

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності технології поверхневого обробітку ґрунту
з розробкою малогабаритної дискової борони

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41

спеціальності 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

	Ненчук А.Р.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Керівник	Сташків М.Я.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль	Сташків М.Я.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри	Бабій А.В.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Рецензент	Левкович М.Г.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Ненчуку Александру Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності технології поверхневого обробітку ґрунту
з розробкою малогабаритної дискової борони

Керівник роботи Сташків М.Я., к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16.06.2025

3. Вихідні дані до роботи агротехнічні вимоги до поверхневого обробітку ґрунту;
типовий технологічний процес поверхневого обробітку ґрунту; базова конструкція
дискової борони

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Аналіз об'єкту дослідження

2. Технологічна частина

3. Проектна частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки.

Перелік посилань

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

1. 3D-модель малогабаритної дискової борони. 2. Дискова борона. Складальне креслення.

3. Рама. Складальне креслення. 4. Секція передня. Складальне креслення. 5. Секція задня.

Складальне креслення. 6. Стійка. Складальне креслення. 7. Деталювання. 8. Схема

розрахунку сил дискової борони. 9. Схема розрахунку стійки борони. 9. Комп'ютерне

моделювання напружено - деформованого стану рами борони

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Комар Р.В., к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 22.01.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз об'єкту дослідження</i>	<i>01.02.2025</i>	
2	<i>Технологічна частина</i>	<i>11.02.2025</i>	
3	<i>Проектна частина</i>	<i>15.05.2025</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>25.05.2025</i>	
	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>05.06.2025</i>	

Студент

(підпис)

Ненчук А.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Ненчук Александр Русланович.

Тема роботи – „Підвищення ефективності технології поверхневого обробітку ґрунту з розробкою малогабаритної дискової борони”.

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Мета роботи – удосконалення технології поверхневого обробітку ґрунту з розробкою конструкції малогабаритної борони.

Об’єкт дослідження – технології поверхневого обробітку ґрунту дисковими робочими органами.

Предмет дослідження – дискові робочі органи для поверхневого обробітку ґрунту.

Методи дослідження: порівняльний, теоретико-емпіричний, математичного та комп’ютерного моделювання.

Отримані результати:

- проведено аналіз сучасних технологій поверхневого обробітку ґрунту;
- проведено аналіз агротехнічних вимог до машин для боронування;
- обґрунтовано конструкцію дискової борони та геометричні параметри дисків;
- розраховано регульовані параметри дискової борони та визначено її тяговий опір;
- вибрано енергетичний засіб для агрегаткування дискової борони;
- здійснено силовий аналіз роботи борони;
- розраховано на міцність стійку дискової борони;
- розраховано підшипник стійки секції борони;

- розраховано на міцність раму дискової борони з використанням комп'ютерного моделювання;

- подано вимоги техніки безпеки при експлуатації причіпних малогабаритних борін, розглянуто заходи запобігання виникнення надзвичайних ситуацій в системі безпеки життєдіяльності.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано удосконалення технології поверхневого обробітку ґрунту, яка передбачає застосування малогабаритної дискової борони.

Структура роботи.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 60 арк. формату А4, додатки – арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 13 арк. формату А4.

Ключові слова: поверхневий обробіток ґрунту, дискові робочі органи, малогабаритна борона, технологічні параметри, комп'ютерне моделювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	7
1.1. Характеристика умов поверхневого обробітку ґрунту.....	7
1.2. Агротехнічні вимоги до боронування.....	11
1.3. Аналіз машин для боронування.....	12
1.4. Ґрунтообробні машини з дисковими робочими органами.....	23
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	28
2.1. Обґрунтування конструкції борони	28
2.2. Обґрунтування технологічних параметрів дисків	29
2.3. Розрахунок регульованих технологічних параметрів борони.....	33
2.4. Визначення тягового опору дискової борони	35
2.5. Вибір енергетичного засобу.....	38
3. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	39
3.1. Розрахунок на міцність стійки секції борони.....	39
3.2. Розрахунок підшипника стійки секції борони	42
3.3. Розробка моделі об'єкту проектування	45
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	48
4.1 Загальні вимоги безпеки при роботі з бороною.....	48
4.2. Ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності.....	51
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57
ДОДАТКИ.....	60

ВСТУП

Однією з ключових передумов ефективного забезпечення населення України продовольчими ресурсами є інтенсивна індустріалізація аграрного виробництва, впровадження сучасних технічних засобів та завершення процесу комплексної механізації основних галузей рослинництва – зокрема рільництва, плодоовочівництва та виноградарства.

Підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва в умовах реформованого аграрного сектору є неможливим без належного матеріально-технічного забезпечення сільськогосподарських товаровиробників незалежно від форми власності. Рівень технічної оснащеності господарств суттєво впливає на загальну динаміку соціально-економічного розвитку держави.

Комплексна механізація аграрного виробництва – це системний підхід до організації технологічних процесів, у межах якого всі етапи вирощування сільськогосподарських культур, збирання врожаю, його післязбирального обробітку та закладання на зберігання здійснюються технічними засобами в узгодженій послідовності.

Сучасне рослинництво ґрунтується на широкому застосуванні машинних технологій, адаптованих до різних умов господарювання. Проте не всі технологічні схеми є однаково ефективними. Для вибору оптимального варіанта фахівці аграрної сфери проводять техніко-економічний аналіз відповідності застосовуваних технологій нормативним параметрам, визначають доцільність використання конкретних ресурсів і технічних засобів на всіх стадіях виробничого циклу.

На відміну від промислових виробництв, сільськогосподарська техніка безпосередньо взаємодіє з об'єктами живої природи – ґрунтом, насінням, рослинами, а також мікро- та макроорганізмами. Тому при конструюванні або виборі техніки враховуються не лише технологічні вимоги, а й агробіологічні

особливості вирощування культур, характер ґрунтів, кліматичні умови та строки виконання агротехнічних операцій.

Ефективне застосування техніки також потребує адаптації сільськогосподарських культур до машинної технології їх вирощування. Цей аспект враховується на етапах селекції та районування нових сортів.

Досягнення високої якості обробітку ґрунту та стабільного підвищення урожайності безпосередньо залежить від ефективного використання сучасних ґрунтообробних машин. Серед технічних засобів, що використовуються в Україні, близько 40 % складають дискові знаряддя.

Згідно з даними Державної служби статистики України, з 51,5 тис. сільськогосподарських підприємств понад 58 % обробляють площі менші за 50 га. Із них 6,2 тис. мають у користуванні від 1 до 5 га, а 4,3 тис. – від 5 до 10 га, що свідчить про переважання малих фермерських господарств у структурі агровиробництва.

Цей сегмент особливо потребує простих у конструкції, економічно доступних та надійних малогабаритних машин, які не вимагають складного технічного обслуговування й значних капіталовкладень.

Соціально-економічна роль таких технічних засобів полягає у постійному підвищенні продуктивності праці, покращенні якості продукції та умов праці аграріїв. Їх використання забезпечує впровадження сучасних технологій, підвищення врожайності та валових обсягів виробництва у галузі рослинництва.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

1.1. Характеристика умов поверхневого обробітку ґрунту

Одним із ключових чинників підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва та забезпечення стабільного росту врожайності культур є раціональний механічний обробіток ґрунту. Він полягає у впливі на ґрунтове середовище робочими органами сільськогосподарських машин з метою формування оптимальних умов для росту культурних рослин. Такий вплив сприяє покращенню структури ґрунту, зокрема врівноваженню співвідношення капілярної і некапілярної пористості, а також забезпеченню необхідного рівня вологості й аерації. Крім того, стан ущільнення та характер поверхні орного шару визначають температурний режим ґрунту.

У результаті обробітку активізуються біологічні процеси, які сприяють акумуляції доступних для рослин елементів живлення, поліпшуються умови фотосинтезу, інтенсифікується газообмін, зокрема виведення вуглекислого газу. Внесення мінеральних та органічних добрив у правильно оброблений ґрунт стає значно ефективнішим. Обробіток також сприяє підвищенню доступності поживних речовин із глибших горизонтів, стимулює проростання насіння бур'янів, яке потім знищується під час повторного обробітку. Однією з найважливіших функцій цього процесу є боротьба з фітопатогенами, шкідниками, а також загортання засобів захисту рослин і добрив у ґрунт.

Конкретні завдання механічного обробітку формуються відповідно до агровиробничих умов. Наприклад, на полях, що надмірно засмічені бур'янами, пріоритетним є їх повне знищення. У разі обробки задернілих земель, таких як цілинні площі або культурні пасовища, основна мета – видалення багаторічної рослинності та створення сприятливого середовища для рівномірного висіву й ефективного розвитку сходів.

У регіонах із недостатнім зволоженням завдання обробітку зводяться до збереження ґрунтової вологи та зменшення її втрат, зокрема випаровування й поверхневого стоку. Натомість у зонах надмірного зволоження обробіток спрямований на покращення повітряного і теплового режимів, а також підвищення рівня забезпечення поживними речовинами. В умовах ризику ерозійних процесів, зокрема вітрової ерозії чи водної ерозії на схилах, система обробітку має включати протиерозійні заходи, спрямовані на збереження та підвищення стійкості ґрунтового покриву.

Залежно від поставлених агротехнічних цілей, типу ґрунту, рівня його окультуреності та фізико-механічних властивостей, у сільському господарстві використовують широкий спектр ґрунтообробних знарядь. Вибір конкретних засобів механічного впливу обумовлюється також погодними умовами, ступенем засміченості поля бур'янами, агробіологічними особливостями вирощуваних культур та фазою вегетації.

Основні технологічні операції механічного обробітку включають: оборот пласта, глибоке чи поверхнєве розпушування з одночасним подрібненням ґрунтової маси, перемішування органіки й мінеральних речовин, ущільнювання та вирівнювання поверхні, а також обробіток із збереженням поживних решток на полі для покращення структури ґрунту й захисту від ерозії.

Ці дії реалізуються через низку способів механічного обробітку, серед яких: оранка з відвалом, глибокий безвідвальний обробіток, культивація, лущення стерні, боронування, шлейфування, коткування, фрезерування, застосування плоскорізів, формування гребенів, грядок, борозен, щілинування.

У сучасному землеробстві виділяють три основні типи механічного обробітку ґрунту:

- *Основний обробіток* є підготовчим і включає, як правило, лущення післяжнивних решток та зяблеву оранку, що закладає основу для структури орного шару.

– *Спеціальний обробіток* застосовується в окремих умовах і передбачає такі операції, як обробка ущільнених або заболочених ґрунтів, глибоке розпушення на плантажну або ярусну глибину, обробка фрезою чи буріння лунок для садіння багаторічних культур.

– *Поверхневий обробіток* спрямований на обробку верхнього шару і охоплює боронування, шлейфування, культивацію, коткування, нарізування гребнів, формування гряд та підгортання.

Особливу роль відіграє передпосівний обробіток, що проводиться на незначну глибину і забезпечує збереження вологи у верхньому шарі, знищення бур'янів, оптимізацію ґрунтової структури та створення найсприятливіших умов для сходження насіння.

Основне призначення розпушування полягає в порушенні щільної структури орного шару, зміні просторового розміщення ґрунтових частинок і збільшенні загального об'єму ґрунту. Одночасно з цим проводиться кришіння – подрібнення грудок до дрібногрудкуватого стану. У результаті підвищується некапілярна пористість, посилюється газообмін, покращується водопроникність, активізуються аеробні мікробіологічні процеси та усувається ґрунтова кірка, яка перешкоджає нормальному проростанню культур.

Вимоги до структури та ступеня розпушення орного шару залежать від кліматичних умов, біологічних особливостей вирощуваних культур, типу ґрунту. У деяких випадках доцільним є глибоке розпушування шляхом застосування ґрунтопоглиблювальних технологій. Водночас у південних регіонах, зокрема при обробітку чорних парів, практикується чергування зон розпушеного ґрунту з ущільненими прошарками, що дозволяє ефективно зменшувати випаровування вологи з верхнього горизонту.

Для забезпечення оптимальної глибини обробітку використовують різні типи ґрунтообробної техніки: борони, культиватори, фрези. Поєднання дії культиваторів і котків дозволяє формувати чергування зон з різним ступенем ущільнення, адаптуючи структуру ґрунту до агротехнічних вимог. Зокрема, борони є універсальними агрегатами, які виконують одразу декілька функцій:

розпушення верхнього шару, вирівнювання мікрорельєфу, обмеження випаровування, а також допомагають у рівномірному загортанні насіння, що забезпечує дружні та рівномірні сходи.

При вирощуванні озимих культур важливу роль відіграє вирівнювання поля – на однорідній поверхні зменшується ризик вимокання рослин і створюються умови для рівномірного накопичення вологи. Рівна поверхня ґрунту також сприяє кращому функціонуванню посівної, доглядової та збиральної техніки, що, своєю чергою, позитивно впливає на загальну продуктивність агропідприємств.

Засоби механічного впливу для поверхневого обробітку класифікують на такі основні групи:

- борони (зубчасті, дискові, сітчасті, шлейф-типу) – призначені для обробки ґрунту з метою знищення бур'янів, руйнування поверхневої кірки і вирівнювання поверхні поля;
- культиватори – застосовуються для суцільного або міжрядного обробітку на всіх етапах вегетації;
- котки – використовуються для ущільнення розпушеного шару, руйнування брил, а також для фінішного вирівнювання поля;
- фрези – універсальні машини, що дозволяють інтенсивно подрібнювати ґрунт у межах як міжрядь, так і по всій площі поля;
- комбіновані агрегати – багатофункціональні комплекси, що здатні за один прохід виконати декілька операцій і забезпечити підвищення ефективності польових робіт.

