. Щільність ґрунту змінюється в досить широких межах - від $0,9 \cdot 10^3$ до $1,8 \cdot 10^3$ кг/м³ і може бути природною або утвореною механічним способом. Природне самоущільнення ґрунтів виникає за час, коли ґрунт знаходиться без втручання сільськогосподарських машин та їх робочих органів. Для найбільш поширених дернисто-підзолистих, суглинистих ґрунтів щільність знаходиться в межах $1,2 \cdot 10^3$ - $1,5 \cdot 10^3$ кг/м³, а оптимальна щільність ґрунту поля під сільськогосподарськими рослинами складає $1,0 \cdot 10^3$ - $1,2 \cdot 10^3$ кг/м³ [9].

Твердість ґрунту, також як і металу, є здатність чинити опір проникненню в нього інших тіл. Вимірюється твердість за допомогою приладу конструкцій Горячкіна, Ревякіна або Висоцького. Твердість визначається при випробуваннях сільськогосподарських машин в трьох горизонтах: 0-10 см; 10-20 см; 20-30 см. Твердість змінюється в межах від 0,4 до 2,7 МПа і визначається для кожного горизонту як середнє значення.

При виконанні ґрунтообробних операцій на поверхнях робочих органів виникають сили тертя, на подолання яких витрачається до 50% гакової потужності трактора. Сили тертя визначаються коефіцієнтом тертя, який для ґрунтів залежить від їх механічного складу і вологості, від виду і стану матеріалу, по якому пересувається ґрунт, а також від тиску на поверхні контакту та швидкості ковзання. Якщо прийняти, що основним матеріалом для виготовлення робочих органів є сталь, то коефіцієнт тертя змінюється в досить широких межах - від 0,25 для піщаних ґрунтів, до 0,9 - для важких суглинків. Ці дані отримані для вологості ґрунту в межах, що обумовлено агротехнічними вимогами при виконанні ґрунтообробних операцій. Для розрахунків дуже часто використовується середнє значення коефіцієнта тертя, $f = 0,5$, що відповідає куту тертя $\varphi = 26^\circ 30'$. Літературні джерела містять дані про визначення коефіцієнта тертя по полімерних матеріалах, якими покривають поверхні робочих органів. Коефіцієнт тертя ґрунту по фторопласту складає $f = 0,18$, а по поліетилену високого тиску - $f = 0,15$.

Найбільший вплив на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин має механічна обробка ґрунту. При цьому одним з головних завдань обробітку ґрунту є надання орному шару пухкого, дрібногрудкуватого складу шляхом подрібнення ґрунтового моноліту на частинки заданої величини. За даними Н.А. Качинського, структура ґрунту в агрономічному розумінні вважається найбільш цінною, якщо вона представлена механічними частинками розміром від 0,25 до 10 мм [6]. Небажаними є частинки ґрунту менше 0,25 мм. Перебільшення великих грудках та брил

призводить до збільшення аерації ґрунту, що викликає його пересихання та втрату гумусу.

Тертя ковзання сталі по ґрунту - найбільш розповсюджене, спостерігається при обробці ґрунту стальними робочими органами ґрунтообробних машин. Воно зумовлює значний шкідливий опір робочих органів машин, що впливає на зусилля на гаку трактора. Так, при коефіцієнті тертя ковзання сталь - ґрунт 0,30-0,50 не менше 30 - 50% енергії витрачається на подолання „шкідливого” опору, що виникає перед робочими органами ґрунтообробних машин.

Покращення структурності ґрунту зменшує коефіцієнт тертя, що пояснюється зменшенням площі дійсного контакту ґрунту з поверхнею робочого органу. Коефіцієнт тертя залежить також від нормального тиску і вологості ґрунту. Із збільшенням нормального тиску в межах 20-100 кПа при зниженій вологості ґрунту коефіцієнт тертя збільшується, а зі збільшенням вологості ґрунту коефіцієнт тертя спочатку збільшується до максимуму, а потім з подальшим збільшенням вологості зменшується, що пов'язано зі створенням на поверхні робочого органу плівки вільної води. Найменше значення коефіцієнта тертя f на усіх ґрунтах, за виключенням зв'язних піщаних і супіщаних, відповідає низькій вологості ґрунту, а найбільше - високій вологості ґрунту.

Тяговий опір плуга в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту - частини загального опору, що приходить на один квадратний сантиметр площі перерізу пласта ґрунту. Питомий опір ґрунту при оранці залежить не тільки від зміни якостей ґрунту (механічний склад, вологість, щільність, зв'язність тощо), але і від типу плугів та технології оранки (геометрична поверхня полиці, лемішів, кутів постановки їх до стінки і дна борозни, глибини оранки і ширини захвату корпусу та швидкості руху).

Розглядаючи ґрунт як джерело робочого опору сільськогосподарських агрегатів, необхідно при розробці нової техніки і

технологій ставити за мету не тільки зменшення енергоємності процесу, підвищення продуктивності, а насамперед - вирішення проблеми збереження родючості ґрунтів.

Загальновідомо, що рівень і стабільність урожаїв значною мірою визначається якістю обробітку ґрунту, яка, в свою, чергу залежить від багатьох факторів і умов: правильного вибору технологічної операції, конструкції машин, швидкості руху агрегату, строків проведення робіт, стану ґрунту та його технологічних властивостей. З метою правильного планування заходів обробітку і добору для них відповідного знаряддя потрібно знати фізико-механічні властивості ґрунту. Від технологічних властивостей ґрунту залежить опір, який долають знаряддя під час обробітку.

Для подолання цього опору на ґрунтах з різними властивостями затрачається неоднакова кількість енергії. Внаслідок цього технологічні властивості ґрунту впливають не тільки на якість обробітку, а й на продуктивність ґрунтообробних агрегатів, зношення машин, витрати палива. До основних властивостей ґрунту належить зв'язаність, липкість, пластичність і спілість.

Зв'язаність - властивість ґрунту чинити опір зовнішнім силам (роздавленню і розклиненню), які намагаються роз'єднати ґрунтові часточки. Чим вища зв'язаність, тим більше зусиль потрібно прикласти під час механічного обробітку. Зв'язаність ґрунту на сам перед залежить від гранулометричного складу.

Найменшою зв'язністю характеризуються легкі ґрунти: піщані, супіщані, легкосуглинкові, опір яких під час оранки плугами з передплужниками коливається від 2,0 до 3,5 Н/см². Вищу зв'язність мають важкі суглинкові і глинисті ґрунти (5,5 — 8, Н/см²), а найвищу — солончаки і солонці (8 -20 Н/см² і більше).

Малооструктурені розпилені ґрунти мають дуже високу зв'язність, тому під час обробітку вони погано кришаться. Чим з

крупніших часточок складається ґрунт, тим менші його зв'язність і питомий опір при обробітку. Звідси найменше зусиль необхідно для обробітку піщаних ґрунтів, більше - суглинкових і супіщаних і найбільше - для обробітку глинистих ґрунтів. В останніх у сухому стані зв'язність досягає найбільшого значення. У міру зволоження глинистих і суглинкових ґрунтів зв'язність зменшується і досягає найменшого значення за вологості, яка характеризує їх фізичну сплість. Піщані ґрунти у сухому стані незв'язні. При їх зволоженні зв'язність дещо збільшується внаслідок виникнення на поверхні ґрунтових часточок водяних плівок. Подальше збільшення вологості знову знижує зв'язність ґрунту. Ось чому на піщаних ґрунтах, що мають низьку зв'язність, механічний обробіток можна вести у досить широкому інтервалі вологості.

Сприятливі умови для обробітку глинистих, солонцюватих ґрунтів і солонців створюються за вузького інтервалу вологості, коли зв'язність найменша. Збільшення кількості перегною (гумусу) підвищує зв'язність легких і зменшує зв'язність засолених і важких за гранулометричним складом безструктурних ґрунтів. Зменшення зв'язності спостерігається також при вапнуванні кислих ґрунтів.

Однією із основних технологічних характеристик ґрунту, яка відображає його будову, водно-фізичні властивості і біологічну активність, є об'ємна маса [7]. Всі види обробітку ґрунту і дія ходових систем агрегатів приводять до зміни об'ємної маси. Прийнято вважати, що пухкий ґрунт відповідає об'ємній масі до $1,15 \text{ г/см}^3$, щільний ґрунт – $1,15\text{-}1,35 \text{ г/см}^3$, а дуже щільний – більше $1,35 \text{ г/см}^3$.

Пластичність - властивість ґрунту набирати наданої йому в зволоженому стані форми без утворення тріщин і зберігати її після припинення дії на ґрунт зовнішніх сил. Ця властивість характерна глинистим, суглинковим і частково супіщаним ґрунтам лише за певного рівня вологості, оскільки у сухому та перезволоженому стані вони практично

непластичні. Залежно від вологості розрізняють верхню і нижню межі пластичності ґрунту. Верхньою межею пластичності є вологість ґрунту, за якої ґрунт починає текти. Нижня межа, пластичності - це найменше значення вологості, за якого ґрунт ще можна розкочати в шнур діаметром 3 мм без утворення на ньому тріщин. Пластичність ґрунту виражають у відсотках, визначають за різницею рівня вологості при верхній і нижній межі пластичності. Цей показник найвищий у солонцюватих, глинистих і суглинкових ґрунтах (7 - 17 %), нижчий - у супісках (7 %), відсутній - в піщаних ґрунтах.

Липкість - властивість, яка характеризується здатністю вологого ґрунту прилипати до різних предметів (робочих органів і коліс сільськогосподарських машин і знарядь). Прилипання збільшує тяговий опір і погіршує якість обробітку. Липкість ґрунту виражають зусиллям необхідним для підривання металевої пластинки від вологого ґрунту (сухий не прилипає). Вологість ґрунту, за якої ґрунт вже не прилипає до знарядь, називають межею липкості. М. Качинський запропонував 5-бальну шкалу для оцінки липкості: граничнолиппий; сильнолиппий; середньолиппий; слаболиппий; розсипчастий.

З підвищенням вмісту глини і розпиленості структури липкість ґрунту зростає. Якщо на структурних ґрунтах прилипання починається лише при 60 - 70 % від НВ, то на розпилених - вже при 40-54 %. Підвищення ступеня насичення ґрунту кальцієм зменшує величину прилипання, а натрієм - збільшує. Тому заміна в солонцюватих ґрунтах натрію кальцієм поліпшує агротехнічні властивості і знижує опір під час обробітку.

Спілість належить до важливих технологічних властивостей ґрунту. Це такий стан ґрунту, який характеризує його готовність до обробітку. Спілим вважають ґрунт, який не прилипає до знарядь обробітку, найкраще кришиться, розпушується і перемішується, не розпилюється, чинить

найменший опір. Якість обробітку спілого ґрунту найвища. Розрізняють фізичну і біологічну спілість.

Фізична спілість залежить від вологості ґрунту. Інтервал її в свою чергу залежить від гранулометричного складу ґрунту, суми вбирних основ тощо. Значно ширшим інтервалом вологості характеризується спілість легких піщаних ґрунтів (40-90% від НВ), вужчим - глинистих і суглинкових ґрунтів (50 - 65), а найнижчим — солонцюватих ґрунтів (40 - 50 % НВ). Тому фізична спілість піщаних ґрунтів навесні настає на 5-7 днів раніше, ніж суглинкових і на 7-10 днів раніше, ніж глинистих. Звідси і обробіток різних ґрунтів можна розпочинати за неоднакової вологості.

В залежності від питомого опору і механічного складу ґрунти розділяють на легкі, середні, середньо-важкі і важкі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Характеристика ґрунтів

Показник	Легкі	Середні	Середньо-важкі	Важкі
Питомий опір, Н/см ²	До 3	3,0 – 5,0	5,0 – 7,0	7,0 – 15,0
Вміст фізичної глини, %	До 20	20 - 30	31 - 50	Більше 51

Фрикційні властивості ґрунту характеризуються коефіцієнтом тертя і кутом тертя. Розрізняють коефіцієнт зовнішнього f і внутрішнього f_1 тертя. Значення коефіцієнта f залежить від багатьох факторів, головні з яких – механічний склад і вологість (табл. 1.2). Для приблизних розрахунків приймають $f = 0,5$ і кут тертя $\varphi = 26^\circ 30'$.

