

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

(освітній ступінь)

на тему: **Обґрунтування параметрів комбінованого
грунтообробного агрегату**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МСм-61

напряму підготовки (спеціальності) 133

“Галузеве машинобудування”

	<u>Горгулько Я.В.</u> (підпис)
Керівник	<u>Олексюк В.П.</u> (підпис)
Нормоконтроль	<u>Сташків М.Я.</u> (підпис)
Рецензент	<u>Комар Р.В.</u> (підпис)
Завідувач кафедри	<u>Бабій А.В.</u> (підпис)

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.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)
студенту Горгулько Ярославу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів комбінованого ґрунтообробного агрегату

Керівник роботи Олексюк Василь Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » листопада 2022 року № 4/7-872

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи

Базова конструкція комбінованого ґрунтообробного агрегату,
ширина захвату – 3 м, продуктивність агрегату – 0,8 га/год, робоча швидкість – 3,5 км/год.

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

Реферат. Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування. 2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки. 3. Дослідження параметрів об'єкту розробки.

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки

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

1. Комбінований ґрунтообробний агрегат. Загальний вигляд – 1А1. 2. Навіска центральна. СК – 1А1. 3. Опорне колесо. СК – 1А1. 4. Зчіп.СК – 1А1. 5. Сниця. Загальний вигляд. – 1А1
6. Дослідження НДС стрілкової лапи – 1А1. 7. Деталювання – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Окіпний І.Б., доцент		
	Стручок В.С., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

01.11.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей об'єкту проектування.	20.10.2022 р.	
2	Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки.	10.11.2022 р.	
3	Дослідження параметрів об'єкту розробки	20.11.2022 р.	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	30.11.2022 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки.	02.12.2022 р.	
6	Графічна частина. Специфікації	05.12.2022 р.	

Студент

(підпис)

Горгулько Я.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Горгулько Ярослав Володимирович.

Тема роботи – «Обґрунтування параметрів комбінованого ґрунтообробного агрегату».

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

Керівник роботи – Олексюк Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

Підготовка ґрунту до весни – важливий захід створення оптимальних передумов для подальшого посіву та вирощування сільськогосподарських культур. Якісно проведене боронування, культивування, коткування (залежно обраної агротехнології) розпушує ґрунт, надає йому необхідної зернистої структури.

Чільне місце посеред усіх ґрунтообробних агрегатів утримують машини для проведення основного обробітку ґрунтів. Якісно та ефективно провести технологічні операції із основного обробітку ґрунтів є можливим лише за використання високопродуктивних агрегатів. Значний відсоток тут займають комбіновані ґрунтообробні агрегати. При якісному обробітку ґрунтів за допомогою таких агрегатів багато в чому залежатимуть як родючість ґрунтів, так і урожайність сільськогосподарських культур в цілому.

З метою покращення техніко-економічних показників, зниження затрат праці і прямих експлуатаційних витрат при передпосівному обробітку ґрунту використання комбінованих ґрунтообробних знарядь є доволі перспективним.

Тому тематика кваліфікаційної роботи є актуальною.

Мета роботи

Основною метою кваліфікаційної роботи магістра буде удосконалення конструкції та обґрунтування основних параметрів комбінованого ґрунтообробного агрегату, шляхом раціональної розстановки робочих органів.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Комбінований ґрунтообробний агрегат.

Предмет дослідження. Конструктивні, кінематичні, енергетичні розрахунки та розрахунки на міцність вузлів ґрунтообробного агрегату.

Методи дослідження. Теоретико-емпіричний, теорії міцності, графічний, порівняльний, математичного моделювання.

Отримані результати:

- розглянуто будову та принцип роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату;
- проаналізовано особливості виконання операції обробітку ґрунту агрегатами даного типу.
- проведено розрахунки основних параметрів агрегату, а саме конструктивні, кінематичні, силові та енергетичні.
- внесено зміни у наявну конструкцію комбінованого агрегату та проведено міцнісні розрахунки найбільш навантажених деталей;
- розроблено конструкції складальних одиниць та деталей;
- проведено обґрунтування до побудови схеми агрегату та досліджено напружено-деформований стан стрілкової лапи з пружинною стійкою;
- пророблено питання з охорони праці при роботі з ґрунтообробними агрегатами та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано удосконалення конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату, шляхом раціональної розстановки робочих органів.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на V міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», Тернопіль, ТНТУ, 2022 р.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 66, додатки – 6 арк. формату А4, графічна частина – 7 аркушів формату А1.

Ключові слова: агрегат, стрілчаста лапа, рама, волога, ґрунт.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Аналіз особливостей об'єкту проектування	8
1.1. Опис об'єкту розробки	8
1.2. Аналіз конструкції машин для комбінованого обробітку ґрунту	10
1.2.1. Сучасні зразки вітчизняної ґрунтообробної техніки та ефективність її використання	10
1.2.2. Огляд конструкцій машин для комбінованого обробітку ґрунту	13
1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра	25
2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки	27
2.1 Конструктивні розрахунки	27
2.1.1. Розрахунок параметрів лап	27
2.1.2. Обґрунтування схеми розташування лап на рамі	37
2.2 Кінематичний і силовий аналіз	40
2.3 Енергетичні розрахунки	43
2.4 Міцнісні розрахунки	44
2.4.1. Розрахунок рами агрегату	44
2.4.2. Розрахунок болтового з'єднання рами	49
2.4.3. Перевірковий розрахунок підшипника маточини диска	51
3. Дослідження параметрів об'єкту розробки	53
3.1. Розробка моделі об'єкту досліджень	53
3.2. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання	55
4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	58
4.1. Безпека праці експлуатації комбінованого ґрунтообробного агрегату	58
4.2. Заходи безпеки при роботі з ґрунтообробними агрегатами в аварійних ситуаціях	61
Загальні висновки	62
Перелік посилань	63
Додатки	66

ВСТУП

Одним із важливих завдань сільського господарства є нарощування виробництва сільськогосподарської продукції, зокрема зернових культур, овочів та цукрового буряку. При цьому потрібно значною мірою підвищувати продуктивність та стійкість землеробства, проводити комплексні заходи із збільшення родючості ґрунту, впроваджувати інтенсивні технології, досягнення в науці, техніці і передовій практиці, ефективно використовувати потужності наявного та створюваних виробничих потенціалів.

Важливими умовами успішного розквіту сільськогосподарського виробництва є встановлення його на індустріальну базу, ширше застосування сучасних машин як вітчизняного так і закордонного виробництва, а також впроваджена комплексна механізація землеробства. Загалом для сільського господарства в Україні розроблено новітні комплекси машин, що роблять можливим застосовувати комплексну механізацію в рослинництві. У такій системі машин визначальною ланкою є, власне, саме ґрунтооброблюючі машини. Машини для проведення обробітку ґрунту здійснюють механічну обробку ґрунтів: оранка, дискування, глибокі розпушування, лушіння, культивування, боронування, прикочування...