Раціональне та своєчасне застосування сучасних технічних засобів у механізованому обробітку ґрунту є критично важливим чинником не лише для збереження родючості, а й для досягнення стабільно високої врожайності сільськогосподарських культур.

1.2. Агротехнічні вимоги до боронування

Борони є важливими агрегатами в системі механізованого обробітку ґрунту і застосовуються переважно для боротьби з бур'янами, поверхневого розпушування верхнього шару ріллі, подрібнення грудок, вирівнювання мікрорельєфу поля, загортання насіння та мінеральних добрив, які були внесені розкидним способом, а також для доглядового боронування посівів озимих і технічних культур.

Залежно від маси знаряддя, боронування забезпечує розпушення ґрунту на глибину до 8 см. У процесі роботи відбувається часткове переміщення та вирівнювання поверхневого шару, а також ефективне знищення сходів бур'янів.

Результативність боронування визначається низкою факторів: масою та конструкцією борін, формою і геометрією зубів, кутом занурення робочих органів у ґрунт, рівнем вологості ґрунту, довжиною тяг борони, а також швидкістю руху агрегату. Важливу роль відіграє вологісний стан ґрунту. Надмірно зволожений ґрунт не піддається якісному розпушенню – він замазується та ущільнюється, що в подальшому призводить до надмірного пересихання після висихання. Водночас занадто сухі ґрунти схильні до надмірного подрібнення і пилювання, що погіршує їхню агрофізичну структуру.

Оптимальним є боронування ґрунту у фазі фізичної стиглості (при вологості 40–60% від максимальної вологоємності). Піщані ґрунти можна обробляти і при дещо вищому рівні вологості. У випадку надмірної сухості, особливо на важких ґрунтах, грудки не руйнуються, а лише переміщуються по поверхні. Повторне боронування пересохлого ґрунту може призвести до небажаного розподілу фракцій: більші агрегати залишатимуться на поверхні, а дрібні частинки – концентруватися нижче, сприяючи утворенню внутрішньогрунтової кірки.

Швидкість руху агрегату істотно впливає на якість обробітку. Підвищення швидкості до 6–7 км/год сприяє кращому подрібненню грудок,

однак надмірне прискорення призводить до коливань борін по глибині та ширині захвату, знижуючи рівномірність обробітку. Особливо це стосується легких борін, які можуть працювати нестабільно при високій швидкості.

Борони широко застосовують у різних агротехнічних прийомах: весняне розпушування та вирівнювання зябу; передпосівна підготовка площ і вирівнювання після сівби; руйнування поверхневої кірки й знищення бур'янів, догляд за посівами озимих культур і багаторічних трав навесні; обробіток чорних та зайнятих парів.

Згідно з вимогами агротехніки, при боронуванні зябу та чистих парів потрібно досягти глибини розпушення на 4–5 см. Поверхня поля має залишатися дрібно-грудкуватою з неглибокими борозенками (до 3–4 см) та грудками діаметром не більше 3 см. Якість обробітку передбачає відсутність пропущених ділянок. Глибина обробітку боронами залежить від виду культури: для багаторічних трав – 2–3 см, для озимих та просапних культур – 3–4 см, а для картоплі – до 4–5 см. Допустимий рівень пошкодження посівів у процесі боронування не повинен перевищувати 5%.

1.3. Аналіз машин для боронування

Борони класифікуються за конструкцією на кілька типів: зубові, сітчасті, дискові, шлейф-типу та ротаційні. Кожен тип має свої конструктивні особливості та призначення відповідно до специфіки агротехнічних операцій.

Зубові борони є найбільш поширеними і ефективними для поверхневого обробітку. Їхній основний робочий орган – це зуб, що функціонує як двогранний клин: переднє ребро виконує роль ріжучого елемента, а бокові грані – розсовують, розпушують і частково переміщують ґрунт, одночасно руйнуючи великі грудки. Зуби закріплюються на рамі – як правило, жорсткій або шарнірній. У випадку шарнірного з'єднання секцій формується сітчаста

конструкція, що забезпечує гарну адаптацію до мікрорельєфу поля й рівномірне заглиблення кожного зуба.

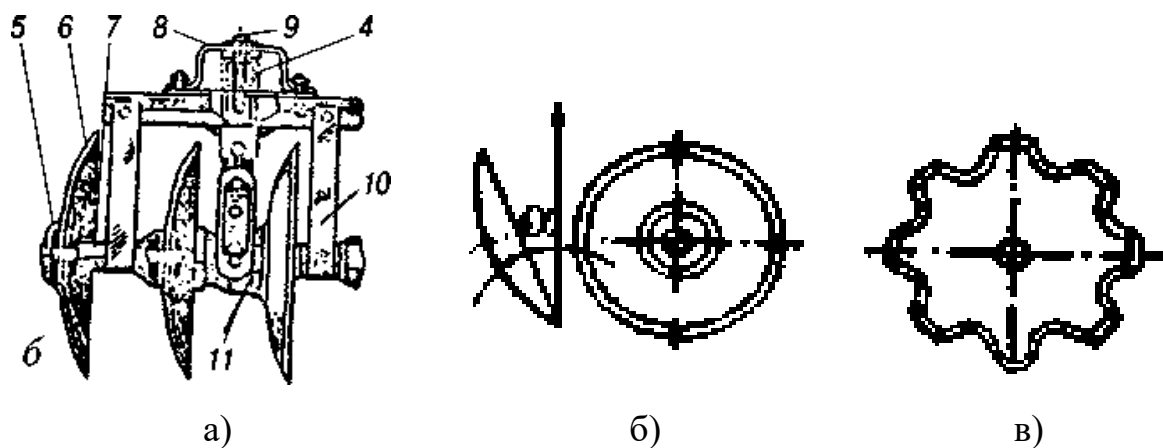
Залежно від конструкції, зуби поділяються на прямі, лапчасті та зігнуті, які часто оснащуються пружинними стояками для амортизації навантажень. За формою поперечного перерізу вони можуть бути квадратними, круглими, овальними або прямокутними. Для зубів із квадратним перерізом типовим є косий зріз на кінці, що впливає на глибину їх заглиблення: зуби, зорієнтовані зрізом проти напрямку руху, проникають у ґрунт глибше, ніж ті, що встановлені зрізом у напрямку руху.

Робоча глибина зубових борін становить у середньому від 3 до 10 см, залежно від маси знаряддя та типу ґрунту. Конструктивно борона складається з планок прямокутного або коритоподібного перерізу, у місцях перетину яких розміщені зуби. Окремі плашки борін з'єднуються повідками або ланцюгами через гачки, що дозволяє формувати агрегати різної ширини захвату.

Борони агрегатують, як правило, з тракторами тягових класів від 0,6 до 3 за допомогою причіпних систем, таких як С-18У, СГ-21, або приєднуються до інших сільськогосподарських машин – плугів, культиваторів, сівалок.

Дискові борони поділяються на польові, садові (легкі) та болотні (важкі), кожен тип яких виконує певні завдання залежно від умов обробітку. Польові борони застосовують для обробки зябу, розпушення ґрунту та знищення бур'янів. Легкі садові борони використовують переважно в міжряддях плодових насаджень із метою боротьби з бур'янами, внесення добрив, а також для періодичного основного обробітку ґрунту. Глибина обробітку для легких борін становить до 10 см, тоді як важкі здатні проникати до 20 см.

Робочим елементом дискової борони є сферичний сталевий диск діаметром 450 або 510 мм з гострою ріжучою крайкою (рис. 1.1, б). У конструкції важких дискових борін використовуються вирізні диски (рис. 1.1, в), які мають підвищену здатність заглиблюватись у ґрунт і водночас ефективно подрібнюють пожнивні рештки.



а – батарея дисків; в – сферичний диск; г – вирізний диск; 1 – начіпка; 2 – батарея; 3 – рама; 4 – брус боковий; 5 – вісь; 6 – диск; 7 – втулка; 8 – кронштейн; 9 – штир; 10 – чистик; 11 – підшипник; α – кут атаки.

Рисунок 1.1 – Робочі органи дискової борони

Декілька дисків 6 монтують на квадратній осі 5, утворюючи батарею (рис. 1,1, а). Між дисками встановлюють розпірні втулки 7, що забезпечують необхідний інтервал. Вісь обертається в підшипниках 11, які дозволяють батареї вільно рухатися під час роботи агрегату.

У процесі обробітку ріжуча крайка диска відділяє тонку скибу ґрунту, яка піднімається вздовж внутрішньої поверхні диска, а потім, втрачаючи опору, осідає, частково перевертаючись і змішуючись. Це забезпечує розпушення, переміщення і часткове перемішування ґрунту. Ступінь заглиблення диска регулюється шляхом зміни кута атаки – кута між площиною, що проходить через різальну частину диска, і напрямком руху агрегату. Чим більший цей кут (у межах $10\text{--}20^\circ$), тим інтенсивніше занурюється диск у ґрунт.

Глибина обробітку змінюється в залежності від типу борони: польові дискові борони працюють на глибині до 10 см, садові – від 6 до 15 см, а болотні – до 25 см.

Начіпна дискова борона має у своїй конструкції декілька дискових батарей, кількість дисків у яких залежить від робочої ширини захвату, що становить 2 або 3 м. У варіанті з шириною 3 м по три батареї обладнані

дев'ятьма дисками, а четверта, задня ліва – десятьма. Додатковий диск призначений для обробітку необробленої смуги.

Кут атаки дисків регулюється шляхом зміщення кронштейнів по брусу з подальшою фіксацією за допомогою штирів. Глибину обробітку можна коригувати, завантажуючи баласт у спеціальні ящики, що додає агрегату необхідної маси.

Важкі дискові борони розроблені для інтенсивного обробітку ущільнених, необроблених ґрунтів будь-якого гранулометричного складу. Вони застосовуються для подрібнення пожнивних решток, поверхневої обробки ґрунту після оранки, руйнування скиб і брил, знищення бур'янів. У конструкціях передбачено як начіпні так і причіпні варіанти. Агрегати комплектуються від двох до восьми дискових батарей з діаметром дисків до 625 мм. Глибина обробітку сягає 20 см.

У конструкції деяких борін реалізовано кінематичну схему переведення бічних секцій у робоче або транспортне положення, що дозволяє найефективніше використовувати гідроциліндри в початковій фазі підйому батарей, коли ті ще заглиблені в ґрунт.

Підшипникові вузли захищені подвійною системою – манжетами та кільцевими канавками, заповненими мастилом, що запобігає проникненню абразивних часток у зону обертання, суттєво підвищуючи довговічність вузлів. Кріплення дисків на валах батарей здійснюється двобічними гайками, що гарантує їх надійне закріплення вздовж усієї осі. Диски мають маточини завширшки з квадратними отворами, що перешкоджають провертанню диска навколо осі при ослабленні затягування, тим самим подовжуючи строк служби і самих дисків, і осі батарей.

У конструкції борін використовують механізм автоматичної фіксації колісного ходу в транспортному та робочому положеннях, яким можна керувати безпосередньо з кабіни трактора за допомогою гідравліки. Для зручності транспортування центральну раму виконують з трьох розбірних секцій. За необхідності бічні секції можна зняти.

Дискові садові борони призначені для розпушування міжрядь у молодих і плодоносних садах, а також для підрізання бур'янів. Такі борони можна ефективно використовувати для основного обробітку з періодичним оранням, розробки плантажу або подрібнення зеленої маси сидеральних культур (наприклад, бобових) перед загортанням у ґрунт.

Агрегат має несиметричне розташування дискових батарей, що дає змогу зсувати його вбік від поздовжньої осі трактора на відстань до 250 см. Це дозволяє обробляти ґрунт під кронами старих дерев без наїзду коліс або гусениць на пристовбурні зони. Під час переїздів на малі відстані борона переміщується на власних дисках. Для транспортування на більші дистанції її встановлюють на начіпку трактора.

Під час роботи дискової борони її ріжуча крайка занурюється в ґрунт, відокремлює скибу і переміщує її на внутрішню опуклу поверхню диска. Подальший контакт із задньою частиною диска зумовлює відведення ґрунту вбік, де він осідає. Завдяки цьому процесу відбувається розпушення, часткове перемішування та обертання оброблюваного шару. Чим більшим є кут атаки, тим глибше диск заглиблюється в ґрунт і інтенсивніше його обробляє. Глибину обробітку можна регулювати як за рахунок зміни кута атаки, так і шляхом додаткового навантаження на агрегат (баластування), що підвищує тиск на ґрунт.

Борона забезпечує глибину розпушування до 15 см. Кут атаки дискових батарей регулюється в діапазоні від 0 до 30°. Призначена для міжрядного обробітку в садах із шириною міжрядь від 5 до 10 м. За швидкості руху 5–7,5 км/год агрегат здатен обробити до 2 га/год.

Борона БДСТ-3,5А конструктивно складається з передньої та задньої рам із батареями, причіпного пристрою, опорних пневматичних коліс і двох гідроциліндрів. Гідроциліндри забезпечують переведення агрегату з транспортного в робоче положення та зміну кута атаки дисків. На передній рамі розміщено три батареї по вісім суцільних сферичних дисків кожна. На кінці приставної задньої рами встановлено окремий диск діаметром 510 мм,

призначений для загортання борозни, утвореної крайнім диском задньої батареї.