Однією з трибологічних характеристик ґрунту є зсув – зміщення однієї частини ґрунту по відношенню до другої в результаті бокового (тангенціального) тиску. Зсув ґрунту характеризується показником ψ , тобто відношенням зсуваючого зусилля T до нормального тиску N

$$\psi = \frac{T}{N} \quad (1.3)$$

Таблиця 1.2 - Коефіцієнт тертя ковзання сталі по ґрунту (при нормальному тиску $N = 3 - 8 \text{ Н/см}^2$)

Г р у н т	Абсолютна вологість	Коефіцієнт тертя
Дерново-підзолистий, легкосуглинковий	2 - 15	0,4 – 0,5
Дерново-підзолистий, середньосуглинковий	3 - 20	0,4 – 0,8
Лісостеповий, темно-сірий, важкосуглинковий	20 - 23	0,5 – 0,8
Чорноземи вилугувані, глинясті	23	0,7
Чорноземи важкосуглинкові	7 - 16	0,4 – 0,7
Чорноземи середньосуглинкові	6 - 27	0,5 – 0,8
Чорноземи звичайні, глинясті	10 - 30	0,7 – 1,0
Чорноземи південні, піщані	1 - 6	0,4 – 0,6

Експериментально встановлено, що між окремими характеристиками існують тісні кореляційні зв'язки і це дозволяє встановити закономірності зміни одних властивостей в залежності від інших.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ДИСКОВИХ БОРІН

В систему основного обробітку ґрунту входять декілька технологічних операцій: лушення (дискування), оранка, плоскорізний обробіток, чизелювання (рис. 2.1).

Лушення - прийом обробітку ґрунту дисковими або лемішними знаряддями, які забезпечують розпушення, часткове обертання, перемішування ґрунту і знищення бур'янів. Глибина обробітку дисковими робочими органами - до 12 см, лемішними - до 18 см. При цьому рекомендується проводити трикратний різноглибинний обробіток: перший - зразу за збиранням - на глибину 6 - 8 см дисковими лушильниками ЛДГ-5 А або ЛДГ-10А, другий - через 12 - 15 днів на глибину 12-15 см плугами-лушильниками ППЛ-10-25 з боролами БЗСС-1,0, а через 15 - 20 днів вносяться добрива і проводиться глибока оранка на 27 - 35 см, найкраще - двоярусними плугами.

Дискові борони бувають польові, садові (легкі) і болотні (важкі). Легкі польові борони призначені для обробітку зябу, розпушування ґрунту після оранки, знищення бур'янів; садові — для обробітку ґрунту в міжряддях саду з метою знищення бур'янів, загортання добрив, а також для основного обробітку ґрунту з періодичною оранкою. Глибина обробітку легкими боролами — до 10 см, важкими — до 20 см.

Робочим органом легкої дискової борони є сталевий загострений сферичний диск діаметром 450 або 510 мм. Важкі дискові борони мають вирізні диски, які добре заглиблюються в ґрунт і подрібнюють рослинні рештки (рис. 2.2).

Загальний принцип будови дискової борони заключається в наступному. Кілька дисків, змонтованих на квадратній осі, утворюють батарею. Диски на осі розміщують на деякій відстані один від одного, а між ними ставлять розпірні втулки. Вісь установлюють у підшипниках, що забезпечує обертання

батареї під час руху.

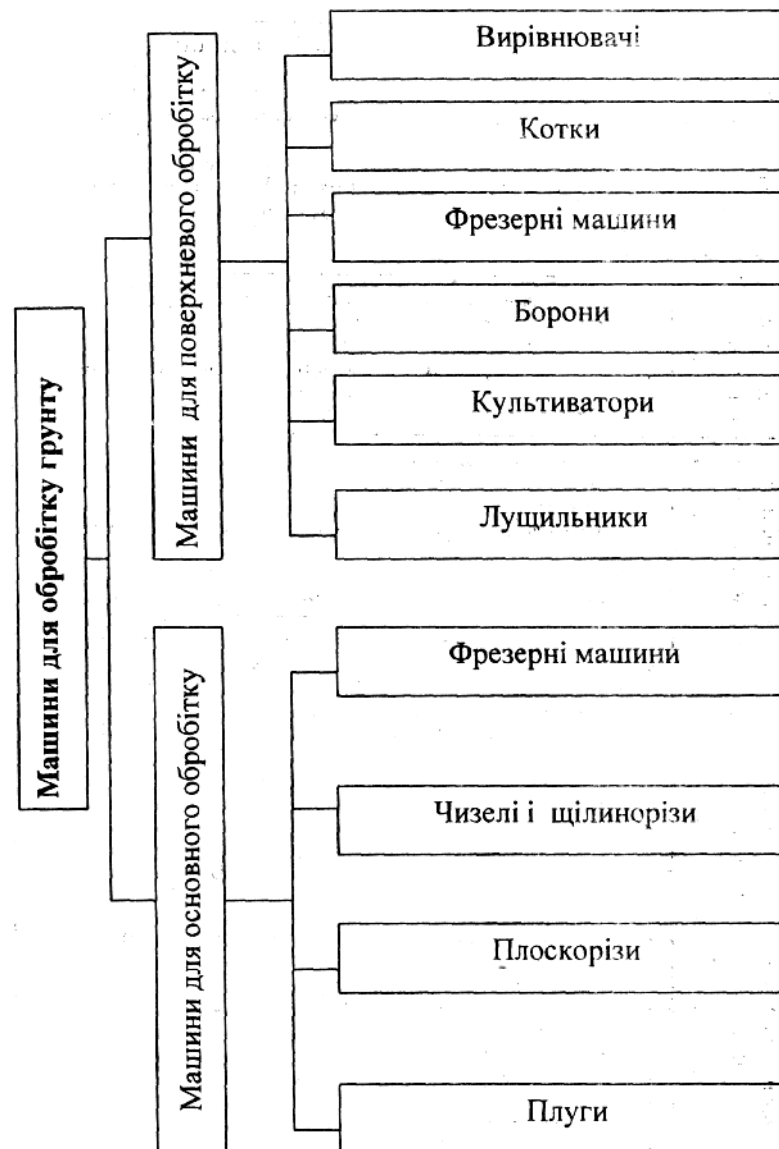


Рисунок 2.1 - Класифікація машин для обробітку ґрунту

а

б

Рисунок 2.2 – Робочі органи легкої (*а*) і важкої (*б*) дискової борони

Принцип роботи дискової борони - різальна кромка диска відрізує невелику скибу ґрунту і піднімає її на внутрішню сферичну поверхню. Потім ґрунт падає і переміщується диском убік. Завдяки цьому ґрунт розпушується, частково перевертається і переміщується. Чим більший кут атаки (кут між площиною, що проходить через різальне лезо диска, і напрямком руху агрегату), тим більша глибина обробітку. Кут атаки дисків змінюють у межах 10-20°. Глибина розпушування ґрунту польовими боронами - 10 см, садовими - 6-15, болотними - до 25 см.

Причіпні борони БП (рис. 2.3) випускаються різної ширини захвату (табл. 2.1) і призначені для обробітку ущільнених ґрунтів різного механічного складу з подрібненням і заробкою рослинних зжалишків у ґрунт при вологості 12 – 25% і ущільненості ґрунту до 3,0 МПа.

*а**б**в**г*

Рисунок 2.3 – Борона дискова причіпна БП-2,4 М (*а*), БП-3,2М (*б*), БП-4М (*в*) і БП-4,2 «Рось» (*г*)

Перевагами цього класу борін є:

- збільшення можливості регулювання кутів атаки гвинтом від 15 до 30°;
- конструкція підшипникового вузла та положення диска зменшують опір борони, а наслідок – економія пального і підвищення продуктивності;
- можливість заміни дисків без розбирання підшипникового вузла;
- зміна корпусу підшипникового вузла без знімання стояка.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики причіпних борін БП

Показники	БП-2,4М	БП-3,2М	БП-4М	БП-4,2М «Рось»	БП-6 «Характерник»
Робоча ширина захвату, м	2,4	3,2	4,0	4,0	6,0
Продуктивність, га/год	1,8	2,4	5,0	5,0	7,5
Глибина обробітку, см	8-18	8-18	8-18	8-18	8-18
Маса, кг	1450	1800	3250	3250	5600
Кількість рядків дисків	3	3	3	2	3
Кількість робочих органів (дисків)	19	28	32	32	52
Необхідна потужність трактора, к.с.	90	120- 150	150- 200	150-200	280-350

Рисунок 2.4 – Дискова причіпна борона БП-6 «Характерник»:
 1 – механізм регулювання глибини обробітку ґрунту; 2 – опорний коток;
 3 – механізм регулювання кута атаки дисків від 15 до 30°

Рисунок 2.5 – Напівначіпна дискова борона АГН-6,3 фірми
«ВЕЛЕС-АГРО»

а

б

Рисунок 2.6 – Модульний ґрунтообробний агрегат АГ-2,4 (*а*) і
універсальний дисковий агрегат УД-4,5 (*б*) БілоцерківМАЗ

Серед начіпних дискових борін вітчизняного виробництва добре відомі універсальні дискові і модульні ґрунтообробні агрегати БілоцерківМАЗ (рис. 2.6).

Начіпна дискова борона БДН-3 складається з чотирьох батарей із змінною кількістю дисків. Ширина захвату борони - 2 або 3 м. При ширині захвату 3 м на трьох батареях установлюють по дев'ять дисків, а на задній лівій - десять. Додатковий диск розпушує необроблену смугу, що утворюється між крайніми внутрішніми дисками передніх батарей. При ширині захвату 2 м на трьох батареях установлюють по шість дисків, а на четвертій - сім. Кут атаки дисків 12; 15; 18 і 21° установлюють зміщенням по брусу кронштейнів і фіксацією їх штирями. Глибину обробітку регулюють також масою баласту, який завантажують у ящики.

Важкі дискові борони БДНВ-1,8, БДВ-3, БДВ-6,5, БДВ-7, БДШ-8,2, БДВ-8,5 (рис. 2.7) призначені для розпушування необроблених ущільнених ґрунтів різного механічного складу, розробки забур'янених скиб і брил після оранки, подрібнення пожнивних решток, повного знищення бур'янів. Борони є начіпні (БДНВ-1,8) і причіпні. До їх складу входять від 2 до 8 дискових батарей, діаметр дисків - 625 мм. Максимальна глибина обробітку - до 20 см.



Рисунок 2.7 – Важка дискова борона БДВ-8,5

Важка дискова борона БДВ-8,5 агрегується з тракторами класу 3-5. У конструкції борони використана нова кінематична схема переведення бокових секцій у робоче і транспортне положення, яка дозволяє найефективніше

використати зусилля гідроциліндрів у початковий період підняття дискових батарей бокових секцій, коли вони заглиблені в ґрунт.

Підшипникові вузли виключають потрапляння абразивних матеріалів у зону роботи підшипників, установлених на батареях, за рахунок подвійного їх захисту манжетами і спеціальними кільцевими канавками, заповненими солідолом.

Кріплення дисків на батареях здійснюється гайками з двох боків, що забезпечує їх надійну фіксацію по всій довжині батарейної осі. Диски мають приклепані маточини завширшки до 20 мм із квадратними отворами з метою запобігти врізанню дисків у вісь при послабленні затяжки гайок, що в декілька разів збільшує термін служби осей і дисків.

Використана оригінальна конструкція механізму автоматичної фіксації колісного ходу борони в транспортному і робочому положеннях за допомогою гідравліки з кабіни трактора. Для зручності транспортування борони центральна рама виконана розбірною із трьох складових частин. При знятті бокових секцій борону можна використовувати для тих самих технологічних операцій із шириною захвату 3 м і агрегатовувати з тракторами ЮМЗ-6, МТЗ-80/82. Технічні дані борін наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технічні дані важких дискових борін БДВ-6,5 і БДВ-8,5

Показники	БДВ-6,5	БДВ-8,5
Трактори, з якими агрегатується борона	Т-150і його модифікації	трактори класу 3-5
Продуктивність за 1 год основного часу, га	4,5-7,8	5,1-10,2
Ширина захвату, м	6,5	8,5
Максимальна глибина обробітку ґрунту, см за один прохід за два проходи	8 до 15	8 до 15
Робоча швидкість, км/год	6-12	6-12
Маса, кг	4000	5100

Борона дискова садова важка БДСТ-2,5 призначена для глибокого розпушування ґрунту і підрізання бур'янів у міжряддях молодих і

плодоносних садів; може бути використана при основному обробітку ґрунту в саду з періодичною оранкою, при розробці плантажу, подрібненні сидератів (зеленої маси бобових рослин) перед загортанням у ґрунт. Агрегатується з тракторами ДТ-75М.

Борона має несиметричне розташування батарей. Можливість зміщення борони в бік від поздовжньої осі трактора до 250 см дає змогу вести обробіток у старих садах під кронами дерев без пошкодження їх трактором. При переїздах на короткі відстані по ґрунтових дорогах борона перекочується на дисках, а для транспортування на великі відстані її установлюють на начіпку трактора.