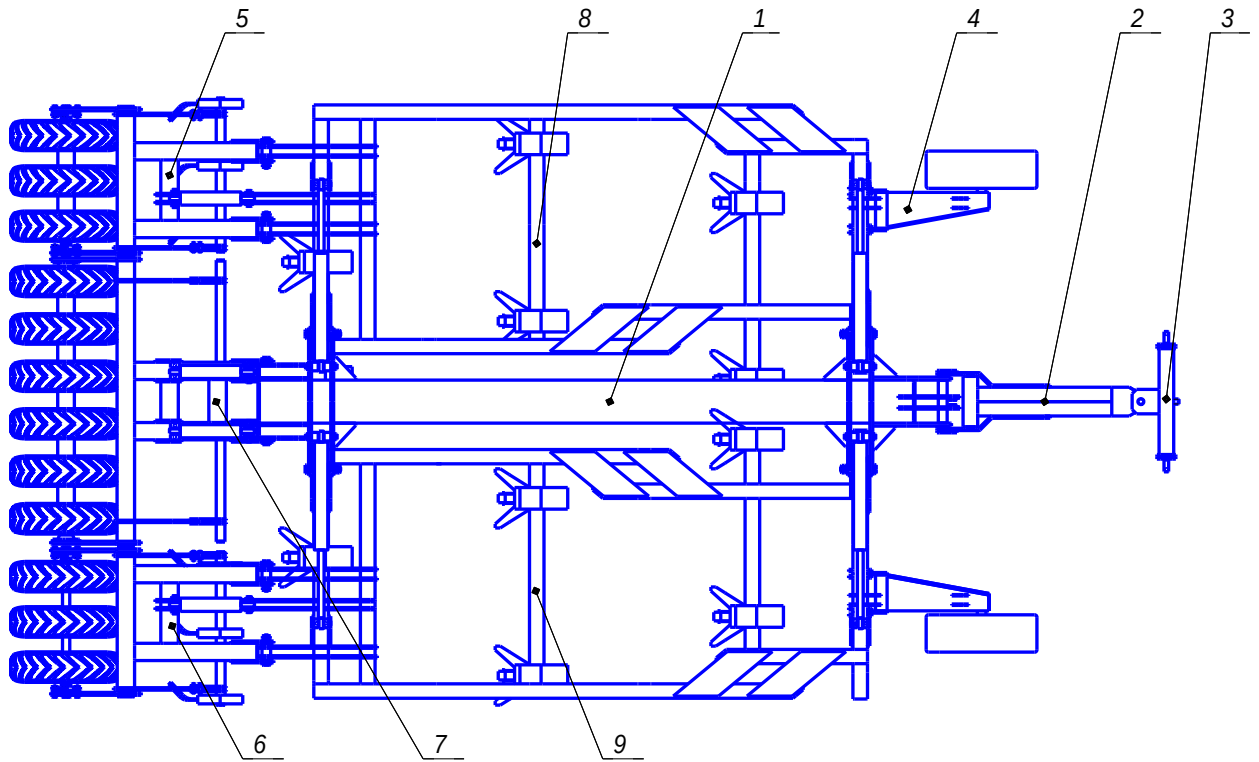
Перелічені операції з обробітку проводяться з метою підтримування і поліпшення родючості ґрунтів, накопичування і зберігання в них вологості, а також для знищення бур'янів. Оптимальне проведення механічних обробітків ґрунтів слугує важливими резервами збільшення урожайності більшості сільськогосподарських культур.

Чільне місце посеред усіх ґрунтообробних агрегатів утримують машини для проведення основного обробітку ґрунтів. Якісно та ефективно провести технологічні операції із основного обробітку ґрунтів є можливим лише за використання високопродуктивних агрегатів. Значний відсоток тут займають комбіновані ґрунтообробні агрегати. При якісному обробітку ґрунтів за допомогою таких агрегатів багато в чому залежатимуть як родючість ґрунтів, так і урожайність сільськогосподарських культур в цілому.

1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Опис об'єкту розробки

Комбінований ґрунтообробний агрегат (рис. 1.1) призначено для проведення передпосівних та основних обробіток ґрунтів на глибину 8-16 см за умови збереження на їх поверхні не менш як 60% стерні та подібних поживних рештків. Агрегати призначені для обробітку стерньових площ полів на глибини порядку 6-10 см, крім того для знищування бур'янів, вирівнювання мікрорельєфу ґрунтів, підтримування груднястої структури верхніх шарів та ущільнювання нижче лежачих шарів ґрунту.



1 – центральна рама; 2 – сниця; 3 – зчіп; 4 – опорне колесо; 5 – ліва навіска;
6 – права навіска; 7 – центральна навіска; 8 – напіврама ліва; 9 – напіврама права.

Рисунок 1.1 – Комбінований ґрунтообробний агрегат

Центральна рама таких комбінованих ґрунтообробних агрегатів складається із прямокутної труби, до котрої шарнірно прикріплені дві напіврами

разом з виконавчими органами. Ці напіврами мають прямокуту форму. На поперечних брусах таких напіврам закріплено робочі органи. Крім того до цих напіврам попереду причіплено опорні колеса, які використовуються для проведення вже власне робочих процесів комбінованого агрегата. Напіврами в транспортні та робочі положення переводяться при допомозі чотирьох гідроциліндрів.

В задній частині агрегатів розташовано колеса які призначаються для виконання двох функцій: перша функція – це забезпечення транспортування ґрунтообробного знаряддя і друга функція – забезпечення прикочування замість використання котків.

Робочими органами культиватора є стрілчасті лапи.

Даний агрегат є комбінацією двох знарядь: стрілчасті лапи (3 ряди) і прикочувальні колеса (1 ряд). Стрілчасті лапи агрегатів закріплюються у три ряда на піврамах, Вони розміщуються таким чином, щоб було витримано принцип перекривання сліду, а дещо збільшена відстань поміж стійками, порівнюючи з базовими конструкціями агрегатів, не дає можливості забиватися коренями бур'янів робочим органам агрегату.

Технологічний процес роботи комбінованим ґрунтообробним агрегатом здійснюється так:

Стрілчасті лапи та прикочувальні колеса під впливом власної ваги комбінованого агрегату занурюються в ґрунт, де лапи, рухаючись у ґрунті, розпушують та здійснюють підрізування шарів ґрунту на визначену глибину. Прикочувальні колеса обертаючись проводять вирівнювання ґрунту і ущільнювання верхніх шарів.

Вирівнювання поверхні ґрунту мінімізує випарювання вологи, створює оптимальні умови для проведення посіву, догляду за рослинами та прибирання врожаїв, а в умовах зрошування ще й для проведення додаткових поливів. Ущільнювання ґрунтів збільшить їхню капілярну пористість і зменшить некапілярну, запобігатиме надмірно глибоким загортанням насіння під час посівів, збільшить площу контакту його з ґрунтом.

1.2. Аналіз конструкції машин для комбінованого обробітку ґрунту

1.2.1. Сучасні зразки вітчизняної ґрунтообробної техніки та ефективність її використання

Одним із пріоритетних напрямків створення досконалих ґрунтообробних агрегатів є перехід від доволі енергоємких одноопераційних знарядь до комбінованих багатофункціональних засобів і агрегатів з великою шириною захвату, котрі здатні за одне проходження полем виконати декілька технологічних операцій і цим забезпечити високу степінь якості обробітку, зберегти вологу і вдосконалити величину родючості ґрунтів, суттєво зменшити строки польових робіт, скоротити розхід паливо-змащувальних матеріалів та трудомісткість. Варто використовувати досвід закордонних виробників для забезпечення показників надійності техніки, а також якісне сервісне обслуговування, крім того створювати суміжні з ними фірми.

В Україні вже функціонують такі спільні підприємства. Для прикладу, ВАТ “Дніпроагромаш”, основною спеціалізацією якого є виготовлення ґрунтообробної техніки, випускає різні машини співпрацюючи з загальновідомими в усьому світі фірмами «RabeWerk», «BBG» (Німеччина) та «Moreau» (Франція). Дані зразки техніки не поступається за якісними показниками закордонним аналогам і при цьому є учетверо-вп’ятеро дешевшою. На ВАТ «Червона зірка» спільно з фірмою «Lemken» (Німеччина) спроектовано посівні агрегати “Солітер-12”, які є вигідними нашим сільськогосподарським виробникам, котрі мають змогу отримувати техніку доволі високого рівня якості за конкурентними цінами. СП «Horsch-Агро-Союз» взагалі вважається одним із провідних виробників техніки призначеної для обробітку ґрунтів та посіву за відповідності сучасним вимогам щодо якості, показників надійності та довговічності, крім того випускає широку гаму різної техніки для роботи у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України.

АТЗТ «Агро-Союз», що знаходиться на Дніпропетровщині, для обробітку ґрунтів та посіву застосовує середні та широкозахватні багатофункціональні

комбіновані агрегати «Horsch-Агро-Союз», які відповідають усім параметрам вимог щодо інноваційності технологій. В порівнянні з традиційними технологіями, ґрунтозахисні вимагають у 2,9 рази меншої кількості мотогодин із середньозахватними агрегатами й у п'ять разів менше із широкозахватними. Відповідно, зменшуються витрати палива у 2,3 і 3,2 раза. При цьому велике значення відіграють глибина обробіток, і ширина захоплення ґрунтообробних агрегатів, відповідно, у 1,7 і 2,5 раза. Витрати пов'язані з вирощуванням озимих пшениць, порівнюючи з традиційною технологією, з ґрунтозахисними і з середньозахватними агрегатами зменшуються в 6,3 раза, а із широкозахватними — у 16,4 раза.

На даний час в Україні виготовляється широка гама ґрунтообробних машин і знарядь, більшість з яких, на превеликий жаль, є одинакового функціонального призначення [1]. Виробляють понад десять підприємств, кожне з яких використовує свою елементну базу. З огляду на це технологічні якості машин, зокрема надійність та зносостійкість їхніх робочих органів, є невисокими.