Борона здатна працювати в садах із шириною міжрядь 5–10 м. При ширині міжряддя 5 м обробіток здійснюється в один прохід бороною шириною 3,5 м. Міжряддя шириною 6 м обробляються бороною 2,5 м за два проходи без приставних батарей. Для міжрядь 8 м застосовують два проходи бороною 3,5 м, а при ширині 10 м – три проходи. Робоча глибина обробітку становить до 15 см. Швидкість руху – до 8 км/год, продуктивність – від 2,4 до 3,75 га/год. Загальна маса агрегату – 1746 кг. Бокове зміщення від повздовжньої осі трактора може сягати 3,5 м. Обслуговування здійснює один тракторист.

Серія причіпних дискових борін МР 220–240 торгової марки «Massey Ferguson» (рис. 1.2) має ширину захвату в межах 2,3–5,8 м. Крайні секції конструкції можуть переводитися у транспортне положення. Навантаження на кожен блок змінюється від 73 до 256 кг. Кут атаки дисків регулюється плавно або за допомогою гвинтового механізму, або через гідроциліндри, керування якими здійснюється безпосередньо з кабіни трактора. Діаметр дисків у батареях – 610–760 мм. Для точного контролю робочої глибини передбачено гідравлічну систему з регулятором і шкалою з фіксованими мітками.

Опорні вузли батарей базуються на посилених конічних роликів підшипниках, які мають чотирикратну систему ущільнення за допомогою манжет, що забезпечує високу надійність і довговічність агрегату навіть у складних умовах роботи.



Рисунок 1.2 – Дискова борона виробництва Massey Ferguson

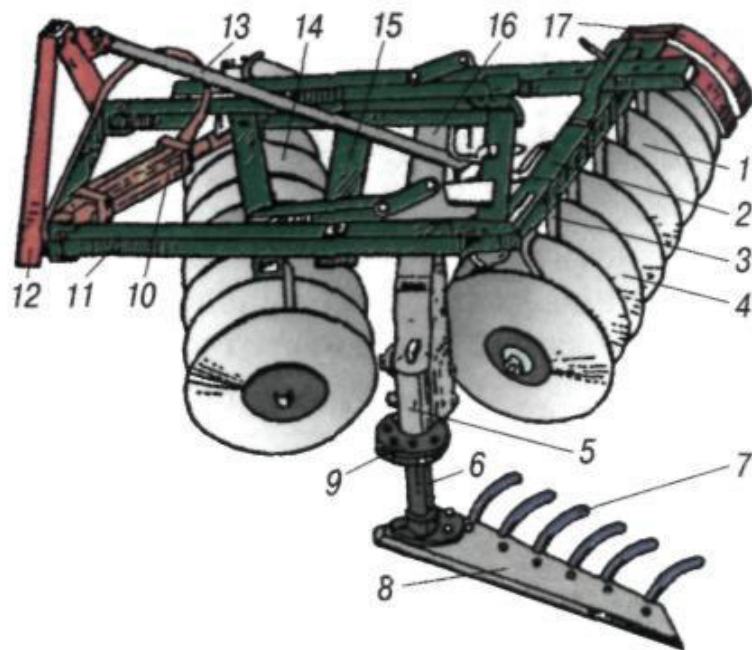
Унаслідок стрімкого зростання кількості малих приватних фермерських господарств в останні роки на ринку сільськогосподарської техніки з'являється все більше малогабаритних машин, спеціально адаптованих до роботи з мінітракторами.

На рис. 1.3 зображена модель дискової борони російського виробництва, що агрегатується з китайським мінітрактором. Тип приєднання – заднє триточкове з'єднання. Борона доступна у двох модифікаціях: із 14 дисками (ширина захвату 1,3 м) і з 18 дисками (ширина захвату 1,8 м). Диски встановлені в два ряди – по 7 та 9 штук відповідно. Для 14-дискової моделі рекомендована потужність трактора становить 16–18 к.с., а для 18-дискової – від 22 до 35 к.с.



Рисунок 1.3 – Малогабаритна дискова борона

Садова борона БДН-1,3А (борона дискова начіпна) (рис. 1.4) призначена для обробітку ґрунту в міжряддях ягідних кущів у садах. Агрегат комплектується спеціальним пристосуванням для ґрунтообробки в зоні кущів. Конструктивно може працювати як симетрично по осі руху трактора, так і зі зміщенням убік до 1,5 м від його поздовжньої осі. Ножі цього пристосування підрізають верхній шар ґрунту, а розпушувальні зуби, змонтовані на ножах, ефективно обробляють ґрунт як у міжряддях, так і безпосередньо під кущами, де робота основних дисків ускладнена.



1 – батарея дисків задня; 2 – рама борони; 3 – чистик; 4 – диск; 5 – втулка;
 6 – стояк ножа; 7 – зуб-розпушувач; 8 – ніж лівий; 9 – сектор для зміни кута
 атаки ножа; 10 – гідроциліндр; 11 – паралелограмний механізм;
 12 – кронштейн начіпки; 13 – тяга центральна; 14 – батарея дисків передня;
 15 – кутник поперечний; 16 – брус пристрою; 17 – кожух

Рисунок 1.4 – Дисківа борона БДН-1,3А

Борона БДН-1,3А (рис. 1.4) з навісним пристроєм складається з зварної рами (дві поздовжні та один поперечний брус із прямокутних труб), двох дискових батарей, механізму бокового зміщення, бруса для пристосування та начіпного вузла. Кожна дискова батарея змонтована на квадратній осі і включає по вісім дисків. Диски передньої батареї мають праве спрямування ріжучої крайки, задньої – ліве.

Поперечний брус жорстко з'єднаний із двома поздовжніми тягами, які формують разом із кронштейном начіпки чотириланковий паралелограмний механізм зміщення 11. До правої тяги та кронштейна приєднано виносний гідроциліндр, який дозволяє зміщувати агрегат у бік ряду або встановлювати його по ходу трактора.

Навісне пристосування для роботи в зоні кущів складається з двох підрізних ножів, закріплених на окремому поперечному брусі, що фіксується до рами за допомогою хомутів. Кожен ніж кріпиться до стояка з регульованими отворами для зміни глибини. До верхнього краю ножа болтами приєднані шість розпушувальних зубів.

Пружинна борона «Simmers» (HORSCH) (рис. 1.5) – призначена для вирівнювання мікрорельєфу поля перед проведенням сівби, розпушування ґрунтової кірки, яка формується після опадів, знищення бур'янів та боронування посівів.



Рисунок 1.5 – Пружинна борона «*Simmers*»

Це причіпна машина, що має раму, змонтовану на пневматичному ході, до якої приєднані поперечні балки круглого перерізу. Саме на цих балках у шаховому порядку розташовано пружинні зуби, які під час роботи перебувають у постійному коливальному (вібраційному) русі в усіх напрямках. Така динаміка забезпечує суцільне, рівномірне оброблення поверхні ґрунту.

У процесі експлуатації пружинні зуби інтенсивно розпушують поверхневий шар, ліквідуючи повітряні порожнини та видаляючи бур'яни разом із кореневою системою. Дрібнодисперсна фракція ґрунту ущільнюється у нижньому шарі, формуючи сприятливе середовище для загортання насіння, тоді як більші грудки залишаються на поверхні, захищаючи її від вітрової ерозії.

Особливістю конструкції є наявність гідравлічного обладнання, яке дозволяє очищати робочі органи від пожнивних залишків у процесі руху, без зупинки агрегату.

Ширина захвату борони становить 35 м, що забезпечує високу продуктивність – до 40 га/год. Залежно від виконуваних робіт, агрегат експлуатується у зчепленні з тракторами потужністю від 260 до 300 к.с.

Ротаційна борона «Циркон» (Lemken) (рис. 1.6) призначена для поверхневого розпушування та вирівнювання ґрунту, ефективного знищення бур'янів та подрібнення залишків рослинної маси після збирання врожаю. Застосовується також із метою закриття вологи та пригнічення падалиці й бур'янів у післяжнивний період.



Рисунок 1.6 – Ротаційна борона «Циркон»

Конструкція агрегату включає раму з пристроєм для приєднання до триточкової начіпної системи трактора. На рамі закріплено два квадратні бруси, на яких розташовані розпушувачі слідів трактора, що виконані у формі стрілочастих лап. На кожен слід припадає по дві лапи, положення яких можна точно налаштувати відповідно до ширини колії конкретного трактора. Всі лапи розпушувачів обладнані серійною системою автоматичного захисту від перевантажень, що забезпечує їх збереження в умовах складного мікрорельєфу.

Глибину обробітку лап регулюють зміщенням їх стояків у вертикальній площині. З обох боків борони встановлено бокові щитки, висоту яких також можна регулювати. Їхнє призначення – запобігати накопиченню ґрунтових гребенів, які можуть утворюватися внаслідок роботи зовнішніх зубчастих ножів. При наїзді на перешкоди бокові щитки автоматично відхиляються вгору, що забезпечує стабільну роботу агрегату в нерівних умовах.

Для зручності транспортування ротаційних борін із шириною захвату понад 3 метри передбачено легке складання бокових секцій, що дозволяє безперешкодно переміщатися по дорогах загального користування.

Ключовим конструктивним вузлом ротаційної борони є редуктор з піддоном, що виконує функцію передачі та узгодження крутного моменту до робочих органів. Редуктор виконаний у вигляді герметичної системи, виготовленої з товстостінної сталі, до якої приварені опорні елементи. Для захисту від забруднення вузол оснащено радіальними підшипниками, ущільненими з обох боків, а також додатковими наборами ущільнень, які перешкоджають потраплянню пилу й вологи в зону обертання.

Усередині жорсткого, стійкого до деформацій піддона, з високою точністю встановлені опорні вали та циліндричні зубчасті колеса, які забезпечують синхронну та стабільну роботу ротаційних ножеподібних зубів. Завдяки такій конструкції гарантується плавний хід агрегату, що позитивно впливає на якість обробітку та довговічність роботи всієї машини.

На сьогодні дискові борони залишаються найбільш поширеним типом ґрунтообробних знарядь у приватному фермерстві, оскільки відзначаються високою універсальністю, простотою експлуатації та надійністю в роботі.

1.4. Ґрунтообробні машини з дисковими робочими органами

Борони з дисками призначені для якісного подрібнення скиб після оранки, весняного обробітку зябу перед посівною кампанією, культивації чорних і зайнятих парів, а також міжрядного обробітку в садах. Основними робочими органами цих машин є увігнуті сферичні диски з ріжучими крайками, або так звані голчасті диски.

У процесі роботи сферичний диск вирізає тонкий шар ґрунту, розпушує його та відкидає вбік, частково перевертаючи. На сучасних боронах встановлюються два типи дисків: суцільні сферичні (рис. 1.7, а) і вирізні (рис. 1.7, б). Суцільні диски забезпечують стабільне й плавне обертання, а отже, і меншу динамічну дію на оброблюваний ґрунт і пожнивні рештки. Водночас цей тип дисків має нижчу інтенсивність обробки.

Щоб усунути зазначений недолік, використовують вирізні диски з фігурним контуром леза. Завдяки хордоподібним вирізам вони краще руйнують ущільнені ґрунтові грудки, а також ефективніше захоплюють і подрібнюють залишки рослин – значно результативніше, ніж це відбувається з дисками суцільного профілю.

Лезо диска загострюють з боку опуклої частини, при цьому кут загострення повинен перебувати в межах $\alpha = 10\text{--}20^\circ$. Товщину диска визначають залежно від його діаметра за формулою:

$$\delta = 0,008D,$$

де D – діаметр диска, мм.

Сам діаметр диска обчислюють за формулою:

$$D = k h_0,$$

де k – коефіцієнт, що залежить від типу обробітку (у межах 4–6),

h_0 – максимально можлива глибина обробітку, мм.

У сучасному машинобудуванні зазвичай застосовуються диски діаметром від 450 до 660 мм.

Розміри вирізів визначають за залежностями:

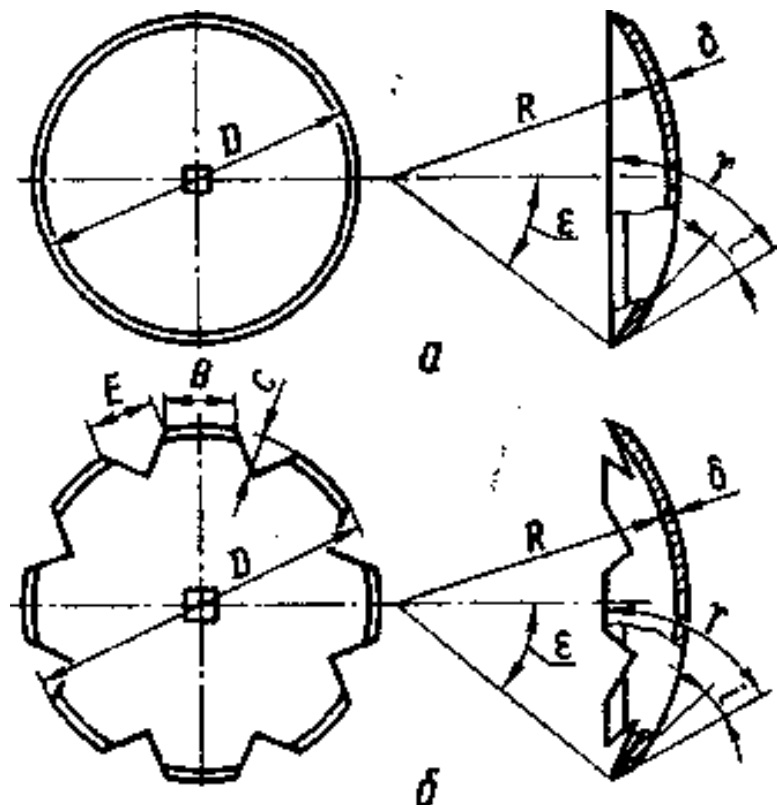
$$E = 3B/2; \quad C = D/8.$$

де B – ширина вирізу; E і C – відповідні параметри профілю леза.