При роботі дискової борони різальна кромка диска врізається в ґрунт, відрізує скибу і піднімає її на внутрішню робочу поверхню. Задня кромка диска відводить ґрунт убік, звідки він падає. Завдяки цьому ґрунт розпушується, перемішується і частково перевертається. Чим більший кут атаки дисків, тим вони більше заглиблюються в ґрунт і краще його розпушують. Глибину обробітку ґрунту регулюють зміною кута атаки і баластом, що збільшує тиск дисків на ґрунт.

Борона БДСТ-2,5 має ширину захвату 2,5 м і глибину розпушування - до 15 см. Кут атаки дискових батарей - від 0 до 30°. Борона призначена для роботи в міжряддях саду завширшки 5-10 м. Продуктивність при швидкості руху агрегату 5-7,5 км/год - 2 га/год. Маса - 1080 кг.

Рисунок 2.8 – Борона дискова важка АПД-7,5М

Борона дискова садова важка БДСТ-3,5А призначена для розпушування ґрунту, знищення бур'янів, загортання органічних і мінеральних добрив, а

також для основного обробітку з періодичною оранкою в міжряддях саду. Агрегатується з тракторами Т-54В, ДТ-75М.

Борона БДСТ-3,5А складається з рами, батареї, причепа, двох опорних коліс і двох гідроциліндрів. Гідроциліндри призначені для зміни кута атаки дисків і переведення борони з транспортного положення в робоче, і навпаки. Усі три батареї передньої рами мають по вісім сферичних суцільних дисків. На зовнішньому кінці задньої приставної рами встановлений один диск діаметром 510 мм для загортання борозни від крайнього диска задньої батареї.

На бороні встановлено два пневматичні колеса для транспортування. Вона призначена для роботи в міжряддях саду шириною 5-10 м. Міжряддя шириною 5 м обробляють з шириною захвату 3,5 м за один прохід; міжряддя з шириною 6 м - бороною з шириною захвату 2,5 м за два проходи без приставних батарей; міжряддя 8 м - за два проходи бороною з шириною захвату 3,5 м; 10 м - за три проходи.

Глибина обробітку - до 15 см. Робоча швидкість - до 8 км/год, продуктивність - 2,4-3,75 га/год. Маса - 1746 кг. Боковий винос від поздовжньої осі трактора - до 3,5 м. Обслуговує один тракторист.

Борона дискова садова БДН-1,3А призначена для розпушування ґрунту і знищення бур'янів у міжряддях і під кронами ягідних кущів у молодих садах. Комплектується пристосуванням для обробітку ґрунту в зоні кущів. Може працювати симетрично відносно ходу трактора або з боковим зміщенням від поздовжньої осі трактора на 1,5 м. Ножі пристосування при роботі підрізують шар ґрунту, а зуби, що встановлені на ножах, розпушують його як в міжряддях, так і в захисній зоні ягідників, недоступній для дисків.

Борона БДН-1,3А з пристосуванням складається з рами, двох дискових батарей, механізму зміщення, бруса пристрою і начіпного обладнання. Рама борони зварна з прямокутних труб і складається з двох поздовжніх і одного поперечного брусів.

Дискова батарея зібрана з восьми дисків, нанизаних на квадратну вісь. Різальні кромки дисків передньої батареї повернені вправо, задньої - вліво.

До поперечного бруса рами шарнірно кріпляться дві поздовжні тяги, які з'єднані в передній частині з кронштейном начіпки і разом утворюють чотириланковий паралелограмний механізм зміщення. В передній частині до правої поздовжньої тяги і кронштейна начіпки кріпиться виносний гідроциліндр, який дає змогу зміщувати борони в бік ряду дерев або встановлювати їх услід за трактором.

Пристосування для обробітку ґрунту в зоні кущів борони БДН-1,3 А складається з двох підрізуючих ножів, закріплених на поперечному брусі, який кріпиться хомутами до рами борони. Ніж прикріплений до стояка, на якому є ряд отворів для регулювання глибини ходу ножа. До верхньої кромки ножа болтами прикріплені шість розпушувальних зубів.

Ширина захвату борони - 1,3 - 2,9 м. Глибина обробітку – 6 - 13 см. Ширина міжрядь, що обробляються, - 2-3 м. Кут атаки передніх батарей -10-20°, задніх - 15-27°. Робоча швидкість - до 7 км/год, продуктивність - 1,37-2,4 га/год. Маса без пристосування - 315 кг, із пристосуванням - 395 кг.

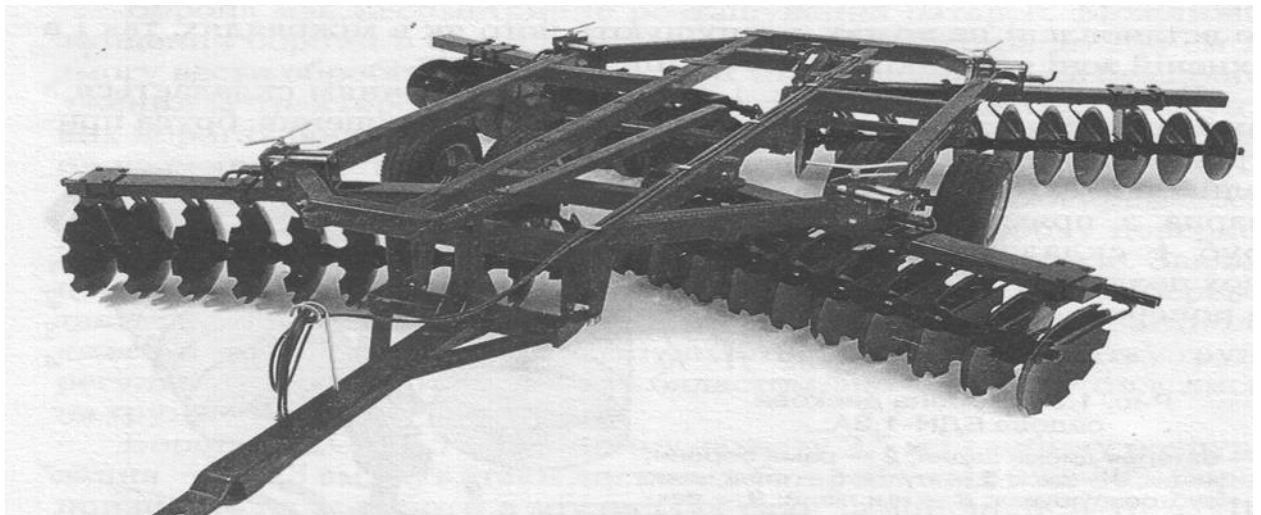


Рисунок 2.9 – Причіпна дискова борона „Massey Ferguson”

Останнім часом в Україні почали використовуватися дискові борони закордонних виробників. Серія причіпних дискових борін MF220-240 «Massey Ferguson» (рис. 2.9) має ширину захвату 2,3-5,8 м. Крайні секції піднімаються в транспортне положення. Тиск на блок коливається від 73 до 256 кг. Кут атаки

дискових борін змінюється безступінчасто або гвинтовим механізмом, або виносними гідроциліндрами з кабіни трактора. Діаметр дисків батареї - 610-760 мм.

Борони комплектуються гідравлічними циліндрами регулювання глибини обробітку ґрунту, що мають шкалу з міткою для точного контролю. Опори батареї встановлені на посилені конічні роликові підшипники з чотирма манжетними ущільненнями, що забезпечують міцність і надійність у роботі.

Рисунок 2.10 – Причіпна дискова борона CUT фірми UNIA

Рисунок 2.11 - Причіпна дискова борона Catros 7500 фірми
AMAZONE

Дискова борона DIAMOND DISK фірми KUHN (рис. 2.12) має ромбовидну форму, що забезпечує найкращі характеристики рівномірного тягового розподілу сили і дає конструкції надійність і довговічність. Її робоча ширина захвату від 5,6 до 13,6 м, параметри диска – 6,4 x 660 мм.

Рисунок 2.12 - Дискова борона DIAMOND DISK фірми KUHN
в транспортному і робочому положенні

Трикутне розташування коліс дозволяє усувати створення валів на поверхні поля, пропуски і огріхи.

а

б

Рисунок 2.13 – Причіпна дискова борона RMX 370 фірми CASE:

а – фон поля після обробки; *б* – дискові робочі органи

Дискова борона RMX 370 (рис. 2.13) забезпечує якісне подрібнення рослинних залишків, обробку і підготовку поля для подальших операцій.

Проведений аналіз дає можливість вибрати напрямок удосконалення конструкції дискової борони.

3 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ

Проведений патентний аналіз дозволив виявити найбільш близькі технічні рішення і напрямок удосконалення дискової борони.

Так з метою підвищення строку служби знаряддя розроблена дискова борона [15], яка містить вісь 1, на якій по черзі змонтовано диски 2 і 3 (рис. 3.1, 3.2) відповідно з вісьмома і шістьма зубами з розміщеними між ними розпірними втулками 4. Не менше, ніж дві розпірні втулки 4 встановлені в

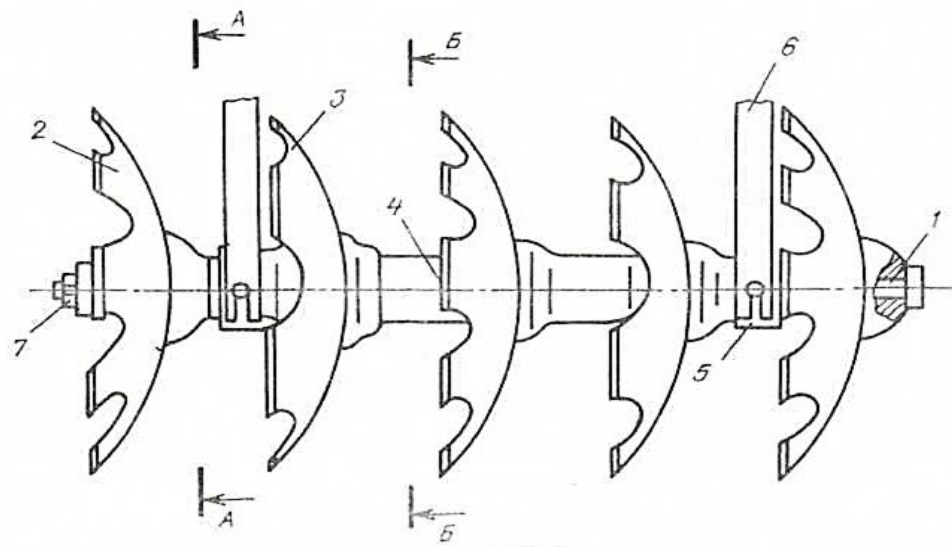


Рисунок 3.1 - Батарея дискової борони, вид спереду [15]

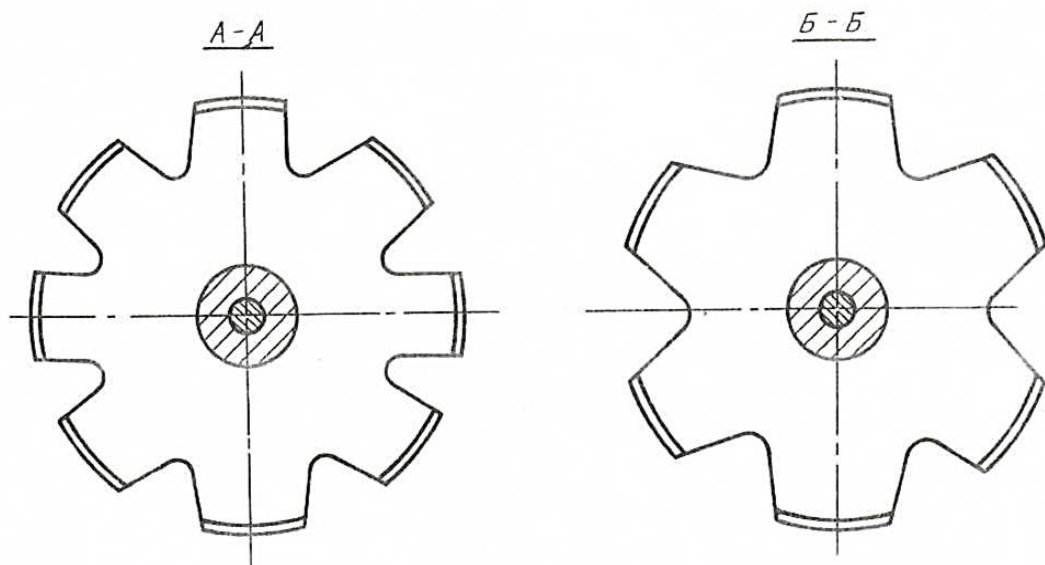


Рисунок 3.2 - Схема дисків, переріз А-А і Б-Б на рис. 3.1

підшипникових опорах 5, які змонтовані в кронштейнах 6, прикріплених до рами знаряддя. Диски 2, диски 3 і розпірні втулки 4 стягуються на осі гайкою 7. Причому диски 2 і 3 розташовані на осі групами, при цьому число зубів у дисків 2 і 3 в кожній послідуєчій групі дисків більше або менше на два зуби, ніж в попередній групі дисків. Кількість груп на осі 1 повинно бути не менше трьох, а різниця між числом дисків в групах менше або дорівнює одиниці.