Розроблення нових зразків ґрунтообробної техніки повинно здійснюватися враховуючи вимоги перспективних технологій, при максимальному урахуванні характеристик та властивостей середовищ, у якому вони функціонуватимуть. Одноопераційна ґрунтообробна техніка повинна замінюватись на багатофункціональну, універсально-комбіновану, здатну адаптуватися до змінних умов виробництва сільськогосподарської продукції за рахунок швидкої заміни робочих органів для роботи в різних кліматичних зонах України. Створення та застосування комбінованої багатоопераційної ґрунтообробної техніки і посівних агрегатів дадуть можливість мінімізувати затрати праці, витрати палива, зберігати структуру ґрунтів, запобігати явищу ерозії за рахунок збереження на поверхні ґрунтів рослинних залишків, скорочувати терміни сівби, зберігати вологу в ґрунті, зменшити потреби сільськогосподарських підприємств у енергозасобах.

З огляду на це, важливою є концентрування зусиль та грошових ресурсів для розробки та впровадження у виробництво сучасних елементних баз та складових конструкції агрегатів із зосередженням їх випуску на машинобудівних підприємствах, які вже використовують передові технології. Крім цього,

важливим є проведення техніко-технологічного переоснащування, глибокої реконструкції; підвищення технічного рівня машинобудівних підприємств, котрі використовують застаріле устаткування, забезпечення освоєння нових видів конкурентоспроможних машин, які відповідали б світовим вимогам з точки зору стандартів.

Хоча ширше впровадження новітніх підходів до методів обробки ґрунтів створює певні незручності фінансових, організаційних та наукових характерів, в Україні є організації, які виробляють ґрунтообробні та посівні агрегати для ґрунтозахисних технологій і проявили себе дуже позитивно. До переліку виробників входять такі, як: ВАТ “Точмаш”, ВАТ “Галещина, машзавод”, ВАТ “Хмільниксільмаш”, ТОВ “Краснянське СП “Агромаш”, ТОВ НВП “БілоцерківМАЗ”, та інші, які разом із провідними науківцями-аграріями проектують і виготовлюють ґрунтообробні агрегати для економного та екологічного землеробства, адаптовані до усіх ґрунтово-кліматичних зон та фінансових викликів України. Запропоновані зразки техніки значно дешевші за імпортовані аналоги і по якості обробітку ґрунту є конкурентними. Така техніка сприяє усуненню надмірного ущільнювання ґрунтів, створює передумови для акумулювання вологи в ґрунтах, мінімізує енергетичні затрати та витрати праці.

На базі лабораторії системи економічних нормативів на нові зразки техніки НДІ “Украгропромпродуктивність” проведено дослідження згідно з ДСТУ 4397-2005 і визначено основні показники ефективності використання комбінованих агрегатів ККП-6 виробництва ВАТ “Галещина, машзавод” із закордонними аналогами Еурорак-6000 виробництва фірми «BBG» (Німеччина) при агрегуванні з тракторами ХТЗ-17221.

Проаналізувавши результати досліджень виявили, що згідно показників економічної ефективності, ґрунтообробні агрегати ККП-6 “Кардинал” мають переваги перед закордонним аналогом: порівнюючи з ґрунтообробними агрегатами Еурорак-6000, прямі експлуатаційні затрати зменшуються на 42,6%, а сумарні приведені витрати менші на 45,7%, витрати на капітальні ремонти скорочуються на 53,2%, амортизаційні відчислення – на 61,5 %.

Величезне значення у збільшенні ефективності сільгосп виробництва та продуктивності праці відіграють також економічні нормативи та норми.

Нормативи продуктивності та затрат пального для механізованих польових робіт на основних й передпосівних обробітків ґрунту розробляються для використання для усіх категорій сільськогосподарських підприємств незважаючи на їхню відомчу приналежність та форму власності. Великий попит у виробників сільськогосподарської продукції мають типові нормативи продуктивності та витрачання пального на сучасні ґрунтообробні агрегати, які розробляються на НДІ “Укргропромпродуктивність”.

Загалом, згідно результатів проведених досліджень, можна зробити висновки, що ґрунтообробні агрегати ККП-6 дещо поступаються закордонним аналогам у витратах пального й нормативах продуктивності, однак має переваги за показниками економічних ефективностей, зокрема: за експлуатаційними витратами – менш на 42,6%, за витратами на капітальні ремонти – на 53,2, за амортизаційними відрахуваннями – на 61,5%. Комбіновані агрегати ККП-6 “Кардинал” окуповуються за один-півтора роки, а закордонні аналоги – за три-чотири з половиною роки, при терміні служби агрегатів порядку восьми років [1].

Отже, з огляду проведених міркувань слідує, що є необхідність створювати комбіновані ґрунтообробні агрегати, які володіють високими експлуатаційними та економічними показниками і котрі могли б конкурувати із закордонними аналогами.

1.2.2. Огляд конструкцій машин для комбінованого обробітку ґрунту

Вітчизняний ринок сільськогосподарської техніки перенасичений достатньою кількістю зразків комбінованої ґрунтообробної техніки як вітчизняного так і закордонного виробництва. Проведемо огляд декотрих із них.

Комбінований агрегат АК-6 “Георгій” [4] є компактним, універсальним, чотирьохопераційним культиватором з широким спектром застосування.

Застосовуються вони для проведення як поверхневих обробітків, так і для інтенсивного культивування за чудового змішування поживних рештків при глибині обробітку від 5 до 25 см. Завдячуючи високій рамі, та відстані між стійками поживні залишки добре перемішуються навіть за найскладніших та несприятливих умов (Рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Комбінований агрегат АК-6 “Георгій”

Передній ряд дисків “ромашка” за діаметру 610 мм виготовляються із сталі марки 65Г згідно спеціальної технології, котра дозволяє забезпечити високу довговічність та малі затрати при технічному обслуговуванні. Диски, подрібнюючи поживні рештки, котрі залишаються після збирання урожаїв перемішують їх з верхніми шарами ґрунту. Робочу глибину дисків є змога плавно регулювати в межах від 3 до 12 см. Можливою є комплектування дисків трьох видів (ромашка, гладкі, culter), а також можна регулювати і три кути атаки батарей дисків (рис. 1.3).

Культивуюча частина агрегату АК-6 “Георгій” має чотири ряди лап, що нерухомо закріплені на рамі культиватора, призначені для проведення суцільного культивування дещо нижче від рівня роботи дисків, а також для розпушування ґрунтів та підрізання бур’янів. Лапи проникають в ґрунт під кутами 10-15 градусів, це мале значення кута (ефект долота) має переваги, тому що

культиваторна лапа без особливих зусиль втягується навіть при роботі на твердих ґрунтах і необхідним є лише незначні тягові зусилля енергозасобу.



Рисунок 1.3 – Робочі органи комбінованих ґрунтообробних агрегатів
АК-6 “Георгій”

Сталеві планчаті барабани розбивають грудки і розрівнюють ґрунт після проходу культиваторних лап. Завершальною частиною робочих конструкцій є ряди важких катків, які призначені для подрібнення та ущільнення ґрунту.

Саме якість ущільнення є надзвичайно важливим параметром за посушливих умов. Робиться це з тих міркувань, щоб сходження насінини як культурних рослин так і бур'янів, котрі залишились відбувалось швидко і одночасно, крім того створюється так званий бар'єр, що запобігає надлишковому випаровуванню вологи.

Стерневий культиватор KUNH Mixer 100 є комбінованим ґрунтообробним агрегатом, що являє собою комбінацію з 3-ох знарядь: лапи (2 ряди), диски (1 ряд) та каток (3 ряди). Стерньові культиватори MIXTER призначені для управління ростом бур'янів методом примусових пророщувань. Культиватори KUNH Mixer 100 створюють в ґрунтах комплекс сприятливих умов для пророщування насіння бур'янів та насіння, що залишилось неприбраним рис. 1.4 [5].