Кількість вирізів на одному диску варіюється від 6 до 12. Відомо, що між діаметром диска і його радіусом кривизни існує функціональна залежність:

$$R = D/2 \cdot \sin \varepsilon,$$

де ε – кут встановлення дисків на бороні, що, як правило, становить $22\text{--}26^\circ$ [22].



а – з суцільним лезом; б – вирізний

Рисунок 1.7 – Сферичні диски

Польові дискові борони типів БД-10, БД-4,1 та БДН-3 застосовуються при обробітку ґрунту на глибину до $h_0 = 10$ см. У той час як важкі дискові борони, оснащені вирізними дисками, здатні здійснювати обробіток до глибини $h_0 = 20$ см.

Параметри розміщення дисків у батареї мають суттєве значення для забезпечення якісного обробітку. Зокрема, відстань між вертикально розташованими дисками визначається з урахуванням профілю поверхні поля після проходу по ньому борони за формулою [22]:

$$b \geq 2\sqrt{h_r(D - h_1)} \cdot \operatorname{tg} \alpha ,$$

де h_r – висота гребенів на дні борозен, що залишаються після проходження дискової батареї (для луцильників значення $h_r < 0,5h_0$);

α – кут установки диска (кут атаки, кут між площиною обертання диска та напрямком руху борони).

Для типових умов експлуатації кут атаки α знаходиться в межах $15\text{--}20^\circ$. На твердих, ущільнених або засмічених ґрунтах доцільно встановлювати максимальне значення кута атаки, оскільки це сприяє глибшому проникненню дисків та інтенсивнішому подрібненню ґрунту. Натомість на легких, пухких або малозасмічених ґрунтах кут атаки зменшують, щоб уникнути надмірного обертання ґрунтового шару та зниження рівня його вирівнювання.

Відстань b між послідовними дисками в батареї (рис. 1.8) повинна відповідати умові $b \geq 1,5/h_0$, де h_0 – глибина обробітку. Якщо ця умова не дотримана, існує ризик заклинювання ґрунту між сусідніми дисками, що може призвести до порушення технологічного процесу та перевантаження конструктивних елементів агрегату.

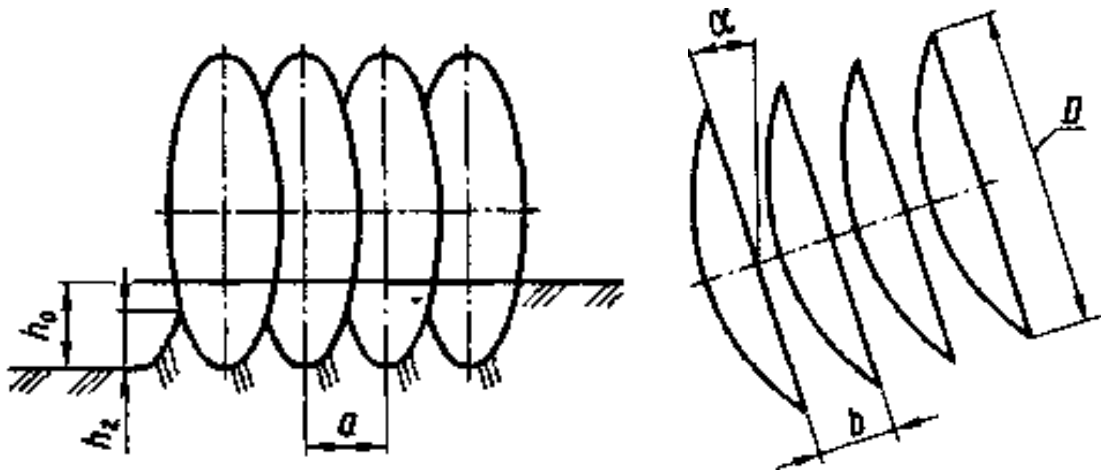
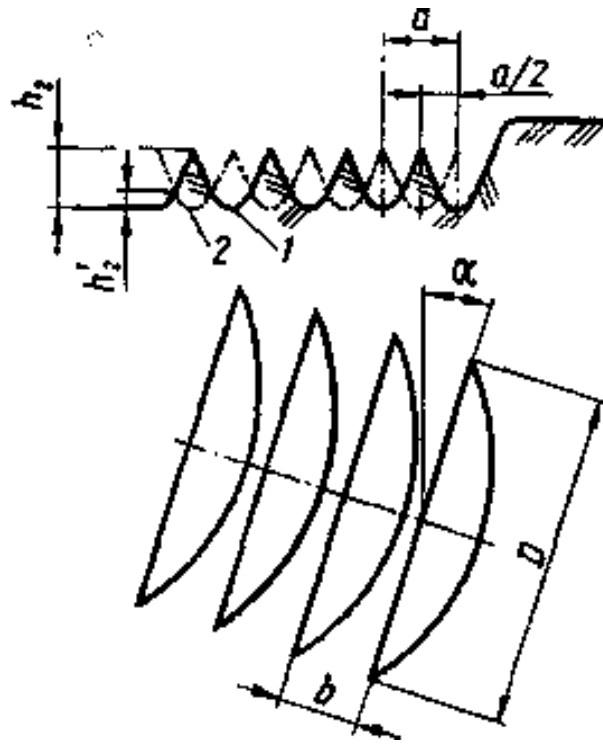


Рисунок 1.8 – Схема розміщення дисків відносно один одного

У випадку дискових борін, через невеликий кут атаки α , виконання умови $h_r \ll h_0$ (що є необхідним для досягнення якісного боронування) часто призводить до надмірного зближення дисків. Щоб уникнути цього та водночас забезпечити повноцінну обробку поверхні поля, борони конструктивно виконують як двослідні – тобто задню дискову батарею зміщують відносно передньої у поперечному напрямку на величину $a = (b/2) \cdot \cos \alpha$, де a – відстань між центрами борозен, які утворюються дисками сусідніх батарей.

Таке конструктивне рішення дозволяє здійснювати подвійний обробіток, внаслідок чого висота новоутворених гребенів h_r суттєво зменшується порівняно з тією, що виникає після проходження лише передньої батареї (рис. 1.9). Це забезпечує високу якість обробітку ґрунту навіть при мінімальній глибині ходу борони, що особливо важливо в умовах ресурсозберігаючих технологій.

Крім того, для покращення вирівнювання поля застосовується конструктивна схема, за якої диски передніх батарей орієнтовані увігнутим боком назовні, а диски задніх – усередину. Завдяки цьому ґрунт, який відкидається передніми батареями в один бік, компенсується рухом задніх дисків у протилежному напрямку, що сприяє формуванню рівномірного шару.



1, 2 – відповідно борозни передньої і задньої батарей

Рисунок 1.9 – Схема розміщення дисків задньої батареї відносно передньої

Зазначений ефект зберігається лише за умови, що робоча швидкість борони не перевищує 2 м/с, що підтверджено експериментальними дослідженнями [22].

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування конструкції борони

На сучасному етапі розвитку аграрного сектору основними споживачами малогабаритної сільськогосподарської техніки залишаються господарства, діяльність яких не пов'язана з великими земельними площами. До таких сфер належать: овочівництво, садівництво, тваринництво, кормовиробництво та картоплярство. У цих галузях надзвичайно важливо забезпечити ефективну механізацію виробничих процесів з урахуванням компактності використовуваної техніки.

Попри обмежене висвітлення в науковій літературі питань, пов'язаних із підвищенням ефективності праці в малих фермерських та особистих селянських господарствах, саме на ці форми господарювання сьогодні припадає понад 60% валової сільськогосподарської продукції. Однак, низький рівень технічного забезпечення таких господарств значно ускладнює реалізацію технологічних операцій із мінімальними затратами праці.

Якщо у великих агропідприємствах, завдяки високому рівню механізації, трудовитрати можуть становити 0,2–0,5 люд.-год/т, то на ділянках площею лише кілька гектарів ці показники сягають 12–15 люд.-год/т і більше, що є суттєвим обмеженням для зростання ефективності виробництва.

З огляду на ці фактори, метою даної дипломної роботи є розроблення конструкції компактної дискової борони, придатної до агрегування з малогабаритними тракторами. Знаряддя повинне бути сумісним із тракторами тягового класу 0,2–0,9, які найчастіше використовуються в малих фермерських господарствах.

Проектowana борона повинна відповідати наступним технічним вимогам:

- ширина захвату – до 1,5 м;
- глибина обробітку – до 100 мм;

- продуктивність – не менше 1,5 га/год;
- кут атаки дисків – регульований у межах 10–30°.

Передбачається, що запропонована конструкція зможе ефективно працювати як на легких, так і на середньосуглинкових ґрунтах, зокрема на ділянках до 10 га, а також у садах, тепличних господарствах та парниках, де застосування великогабаритної техніки є недоцільним або неможливим.

Враховуючи, що навісні агрегати мають меншу масу (у 1,5–2 рази легші за причіпні), простішу конструкцію, кращу маневреність та вищу продуктивність, доцільно реалізувати запропоновану конструкцію дискової борони саме у вигляді навісної машини. Це спростить транспортування, зменшить витрати на обслуговування та забезпечить кращу адаптацію до умов роботи на обмежених площах.

2.2. Обґрунтування технологічних параметрів дисків

Основною відмінною рисою робочих органів дискового типу є поєднання поступального руху, що виникає внаслідок тяги машини, з обертним рухом, який здійснюється за рахунок взаємодії з ґрунтом. Саме обертання забезпечує високий рівень подрібнення та перемішування оброблюваного шару.

Завдяки своїй геометрії дискові робочі органи значно менше забиваються пожнивними рештками, ніж, наприклад, лапові або прямолінійні елементи. Це особливо актуально при роботі на засмічених полях або в післяжнивний період.

Найбільшого поширення в конструкціях борін набули сферичні диски (рис. 1.2, в), які забезпечують якісну обробку ґрунту на середніх і легких за структурою ділянках. Для обробітку важких, ущільнених або задернілих ґрунтів доцільним є використання вирізних дисків (рис. 1.2, г), що встановлюються на важкі дискові борони.

У сучасному сільськогосподарському машинобудуванні перевага надається дискам з постійною кривизною, тобто таким, у яких кожна точка

робочої поверхні належить сферичному сегменту. Натомість диски змінної кривизни, які утворюються обертанням параболічного чи еліптичного профілю, у широкій практиці не прижилися.

До геометричних параметрів сферичного диска належать:

- діаметр диска D (рис. 1.7),
- радіус кривизни r ,
- кут φ , що є половиною центрального 2φ кута дуги, яка утворюється при діаметральному перерізі диска,
- кут загострення леза i ,
- кут нахилу фаски ω ,
- кут різання α ,
- потиличний кут γ (тобто задній кут),
- товщина диска δ .

Кожен із зазначених параметрів має функціональне та технологічне значення, що впливає на якість обробітку, зносостійкість, глибину проникнення та ефективність кришіння.

Діаметр диска D – один з найважливіших показників, який безпосередньо впливає на максимальну глибину обробітку h_0 . Проте, зі збільшенням діаметра диска спостерігається зростання вертикальної складової реакції ґрунту і його здатність до заглиблення зменшується, що може знижувати ефективність роботи на твердих ділянках. Тому діаметр слід вибирати якнайменший із допустимого діапазону, залежно від умов експлуатації.

Рекомендоване співвідношення між діаметром диска і глибиною обробітку визначається формулою:

$$D = k h_0, \quad (2.1)$$

де k – коефіцієнт, для борін $k = 4,0\text{--}6,0$.

У практиці найчастіше застосовуються диски діаметром від 450 до 660 мм.

$$D = (4\ldots 6) 100 = 400\ldots 600.$$

Для даного випадку приймаємо $D = 450$ мм.

Радіус кривизни r безпосередньо впливає на ефективність деформаційного впливу диска на ґрунт, інтенсивність його розпушування, подрібнення та перевертання скиби. Зменшення радіуса кривизни призводить до зростання інтенсивності обробки, проте вибір r завжди повинен узгоджуватись із значенням D .

Зв'язок між радіусом кривизни і діаметром диска описується формулою:

$$r = D / 2 \sin \varepsilon, \quad (2.2)$$

де ε – половина центрального кута дуги діаметрального перерізу диска. Для борін зазвичай $\varepsilon = 22\text{--}26^\circ$.

$$r = 450 / 2 \sin 22 = 600 \text{ мм.}$$

Кут заточки леза i є одним із ключових параметрів, що визначають ефективність роботи дискового робочого органа. Він суттєво впливає на енергетичні затрати, якість різання ґрунту, зношуваність ріжучої крайки та загальну інтенсивність обробітку.

У більшості випадків сферичні диски заточують з опуклого (зовнішнього) боку, що забезпечує оптимальний кут входження у ґрунт і зменшує опір. Для робочих органів дискових борін та луцильників рекомендований кут заточки становить $i = 10\text{--}20^\circ$. В умовах експлуатації на твердих, ущільнених ґрунтах можливе заточування з внутрішнього (увігнутого) боку для покращення заглиблення.

У межах даної конструкції приймаємо $i = 15^\circ$.

Кут нахилу фаски γ (тобто кут між фаскою заточування та основою диска) визначається з урахуванням половини центрального кута дуги діаметрального перерізу диска φ та кута заточки i . Геометричний взаємозв'язок між цими параметрами задається формулою:

$$\gamma = i + \varepsilon, \quad (2.3)$$

$$\gamma = 15 + 22 = 37^\circ.$$

Це співвідношення дозволяє коректно розрахувати положення фаски відносно базової площини диска, що має значення для забезпечення стабільної роботи в ґрунті без перевантажень і перевертання агрегату.