Знаряддя працює наступним чином. Під час руху диски 2 і 3, заглиблені в ґрунт, проводять її обробку. При цьому, завдяки різній кількості зубів у диску, стає неможливим самовільне шикування зубів в один ряд і тим самим запобігаються циклічні коливання сил опору ґрунту, що підвищує надійність важкої дискової борони.

Для підвищення ефективності роботи, якості кришення грудок і перерізання пожнивних і рослинних залишків розроблено дисковий робочий орган [16], який містить диск 1 (рис. 3.3, 3.4), з радіально закріпленими по периферії з обох його сторін зубами 2.

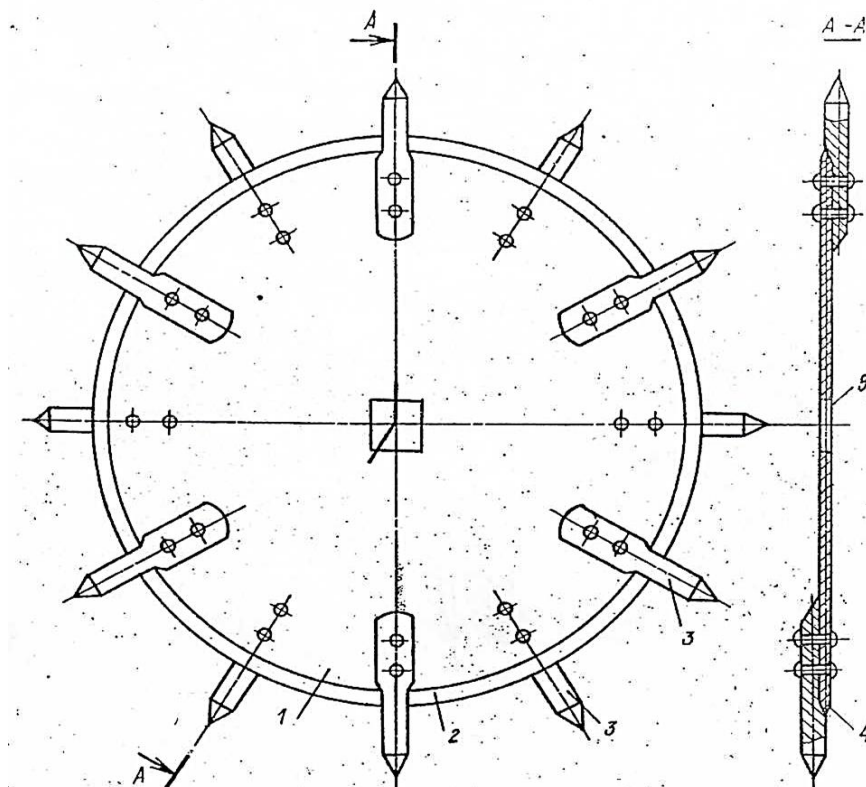


Рисунок 3.3 - Дисковий робочий орган, вид збоку і переріз А-А [16]

Диск 1 виконано у вигляді плоского ножа і на торці має двосторонній ріжучий крайок 3. Зуби 2 виконані циліндричними з конусоподібним вістрям і приклепані заклепками 4 до диска 1. Диск 1 завдяки наявності квадратного отвору 5 в центрі його тіла монтується на квадратній осі знаряддя. Товщина зубів 2 більша товщини диска 1. Робоча частина зубів 2 дорівнює половині відстані між осями суміжних зубів 2 по хорді кола диска 1, за рахунок чого зона деформації ґрунту від дії заглибленого зуба 2, що характеризується кутом сколювання ω , який дорівнює $100 - 105^\circ$, і розповсюджується рівномірно у всі сторони від конусоподібного вістря зуба 2 не досягає зон деформації сусідніх зубів 2 на диску 1. Деформація сусідніх зубів 2 не накладається. Крім того, таке співвідношення робочої частини зубів 2 і відстані між ними запобігає заклиненню грудок ґрунту між суміжними зубами 2.

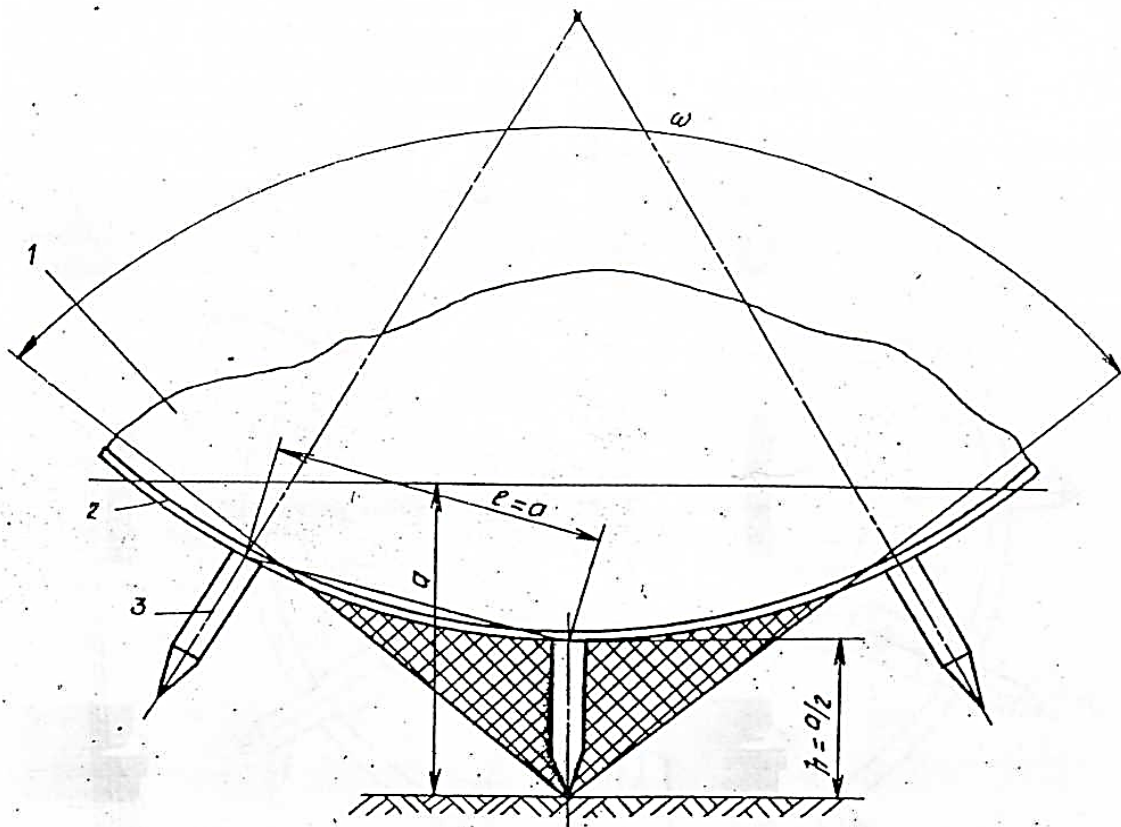


Рисунок 3.4 – Розташування зубів по колу диска і виліт робочої частини зуба відносно різального крайка диска

Робочий орган працює наступним чином. Під час руху знаряддя зуби 2

врізаються своїми конусоподібними вістрями в ґрунт. Різальний крайок 3 диска 1 розрізає одночасно шар ґрунту, що не розколотий зубами 2, і перерізає пожнивні і рослинні залишки. Завдяки входженню в денну поверхню поля зубів 2 до різального крайка 3 диска 1 забезпечується краще заглиблення і стійкість ходу робочого органу по глибині без залипання і заклинення.

З метою підвищення якості обробітку ґрунту і зменшення тягового опору розроблено ґрунтообробне знаряддя [17], яке складається з рами 1 (рис. 3.5 і 3.6) і начіпного пристрою 2 до трактора.

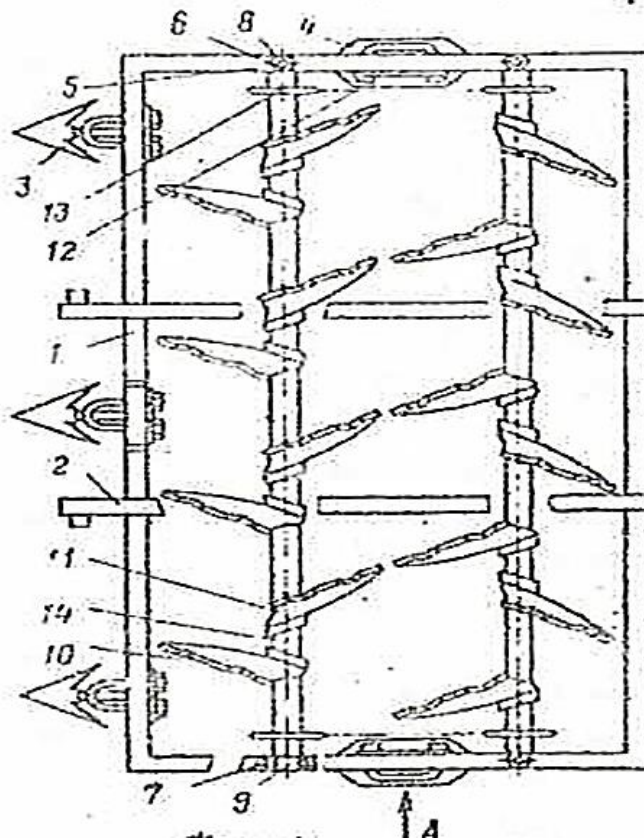


Рисунок 3.5 - Схема ґрунтообробного знаряддя, вид зверху [17]

На симетричній прямокутної форми рамі 1 попереду жорстко закріплено на вертикальних стояках розпушувальні лапи 3, а на поздовжніх бокових брусах рами 1 в середній частині знизу встановлені лижі 4.

Під поперечними брусами рами 1 спереду і позаду по краях рами в отворах 5 містяться вертикальні стояки 6 з роликівими підшипниками 7, які жорстко зафіксовані за допомогою гайок 8 і несуть два ряди батарей,

кожна з яких виконана в вигляді горизонтального вала 9 з ротаційними робочими органами.

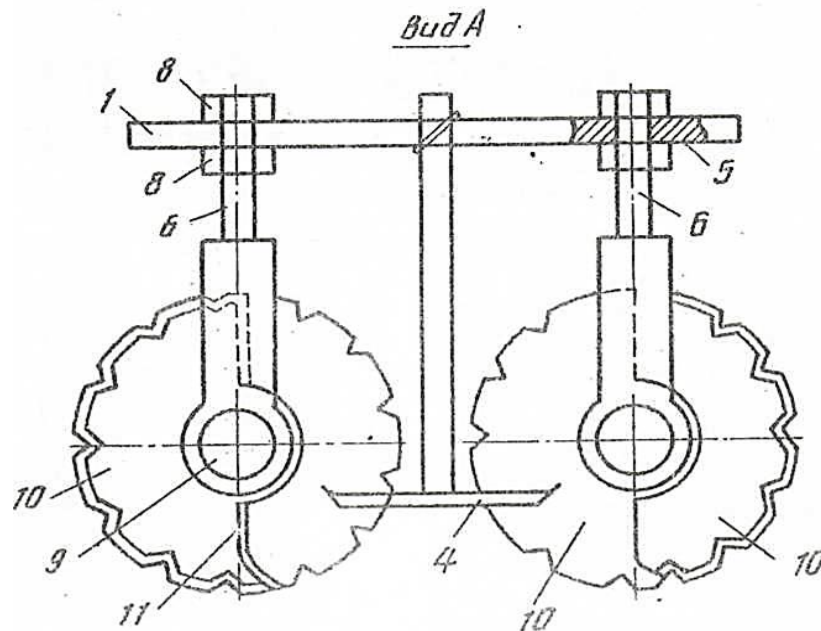


Рисунок 3.6 - Схема дискового знаряддя, вид збоку (А) на рис. 3.5

Ротаційні робочі органи виконані в вигляді вирізних сферичних напівдисків 10, які мають одностороннє загострення по кромці 11 обрізу з боку обертання.

Суміжні сферичні напівдиски 10 розташовані в ряду і між рядами діаметрально протилежно відносно один одного. Кут розхилу суміжних напівдисків між рядами розташований в напрямку руху. На передньому валу 9 напівдиски 10 розташовані попарно випуклою частиною один до одного, а на задньому валу 9 попарно ввігнутою частиною один до одного. Вали 9 зв'язані між собою за допомогою ланцюгової передачі 12 з зірочками 13, розташованими з кожного боку по кінцях валів 9.