Рисунок 1.4 – Стерневий культиватор KUNH Mixer 100

В наступній таблиці представлені основні технічні характеристики стерньового культиватор KUNH Mixer 100 та його модифікацій.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики стерневих культиваторів KUNH Mixer 100 та їх модифікацій

	MIXTER 100	MIXTER 109	MIXTER 111	MIXTER 113
Робоча ширина, м	3,00	4,00	4,00	6,00
Кількість лап	7	9	11	13
Кількість дисків	6	8	10	12
Тип рами	жорстка	складна		
Транспортна ширина, м	3,00			
Кліренс під рамою, см	80			
Вага, кг				
Зусилля на спрацювання болтових запобіжників, кг	1112	1921	2159	2477
Зусилля на спрацювання болтових запобіжників, кг	1314	2175	2475	2842
Максимальна потужність трактора, кВт/л.с.	103/140	125/170	147/200	169/230

Дисковий чизель Sunflower 4511 (рис. 1.5). Ці агрегати призначені для основного обробітку ґрунтів за мінімальними технологіями – глибина

розпушування до 350 мм з проведенням одночасного закладення рослинних рештків на глибину до 150 мм. Особливості: Глибина обробітку в межах 0-350 мм. Передні диски чизеля встановлені на індивідуальних підвісках. Передній та задній ряди дисків можуть регулюватися незалежно по відношенню один до одного та відносно самої рами. За один прохід агрегату відбувається руйнація "плугової підшви" неглибокого залягування та здійснюється поверхневий обробіток ґрунту. Оригінальна система закріплення паралелограму батарей дисків дозволяє дискам проводити копіювання рельєфу за принципом висіваючих модулів сівалок точного посіву. Власна незалежна система закріплювання передніх дисків C-flex застерігає диски стосовно забивання ґрунтом та поживними рештками. Стійки володіють або жорстким кріпленням або облаштовані запобіжними пружинами, котрі мають зусилля спрацювання порядку 570-630 кг. Важелі запобіжних пружин можуть регулюватися на кут в межах 44°-50° для забезпечення можливості встановлення як чизельних так і стріловидних лап. Поверхня поля залишатиметься рівною ще рахунок великої кількості дисків розташованих на батареях задніх. Полімерні втулки UHMW для операцій розкладання – складання використовуються для всіх поворотних осей, котрі не потребують змащування мастилом [6].



Рисунок 1.5 – Дисковий чизель Sunflower 4511

Культиватор комбінований напівпричіпний ККП-6 «Кардинал» (рис.1.6) [7]. Дані культиватори призначені для проведення передпосівних обробітків ґрунтів у всіх кліматичних зонах України. Особливо ефективним його використання для обробітку ґрунтів після проведення зяблевих оранок під посіви буряків, кукурудзи, гороху, соняшників, льону та ярих зернових. Операції з культивації проводяться під кутом до напрямку проведення оранки.

Характерними конструктивними особливостями даних культиваторів є те, що використовуючи відповідний набір робочих органів за одне проходження вони послідовно виконують усі основні технологічні операції призначені для передпосівної обробки, а саме:

- розпушування колії енергозасобу;
- вирівнювання поверхні поля першими секціями «вирівнюючих лопат»;
- ущільнювання верхніх шарів ґрунту та подрібнювання великих груд котками перших секцій;
- розпушування ґрунту та підрізування бур'янів за допомогою трьох рядів пружинних лап перших секцій культиватора;
- додаткове вирівнення поверхні «вирівнюючими лопатами» других секцій;
- додаткове подрібнювання великих груд та ущільнювання нижнього шару ґрунту для утворення «насінневого ложа» малими та великими котками других секцій;
- остаточне вирівнення поверхні ґрунту та розподілення поживних решток по поверхні поля пружинними боронами других секцій.

Культиватори складаються при допомозі гідроприводу до ширини 3,15 м, тому їх можна легко транспортувати дорогами загального призначення.

Оригінальність конструкції слідорозпушувачів в порівнянні з аналогічними, що застосовуються на інших культиваторах полягає в її жорсткості, котра дає можливість проводити якісне розпушування колії енергозасобу на потрібну глибину, крім того є зрізні болти, які при перевантаженнях зберігають конструкції слідорозпушувачів від руйнувань, відповідно продовжується термін їх служби.

Усі рамні конструкції культиваторів виготовляють із труб квадратних перерізів, товщиною стінки рівною 8 мм – в цьому випадку величина прогину рам при операції транспортування є найменшою з усіх наявних конструкцій культиваторів такого типу, котрі випускаються в Україні.

Регулюючи кожну з груп робочих органів є можливість проводити передпосівну обробку на глибині від 2 до 15 см. Це є вкрай важливим при здійсненні посівів дрібно-насінневих культурних рослин.

Також за використання даних культиваторів є можливість отримання:

- швидких та дружніх появ сходів;
- рівномірне розвивання паростків;
- повне підрізування бур'янів за рахунок установки трьох рядів робочих органів, можливості змінювати її залежно від величини забруднення;
- витягування кореневих залишків бур'янів на поверхню поля до їх повного знищення;
- повне розпушування колії енергозасобу;
- зростання продуктивності при економії палива і витрат праці.



Рисунок 1.6 – Комбінований напівпричіпний культиватор ККП-6 «Кардинал»

Широкозахватний навісний культиватор КШН-5,6 «Резидент» (рис. 1.7) [8]. Культиватори КШН-5,6 «Резидент», призначені для проведення операцій

з основної обробки ґрунтів без перевертування їх поверхневих шарів і можуть застосовуватись у всіх агрокліматичних зонах України.

Культиватори складаються з центральних рам обладнаних гідросистемами, двох бокових напіврам, мають опорні колеса, колісні підвіски, робочі органи. Бокові напіврами з'єднуються з центральною рамою шарнірно, це робить можливим складати напіврами для транспортування при допомозі гідравліки, при цьому зменшується ширина культиватора. Прикріплені шарнірно до рам колісні підвіски, в поєднанні з парою коліс на пневматичних шинах, в робочому положенні піднімається за допомогою гідросистеми.

Опорні колеса встановлюються таким чином, щоб леза лап працювали під основними масами коренів зернових колоскових на глибинах 10-15 см. Лапи тринадцять штук, закріплені у два ряди на рамах і напіврамах, при здійсненні робочого процесу культиватора, проводять підривання і розрізування нижнього шару ґрунту. Головною особливістю робочих органів культиваторів є те що вони розбірні, і по мірі зношення окремих частин їх є можливість замінити.

Найбільш зношуваною деталлю вважається розпушувачі, вони можуть розвертатися іншим боком по мірі їх зношування, це в два рази подовжує термін їх служби. Праві і ліві накладки містять наплавлені ріжучі кромки, тому при виконанні робіт вони мають здатність до самозагострювання, що дозволяє покращити якість роботи культиваторів в цілому та зменшує витрати пального. З метою захисту від пошкоджень лап в кронштейнах кріплень встановлені захисні зрізні болти.

Ряди дисків котрі встановлюються за культиваторними лапами призначені для подрібнення і розпушування підірваних шарів ґрунту, а також для часткового вирівнювання гребенів, які утворилися за культиваторними лапами. Котки призначені для додаткового подрібнення, прикочування та остаточного вирівнювання верхніх шарів ґрунту.

За оптимальної вологості ґрунтів дані агрегати не утворюють великих груд землі і зберігають природну структуру ґрунтів.

З метою попередження ерозії та замулення ґрунтів, багата на органічну субстанцію мульча, не повинна зароблятися на великі глибини. Культиватори

КШН-5,6 «Резидент» володіють певною особливістю – їх можливо відрегулювати на дуже малі глибини обробітку, при яких поживні залишки перемішуватимуться лише в межах верхніх шарів, товщина ми лише декілька сантиметрів. Кислоти, що утворилися в процесі мінералізації органічних речовин, при наступних посівах не будуть ставати на заваді розвитку кореневих систем культурних рослин. Для прикладу, на поверхні ґрунту мінералізація соломи відбувається оптимально, а через мілкий обробіток, зернові падалиці та насіння бур'яну проростатимуть одночасно.

Культиватори рекомендовано використовувати для важких ґрунтів після проведення оранки для культивування та передпосівних обробітків ґрунту, а також для проведення передпосівних обробітків ґрунтів без оранки, після збору просапних та зернових культур при підготовці посівів проміжних та озимих культур.

Основною вимогою якісного проведення робіт культиваторів є лише рівномірне розподілення поживних залишків на поверхні полів та оптимальне значення вологості ґрунту.



Рисунок 1.7 – Широкозахватний навісний культиватор КШН-5,6 «Резидент»

Паровий напівпричіпний культиватор КПН-8,2 «Вакула» (рис.1.8) [9].

Культиватори КПН-8,2 Вакула призначені для передпосівних обробіток ґрунтів у межах всіх ґрунтово-кліматичних зон, за винятком районів де є кам'яністі ґрунти на глибинах від 5 до 15 см.