Товщина диска δ є ще одним важливим геометричним параметром, який впливає на міцність, довговічність та опір зношуванню. Її визначають за емпіричним співвідношенням:

$$\delta = 0,008D,$$

де D - діаметр диска, мм.

При $D = 450$ мм отримаємо:

$$\delta = 0,008 \cdot 450 = 3.6 \text{ мм.}$$

Оскільки стандартна товщина повинна бути кратною значенням прокатного сортаменту, товщину диска $\delta = 4$ мм.

Загальний вигляд диска та основні конструктивні параметри представлені на рис. 2.1, який ілюструє всі його ключові геометричні характеристики.

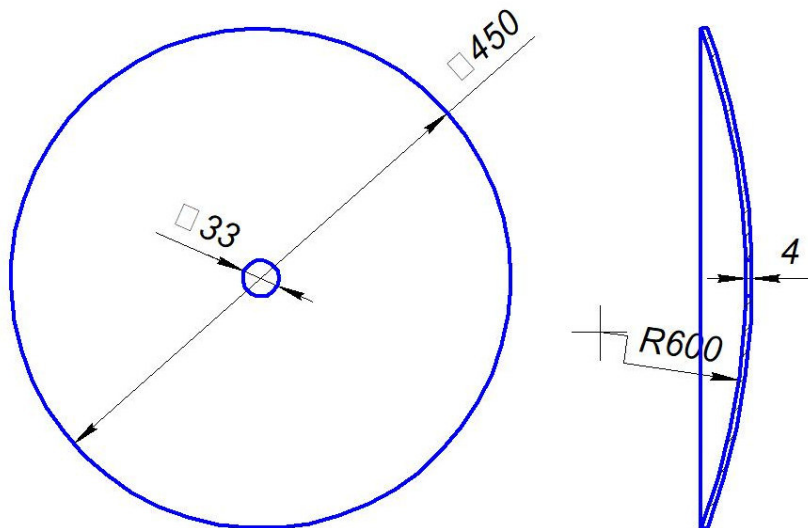


Рисунок 2.1 – Конструктивні параметри диска

2.3. Розрахунок регульованих технологічних параметрів борони

До регульованих параметрів дисків, які мають технологічне значення, відносяться кут α між площиною обертання диска і напрямком поступального руху знаряддя (кут атаки), кут γ нахилу площини обертання диска від вертикалі або кут між віссю обертання диска і горизонталлю та вага знаряддя.

Процес роботи проходить так. При переміщенні сферичного диска під кутом α до напрямку руху, він, завдяки зчепленню з ґрунтом, обертається і вирізає з нього скибу еліптичного перерізу (рис.1.9). Диск, який рухається поруч, також вирізає скибу, внаслідок чого утворюється гребенисте дно.

Кут атаки α дисків впливає на процес їх роботи. Чим більший кут атаки, тим більше кришиться та розпушується ґрунт і краще підрізаються бур'яни і заробляються насіння бур'янів. Проте надмірне збільшення кута атаки ускладнює сповзання частинок ґрунту з поверхні диска, а також приводить до скупчування ґрунту перед диском. При невеликих кутах атаки ($10-20^\circ$) диски розрізають верхній шар ґрунту і лише частково кришать і розпушують його. В дискових боронах диски розміщуються під кутом атаки $\alpha = 10-22^\circ$.

Висота гребенів, що утворюються між проходами дисків, характеризує якість обробітку ґрунту, і залежить від діаметра диска D , кута атаки α і віддалі між дисками b . Для визначення взаємозв'язку між цими параметрами розглянемо прямокутний трикутник ОАВ, в якому $ОВ = D/2$, $АО = D/2 - h_0$ і $АВ = c/2$ (рис. 1.10). Виходячи з цього, можна записати:

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 = \left(\frac{D}{2} - h_0\right)^2 + \left(\frac{c}{2}\right)^2. \quad (2.4)$$

Після перетворення маємо:

$$h^2 - Dh + \left(\frac{c}{2}\right)^2 = 0, \quad (2.5)$$

звідки:

$$h_{1,2} = \frac{D}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - c^2}. \quad (2.6)$$

Умову завдання задовольняє лише другий корінь, бо h не може бути більше $D/2$, тобто:

$$h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - c^2}. \quad (2.7)$$

Оскільки $c = b \operatorname{ctg} \alpha$, то:

$$h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - b^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha}. \quad (2.8)$$

Із залежності (2.8) видно, що висота гребенів із збільшенням кута атаки зменшується. Нормальною висоту гребенів для якісного обробітку ґрунту вважають $h_{\Gamma} \leq 0,5h_0$.

Відстань b між вертикальними дисками у батареї борони визначають за формулою [24]:

$$b \geq 2\sqrt{h_{\Gamma}(D-h)} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.9)$$

Віддаль між дисками b приймається із умови запобігання заклинювання скиби ґрунту між сусідніми дисками. Це досягається при:

$$b \geq 1,5h_0. \quad (2.10)$$

$$b \geq 2\sqrt{0,5 \cdot 150(450-150)} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 110 \text{ мм}.$$

Враховуючи умову (2.10) приймаємо $b=220$ мм.

Поряд з висотою гребенів якість роботи луцильників визначається повнотою підрізання бур'янів і пожнивних решток. Дослідом встановлено, що повнота підрізання бур'янів і пожнивних решток залежить не тільки від кута атаки, але і від швидкості руху луцильника. Найменша кількість не підрізаних бур'янів має місце при максимальному куту атаки 35° . При збільшенні швидкості до 2 м/с число не підрізаних бур'янів зменшується, а при дальшому збільшенні швидкості – зростає.

Глибина ходу дисків залежить від навантаження на диск, кута атаки і швидкості переміщення знаряддя. Чим більше навантаження на диск і кут атаки, тим більша глибина ходу диска. При збільшенні швидкості руху знаряддя глибина ходу дещо зменшується. Доцільно працювати з дисковими луцильниками при швидкості до 2 м/с.

2.4. Визначення тягового опору дискової борони

Під час роботи сферичного диска на його увігнуту поверхню, лезо та фаску загострення діє тиск ґрунту і, крім того, виникають сили тертя. Дія ґрунту на диск призводить до поздовжньої R_x , поперечної R_y та вертикальної R_z складових реакції ґрунту (рис. 2.2) [24].

Опір ґрунту, який переборює батарея сферичних дисків під час роботи, з деякими наближеннями може бути поданий двома силами, що перетинаються, R_{zy} та R_x , які прикладені до середнього диска батареї. Сила R_{zy} розміщена у площині ZOY , яка проходить через вісь обертання дисків O . Сила R_x , яка розміщена у площині ZOX і паралельна осі OX , віддалена від останньої на відстані

$$Z \approx 0,5 (D - h_0). \quad (2.11)$$

$$Z \approx 0,5 (450 - 100) = 175 \text{ мм.}$$

Сила R_x створює відносно осі OY момент $M_y = R_x \cdot Z$, який зумовлює більшу здатність до заглиблення у ґрунт передніх дисків A , ніж задніх B . Дію цього моменту врівноважують зміщенням центра ваги та баластних вантажів до заднього кінця батареї.

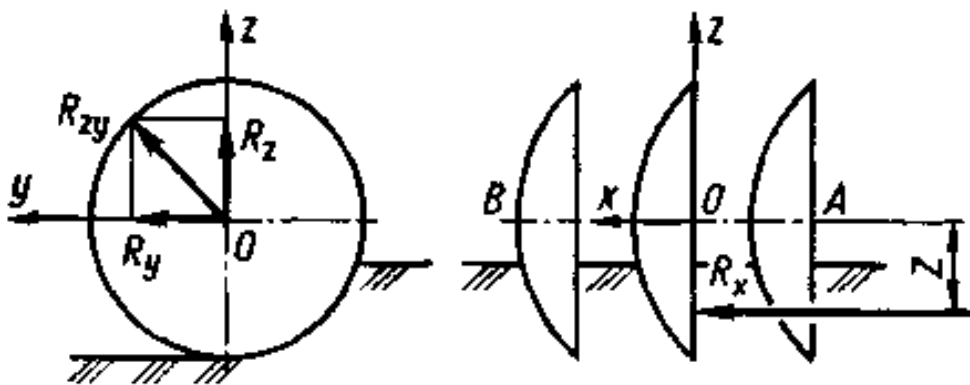


Рисунок 2.2 – Схема сил, які діють на батарею сферичних дисків

Вихідною величиною при силових розрахунках дискової батареї є значення тягового опору

$$P_0 = q \cdot l_0, \quad (2.12)$$

де q - питомий опір на 1 м ширини захвату (для двослідних борін з дисками суцільного леза $q = 2-3$ кН/м, для двослідних важких борін при глибині обробітку 10–20 см $q = 4-8$ кН/м);

l_0 – ширина захвату батареї:

$$l_0 = b \cdot n / \cos \alpha, \quad (2.13)$$

де n – кількість дисків у батареї.

Для передньої батареї (при $q=1,5$ кН/м; $b=250$ мм; $n=6$):

$$l_0 = 220 \cdot 6 / \cos 20^\circ = 1405 \text{ мм};$$

$$P_0 = 1,5 \cdot 1.405 = 2,1 \text{ кН}.$$

Для задньої батареї (при $q=1,5$ кН/м; $b=250$ мм; $n=7$):

$$l_0 = 250 \cdot 7 / \cos 20^\circ = 1639 \text{ мм};$$

$$P_0 = 1,5 \cdot 1.639 = 2,5 \text{ кН}.$$

Виходячи з величини P_0 , визначають значення:

$$R_{xy} = P_0 / \sin(\alpha + \beta); \quad (2.14)$$

$$R_x = P_0 \cos(\beta) / \sin(\alpha + \beta); \quad (2.15)$$

$$R_y = P_0 \sin(\beta) / \sin(\alpha + \beta), \quad (2.16)$$

де β – кут між напрямком дії сили R_{xy} та віссю батареї OX (при $\alpha = 15^\circ$ $\beta = 24-40^\circ$, при $\alpha = 20^\circ$ $\beta = 16-34^\circ$). Величина кута зростає при збільшенні твердості ґрунту та глибині ходу дисків.

Для передньої батареї (при $\beta = 25^\circ$):

$$R_{xy} = 2.1 / \sin(20 + 25) = 2.98 \text{ кН};$$

$$R_x = 2.1 \cos(25) / \sin(20 + 25) = 2.70 \text{ кН};$$

$$R_y = 2.1 \sin(25) / \sin(20 + 25) = 1.26 \text{ кН}.$$

Для задньої батареї (при $\beta = 35^\circ$):

$$R_{xy} = 2.5 / \sin(20 + 35) = 3.0 \text{ кН};$$

$$R_x = 2.5 \cos(35) / \sin(20 + 35) = 2.5 \text{ кН};$$

$$R_y = P_0 \sin(35) / \sin(20 + 35) = 1.7 \text{ кН}.$$

Для надійного заглиблення дисків у ґрунт необхідно, щоб вага знаряддя та баластних вантажів у 1,2–1,5 рази перевищувала середнє значення вертикальної реакції R_z :

$$R_z = m \cdot P_0 \cdot k_6, \quad (2.17)$$

де $m = 0,9–1,6$, приймаємо $m = 1,25$;

k_6 – кількість батарей у бороні.

$$R_z = 1.25 \cdot (2.1 + 2.5) = 5.5 \text{ кН.}$$

Отже, при масі борони $m_6 = 350$ кг максимальна маса додаткових вантажів (баласту) становить

$$m_{\text{вантаж}} = R_z - m_6 = 5500 - 3500 = 2000 \text{ Н} \approx 200 \text{ кг.}$$

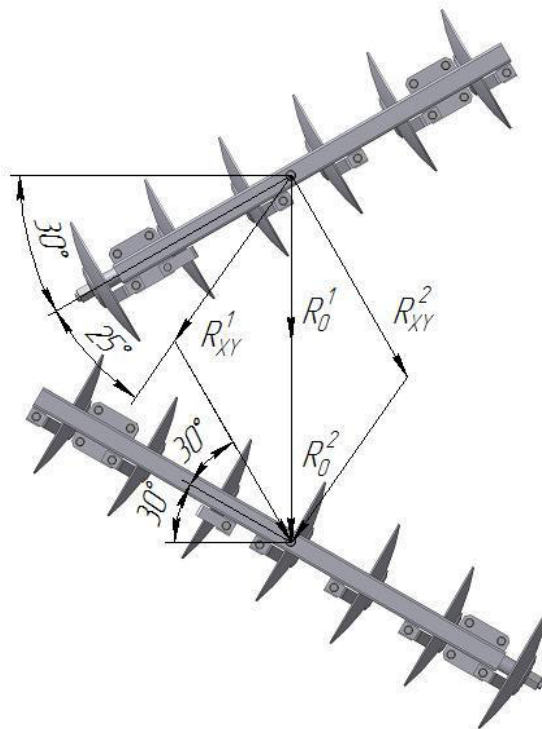


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку сил малогабаритної дискової борони

При симетричному розміщенні батарей на бороні (рис. 2.3) поперечні сили R_x взаємозрівноважуються, що забезпечує поздовжню стійкість руху борони, а поздовжні сили дорівнюють силі тяги трактора. Тому борона буде рухатися стійко, прямолінійно.

Глибину обробітку дисковими боронами регулюють зміною кута атаки α (при збільшенні кута α збільшується глибина обробітку) та вагою баласту.

2.5. Вибір енергетичного засобу

Згідно агротехнічних умов на виконання технологічних операцій сільськогосподарського виробництва рекомендована швидкість руху агрегату для боронування поля складає $V_P=5-10$ км/год [16].