Урізані трапецієвидні втулки 14 встановлені на валах 9 між напівдисками 10, створюючи немов клин в перетинах їх ліній установки в напрямку руху.

Знаряддя працює наступним чином. Після заглиблення робочих органів в ґрунт і під час руху тракторного агрегату розпушувальні лапи 3

розпушують ґрунт на заданій глибині, а лижі 4 при цьому утримують їх і закріплені в отворах 5 стояки 6. Напівдиски 10 обробляють ґрунт, самі приводячи в обертальний рух вали 9 під дією самого ґрунту, коли вигублення одних сприяє заглибленню інших суміжних на півдисків 10, які розпушують ґрунт.

Розміщення випуклою частиною один до одного напівдисків 10 переднього вала 9 і ввігнутою частиною один до одного напівдисків 10 заднього вала забезпечує обробіток ґрунту з зсувом, запобігаючи тим самим його накопичування. При цьому наявність загостреної кромки 11 по радіусу на кожному напівдиску 10 в напрямку обертання згори донизу забезпечує додаткове розпушування грудок і різання рослинних залишків на поверхні ділянки, яка обробляється.

Таким чином, забезпечується якісний обробіток ґрунту і знижується енергоємність процесу обробітку ґрунту.

4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСКОВОЇ БОРОНИ

Для забезпечення необхідної якості обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику візьмемо за базову модель важку борону БДС-3,5, яка є в багатьох господарствах. Ця борона має передні і задні секції, рами які складаються з двох напіврам. Між собою секції з'єднані шарнірно. Диски передньої секції - вирізані діаметром 660 мм, а задньої - гладкі того ж діаметру. Кут розхилу між секціями і кут атаки батарей змінюють гідроциліндром, і фіксуються обмежувачем, закріпленим пальцем в одному із чотирьох отворів бруса. Для вирівнювання борозни, утвореної крайнім правим диском задньої секції до рами приєднаний кронштейн з дисковим загортачем. Борона забезпечена причіпним пристроєм, який складається із сектора і тяги.

Борона може працювати без зміщення відносно середини трактора і з боковим виносом до 3,8 м при ширині захвату борони 3,5 м і до 2,6 м при ширині 2,4 м. Ширину захвату борони змінюють шляхом від'єднання або приєднання крайніх напіврам разом з батареями. Боковий винос дозволяє обробляти ґрунт в садах під плодовими деревами, так як трактор просувається в сторону від їх крони. Для бокового зміщення борони подають тягу вправо або вліво по сектору причіпного пристрою і фіксують штирем.

Глибину обробки регулюють зміною кута розхилу батарей і баластом. Кут атаки дисків передньої і задньої батареї не однакові. Кут передньої батареї змінюється в межах від 18 до 25°, задньої - від 18 до 32°.

Для розвертання в кінці гону і переїзд по ґрунтовим дорогам батареї гідроциліндром переводять на нульовий кут атаки. Борона в цьому випадку перекочується на дисках без заглиблення. Для транспортування на великі відстані борону переналагоджують в начіпну модифікацією і перевозять на гідроначіпці трактора. Глибина обробки ґрунту бороною до 12 см,

продуктивність до 2,3 га/год., робоча швидкість 5...6 км/год., найбільший кут розхилу батарей - 35°. Агрегатують її з трактором класу 3 (ДТ-75М або ХТЗ-120).

Після удосконалення борона має забезпечити відповідну якість обробітку, яка обумовлена агротехнічними вимогами.

Після обробки ґрунту машиною верхній шар ґрунту повинен бути дрібногрудкуватий з величиною грудок не більше 7 см і достатньо розпушеним. Всі бур'яни повинні бути підрізані. Відхилення від середньої глибини обробки не повинно перевищувати $\pm 10\%$. Перекриття суміжних проходів повинно складати 15-20 см. Огріхи при обробці не допускаються. Робоча швидкість машини не повинна перевищувати 7 км/год.

При цьому до конструкції машини висуваються і технічні вимоги:

1. Робочі органи дискової борони - секції з батареями дисків для зняття з машини і установки на неї за допомогою підйомних засобів двома робочими не більше ніж за 60 хвилин.

2. Відстань в транспортному положенні від поверхні дороги до робочих органів повинно становити не менше 10-15 см.

3. Для технічного догляду за машиною, її монтажу, а також настройки і регулювання механізмів конструкція машини повинна бути такою, щоб мати більший доступ до її робочих органів і вузлів.

4. Технологічна справна машина на протязі зміни не повинна вимагати проведення технічного догляду.

5. Машина повинна бути проста у виготовленні, універсальна, з мінімальною металоємністю і не складної конфігурації.

Машина також повинна відповідати експлуатаційним вимогам:

1. Щоденні витрати часу на догляд за дисковою бороною не повинні перевищувати 10 хвилин.

2. Робоча машина повинні забезпечувати надійне виконання технологічного процесу без забивання ґрунтом.

3. Коефіцієнт готовності машини повинен бути не нижче 0,96.

4. Коефіцієнт технічного використання 0,94.

5. Дискова борона повинна обслуговуватись одним трактористом.

Базова модель борони може використовуватись для поверхневої обробки ґрунту в більшості випадків тільки в садах, що обмежує її застосування. На базовій моделі не передбачений механізм для транспортування борони по профільованим дорогам і дорогам з покриттям. Спосіб транспортування дуже трудомісткий і потребує на переустаткування в транспортне положення багато робочого часу. Базова модель також не має міцної і надійної рами, що знижує її техніко-економічні показники. Механізм регулювання кута атаки базової моделі не надійний, тому що він не забезпечує надійної фіксації, що також погано впливає на якість виконання поверхневої обробки ґрунту.

Роблячи висновки можна сказати, що базова модель має певні недоліки, які негативно впливають на показники використання машини і які потрібно виправляти при проектуванні удосконаленої дискової борони.

5 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОЇ БОРОНИ

5.1 Технологічний і конструктивний розрахунок

Визначимо умови, в яких буде працювати удосконалена дискова борона:

Глибина обробки ґрунту - 10 см.; швидкість руху агрегату при обробці ґрунту - 6 км/год.; прийнятий кут атаки - 21° ; опір ґрунту в розрахунку на 1 м ширини захвату - 2000 Н; маса машини - 1770 кг.; коефіцієнт опору - 0,14.

Ширина захвату дискової борони залежить від кількості секцій дисків, які використовуються на машині. Конструкція удосконаленої машини виключає в себе секції дисків, розташованих на рамі одна за другою на визначену відстань. Секція складається із двох батарей, які в свою чергу складаються з 9-ти дисків кожна.

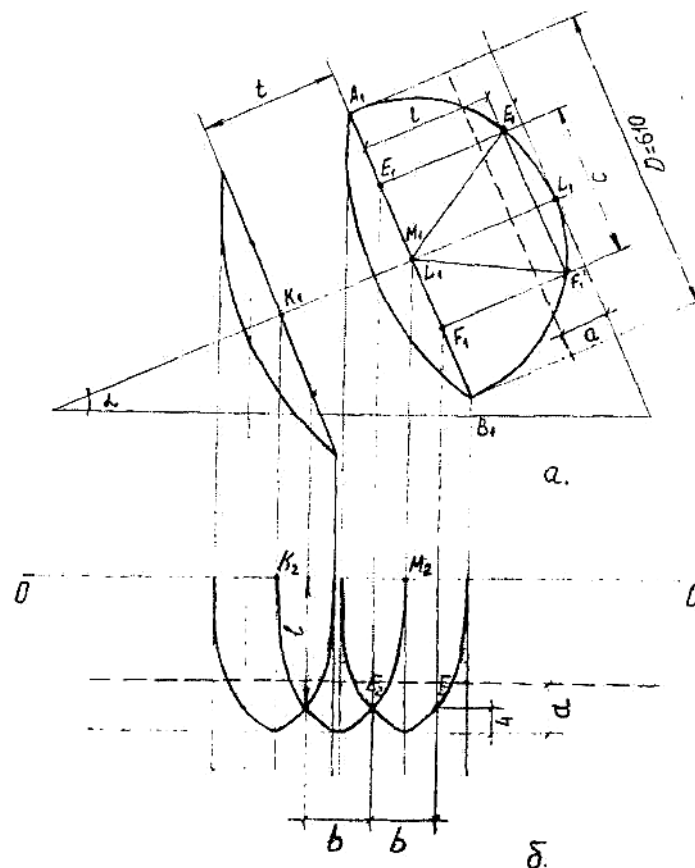


Рисунок 5.1 - Розташування суміжних дисків борони

Відстань між суміжними дисками на батареї борони можна визначити графічно. Для цього будуємо поперечно-вертикальну проекцію леза диска і знаходимо, при якій відстані між проходами суміжних дисків висота гребнів буде рівна допустимій. Нехай диски мають діаметр $D = 610$ мм, (рис. 5.1.), батарея повернута під кутом $\alpha = 21^\circ$, глибина занурення дисків у ґрунт $a = 10$ см, висота гребнів $h = 6$ см. Якщо довжина хорди еліпса на рівні вершини гребнів рівна b , то таким же повинна бути відстань між суміжними проходами дисків. Тепер неважко знайти відстань між дисками по напрямленню осі батареї по його проекції, яка рівна b . У двохслідній дисковій бороні ця відстань повинна бути вдвічі більшою.

Для побудови фронтальної (поперечно - вертикальної) проекції леза диска обернемо його навколо $A_1 B_1$ і (рис. 5.1, а) і з'єднаємо з площиною креслення. Щоб знайти вертикальну проекцію якої-небудь крапки, наприклад E_1 визначимо відстань $E_1E = l$ цієї крапки від горизонтальної площини, яка проходить через вісь батареї проводимо вертикальну пряму через крапку E_1 і відкладаємо від фронтальної проекції 0-0 вісі батареї (рис. 5.2, б) відстань P . Знаходимо таким чином проекції декількох крапок, з'єднуємо їх плавною кривою. Відкладаючи уверх від нижньої крапки a_2 побудованої проекції леза бажану висоту гребня h і проводячи горизонтальну хорду еліпса, знаходячи $E_2 = F_2 = b$. Використовуючи графічне рішення можливо отримати і аналітичний вираз між дисками.

Відстань між суміжними дисками двохслідної борони дорівнює:

$$t = \frac{2b}{\cos d} \quad (5.1)$$

Довжина хорди еліпса:

$$E_2F_2 = b = c \sin \alpha \quad (5.2)$$

Підставляючи отримане значення b (5.2) в формулу (5.1), отримаємо

$$t = \frac{2c \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} = 2ctg \alpha \quad (5.3)$$

Тоді

$$t = 2 \cdot 305 \cdot tg 21^\circ = 235.$$

Якщо знаємо відстань між дисками і кількість дисків, знаходимо ширину захвату дискової борони, облікуємо при цьому найменший кут атаки

$$B = n - 1 \cdot t \cdot \cos \alpha \quad (5.4)$$

де: n - кількість дисків.

Тоді

$$B = 17 - 0.235 \cdot \cos 10^\circ = 4 \text{ м}$$

Продуктивність проектованої дискової борони (га/год.) визначається в залежності від робочої швидкості і ширини захвату борони.

$$W_1 = 0.1 \cdot \beta \cdot V_M \quad (5.5)$$

де: V_M – робоча швидкість машини.

Тоді,

$$W_1 = 0.1 \cdot 4 \cdot 6 = 2.4 \text{ га/год.}$$

5.2 Розрахунок основних розмірів дисків борони

Діаметр дисків борони повинен бути більше подвоєної глибини обробки, щоб між віссю батареї і поверхнею поля був достатній простір. Звичайно приймають $D = Ka$, де: D - діаметр, a - глибина обробки і тоді

$$K = D/a = 3 \div 5.$$

Приймаємо діаметр диску при глибині обробки ґрунту до 12 см діаметром 610 мм.

Кут загострення диску i по умовам міцності і зносостійкості роблять не менше 12° . В сучасних конструкціях в залежності від матеріалу і умов загострення $i = 12 \div 25^\circ$. Так як чорнозем має грудковато-зернисту структуру, кут різання приймаємо $i = 20^\circ$. Для різання з меншим опором бажано мати задній кут, величина якого рівна $\varepsilon_2 = 5-10^\circ$. Кут різання ε_1 дорівнює сумі кута загострення і заднього кута:

$$\varepsilon_1 = i + \varepsilon_2, \quad (5.6)$$

$$\text{тоді } \varepsilon_1 = 20^\circ + 10^\circ = 30^\circ$$

Диск має сферичну поверхню виготовляється штамповою із листової сталі і заточується.