Робочими органами даних культиваторів є звичайні стрілочасті лапи шириною 270 мм. Однак вони встановлені на жорстко закріплених стійках, що дає можливість якісного проведення обробітку ґрунтів на задані глибини, і робочі органи не виглиблюються при попаданні на більш тверді ґрунти.

Дані культиватори випускаються в трьох модифікаціях для роботи з енергосадами усіх тягових класів.

При демонтажі двох напіврам культиваторів КПН-8,2 є змога отримати культиватори КПН-5,6, а шляхом демонтажу двох крайніх секцій з культиваторів КПН-5,6 можливо отримати культиватори КПН-3.

Секції і напіврам шарнірно з'єднано з центральною рамою, що дає можливість при виконанні транспортування скласти секції та напіврами, зменшивши ширину агрегату. Колісна підвіска прилаштовується до рами шарнірно, має два колеса на пневматичних шинах, може опускатися та підніматися при допомозі гідросистеми, і таким чином агрегат не залишає після себе колій знаходячись в робочому положенні.

Культивацію проводять під кутом до керунку попередніх обробіток.

В процесі виконання роботи культиватори опираються на передні опорні та задні прикочувальні котки. Розміщення кожного з котків може регулюватись гвинтами, також за допомогою яких виставляється величина глибини обробітку.

Культиваторні лапи закріплюються у три ряди на центральних рамах, напіврамах та секціях, при роботі агрегату виконують операції підривання і розрізання нижніх шарів ґрунту. Вони розміщуються таким чином, щоб витримувався принцип перекривання слідів, а дещо більша відстань поміж стійками, порівнюючи з існуючими агрегатами, не дає можливості забивання робочих органів коренями бур'янів.

Планчасті котки, що йдуть після секцій стріловидних лап добре розбивають грудки, і створюють на поверхні ґрунту такий рельєф, який дозволяє зменшити кількість випаровуваної вологи.

Конструкції культиваторів відзначається високим значенням жорсткості та є надійними, у підшипникових вузлах котків застосовано закриті підшипники само центрованого типу, що дозволяє усунути перекоси при роботах із перевантаженнями і дозволяє значно подовжити термін служби котків.

Жорстко закріплені стійки, яка є захищеною від ударних навантажень за допомогою зрізних болтів, виготовлені із низьколегованих сталей з подальшим загартовуванням.



Рисунок 1.8 – Паровий напівпричіпний культиватор КПН-8,2 «Вакула»

Універсальний дисковий агрегат «РУБІН» призначений для обробітку та подрібнювання поживних рештків, включаючи довгі стебла кукурудзи та

соняшнику, а також для проведення підготовки ґрунтів до посівів (рис. 1.9) [10].

Агрегат «Рубін» ідеально справується з обробітком ґрунтів на площах де є залишки високих стебел соняшнику та кукурудзи, велика маса сидератів, що використовуються в якості зеленого добрива, полегли хліби. Універсальний дисковий агрегат забезпечує утворення рівномірного перемішування ґрунтів і рослинних решток навіть на мінімальних глибинах – 3-15 см. Усі диски агрегату забезпечують дотримання рівномірної точно заданої глибини. Два ряди дисків розташовуються в шахматному порядку стосовно один одного на проміжку 12,5 см, за рахунок чого утворюється суцільний обробіток ґрунтів по всій поверхні. Маючи високу рамну конструкцію (80 см), агрегат не забивається органічними рештками.



Рисунок 1.9 – Універсальний дисковий агрегат «РУБІН»

«Рубін» вважається універсальним агрегатом, оскільки за одне проходження енергозасобу виконуюся усі функції, що є необхідними для обробітку поверхні ґрунту та проведення передпосівних підготовок по стерні або неораних полях.

Здатний замінити і перевершити дискові борони. Завдячуючи наявності робочих органів, у вигляді зубцюватих напівсферичних дисків, закріплених на окремих стійках з автоматичними механізмами від перевантажень; пружинних розпушувачів-загортачів (боронків); прикочуючих котків – «Рубін» позиціонується як багатофункціональне знаряддя.

Агрегат «Рубін» може виконувати наступні функції:

- підрізування й обробіток поживних решток на глибинах порядку 3 – 15 см,
- подрібнювання довгих решток стебел кукурудзи та соняшнику,
- проведення інтенсивного перемішування ґрунту з рослинними рештками,
- розпушування ґрунту,
- вирівнювання поверхні поля,
- операції прикочування та ущільнювання ґрунту,
- виконання передпосівної підготовки.

Агрегат можна також використовувати замість плугів, при застосуванні технології безвідвального обробітку ґрунтів. Завдячуючи наявним функціям, після обробітку ґрунту «Рубіном» є можливість здійснювати висівання насіння.

Дискові агрегати «Рубін» випускається з шириною захвата в межах 3 – 12 м. За допомогою гідравліки є можливість складання агрегату для здійснення транспортування до ширини 3 м (12-метрові – до 4 м). Оптимальні швидкості складають 12-15 км/год.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра

В Україні склалася доволі цікава ситуація з обробітком ґрунтів. З одного боку, це багатовіковий досвід, беззаперечні фундаментальні здобутки, налагоджена система впроваджень через науково-дослідницькі станції, рекомендації зонального та регіонального характеру. З іншого – нинішня гостро відчутна криза, що торкнулася сільського господарства, котра найбільше

стосується технології вирощування культур і, особливо, обробітку ґрунтів.

В Україні без обґрунтування економічної доцільності закупили велику кількість різноманітної дороговартісної закордонної техніки, зокрема і ґрунтообробної. Її застосування не покращило загального стану сільськогосподарського виробництва. І як наслідок, вітчизняні підприємства сільськогосподарського машинобудування отримали великі збитків та практично не використовують свої можливості в технологічному плані. Зменшення виробництва їхньої продукції викликало збільшення собівартості техніки і, як закономірність призвело до зростання ціни реалізації техніки.

Станом на зараз в землеробстві більшість площ земель обробляється за допомогою плугів. Модельні ряди плугів наповнюються новими типами: обертові, поворотні, плуги зі змінними шириною захвату та з різним числом корпусів (від 2-х до 16-ти). Однак оранка так і залишається одним із найбільш енергоємних і витратних процесів та є шкідливою для середовища в ґрунті. При цьому після оранки є необхідним проведення додаткових обробок ґрунтів (на які щороку затрачається величезний об'єм робіт і часу), внаслідок яких суттєво погіршуються водяно-фізичні якості, проявляється схильність до пересушувань та розвитку ерозії. Крім того порушується екологічна рівновага ґрунтових систем, що в кінцевому випадку призводить до втрат гумусу. З огляду на це є потреба у створенні та впровадженні новітніх прогресивних ґрунтообробних машин і агрегатів.

Тому, є необхідність розробки комбінованих ґрунтообробних агрегатів, що володіють високими показниками (експлуатаційними та економічними), котрі би могли конкурувати із закордонними аналогами.

Отже, основним завданням кваліфікаційної роботи буде удосконалення конструкції та обґрунтування основних параметрів комбінованого ґрунтообробного агрегату, шляхом раціональної розстановки робочих органів.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

2.1. Конструктивні розрахунки

2.1.1. Розрахунок параметрів лап

Необхідним є розрахунок кута 2γ при вершині стрілочастих лап, раціональні величини перекриття Δb , величину ширини захвату b , здійснити вибір інших параметрів з числа рекомендованих значень.

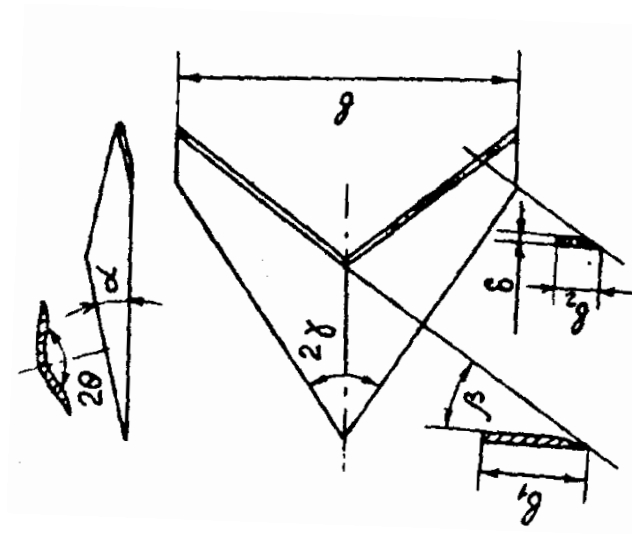


Рисунок 2.1 – Стрільча лапа

Вихідними даними слугують тип ґрунтів, необхідна величина зміщення S бур'янів, що гарантуватиме їх перерізування або відрив.