Загальний тяговий опір дискової борони визначаємо як суму тягового опору двох дискових секцій борони (пункт 2.3):

$$P_0 = 2,1 + 2,5 = 4,6 \text{ кН.}$$

Орієнтовну потужність трактора визначаємо як добуток тягового опору сільськогосподарського знаряддя на робочу швидкість (10 км/год $= 2,8$ м/с):

$$N = P_0 \cdot V_P, \quad (2.18)$$

$$N = 4,6 \cdot 2,8 \approx 13 \text{ кВт.}$$

З довідкової літератури [16] вибираємо трактор малої потужності марки Т-25А з номінальною потужністю $18,4$ кВт, який на третій передачі забезпечує швидкість руху агрегату $V_P=9,4$ км/год і тягове зусилля на гаку $P_{\text{зак}}=4,7$ кН.

Ефективність машинно-тракторного агрегату визначається коефіцієнтом використання тягової потужності трактора:

$$\xi = \frac{P_0}{P_{\text{зак}}} = \frac{4,6}{4,7} = 0,98.$$

Отже, ефективність завантаження трактора на третій передачі – 98%.

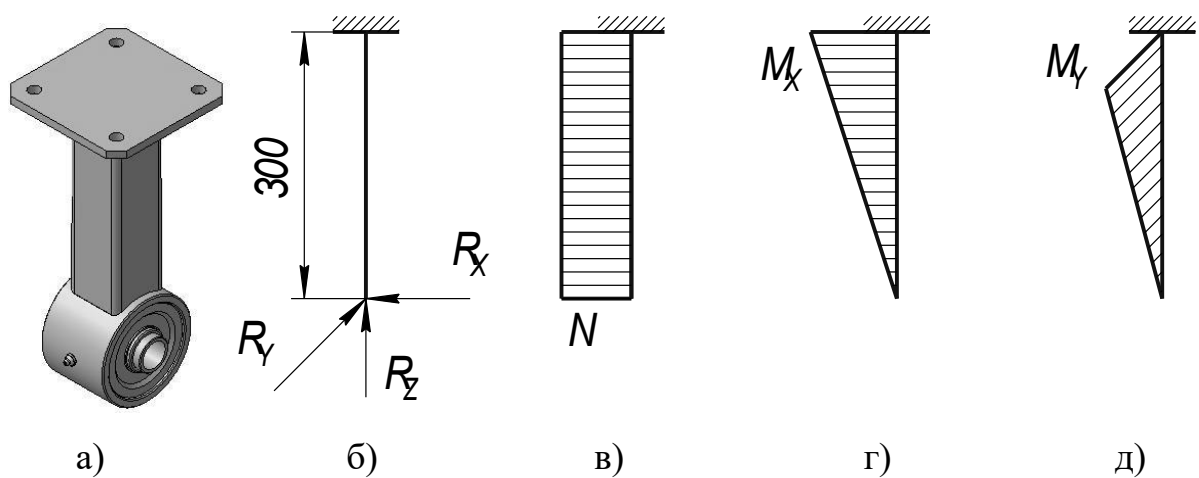
Необхідно відмітити, що крім обраного трактора марки Т-25А, для агрегування малогабаритної дискової борони можна використовувати й інші сучасні малогабаритні трактори та трактори малої потужності, які на даний час випускаються вітчизняними та закордонними підприємствами: вітчизняні ХТЗ серії 30 (ХТЗ-2511, ХТЗ-2512, ХТЗ-3510, ХТЗ-3521); ДТЗ (ЮМЗ-8070, ЮМЗ-8270) та широкий асортимент малогабаритних тракторів китайського виробництва.

3. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок на міцність стійки секції борони

Перевірку міцності стійки секції борони виконуємо з урахуванням того, що батарея робочих органів кріпиться до бруса секції за допомогою двох стійок. Тому припускаємо, що зусилля, визначені у пункті 2.4, розподіляються порівну між цими двома елементами.

Розрахунок внутрішніх силових факторів, які виникають у поперечному перерізі стійки з перетином $70 \times 70 \times 4$ мм, виконуємо окремо для кожного зовнішнього навантаження відповідно до площини його прикладення. Загальну схему стійки секції борони та епюри внутрішніх силових факторів наведено на рисунку 3.1.



а – загальний вигляд; б – розрахункова схема; в – епюра нормальних сил;
г – епюра згинальних моментів M_x ; д – епюра згинальних моментів M_y

Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку стійки борони

Значення нормальної сили, що діє на одну стійку секції борони, становить $R_z/4$, оскільки вертикальне зусилля рівномірно розподіляється між чотирма стійками, що входять до складу двох секцій борони.

$$N=R_z/4=5500/4=1375 \text{ Н.}$$

Визначаємо величини згинальних моментів, що діють у площині XZ та YZ , враховуючи, що сила R_Y діє на відстані $h=300 \text{ мм}$, а сила R_X – на відстані $h+Z$ (див. рис. 3.1):

Визначення згинальних моментів у площинах XZ та YZ виконуємо з урахуванням того, що сила R_Y прикладена на відстані $h=300 \text{ мм}$ від точки закріплення стійки, а сила R_X – на відстані $h+Z$, де Z – плече сили R_X , визначене раніше (див. рис. 3.1):

Для передньої секції:

$$M_X=R_X \cdot (h+Z) = 2700 \cdot (0,300+0,175)=1282,5 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_Y=R_Y \cdot h = 1260 \cdot 0,300=378 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Для задньої секції:

$$M_X=R_X \cdot (h+Z) = 2500(0,300+0,175)=1187,5 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_Y=R_Y \cdot h = 1700 \cdot 0,300=510 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо напруження від дії нормальної сили:

$$\sigma_N = \frac{N}{F}, \quad (3.1)$$

де F – площа поперечного перетину стійки секції, мм^2 . для перерізу $70 \times 70 \times 4 \text{ мм}$ дорівнює 1015 мм^2 .

$$\sigma_N = \frac{1375}{1015} = 1.35 \text{ МПа.}$$

Оскільки висота стійки невелика, перевірку її на стійкість не виконуємо.

Визначаємо напруження від згинальних моментів за формулою:

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M \cdot y}{I}, \quad (3.2)$$

де M – згинальний момент, Нм;

y – відстань від осі перетину до найбільш віддаленої точки перетину, мм;

I – момент інерції перетину, м^4 . Для квадратного перетину $70 \times 70 \times 4$ мм
 $I = 721203 \text{ мм}^4$.

Напруження у стійці передньої секції борони:

– від згинального моменту M_X (у площині XZ):

$$\sigma_{xz}^X = \frac{M_X \cdot y}{I_X} = \frac{1282.5 \cdot 10^3 \cdot 35}{721203} \approx 60 \text{ МПа.}$$

– від згинального моменту M_Y (у площині YZ):

$$\sigma_{yz}^Y = \frac{M_Y \cdot y}{I_Y} = \frac{378 \cdot 10^3 \cdot 35}{721203} \approx 18 \text{ МПа.}$$

Напруження у стійці задньої секції борони:

– від згинального моменту M_X (у площині XZ):

$$\sigma_{xz}^X = \frac{M_X \cdot y}{I_X} = \frac{1187.5 \cdot 10^3 \cdot 35}{721203} \approx 55 \text{ МПа.}$$

– від згинального моменту M_Y (у площині YZ):

$$\sigma_{yz}^Y = \frac{M_Y \cdot y}{I_Y} = \frac{510 \cdot 10^3 \cdot 35}{721203} \approx 24 \text{ МПа.}$$

Визначаємо сумарні напруження у стійці секції борони за формулою:

$$\sigma_{\text{сум}} = \sigma_N + \sqrt{(\sigma_{xz}^X)^2 + (\sigma_{yz}^Y)^2} \leq [\sigma_T], \quad (3.3)$$

де $[\sigma_T]$ - допустиме напруження, МПа. Для сталі 10 $[\sigma_T] = 280 \text{ МПа}$.

Сумарні напруження у стійці передньої секції борони:

$$\sigma_{\text{сум}} = 1.35 + \sqrt{(60)^2 + (18)^2} = 64 \text{ МПа} \leq [\sigma_T] = 280 \text{ МПа.}$$

Сумарні напруження у стійці задньої секції борони:

$$\sigma_{\text{сум}} = 1.35 + \sqrt{(55)^2 + (24)^2} = 61 \text{ МПа} \leq [\sigma_T] = 280 \text{ МПа}.$$

Як бачимо з розрахунків, стійки секцій борони є рівно навантаженими і напруження в їх найбільш навантаженому перетині $\sigma_{\text{сум}} = 61 \text{ МПа}$ не перевищують допустимі.

3.2. Розрахунок підшипника стійки секції борони

Серед широкого спектра підшипників кочення особливої популярності набули кулькові радіальні підшипники, що обумовлено їхньою конструктивною простотою, універсальністю застосування та доступною вартістю. Ці підшипники здатні ефективно працювати за умов значних частот обертання та помірних навантажень, не потребуючи при цьому інтенсивного обслуговування в процесі експлуатації. Їх конструкція дозволяє сприймати як радіальні, так і осьові навантаження в обох напрямках, що розширює можливості їх використання в сільськогосподарській техніці.

У порівнянні з іншими видами підшипників кочення, кулькові радіальні елементи характеризуються найменшими втратами на тертя, що робить їх особливо ефективними в енергозбереженні. Для забезпечення стабільної роботи важливо дотримуватися високої точності при установці – перекіс між зовнішнім і внутрішнім кільцем повинен бути мінімальним навіть при збільшених зазорах. Рекомендується монтувати ці підшипники на жорстких валах із двома опорами, прогин яких під впливом навантаження не спричиняє помітного кутового відхилення осі.

Широко використовуються модифікації кулькових радіальних підшипників, що мають захисні елементи у вигляді металевих шайб або ущільнень контактного чи безконтактного типу. Їх застосовують переважно в

тих випадках, коли через обмеження простору або складність доступу до вузла небажано використовувати додаткові системи ущільнення.

З огляду на невисокі експлуатаційні навантаження, для даної конструкції доцільно обрати однорядні кулькові радіальні підшипники з вбудованими захисними шайбами серії 60310, що відповідають вимогам ГОСТ 8338–75, для яких статична вантажопідйомність $C_c = 30000\text{Н}$ і динамічна вантажопідйомність $C_d = 52700\text{Н}$ [22].

Наступним етапом є визначення еквівалентного навантаження відповідно до формули, поданої у [22]:

$$P_E = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_B \cdot K_T, \quad (3.4)$$

де K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1$ [22],

K_B – коефіцієнт безпеки, $K_B = 1$ [22];

V – коефіцієнт обертання, $V = 1$, [22];

X – коефіцієнт радіального навантаження, $X = 0,56$, [22]

Y – коефіцієнт осьового навантаження, $Y = 1,55$, [22];

F_a – осьова сила Н. З пункту 2.3 $F_a = R_x = 2500\text{Н}$.

F_r – радіальна сила, з пункту 2.3 $F_r = \sqrt{R_y^2 + R_z^2} = 5757\text{Н}$;

Підставивши числові дані у формулу (2.32), отримаємо

$$P_E = (0,56 \cdot 1 \cdot 5757 + 1,55 \cdot 2500) \cdot 1 \cdot 1 = 7809\text{Н}.$$

Максимальну кутову швидкість обертання диска борони розраховуємо як частку від лінійної швидкості його поступального руху ($V_p = 9,4\text{км/год} = 2,8\text{ м/с}$) і радіуса самого диска, при цьому впливом проковзування у ґрунті нехтуємо.

$$\omega = \frac{V_p}{D/2} = \frac{2,8}{0,225} = 12,4\text{ рад/с}.$$

Частоту обертання внутрішнього кільця підшипника визначаємо, виходячи з обертання вала, на якому встановлений підшипник:

$$n_{B.K} = (30\omega)/\pi, \quad (3.5)$$

$$n_{B.K} = (30 \cdot 12,4)/3,14 = 118 \text{ об/хв.}$$

Ресурс експлуатації підшипників, виражений у мільйонах обертів, обчислюємо за формулою, наведеною у джерелі [21]:

$$L_{\Pi} = \left(\frac{C_D}{P_E} \right)^m, \quad (3.6)$$

де m – показник ступеня, що визначається характером кривої контактної втоми матеріалу. Для кулькових підшипників це значення дорівнює 3.

Підставивши відповідні числові значення у формулу, отримаємо:

$$L_{\Pi} = \left(\frac{52700}{7809} \right)^3 = 307 \text{ млн.об.}$$

Розрахунковий ресурс роботи підшипників у годинах визначається за формулою:

$$L_{\Pi \Gamma} = \frac{L_{\Pi} \cdot 10^6}{60 \cdot n_{B.K}} > R, \quad (3.7)$$

де R – необхідний ресурс роботи підшипників за заданих умов експлуатації, приймається рівним 3000 год.

З урахуванням результатів, отриманих за формулами (3.6) та (3.7), отримуємо наступне значення довговічності:

$$L_{\Pi \Gamma} = \frac{307 \cdot 10^6}{60 \cdot 118} = 43360 \text{ год} > R.$$

Довговічність роботи підшипників забезпечується.

3.3. Розробка моделі об'єкту проектування

Рама малогабаритної дискової борони є несучою конструкцією, яка складається з поздовжніх брусів і приварених до них поперечних балок. Рама призначена для кріплення секцій дискових робочих органів і механізмів, які забезпечують роботу малогабаритної борони.

Для аналізу напружено-деформованого стану конструкцій машин на даний час широко використовуються сучасні інженерні програми моделювання геометрії та навантаженості вузлів, основані на методі скінченних елементів.