Якщо для попередніх наближених суджень рахувати, що різання ґрунту проходить на рівні осі батареї, то

$$R = \frac{D}{2 \sin \beta} = \frac{D}{2 \sin(\alpha - \varepsilon_2 - i)} \quad (5.7)$$

де β – половина центрального кута дуги АВ (рис. 5.2, а) осьового перетину диску.

Прийняв вище зазначене оптимальне значення кутів, наприклад $\alpha = 30^\circ$; $i = 20^\circ$ і $\varepsilon_2 = 10^\circ$, отримаємо:

$$\beta = \alpha - \varepsilon_2 - i = 0 \text{ і } R = \infty;$$

Звідки видно, що диск повинен бути плоским.

Для розглянутих умов $R = 610$ мм і відповідно:

$$\sin \beta = \frac{D}{2R}$$

$$\text{Тоді} \quad \sin \beta = \frac{610}{1220} \quad \text{і} \quad \beta = 30^\circ$$

Це можливо тільки при умові, якщо кут ε_2 має негативне значення

$$\varepsilon_2 = \alpha - \beta - i = -20;$$

В дійсності різання відбувається на рівній поверхні поля і нижче кут ε_2 набуває декілька менше по абсолютній величині. Значення перетину конічної поверхні, в якій лежить фаска леза диску, горизонтальної площини проведеної на рівній поверхні поля, уявляє собою гіперболу, дотична до якої дає кут ω (рис. 5.2 а і б) з площиною основи конуса, в якій лежить лезо. Із рівняння гіперболи маємо:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{2\sqrt{K-1}}{K} \quad (5.8)$$

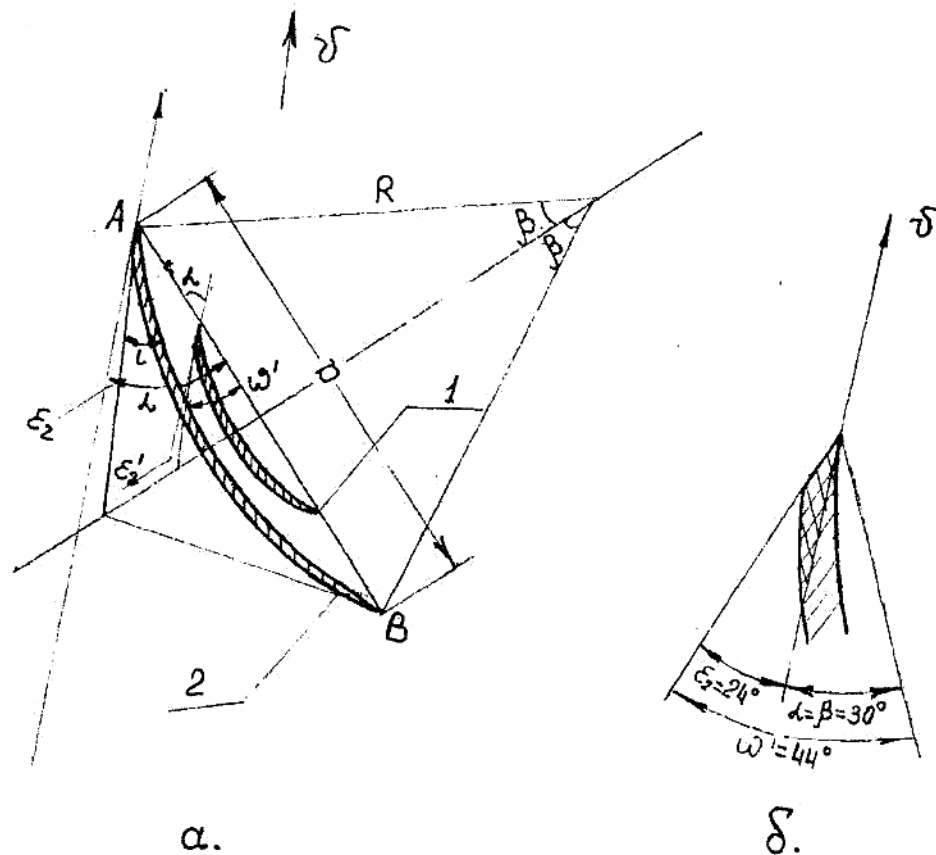


Рисунок 5.2 – Схема до розрахунку основних параметрів диска:

α – бажане розташування диску; δ – перетин диску при $\alpha = \beta = 30^\circ$;

1 – перетин диску на рівній поверхні поля; 2 – горизонтальний перетин диску

Для розглянутих параметрів отримуємо, що $\omega = 44^\circ$ і

$$\varepsilon_1 = \alpha - \omega = -14^\circ.$$

По мірі наближення до дна борозни кут ε_2 зменшується до нуля. На рисунку 5.2, δ показано в масштабі перетину диску.

5.3 Радіус викривлення сферичної поверхні диску

Для приведених числових значень подвійною штриховою тут виділена частина перетину диску, яка повинна вдавлюватися в стінку борозни. Як бачимо, при $\varepsilon_2 = 14^\circ$ вдавлювання не дуже велика частина перетину, по всій стінці борозни повинно бути виштовхнуто приблизно $5-6 \text{ см}^3$ ґрунту, для чого необхідно прикласти зусилля не більше 5 - 6 кг. Значно більше зминання ґрунту випуклою стороною диску повинно бути при малому куті повороту дисків.

Якщо вдавлювання тильної частини диску в стінку борозни не дуже велике то це не приводить до виштовхування диску з борозни, а тільки зменшує бокові тиски, які здвигають диск в сторону. Але при значному опорі вдавлювання на необхідну величину (при більшому куті в твердому ґрунті) можливо виштовхування дисків. Якщо батареї розташовані, під кутом друг до друга (проектowana борона), тоді бокові тиски врівноважуються, це може привести до мілкового ходу борони, що спостерігається на малих кутах обертання дисків. Значне збільшення кута а може призвести до затримання і навіть до припинення обертання дисків.

5.4 Кінематичний розрахунок

Конструкція дискової борони, як вже відмічалось вище, крім робочих органів і рами має також і механізм підйому. Під дією зусилля гідроциліндра колеса підіймаються або опускаються в транспортне або робоче положення.

Для вибору потрібного гідроциліндра складаємо рівняння моментів і знаходимо необхідне зусилля для підйому.

$$G \cdot l_G = P_{\text{ц}} \cdot l_p \quad (5.9)$$

$$P_y = \frac{G \cdot lG}{l_p}$$

де G – маса проектованої дискової борони, кг.

Тоді

$$P_y = \frac{1350 \cdot 243}{135} = 2430$$

Знаходимо потрібний циліндр: I - 60×200 МН2255–61 (L= 382 мм).

5.5 Розрахунок витрат потужності

При русі агрегату потужність витрачається на підрізання ґрунту, подрібнення грудок, деформацію шин; подолання опору ґрунту і т.п. З врахуванням маси сільськогосподарських машин і швидкості руху агрегату можна записати

$$N_{\text{ос}} = \frac{G \cdot f \cdot V_M + P\beta}{3.67 \cdot 10^2} \quad (5.10)$$

де: G – маса борони, кг;

f – коефіцієнт опору;

V_M – швидкість обробки, км/год.;

P – питомий опір, ґрунту при дисковому боронуванні, кг;

β – ширина захвату машини, м.

Тоді,

$$N_{\text{ос}} = \frac{1350 \cdot 0.14 \cdot 6 + 200 \cdot 4}{3.67 \cdot 10^2} = 5.3$$

5.6 Розрахунок болтового з'єднання на зріз

Для розрахунку на зріз візьмемо болтове з'єднання, з'єднуючий брус тягової штанги з накладкою. Болт поставлений в отвір з'єднаних деталей без зазору в зв'язку із значним зсуваючим навантаженням.

Зсуваюча сила $S(H)$ приймається безпосередньо болтом, який працює на зріз

$$\tau = \frac{4S}{\pi d_0^2 i Z} \leq [\tau] \quad (5.11)$$

де: i – число площі зрізу;

$[\tau]$ – допустима напруга на зріз матеріалу болта ($[\tau] = (0,2 \dots 0,3) \sigma_T$, $\sigma_T = 480 \text{ МПа}$; $[\tau] = 144 \text{ МПа}$).

d_0 = діаметр болта.

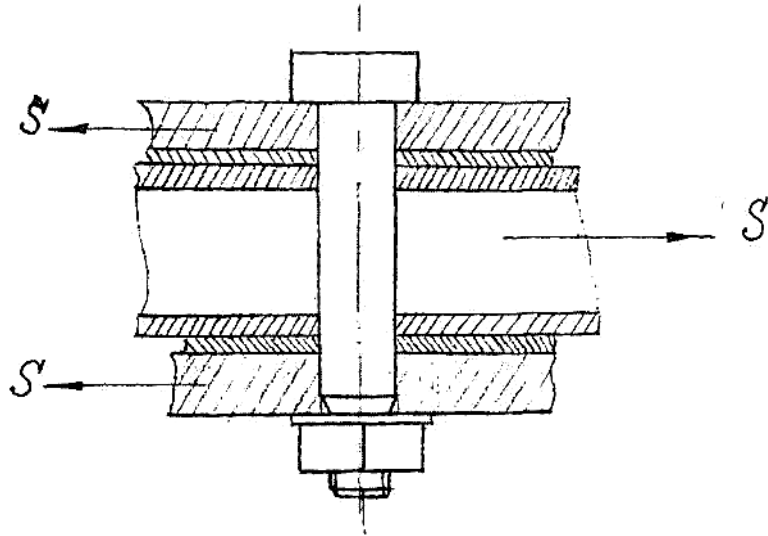


Рисунок 5.3 - Болтове з'єднання тягової штанги

Тоді,

$$\tau = \frac{4 \cdot 379744}{3.14 \cdot 25^2 \cdot 6 \cdot 1} = 129 \leq [\tau]$$

Циліндричні поверхні контакту з'єднаних деталей в нарізаній частині болта перевіряємо на зминання.

Для останньої деталі з'єднання напруги зминання:

$$\sigma_{cm} = \frac{S}{2 \cdot d_0 \cdot h_1 \cdot Z} \leq [\sigma_{cm}] \quad (5.12)$$

де: h_1 – товщина крайньої деталі, мм

$[\sigma]$ – допустима напруга на зминання.

$$([\sigma_{cm}] = \sigma_T)$$

Тоді

$$\sigma_{cm} = \frac{379744}{2 \cdot 25 \cdot 20 \cdot 2} = 189,8 \leq [\sigma_{cm}]$$

Для середньої деталі

$$\sigma_{cm} = \frac{S}{2 \cdot d_0 \cdot h_2 \cdot Z} \leq [\sigma_{cm}] \quad (5.13)$$

$$\sigma_{cm} = \frac{379744}{2 \cdot 25 \cdot 10 \cdot 2} \leq 379,7 \leq [\sigma_{cm}]$$

Визначені розрахунками параметри дискової борони враховувалися при проектуванні вузлів і деталей удосконаленого знаряддя.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ І ЗАХОДИ З ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ

6.1 Охорона праці при вирощуванні соняшнику

Відповідальність за охорону праці в рослинництві покладено на головного агронома, в підрозділах на бригадирів та майстрів. Проведемо аналіз стану охорони праці на прикладі одного з полів на якому вирощують соняшник.

Розглянемо варіант, що поле розміщено на відстані 4 км від населеного пункту, біля поля проходить дорога до райцентру. Для попередження дорожньо-транспортних пригод поле відділене від траси канавою. У визначеному місці біля поля передбачено місце для харчування та відпочинку, але воно не відповідає санітарно-гігієнічним нормам. На поле для побутових потреб підвозять воду. На рис. 6.1 зображена схема поля. Соняшник в господарстві розміщена на полях з невеликим нахилом до 2 відсотків. Робочі місця механізатор укомплектовуються необхідним інвентарем, робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту. При вирощуванні культури вносяться гербіциди, тому при швидкості вітру більше 4 м/с ці роботи припиняються. Такі роботи проводять вранці або ввечері. Раніше щорічно на робочих місцях механізаторів проводили паспортизацію, складали санітарно-технічний паспорт робочого місця. Аналізуючи такі дані при паспортизації, намічалось ряд заходів по поліпшенню умов праці та організації робочого місця механізатора. При вирощуванні та збиранні соняшника використовується велика кількість сільськогосподарських агрегатів та шкідливих речовин. Все це сприяє створенню для працюючих шкідливих умов та небезпечних ситуацій.