Комбіновані ґрунтообробні агрегати для проведення передпосівних обробітків ґрунтів комплектуються лапами розпушувального типу. Розпушуючі лапи призначаються для знищення бур'яну, при роботі на глибинах 6-12 см, а деколи і до 25 см. Основними розпушувальними робочими органами є стрілочаста лапа, які можуть бути з хвостовиком або без хвостовика. Форма та розміри розпушувальних лап характеризується кутами 2γ і β ; величиною ширини захвату b , а також величиною ширини на початку b_1 та кінці b_2 крил лап та обрисами грудей лап (рис. 2.1).

Кути γ необхідно вибирати такими, щоб підрізування бур'яну здійснювалося ковзним різанням, а корені вирваного бур'яну без зупинки ковзали вздовж лез. За невиконання цієї умови відбуватиметься так зване обволікування лез. Для того, щоб повиснуті на лезах бур'яни О (рис. 2.2, а) ковзали уздовж лез, має виконуватися умова [16]:

$$\gamma \leq 90^\circ - \varphi, \quad (2.1)$$

де φ – величина кута тертя бур'яну по лезі.

При не дотриманні цієї умови лобовий опір ґрунту P , випробовуваний бур'янами, буде відбуватися всередині кутів тертя NOA і сили P не зможуть викликати ковзання бур'янів уздовж лез.

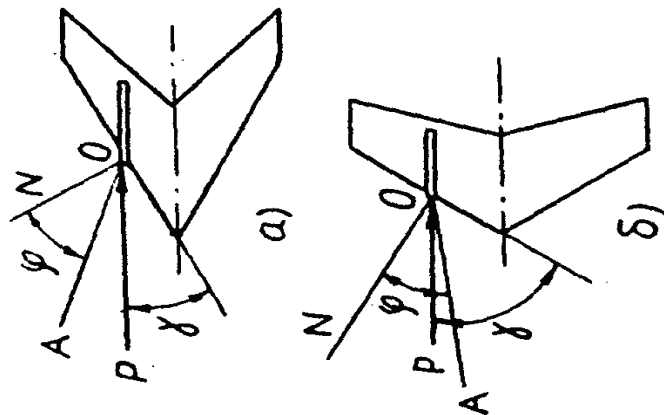


Рисунок 2.2 – Схема для обґрунтувань кута γ :

а – різання з ковзанням; б – різання без ковзання.

Переважно $\varphi \approx 47,7^\circ$ згідно залежності (2.1), кут лап складає $2\gamma \leq 90^\circ$. Хоча залипання ґрунту на лапи створює перешкоди ковзанню бур'яну, тому при обробі вологого клейкого ґрунту кути γ повинні бути значно менші, ніж передбачається співвідношенням (2.1).

З іншої сторони, зменшення кутів γ знижує відсоток підрізування бур'яну, оскільки зменшується значення величини вигину S і зсування бур'янів. Тому з

метою забезпечення повного підрізування бур'яну не потрібно зменшувати кут 2γ , а керуватися його вибором згідно рекомендованих меж: лапи, що працюють на клейкому ґрунті (глина, чорноземи) кут знаходиться в межах $2\gamma \approx 55-60^\circ$, а для піщаних $75-80^\circ$ [16].

Визначаємо кут γ з огляду наведених міркувань.

Приймаємо $2\gamma = 55-75^\circ$.

Є необхідним розрахунок необхідної величини вигину S і зсування бур'янів, які забезпечуватимуть задане перекривання лап.

При наїзді на бур'яни O (рис. 2.3) лезо лап натискає на їх корені і створює вигинання і зміщення їх по лінії OO_1 , яка відхилена від нормалі до лез на величину кута φ . Якщо на момент сходження з крил лап бур'яни виявляться неперерізними, то вони змістяться на відстань

$$S = \frac{\Delta b}{\cos(\gamma + \varphi)}, \quad (2.2)$$

де Δb – величина перекривання між лапами.

Величина ймовірності виживання лише пошкоджених бур'янів зростатиме із зменшенням величини зміщення S .

Із залежності (2.2) слідує, що S зменшується при зменшенні величини перекривання і значення кута γ . Знайшовши таким чином рекомендовану величину перекриття, розрахуємо за формулою (2.2) значення зміщення бур'янів для запропонованого комбінованого ґрунтообробного агрегату.

Приймаємо величину перекривання між лапів $\Delta b = 30$ мм. При величині кута $\gamma_1 = 55^\circ$.

А для величини кута $\gamma_2 = 75^\circ$ $\Delta b = 50$ мм. В цьому випадку величина зсуву S_1 буде рівною:

$$S_1 = 30 / \cos(27,5 + 47,7) = 99,765 \text{ (мм)};$$

$$S_2 = 50 / \cos(37,5 + 47,7) = 131 \text{ (мм)}.$$

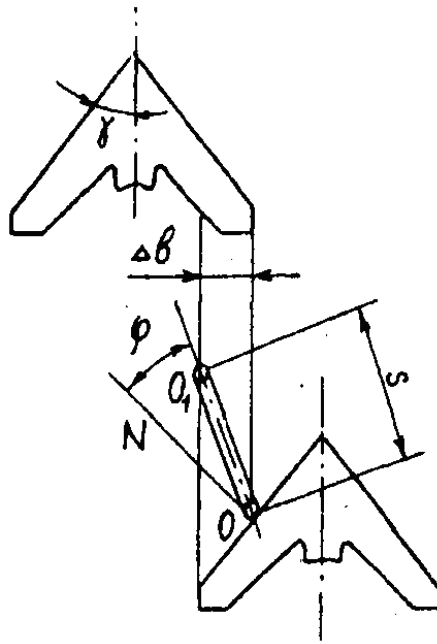


Рисунок 2.3 – До визначення значення переміщень S бур'янів під дією лап

Величину ширини захвату лап вибирають з урахуванням того, що вона також впливає на нагромадження неперерізаного бур'яну на закінченнях їхніх крил [16]. Обволікування лезів лап широкозахватних і відсутність такого явища при однакових умовах роботи для лап малих ширин захвату, при однаковому значенні кутів 2γ і β , досліджено вже давно. Це феноменальне явище носить динамічний характер, при якому леза бувають оповитими не просто нерухомо обвислим бур'яном, а бур'яни повільно ковзають вздовж леза.

За переміщення лап в пухких ґрунтах із розміщення I в положення II (рис. 2.3) увесь бур'ян, який розміщується по площі ABCD, буде зірваний зі свого розташування і, пересуваючись разом з лапами і водночас здійснюючи ковзання вздовж їх лез, накопичуватиметься на ділянках лез CD.

Число бур'яну на цих ділянках лез:

$$n = iL\Delta h, \quad (2.3)$$

де i – кількість бур'яну на одиниці величини площі ділянки;

L – довжина середньої лінії трапеції;

Δh – значення висоти трапеції ABCD.

Нагромадження бур'яну на лезах зазвичай проявляється саме на кінцях крил. Це обумовлено тим, що лапи більших ширин захвату встановлюють, як правило, на комбінованих агрегатах в других рядах.

Закінчення крил таких лап переміщуються в ґрунті, який розпушений лапами перших рядів, тому величина лобового опору бур'янів на кінці крил може виявитися недостатньою для подолання тангенціальною складовою цього зусилля сил тертя, а також опору зрушення шарів ґрунтів, які налипають на поверхню лап: бур'яни, ковзаючи вздовж лез, повинні очистити цей шар ґрунту за лапами.

З рисунку 2.4 можна спостерігати, що ділянки CD лез лап є найбільш навантаженими по кількості проходячого через них бур'яну у випадку неперерізування його іншими ділянками лез.

Вибираємо величину довжини ділянки $CD = \Delta l$ у відповідності до значення перекривання лап:

$$\Delta l = \frac{\Delta b}{\sin \gamma}, \quad (2.4)$$

тоді для того, щоб забезпечувався безпосередній контакт бур'яну з лезами їхня кількість на цих ділянках лез повинна бути не більшою:

$$n = \frac{\Delta l}{d}, \quad (2.5)$$

де d – величина середнього діаметру стебел бур'янів.

Для проведення наших розрахунків приймаємо $d = 4$ мм.