Найбільш доступним та ефективним програмним продуктом для інженерного аналізу є програмний комплекс SolidWorks.

Модель малогабаритної дискової борони, виконана в системі тривимірного твердотілого моделювання SolidWorks, показана на рис. 3.2.

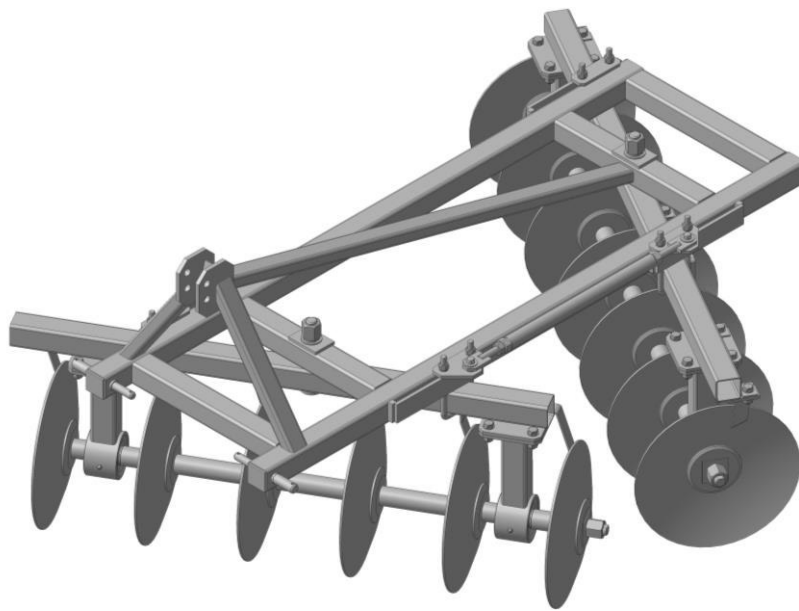


Рисунок 3.2 – Твердотільна модель малогабаритної дискової борони

Проведемо розрахунок на міцність рами малогабаритної дискової борони при її транспортуванні на начіпці трактора. В такому випадку борона кріпиться до гідроначіпки трактора за допомогою двох пальців та верхнього кронштейна. Рама при такій схемі буде працювати як защемлена консоль.

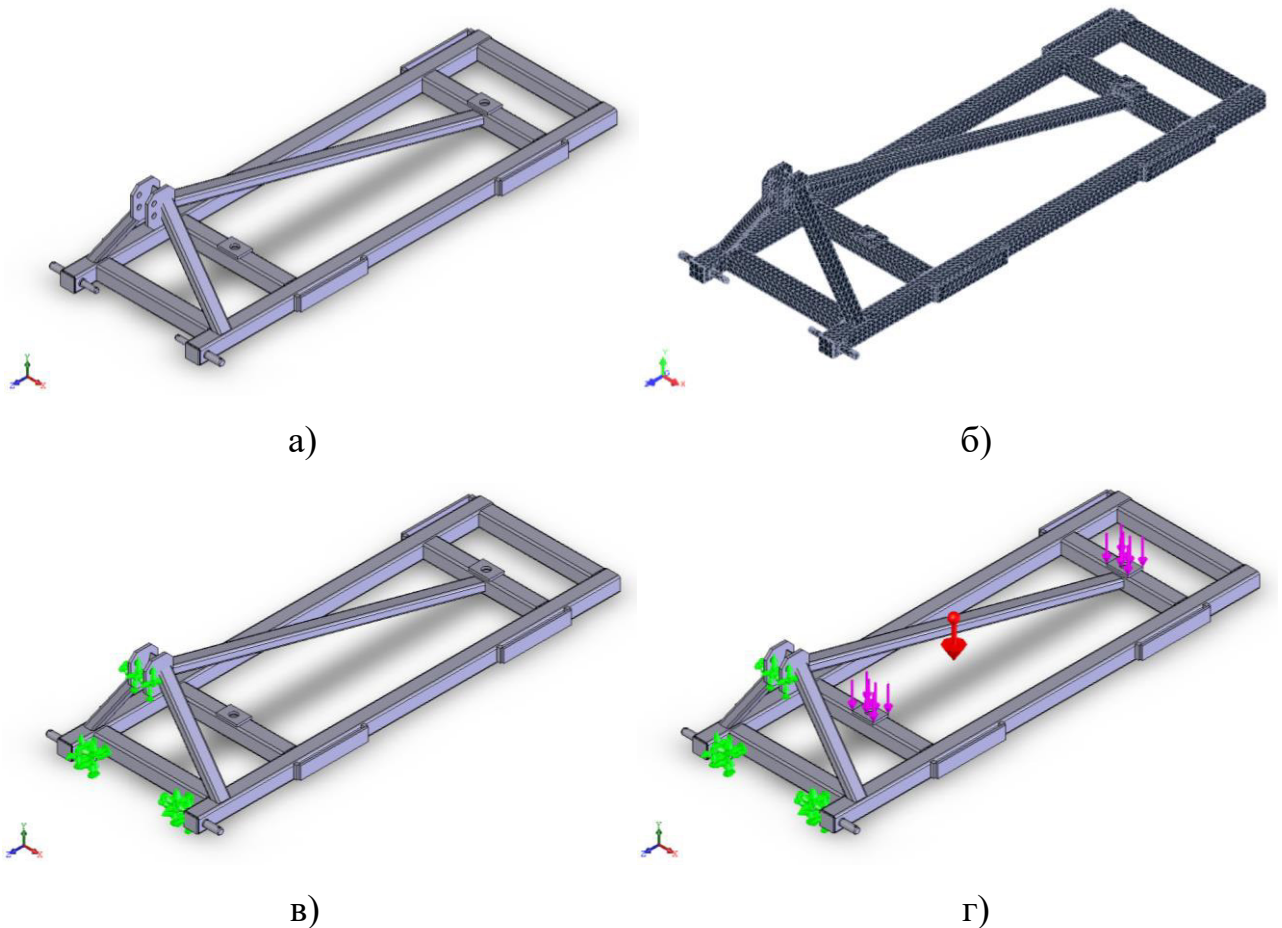
Розрахунок проводимо у модулі SolidWorks Simulation програмного комплексу SolidWorks в наступній послідовності.

Завантажуємо твердотільну модель у розрахункову оболонку (рис. 3.3, а).

Наносимо сітку скінченних елементів (рис. 3.3, б).

Задаємо умови защемлення на внутрішніх кріпильних пальцях та верхньому кронштейні (рис. 3.3, в).

Задаємо зовнішні силові фактори, що діють на раму борони. В транспортному положенні на раму будуть діяти дві сили рівні вазі відповідно передньої (120 кг) та задньої (138 кг) секції борони. Також задаємо зусилля від власної ваги рами (76 кг) (рис. 3.3, г).

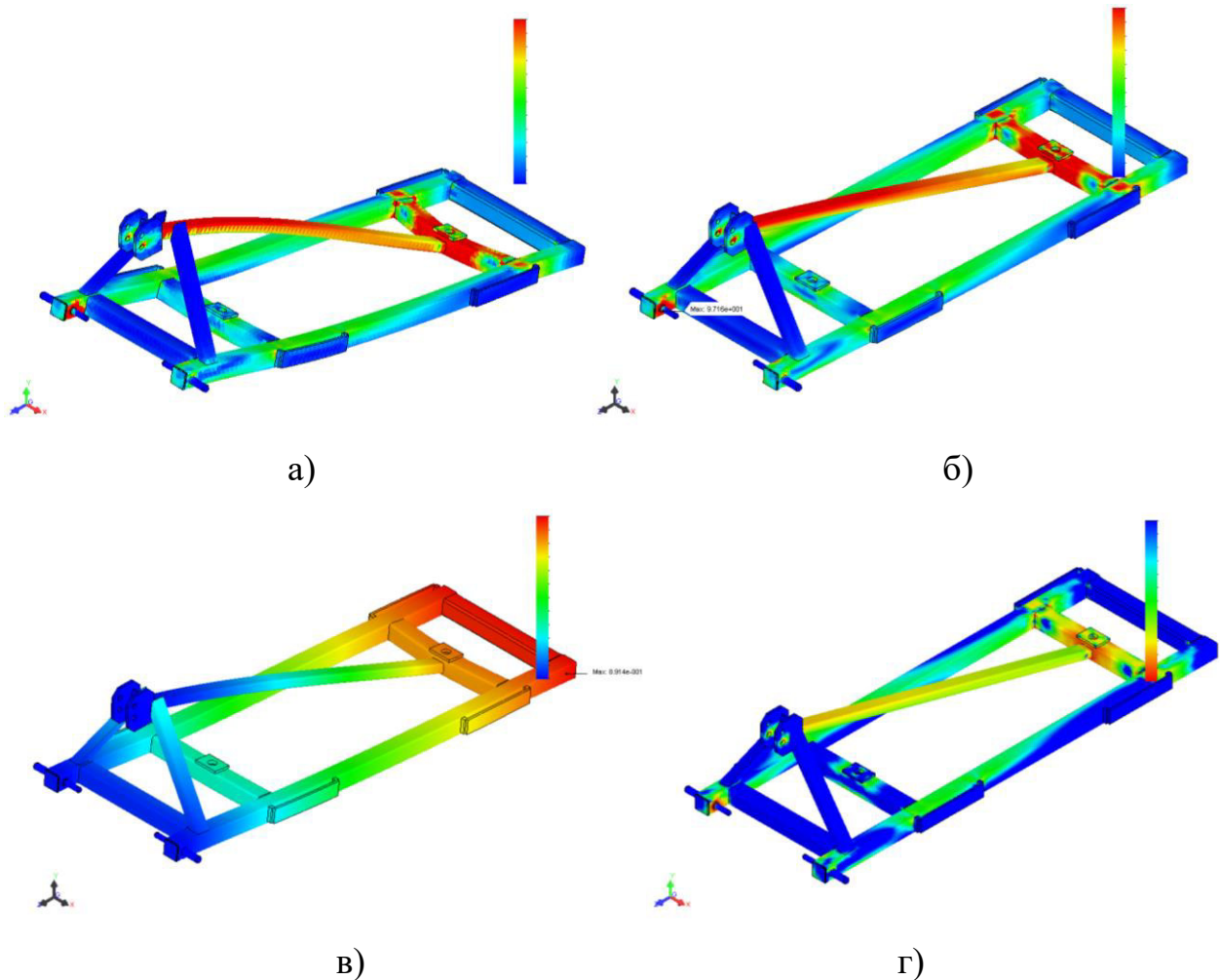


а – твердотільна модель рами борони; б – сітка скінченних елементів; в – умови закріплення рами; г – зовнішнє навантаження на раму

Рисунок 3.3 – Послідовність підготовки твердотільної моделі рами малогабаритної дискової борони до розрахунку

Проводимо розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) рами малогабаритної дискової борони у модулі SolidWorks Simulation програмного комплексу SolidWorks.

Результати розрахунку представлені на рис. 3.4.



а - деформація рами; б - напруження у рамі;

в - переміщення точок рами; г - перевірка проектування (FOS)

Рисунок 3.4 – Розрахунок НДС рами малогабаритної дискової борони

Отже, максимальні напруження в рамі виникатимуть в точці кріплення пальців $\sigma_{MAX} = 97.16$ МПа.

Максимальне переміщення 0,9 мм спостерігається в задній частині рами.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги безпеки при роботі з бороною

Борони повинні відповідати вимогам ДСТУ 2189–93. “Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки”, який встановлює загальні вимоги щодо забезпечення безпеки праці при використанні навісних і причіпних машин, транспортуванні і зберіганні і загальні ергономічні вимоги до робочого місця оператора.

Конструктивне виконання машин та здійснення ними функціонального призначення повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ 2189-93 з урахуванням: загальних вимог безпеки згідно ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002: пожежної безпеки згідно з ГОСТ 12.1.004 та „Загальними правилами пожежної безпеки для об’єктів сільськогосподарського виробництва”, біологічної безпеки за ГОСТ 12.1.008; вимог до знаків безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026; вимог до загородження та блокіровок, а також до засобів малої механізації згідно з ГОСТ 12.2.042.; ергономічних вимог згідно з ГОСТ 12.2.049.

Кути поперечної статичної стійкості повинні бути:

- для машин у агрегаті з енергетичним засобом – не менше 30° для машин, виконаних на базі тракторних причіпів та напівпричіпів згідно з ГОСТ 10000-75;
- сільськогосподарський агрегат з колісним енергозасобом (ЕЗ) повинен мати навантаження на керовані колеса не менше 0,2 від експлуатаційної маси ЕЗ.

Зміщення центру тиску відносно середини поверхні опорної гусениці сільськогосподарського агрегата (СГА) на базі гусеничного ЕЗ не повинно перевищувати 0,2 довжини опорної поверхні гусениць. Для забезпечення поздовжньої стійкості і необхідного навантаження на керовані колеса

допускається встановлення баластних вантажів, маса кожного не повинна перевищувати 20 кг.

Наявність на причіпних, напівпричіпних машинах робочих та стоянкових гальм повинна бути встановлена у технічних вимогах.

Стоянкові гальма повинні утримувати машину на схилі не менше 18%.

Устаткування робочими та стоянковими гальмами і страховими ланцюгами (тросами) типу тракторних причіпів або напівпричіпів є обов'язковим.

Машини, ширина яких перевищує габарит енергозасобу, повинні бути устатковані світлоповертачами; задні світлоповертачі повинні бути червоного, передні – білого кольорів. Розташування їх на машині – згідно з ГОСТ – 8769.