Причинами професійних захворювань і виробничих трав можуть бути: забруднення повітря вище допустимих норм під час обробітку ґрунту; внесення гербіцидів та мінеральних добрив при вирощуванні культури; відсутність захисних огорожень та щитків на частинах машин та механізмів,

що рухаються або обертаються; робота на нахилах з крутизною 8-9 град; відпочинок механізаторів в необладнаних місцях; проведення ремонтних робіт при працюючому двигуні тракторів; незадовільний технічний стан тракторів та сільськогосподарських машин; необдумані та небезпечні дії робітників, які обслуговують агрегати; відсутність, несправність або невикористання засобів індивідуального захисту; погана організація робочих місць; слабкий контроль

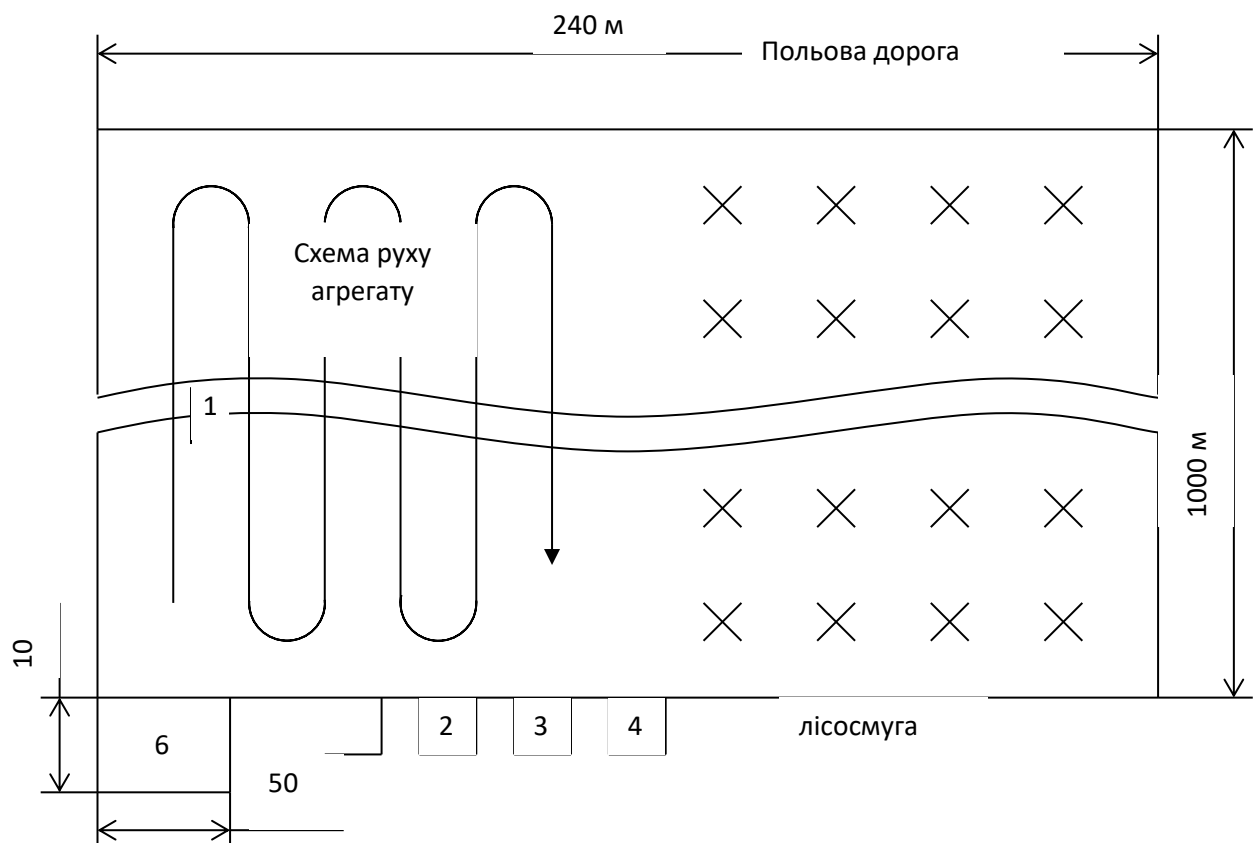


Рисунок 6.1 – Схема підготовки поля:

1 – протипожежний щит; 2 – вагончик відпочинку; 3 – місце для прийняття їжі; 4 – блискавкозахист; 5 – заправка агрегатів; 6 – місце стоянки агрегатів

зі сторони керівників по дотриманню вимог охорони праці при виконанні небезпечних та шкідливих робіт; невідповідність працюючих та неякісне проведення інструктажів.

Робітники, зайняті на роботах в полі, в обов'язковому порядку проходять курси 32-годинною програмою, а також медичний огляд. Перед початком польових робіт проходять повторний інструктаж на робочому місці. Робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту: комбінезонами, з пило-захисної тканини; чоботами; рукавицями; окулярами типу ОП-2, для захисту зору. Органи дихання захищають респіраторами з протипиловими та протигазовими патронами, в залежності від особливості роботи, яку виконують. Всі робочі місця, пов'язані з виробництвом соняшника, забезпечуються повністю укомплектованими медичними аптечками. Обов'язково робітникам, які зайняті на роботах з шкідливими умовами видається спеціальне харчування, обладнано місця для відпочинку, а також встановлено особливий режим праці. На кожному агрегаті для забезпечення пожежної безпеки встановлено:

- вогнегасник ОУ-3-1 шт.;
- штикова лопата-1 шт.;
- брезент, ящик з піском.;
- всі машини обладнані спеціальними засобами відводу статичної електрики.

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

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

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

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

Технічне обслуговування в польових умовах виконують у світлий час доби, як виняток допускається проведення його в нічний час двома працівниками за умови достатнього штучного освітлення. Для технічного обслуговування сільськогосподарських машин в польових умовах вибирається рівна, горизонтальна ділянка з урахуванням вимог пожежної безпеки, особливо під час збирання врожаю зернових культур. Під'їжджають агрегатом на підготовлений майданчик, гальмують, опускають робочі органи на землю і обов'язково вимикають двигун. В роз'єднаному стані для стійкості тракторів і сільськогосподарських машин підкладають упори. Перед тим, як домкратом підняти машину, під нього підкладають дошку, а потім під раму міцні підставки. Домкрати встановлюють в місцях, позначених на рамі або зазначених в заводській інструкції даної машини.

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

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

передач знаходиться у положенні “Нейтральне”. Не дозволяється стояти навпроти валів, які обертаються, ланцюгових та пасових передач, розвантажувальних вікон або конвеєрів.

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

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

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

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

При підвищенні температури в системі охолодження понад 105 °С і тиску (надлишковому) вище 30—40 кПа (0,3—0,4 ат) паровий клапан, при закритій кришці автоматично відкривається і випускає випари в атмосферу.

Якщо ж необхідно відкрити кришку радіатора, то відповідно до вимог безпеки праці, механізатор повинен цю операцію здійснює за два прийоми. Спочатку частково повертають до обмежувального упору (при цьому паровий клапан повністю відкриє доступ для пари від заливної горловини в зливну

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

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

Перевіряють справність обода, відсутність тріщин, забоїв. Якщо спрацьований протектор, то покришку вибраковуюють. При заміні деталей необхідно застосовувати знімачі і пристрої, які входять до обладнання пересувної майстерні.

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

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

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

Переконавшись у відсутності людей поблизу, випробовують машину спочатку на холостому ході, а потім під навантаженням, старанно перевіряють гальма і випробовують їх на ході. Для безпечного з'єднання трактора з начіпним знаряддям під'їжджають заднім ходом так, щоб кульові втулки нижніх тяг розмістилися проти відповідних пальців на рамі машини. За допомогою важеля гідророзподільника підводять втулки до стикання з пальцями, з'єднують кульові шарніри тяг з пальцями машини і

зашплінтовують. Якщо тракторний агрегат обладнаний автоматичною зчіпкою, її опускають разом з начіпним механізмом. Трактор подають назад, стежачи, щоб рамка автозчіпки увійшла в замок знаряддя і після включення гідросистеми на “Піднімання” знаряддя приєднують до трактора. Для надійного включення автозчіпки не допускається відхилення знаряддя вбік від осі трактора понад 120 мм, а їх замків вперед чи вбік більш як на 15°.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Отвори висівних апаратів очищають спеціальними чистиками, гачками. Розрівнюють насіння тільки лопатками.

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

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

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

6.2 Заходи цивільної оборони по усуненню наслідків надзвичайних ситуацій

Цивільна оборона України є державною системою органів управління, сил і засобів, що створюється для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру (закон "Про цивільну оборону України"). Найбільш повне та організоване виконання заходів цивільної оборони досягається завчасною розробкою плану заходів, які необхідно проводити при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

Найнебезпечніші аварії, які можуть виникнути на об'єктах господарювання:

- пожежі - це стихійне поширення вогню, що вийшов з-під контролю людини;
- повені - значні затоплення суходолу, коли вода у річках піднімається вище звичайного рівня внаслідок рясних опадів, швидкого танення снігів;

- снігові замети утворюються взимку під час снігопадів і бувають настільки великими, що набувають характеру стихійного лиха;
- неконтрольоване поширення сильнодіючих отруйних речовин в навколишнє середовище;
- землетруси.

Здебільшого аварії виникають через порушення технології виробництва, правил експлуатації обладнання, машин і механізмів; низьку трудову і технологічну дисципліну; недотримання заходів безпеки; незадовільне впровадження прогресивних систем пожежогасіння; відсутність належного нагляду за станом обладнання, а також через стихійні лиха.

Для оповіщення керівного складу, формувань цивільного захисту, працюючих і населення в господарстві повинна бути централізована система радіозв'язку та гучномовці. Інформація вищих органів доводиться до керівництва підприємства телефонним, поштовим та електронним зв'язком,

З метою приведення в готовність сил і засобів для рятувальних робіт в господарстві періодично відбуваються навчання на випадок виникнення аварій техногенного характеру.

В господарстві існує медпункт, який займається організацією медичного забезпечення.

Підприємство займається вирощуванням та виробництвом сільськогосподарської продукції, а тому заходів для безаварійної зупинки виробництва застосовувати не потрібно.

Організацію видачі засобів індивідуального захисту займаються керівники структурних підрозділів.

На випадок застосування заходів по евакуації робітників в господарстві обладнанні обладнані спеціальні транспортні засоби.

На випадок великих аварій для захисту цінного і унікального устаткування існують спеціальні сховища.

Стійкість роботи галузі рослинництва забезпечується чіткою системою постачання паливо-мастильних матеріалів, створення їх резервів.

Стійкість роботи техніки, технологічного обладнання і механізмів забезпечується проведенням періодичних технічних оглядів, поточних та планових ремонтів.

Для забезпечення надійності системи управління і зв'язку здійснюється періодичне підвищення рівня кваліфікації кадрів, тестуються системи зв'язку та оповіщення.

В цілому, стан цивільної оборони у господарстві знаходиться на рівні дещо нижче задовільного і потребує значного поліпшення. На сільськогосподарських об'єктах у надзвичайних умовах проводять комплекс інженерно-технічних, технологічних і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення роботи підрозділів господарства.

Інженерно-технічні заходи повинні забезпечити підвищення стійкості виробничих будівель і споруд, обладнання, комунально-енергетичної мережі, захисних споруд.

Технологічні заходи передбачають підвищення стійкості роботи об'єктів впровадженням технологічних процесів, що спрощують виробництво і зменшують можливість впливу небезпечних факторів на людей і матеріальні засоби.

Організаційні заходи передбачають завчасну розробку і планування дій керівного складу спеціалістів об'єкту, штабу, служб і формувань цивільної оборони (ЦО) при виробничому процесі, проведенні рятувальних і невідкладних робіт у надзвичайних умовах.

Заходи забезпечення роботи підрозділів господарства у надзвичайних ситуаціях невіддільні від заходів, що стосуються роботи всього об'єкту, і є їх складовою частиною. За часом виконання вони поділяються на ті, які виконують завчасно, при загрозі виникнення і при виникненні надзвичайної ситуації. До них належать:

- забезпечення захисту працюючих;

- підвищення стійкості будівель і споруд проти дії надмірного тиску ударної хвилі, руйнівної сили землетрусу, урагану, високої температури;
- підвищення стійкості роботи підрозділів в умовах радіоактивного забруднення (підготовка до герметизації виробничих будівель і споруд шляхом створення тамбурів, ущільнення дверей, вікон; обладнання фільтрів і вентиляції; розробка режимів захисту працюючих в умовах радіоактивного забруднення);
- підвищення стійкості підрозділів господарства проти впливу електромагнітних імпульсів здійснюється встановленням захисних екранів і пристроїв, захистом кабельних ліній, антен; використанням паралельних двопровідних ліній;
- організація надійності управління (передбачає розробка системи оповіщення керівного складу, спеціалістів і працюючих; надійне управління при веденні всього технологічного комплексу робіт у надзвичайних ситуаціях, при рятувальних і невідкладних роботах);
- забезпечення надійного матеріально-технічного забезпечення підрозділів, яке залежить: від стійких зв'язків з підприємствами і базами постачання, створення запасів палива, мастильних матеріалів, запасних частин, обладнання тощо; можливості виготовлення необхідних запасних частин, комплектуючих виробів та інструментів своїми силами, від безпечного зберігання гарантійного запасу всіх матеріалів.