Величина площа трапеції, з якої бур'ян накопичується на ділянці Δl лез, визначатиметься значенням висоти Δh і довжинами сторін AD і BC:

$$\Delta h = \frac{\Delta b \cos \varphi}{\sin \gamma} . \quad (2.6)$$

$$AD = \frac{b}{2 \cos(\gamma + \varphi)} . \quad (2.7)$$

$$BC = \frac{b}{2 \cos(\gamma + \varphi)} + \frac{\Delta b \sin \varphi}{\sin \gamma} - \frac{\Delta b \cos \varphi \operatorname{tg}(\gamma + \varphi)}{\sin \gamma} . \quad (2.8)$$

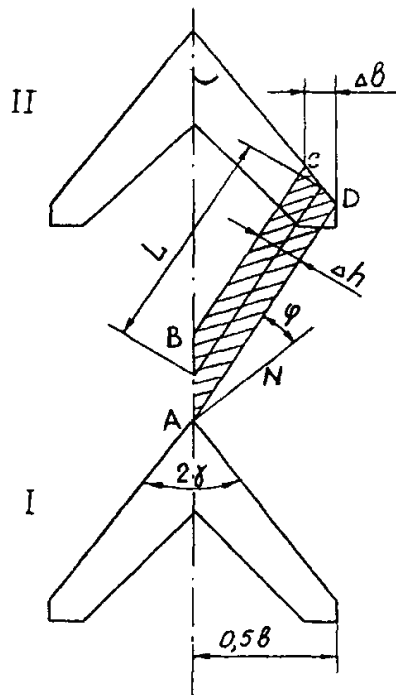


Рисунок 2.4 – Схематизація процесів динамічного обволікування лез лап бур'янами

Врахувавши залежність (2.3), можливо здійснити перевірку ширини захоплення лап, за якої умови перерізування бур'яну будуть виконуватись навіть на закінченнях крилів лап [16]:

$$b \geq \Delta b + \frac{2n \cos(\varphi + \gamma) \sin \gamma}{i \Delta b \cos \varphi} . \quad (2.9)$$

Знайдемо Δh :

$$\Delta h_1 = 30 \cdot \cos 47.7 / \sin 27.5 = 45,941 \text{ мм},$$

$$\Delta h_2 = 30 \cdot \cos 47.7 / \sin 37.5 = 58,077 \text{ мм}.$$

Прийmemo $b_1 = 270$ мм, отже:

$$A_1 D_1 = 270 / 2 \cos(27.5 + 47.7) = 448,944 \text{ мм};$$

$$B_1 C_1 = 448,944 + 30 \cdot 0,707 / 0,4617 - 30 \cdot 0,707 \cdot 3,1716 / 0,46 = 348,644 \text{ мм};$$

$$L_1 = A_1 D_1 + B_1 C_1 / 2;$$

$$L_1 = 448,944 + 348,644 / 2 = 398,794 \text{ мм}.$$

Підставляючи залежність (2.2) у вираз (2.9) отримуємо :

$$b \geq \Delta b + \frac{2iL_1 \Delta h_1 \cos(\varphi + \gamma) \sin \gamma}{i\Delta b_1 \cos \varphi} . \quad (2.10)$$

Тоді величина b_1 буде складатиме:

$$b_1 = 30 + [(2 \cdot 1 \cdot 398,794 \cdot 45,941) \cdot \cos(47.7 + 27.5) \cdot \sin 27.5 / 30 \cdot \cos 47.7] = 268,37 \text{ мм}.$$

Умова виконується.

Далі проведемо розрахунки для кута $\gamma = 37,5^0$.

Прийmemo $b_2 = 330$ мм, тоді

$$A_2 D_2 = 330 / 2 \cos(37.5 + 47.7) = 1264,1 \text{ мм};$$

$$B_2 C_2 = 1264,1 + (50 \cdot 0,707 / 0,608) - (50 \cdot 0,707 \cdot 7,59 / 0,608) = 880,95 \text{ мм};$$

$$L_2 = A_2 D_2 + B_2 C_2 / 2;$$

$$L_2 = 1264,1 + 880,95/2 = 1072,525 \text{ мм};$$

$$e_2 \geq 50 + [(2 \cdot 1 \cdot 1072,525 \cdot 58,07) \cdot 0,1305 \cdot 0,608 / 1 \cdot 50 \cdot 0,707] = 279,58 \text{ мм}.$$

Умова дотримана.

Отримані згідно розрахунків результати необхідно порівняти з рекомендованими з практичного досвіду: для клейкого глинистого ґрунту $b \leq 35$ см, для супіщаного $b \leq 45$ см

При проведенні вибору значення ширини захоплення лап відповідно до залежності (2.9), необхідно передбачати два значення даного параметру; так як лапи задніх рядів рухаються по дещо оброблених ґрунтах, тому вони сприймають менші навантаження і можуть бути ширшими за лапи передніх рядів.

По аналогії зі стандартизованими значеннями є можливим прийняти залежність:

$$b_{\text{пер}} = 0,82b_{\text{зад}} \quad (2.11)$$

$b_1 = 270/0,82 = 329,27$ мм, для клейкого глинистого ґрунту $b_1 \leq 350$ мм умова дотримується.

$b_2 = 330/0,82 = 402,44$ мм, для супіщаного $b_2 \leq 450$ мм умова дотримується, тобто проведені розрахунки є правильними.

Величина проведеного розпушення ґрунту лапами визначається значенням величини кута β і ширини крил: чим меншим є кут β і відповідно величина крила лапи, тим розпушення ґрунту буде меншим.

Ширина крил лапи зазвичай робиться меншою до закінчення крила.

Мінімальне значення ширини крила $b_2 = 30$ -50 мм, а максимальне $b_1 = 1,5$.

Приймаємо величину мінімальної ширини крила $b_2 = 50$ мм,

тоді $b_1 = 1,5 \cdot 50 = 75$ мм

Товщину матеріалу δ вибираємо в залежності від величини ширини захоплення:

для універсальних лап $\delta \leq 0,03 b$, тоді:

$$\delta \leq 0,03 \cdot 330 = 6,6 \text{ мм.}$$

Спосіб заточування лез приймемо комбінований.

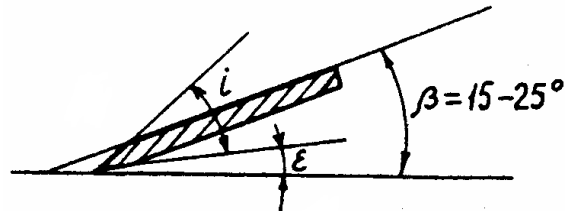


Рисунок 2.5 – Комбінований спосіб заточки лез лап

З метою забезпечування стійкості ходу лап за глибиною леза повинні мати задні кути різання $\epsilon \geq 10^\circ$ в площині перерізу крила вертикальною площиною, яка є перпендикулярною до леза. Згідно властивостей матеріалів, які використовуються для виготовлення лап, кути загострювання i не повинні бути меншим 12-15°.

Величина переднього кута різання $\beta_0 = i + \epsilon = (12 \div 15^\circ) + 10^\circ = 22 \div 25^\circ$.

З огляду на це, спосіб заточування лез приймемо комбінованим.

Кут α , який утворюється лінією $A'B'$ з опорною площиною, знайдемо згідно залежності:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B'C'}{A'C'},$$

але

$$B'C' = b_1 \sin \beta \text{ і } A'C' = \frac{b_1 \cos \beta}{\sin \gamma},$$

тому:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \sin \gamma \quad (2.12)$$

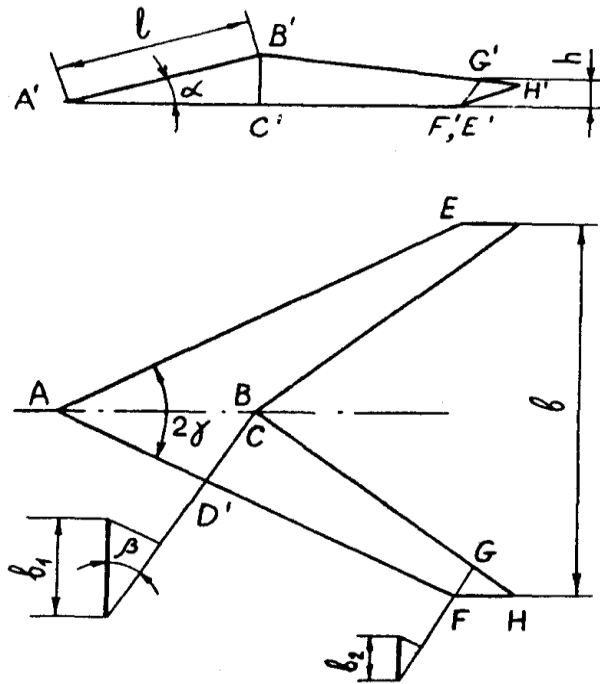


Рисунок 2.6 – Проекція стріловидної лапи

Відрізок l , який визначає положення точки B' складатиме:

$$l = b_1 \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}. \quad (2.13)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 15 \cdot \sin 27,5 = 0,27 \cdot 0,47 = 0,13 \text{ кум } \alpha = 7,4^\circ.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 25 \cdot \sin 37,5 = 0,284 \text{ кум } \alpha = 15^\circ.$$

$$l_1 = 75 \cdot 0,258 / 0,128 = 151 \text{ мм.}$$

$$l_2 = 57 \cdot 0,422 / 0,258 = 122,64 \text{ мм.}$$

2.1.2. Обґрунтування схеми розташування лап на рамі

Спосіб розташування лап на рамах комбінованих ґрунтообробних агрегатах визначається згідно трьох параметрів: величина перекривання, кількість рядів лап і відстань L поміж рядами.