Допускається замість світлоповертачів нанесення на елементи продукції машини кругів, трикутників або прямокутників червоного або білого кольорів, вписаних в окружність діаметром 100 мм.

Допускається також нанесення на елементи конструкції машини чергування червоних та білих або жовтих та чорних смуг під кутом 45 ° до вертикалі, які чергуються з відстанню між ними 50 мм. Вони також можуть наноситися на сигнальні щити не менше 250×250 мм.

Смуги та фігури повинні бути виконані із світловідбивних матеріалів (фарба, плівка та інше).

Машини, які при агрегуванні з енергозасобами закривають прилади світлової сигналізації енергозасобу, повинні бути устатковані власними приладами світлової сигналізації.

На машинах типу причіпів або напівпричіпів ззаду зліва повинен бути нанесений знак обмеження максимальної швидкості. Кольорове зображення знака згідно з ГОСТ 10807; діаметр – від 160 до 250 мм, ширина кайми – 1/10 діаметра; на цих машинах повинна бути зазначена гранична вантажопідйомність.

Машини повинні мати місця стропування і, при необхідності, для встановлення домкратів. Повинні бути позначені фарбою, відмінною від загального фону машини.

Навісні машини повинні мати швидкоз'єднуючі зчіпні пристрої. У технічно обґрунтованих випадках швидкоз'єднуючі зчіпні пристрої допускається не з'єднувати.

Конструкція машин повинна забезпечувати можливість їх навішування та приєднання до ЕЗ одним оператором. Виняток обумовлюється в технічних умовах на машину.

Причіпні та напівпричіпні машини повинні мати жорсткі причіпні пристрої.

Машини, які призначені для роботи в гірських умовах, повинні бути устатковані зчіпною петлею, яка обертається навколо своєї поздовжньої осі.

Машини та робочі органи повинні бути устатковані механічними фіксаторами, які утримують їх у транспортному положенні.

Машини з перекидними кузовами повинні бути устатковані приладами для фіксації кузова у піднятому положенні (на одну із сторін або назад).

Машини, які працюють з соломистими та іншими легкозаймистими матеріалами, повинні устатковуватись приладами для кріплення серійних засобів пожежогасіння: одного вогнегасника (порошкового або вуглекислого типу), штикової лопати та швабри. Окрім цього заправник скрапленого аміаку повинен мати окреме місце для кріплення бачка для води ємністю не менше 10 л.

Місця встановлення засобів пожежогасіння повинні біти легкодоступними та забезпечувати їх знімання без застосування інструменту.

Карданні вали передачі крутного моменту від валу відбору потужності ЕЗ до валу прийому потужності ЕЗ повинні відповідати вимогам ГОСТ 13758.

Зовнішні поверхні усіх захисних засобів приводів та карданів повинні бути пофарбовані у сигнальний колір: червоний або жовтий.

Допускається, замість суцільного фарбування, нанесення 3–4 смуг сигнального кольору – з кутом 45° на поверхні плоских захисних засобів.

Машини, які мають робочі місця оператора, повинні бути обладнані: площадками, підніжками, поручнями, сидіннями, тентом або, по вимозі замовника – кабіною.

Ширина робочої площадки оператора повинна бути не менше 600 мм, довжина – не менше 1000 мм.

Основа площадок, сходи – підніжки повинна бути виконана з матеріалів, які забезпечують протиковзання.

Робоче місце оператора повинно бути захищено від викидання ґрунту з-під коліс та робочих органів машини.

Місця обслуговування машин повинні знаходитися на висоті від 700 до 1300 мм від опори ніг оператора.

У технічно обґрунтованих випадках допускається збільшення цього розміру.

Загальне число робочих рухів операторів на хвилину не повинно перевищувати 25.

Елементи конструкції машин повинні забезпечувати безпечний та зручний підхід до них при монтажі, технічному обслуговуванні та ремонті.

Машини, які мають робочі місця оператора, повинні мати систему звукової сигналізації для зв'язку з оператором ЕЗ. Рівень звуку звукового сигналу повинен бути на 8 дБ вище рівня звуку зовнішнього шуму від роботи самого агрегату.

На видних місцях елементів конструкції машин повинні бути написи, або закріплені таблички з написами безпеки, виробничої санітарії, пожежної безпеки та щодо розміщення важелів керування.

4.2. Ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності

Термін «ергономіка» означає «закон праці». Його ввів у 1857 р. Войцех Ястшембовський. Під ергономікою розуміють галузь знань, яка комплексно вивчає трудову діяльність людини у системах «людина – машина – середовище» (ЛМС) з метою забезпечення її ефективності, безпеки та комфорту.

Мета ергономіки - підвищення ефективності СЛМС, забезпечення безпеки праці.

Завдання ергономіки:

- розробка основ проектування діяльності людини-оператора з врахуванням специфіки експлуатації технічних систем та факторів навколишнього середовища;
- вивчення закономірностей взаємодії людини з технічними системами та навколишнім середовищем;
- формування принципів побудови СЛМС та алгоритмів дії у них людини-оператора;
- розробка перспективних форм праці людини і пов'язаних з нею технічних систем, факторів навколишнього середовища;
- розробка методів дослідження, проектування та експлуатації СЛМС, які забезпечують безпеку людини, ефективність праці.

Предметом ергономіки є трудова діяльність людини у процесі взаємодії з технічними системами та в умовах особливого впливу на неї факторів навколишнього природного середовища.

Основним об'єктом ергономіки є система ЛМС. Проблемами взаємодії людини та машини займається також інженерна психологія, яка вивчає закономірності процесів інформаційної взаємодії людини у системі ЛМС.

Основні завдання інженерної психології:

- аналіз функцій людини у СЛСМ, вивчення структури та класифікація форм діяльності оператора;
- вивчення процесів опрацювання інформації людиною- оператором;

- вивчення впливу психологічних факторів на ефективність СЛСМ;
- розробка принципів та методів професійного відбору і підготовки операторів у СЛМС.

У системі ЛМС завжди є 3 елементи: предмет праці, засоби праці та суб'єкт праці. Найменшою цільною одиницею, де присутні вказані елементи, є місце праці.

Місце праці - це зона, де є необхідні технічні засоби, де відбувається трудова діяльність людини. Місце праці обладнане засобами відображення інформації, органами керування та допоміжним обладнанням.

Організацією місця праці називається проведення системи заходів щодо його обладнання засобами та предметами праці і їх розташуванням у визначеному порядку з метою досягнення:

- оптимізації умов трудової діяльності;
- безпеки праці;
- максимальної ефективності;
- комфортності роботи людини.

До робочого місця, ставляться такі вимоги:

- достатній робочий простір, який дозволяє працюючій людині здійснювати необхідні рухи та переміщення;
- достатні фізичні, зорові та слухові зв'язки між людиною та обладнанням, а також між людьми під час виконання загального трудового завдання;
- необхідний рівень освітлення;
- допустимий рівень шуму, і вібрацій та інших шкідливостей, які генерує обладнання місця праці та інші джерела;
- наявність необхідних засобів захисту;
- оптимальне розташування робочих місць, а також безпечні та достатні проходи для працюючих людей.

Органи керування повинні забезпечити перехід дій від людини до машини. Вони повинні бути надійними у роботі та зручними в користуванні, не

допускати аварій, травм при перевантаженнях та помилкових діях людини. Вони повинні виключати з трудового процесу зайві, малоефективні та втомлюючі рухи і дії.

За призначенням органи керування ділять на 4 основні класи:

- вмикання, вимикання, перемикання;
- виконання повторних операцій;
- безперервного регулювання;
- аварійні органи.

Органи керування мають захист від випадкового довільного вмикання (механічний опір, блокування, укриття тощо).

При організації робочого місця враховують основні антропометричні дані людини. Найважливішою характеристикою робочого місця є зона досягнення моторного поля.

Моторне поле - це простір робочого місця, в якому розміщені органи керування та інші технічні засоби, в якому людина здійснює рухові дії для виконання робочого завдання.

Розрізняють зони легкого та оптимального досягнення.

Легке досягнення - при русі рук у плечовому суглобі з опорою. Оптимальне досягнення - рух у ліктевих суглобах з опорою.

Продуктивність праці, працездатність людини в багатьох випадках визначаються правильним встановленням режиму праці та відпочинку, що означає зміну періодів праці та відпочинку протягом доби чи тижня.

Реалізація основних ергономічних вимог до режимів праці та відпочинку дозволяє забезпечити необхідний рівень працездатності, зменшити втому, зберегти здоров'я людей.

При розробці режимів праці та відпочинку необхідно встановити:

- тривалість робочої зміни;
- інтервали між періодами безперервної праці (між змінами);
- кількість змін, які забезпечують чергування;
- тривалість та форму відпочинку.

Для операторів, які працюють з екранами дисплеїв та інших індикаторів, можуть бути рекомендовані наступні режими праці та відпочинку.

Тривалість безперервної праці не повинна перевищувати 4...6 годин. В іншому випадку працездатність через втому зору раптово знижується. Під час праці, яка не допускає відхилення уваги, її тривалість слід скорочувати.

Для обслуговуючого персоналу, при роботі якого допускаються нерегламентовані перерви і не потрібне постійне перебування на місці праці, тривалість безперервної праці може перевищувати 6 годин.

Тривалість відпочинку повинна бути у 2 рази (а при інтенсивному навантаженні - у 3 рази) більшою, ніж тривалість безперервної роботи.

Максимальний інтервал між періодами праці не повинен перевищувати 48 годин, тому що більша тривалість відпочинку призводить до значного збільшення часу спрацьованості. Організація відпочинку має дві мети:

- зняти втому, яка виникла внаслідок попередньої праці;
- забезпечити швидке включення у роботу відпочиваючої зміни (збереження трудової готовності).

При організації відпочинку між періодами праці потрібно передбачити використання різних його форм – активної та пасивної.

ВИСНОВКИ

Матеріально-технічне забезпечення фермерських господарств із невеликими земельними площами характеризується недостатньою кількістю малогабаритної сільськогосподарської техніки, що працює в агрегаті з тракторами малої потужності. Ефективне використання сучасної техніки є ключовим чинником у забезпеченні високоякісного обробітку ґрунту та стабільного зростання врожаїв. При цьому дискові ґрунтообробні агрегати посідають близько 40% у структурі парку сільськогосподарських машин.

Запропонована конструкція малогабаритної дискової борони дозволяє забезпечити якісний та своєчасний обробіток ґрунту, що, своєю чергою, сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур.

У фазі поверхневого передпосівного обробітку ґрунту борони застосовуються для збереження вологи, знищення бур'янів, створення оптимальних умов для проростання насіння та забезпечення нормального розвитку рослин. Ці знаряддя виконують функцію розпушення та подрібнення ґрунту, що підвищує його аерацію, водопроникність, інтенсифікує аеробні процеси, сприяє руйнуванню ґрунтової кірки та подрібненню великих грудок.

Запропонована конструкція малогабаритної дискової борони орієнтована на використання в фермерських господарствах з площею обробітку до 50 гектарів. Її конструктивною особливістю є розміщення робочих дисків у дві батареї з можливістю ручного регулювання кута атаки в межах 0–30°. Система навішування складається з верхнього кронштейна, що з'єднується з верхньою тягою трактора, та кріпильних пальців для під'єднання нижніх тяг. Передбачено два варіанти кріплення: внутрішні пальці – для малогабаритних тракторів, зовнішні – для тракторів малої потужності.

Протилежне розташування дисків у батареях забезпечує більш рівномірну та якісну дію на оброблюваний ґрунт. Завдяки своїй компактності та малій ширині захвату, борона може ефективно застосовуватись не лише на польових ділянках, а й у присадибних господарствах, теплицях і парниках.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
3. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
4. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
5. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП ПаляницяВ.А.,2022. 220 с.
6. Дудак С.М. Дискові ґрунтообробні знаряддя, основні параметри та особливості // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2007. – Вип. 91. – С. 368 – 381.
7. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
8. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
9. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
10. М. Підгурський, М. Сташків. Методи визначення КІН для дефектних елементів відкритого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. - Т.11. - №2.

11. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. – Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. – 47 с.
12. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. / За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
13. Підгурський М. Особливості дослідження напружено-деформівного стану будівельних сталевих перфорованих балок методом скінчених елементів / М. Підгурський, І. Підгурський, М. Сташків, В. Ігнат'єва, С. Данильченко, Д. Биків, О. Підлужний // Вісник ТНТУ. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – Том 111. – № 3. – С. 126 – 138.
14. Підгурський М., Сташків М.. Розвиток наскрізних тріщин в гнutoзварних тонкостінних елементах коробчастого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 4. – С. 78 – 86.
15. Попович П. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / П. Попович, М. Сташків, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 78. – № 2. – С. 153-163.
16. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.
17. Примак І. Д. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей та ін. / За ред. І. Д. Примака. – К.: ЦУЛ, 2010. – 456 с.
18. Рибак Т., Підгурський М., Сташків М.. Проблеми пошукового конструювання сільськогосподарських машин // Техніка АПК, 2007.- №11-12. – С. 6-9.
19. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. Тернопіль: ВАТ ТВПК „Збруч”, 2003. 332 с.
20. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний

- міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.
21. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред.. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
22. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
23. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
24. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
25. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
26. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
27. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
28. Сташків М. Визначення КІН для кутової наскрізної тріщини у тонкостінному стержні прямокутного профілю при дії згинального моменту // Вісник ТДТУ, 2003. – Т.8. – №3. – С. 32 – 38.
29. Stashkiv, Mykola & Matsiuk, Oleksandr (2021) nCode GlyphWorks Software Use for Test Data Processing. The 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2021 (ITTAP 2021). Vol-3039. 192-205.

ДОДАТКИ