Таким чином, проведений аналіз і розроблені заходи з охорони праці і цивільної оборони можуть бути використані в господарстві для підвищення ефективності системи безпеки праці.

7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Основним показником економічної ефективності кожного прийому обробітку ґрунту, як відомо, є підвищення продуктивності праці, урожайності культур з мінімальними затратами праці і засобів при виконанні всіх технологічних операцій.

Застосування удосконаленої дискової борони дозволить підвищити якість обробітку ґрунту і урожайність сільськогосподарських культур як мінімум на 10%.

При розрахунках економічної ефективності за базову машину приймаємо серійну дискову борону БДС-3,5. Вихідні дані для розрахунку зводимо в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показники	БДС-3,5	БДМ-3,5М
Маса, кг	1570	1770
Ширина захвату, м	3,5	3,5
Продуктивність, га/год.	2,0	2,24
Агрегатується з трактором	ХТЗ-120	ХТЗ-120

Енергоємність операції визначається за формулою:

$$F = \frac{N}{W}, \quad (7.1)$$

де N – потужність двигуна трактора, $N_{\text{ХТЗ-120}} = 121,3$ кВт.

Енергоємність операції, яку виконує серійний агрегат, становить:

$$F_c = \frac{121,3}{2,0} = 60,65 \text{ кВтгод./га.}$$

Енергоємність операції, яку виконує розроблений агрегат, становить:

$$F_H = \frac{121,3}{2,24} = 54,15 \text{ кВт·год./га.}$$

Металоємність операції визначається за формулою:

$$M = \frac{M_M}{W}, \quad (7.2)$$

де M_M – маса машини, кг.

Для серійної машини металоємність становить:

$$M_c = \frac{1570}{2,0} = 785,0 \text{ кг · год./га.}$$

Для удосконаленої дискової борони металоємність становить:

$$M_H = \frac{1770}{2,24} = 790,2 \text{ кг · год./га.}$$

Затрати праці на обробіток ґрунту визначаємо за формулою:

$$H = \frac{K}{W}, \quad (7.3)$$

де K – кількість обслуговуючого персоналу агрегату;

W – продуктивність агрегату за годину.

Затрати праці на обробіток ґрунту серійним агрегатом становлять:

$$H_c = \frac{1}{2,0} = 0,5 \text{ люд.год./га.}$$

Затрати праці на обробіток ґрунту агрегатом з удосконаленою бороною становлять:

$$H_n = \frac{1}{2,24} = 0,45 \text{ люд.год/га.}$$

Прямі експлуатаційні затрати при проведенні обробітку ґрунту визначаються по формулі:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{ПММ}}, \quad (7.4)$$

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;

$C_{\text{ПММ}}$ – 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:

$$C_o^1 = \frac{C_T}{W_{\text{ЗМ}}}, \quad (7.5)$$

де C_T – оплата праці за тарифною сіткою;

$W_{\text{ЗМ}}$ – продуктивність агрегату за зміну.

Для механізатора, який працює на базовому агрегаті по четвертому розряду вона становить 348,0 грн. за зміну (з врахуванням підвищення мінімальної зарплати до 8000 грн.) [25]. А за 1 га обробленої площі оплата праці буде становити:

$$C_{o.B}^1 = \frac{348,0}{14,0} = 24,8 \text{ грн./га.}$$

Крім того, в господарстві проводиться доплата: 50 % - за складність робіт (становить 12,4 грн./га), 12% - за інтенсивність робіт (становить 3,0 грн./га). І тоді оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{\text{об}}^H = 24,8 + 12,4 + 3,0 = 40,2 \text{ грн./га.}$$

На цю суму механізатору нараховується 20 % за класність (становить 8,0 грн./га) і 51 % соціального страхування і ін. (становить 20,5 грн./га). І тоді вся оплата праці з нарахуваннями механізатору, який працює на базовому агрегаті, становить:

$$C_{об} = 40,2 + 20,5 + 8,0 = 68,7 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на тракторі з удосконаленим знаряддям, оплата праці буде проводитися по четвертому розряду тарифної сітки і за 1 га обробленої площі становить:

$$C_{O.H}^1 = \frac{348,0}{15,68} = 22,2 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно нараховуються всі необхідні доплати: 50 % за складність робіт (11,1 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (2,7 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{он}^H = 22,2 + 11,1 + 2,7 = 36,0 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 51 % соціального страхування (18,4 грн./га) і 20% за класність (становить 7,2 грн./га) і оплата праці з усіма нарахуваннями для механізатора, який працює на новому агрегаті, буде становити

$$C_{он} = 36,0 + 18,4 + 7,2 = 61,6 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_a = \frac{S \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (7.6)$$

де S – ціна машини, грн.;

D – кількість днів роботи за рік;

K – коефіцієнт змінності.

За нормативами [22] річна норма відрахувань для всіх борін загального і спеціального призначення становить 15 %. Тоді нарахування на амортизацію для базової машини будуть становити:

$$C_{аб} = \frac{160000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 14,0} = 31,75 \text{ грн./га.}$$

Для нового знаряддя амортизаційні відрахування будуть становити:

$$C_{ан} = \frac{162000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 15,68} = 28,70 \text{ грн./га.}$$

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:

$$C_{ПММ} = Ц_{п} \cdot g_{га}, \quad (7.7)$$

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

$g_{га}$ – витрати палива на 1 га.

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

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьогоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 59,7 грн./л. Тоді затрати на паливо і мастильні матеріали для базового агрегату будуть становити:

$$C_{\text{пмм}}^6 = 59,7 \cdot 6,99 = 417,3 \text{ грн./га.}$$

Аналогічні затрати на роботу нового агрегату будуть складати:

$$C_{\text{пмм}}^{\text{н}} = 59,7 \cdot 6,1 = 364,2 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі затрати на обробіток ґрунту серійною дисковою бороною будуть становити:

$$C_{\text{с}} = 68,7 + 31,75 + 31,75 + 417,3 = 549,5 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі затрати на обробіток ґрунту новим знаряддям будуть становити:

$$C_{\text{н}} = 61,6 + 28,70 + 28,70 + 364,2 = 483,2 \text{ грн./га.}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні нового універсального знаряддя будуть становити:

$$E = C_{\text{с}} - C_{\text{н}} = 549,5 - 483,2 = 66,3 \text{ грн./га.} \quad (7.8)$$

В відсотках економічний ефект становить:

$$E_{\text{п}} = \frac{66,3 \cdot 100}{549,5} = 12,1 \text{ \%}.$$

Крім того, за рахунок підвищення якості обробітку ґрунту урожайність сільськогосподарських культур підвищується, як мінімум, на 10%. При урожайності соняшнику 35 ц/га економічний ефект від отримання додаткової продукції становитиме:

$$E_{\text{д}} = 0,35 \cdot 23000 = 8050,0 \text{ грн./га.}$$

Загальний економічний ефект з 1 га буде становити:

$$E_3 = 66,3 + 8050,0 = 8116,3 \text{ грн./га.}$$

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Назва показників	Серійний агрегат	Новий агрегат
1. Продуктивність агрегату, га/год.	2,0	2,24
2. Питомі витрати палива, кг/га	6,99	6,1
3. Енергоємність, кВт · год./га	60,65	54,15
4. Металоємність, кг · год./га	785,0	790,2
5. Затрати праці, люд.год./га	0,5	0,45
6. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	549,5	483,2
в т.ч.: оплата праці з нарахуваннями	68,7	61,6
амортизаційні відрахування	31,75	28,70
затрати на ремонт і ТО	31,75	28,70
затрати на ПММ	417,3	364,2
7. Зниження прямих затрат, грн./га	--	66,3
8. Ефект від отримання додаткової продукції, грн./га	--	8050,0
9. Річний економічний ефект, грн.	--	3246520
10. Строк окупності затрат, років	--	0,05

Річний економічний ефект за умови впровадження розробки на площі 400 га буде становити

$$E_p = 8116,3 \times 400 = 3246520 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники представлені в таблиці 6.2.

Строк окупності затрат на виготовлення нової дискової борони визначається за формулою:

$$Z_o = \frac{S}{E_p} \quad (7.9)$$

$$Z_o = \frac{162000}{3246520} = 0,05 \text{ років.}$$

Таким чином, при впровадженні нової дискової борони зменшується енергоємність процесу, прямі експлуатаційні затрати, а також зменшуються затрати праці і є можливість збільшити урожайність соняшнику.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз властивостей і характеристик ґрунту показав, що вони змінюються у великих межах і залежать від багатьох природних факторів. Тому для якісного обробітку ґрунту слід використовувати різні технології і машини.

2. Аналіз сучасної ґрунтообробної техніки показує, що в світі і Україні зокрема розроблено і застосовується велика і різноманітна кількість ґрунтообробних машин. Це дозволяє зробити правильний їх вибір в конкретних виробничих умовах для забезпечення високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культур.

3. Для умов степової зони України необхідно застосовувати обробіток ґрунту з використанням розробленої борони, яка має ряд переваг в порівнянні з серійним агрегатом.

4. Розроблена конструкція дискової борони дозволяє використовувати її в агрегаті з трактором класу 3 – Т-150К, Т-150, ДТ-75 та ін. При цьому він має досить високі технологічні і якісні показники обробітку ґрунту.

5. Розроблені заходи по охороні праці можуть бути використані в господарстві при проведенні інструктажів з техніки безпеки на робочому місці перед початком польових робіт.

6. Доцільність використання розробленої дискової борони підтверджується економічним ефектом, який становить 8050,0 грн/га, а затрати на його виготовлення окупаються протягом першого року експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вольський В. А., Коцюбанський Р. В. Аналіз сучасних технологій та способів обробітку ґрунту// Агро Еліта.- 2023. -<https://agroelita.info/analiz-suchasnyh-tehnologij-ta-sposobiv-obrobitku-gruntu/> .
2. Що таке система обробки ґрунту? Види та особливості// <https://agrock.com.ua/blog/scho-take-sistema-obrobitku-gruntu-vidi-ta-osoblivosti>.
3. Малиновський Б. Основні технології обробітку ґрунту.// Пропозиція. – 2021. - <https://propozitsiya.com/ua/osnovni-tehnologiyi-obrobitku-gruntu>.
4. Карнаух О.Б., Накльока Ю.І. Особливості обробітку ґрунту в умовах змін клімату. – 18 червня 2021 р.// <https://superagronom.com/blog/825-osoblivosti-obrobitku-gruntu-v-umovah-zmin-klimatu>.
5. Йоганн Татцбер. Три системи обробітку ґрунту: в чому різниця? 02 вересня 2011 р. // <https://propozitsiya.com/ua/tri-sistemi-obrobitku-gruntu-v-chomu-riznicya>.
6. Черкащенко В. Обробіток ґрунту. Основні завдання для вирішення в умовах змін клімату 24 лютого 2021// <https://superagronom.com/blog/792-obrobitok-gruntu-osnovni-zavdannya-dlya-virishennya-v-umovah-zmin-klimatu>.
7. Тронь М., Кошеленко І. Сучасна техніка для ґрунтообробки// Пропозиція, №3.- 2002.- с.97 – 102.
8. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. – 384 с.
9. 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.
10. 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.

11. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

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

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

14. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.

15. Лаврухін А.В. Дискова борона. Авт. свід. на винахід № 1607700. – 23.11.90. Бюл. №43.

16. Блоштейн Е.В., Керенцев В.Г., Кузнєцов Ю.А. і ін. Ротаційних ґрунтообробний робочий орган. Авт. свід. на винахід №938767. – 30.06.82. Бюл. №24.

17. Агабейли Т.А., Кулібеков Г.М., Волнейкін В.В. і ін. Ґрунтообробне знаряддя. Авт. свід. на винахід №1380633. – 15.03.88. Бюл. №10.

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

19. Практикум з використання машин у рослинництві/ В.Ю.Ільченко та ін.; Дніпропетр. держ. агр. ун-т.- 2002.

20. Грицишин М. Аграрному сектору – вітчизняну техніку високого технічного рівня// Техніка АПК. - № 8, 2006. – с. 13 – 14.

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

22. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

23. Конарєв Ф.М., Пережогін М.А., Грянік Т.Н. Охорона праці, М.: Колос, 1982 – 355 с.

24. Зінченко В.Н. Рослинництво. - К.: Урожай, 2001.

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