Для того, щоб визначити зони деформації ґрунту використаємо метод проф. В.С. Жегалова: нехай, для прикладу, лапа пересувається у ґрунті, є зануреною на глибині $a_{\max}$. Переду лапи ділянка деформації буде обмежуватись прямою mn , яка розташована під кутом φ до проведеної нормалі nN через носок n лапи (рис.2.7). З бокових сторін ділянка деформації обмежена площинами, які утворюють з напрямком mn кут $\omega/2$.

Згідно цих даних ширина B смуги деформації на поверхні ґрунту буде окреслена наступним значенням [14]:

$$B = b + 2m_1m_2 = m + 2mntg \frac{w}{2}, \quad (2.14)$$

де

$$mn = \frac{a_{\max}}{\cos(\alpha + \varphi)} \quad (2.15)$$

Звідси

$$B = b + \frac{2a_{\max} tg \frac{w}{2}}{\cos(\alpha + \varphi)} \quad (2.16)$$

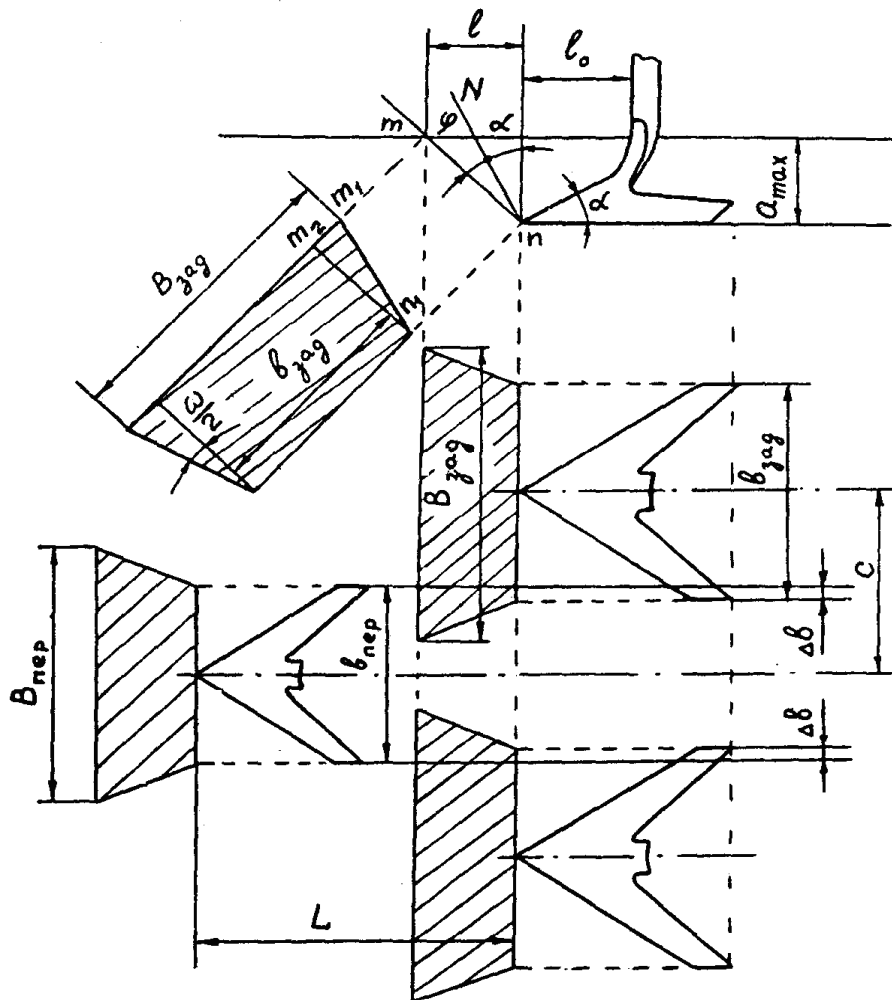


Рисунок 2.7 – До обґрунтування розташування лап комбінованих ґрунтообробних агрегатів

У наступних розрахунках необхідно прийняти $a_{max} = 120$ мм; $\varphi = 47,7^\circ$;
 $w = 50$,

тоді:

$$B_{nep1} = 270 + (2 \cdot 120 \cdot \tan 25 / \cos 55,1) = 466 \text{ мм};$$

$$B_{nep2} = 330 + (2 \cdot 120 \cdot \tan 25 / \cos 55,1) = 526 \text{ мм};$$

$$B_{zad1} = 329,27 + (2 \cdot 120 \cdot \tan 25 / \cos 62,7) = 573 \text{ мм};$$

$$B_{zad2} = 402,44 + (2 \cdot 120 \cdot \tan 25 / \cos 62,7) = 646 \text{ мм};$$

Врахувавши, що величину перекриття Δb знайдено раніше, тут будемо розраховувати величину відстані між сусідніми борознами

$$c = 0,5(b_{nep} + b_{зад})\Delta b \quad (2.17)$$

$$c = 0,5(270 + 330) - 30 = 270 \text{ мм};$$

$$c = 0,5(330 + 400) - 50 = 315 \text{ мм}.$$

та перекривання зон деформації

$$\Delta B = 0,5(b_{nep} + b_{зад}) - c \quad (2.18)$$

$$\Delta B = 0,5(466 + 573) - 270 = 250 \text{ мм};$$

$$\Delta B = 0,5(526 + 646) - 315 = 271 \text{ мм};$$

Стосовно значенню відстані l , між рядами, то вона знаходиться з умов вільного виходження випереджаючих тріщин в оброблюваних шарах на поверхню ґрунту безперешкодно зі сторони встановлених попереду лап. В такому випадку значно зменшиться ймовірність забивання виконавчих органів бур'янами і ґрунтом. Поставлена вимога виконуватиметься при [14]:

$$L \geq l_0 + l \quad (2.19)$$

$$l = a_{\max} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (2.20)$$

Підставивши залежність (2.20) в формулу (2.19) будемо мати

$$L \geq l_0 + a_{\max} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi).$$

$$l_0 = l_1 * \cos \alpha = 151 * 0,992 = 150 \text{ мм};$$

$$l=120* \operatorname{tg}(15+47,7)=233 \text{ мм},$$

тоді

$$L \geq 233 + 150 = 383 \text{ мм},$$

що вписується входить в межі $L=350 \dots 550$.

Тобто проведені розрахунки є вірними.

2.2. Кінематичний і силовий аналіз

Дані розрахунки починаються із знаходження сил, що діють на лапи передніх та задніх рядів у відповідності до їхньої ширини захвату, глибини обробітку і типу ґрунтів.

У загальному виді тяговий опір однієї лапи знайдемо за величиною питомого опору q , і шириною захвату b [14]:

$$R_x = qb, \quad (2.21)$$

де q – величина питомого опору ґрунту, Н / мм;

b – ширина захвату лапи, мм.

Значення величин питомого тягового опору стрілочастих лап за ширини захвату 250-330 мм вітчизняних зразків культиваторів за швидкостей руху 6 км/год наведено в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Величина питомого опору стрілочастих культиваторних лап

Глибина обробітку, см	6	8	10	12
Питомий опір, Н/мм	0,8-1,0	0,9-1,3	2,1-2,7	3,0-3,8

За підвищення швидкостей руху культиваторів на 1 км/год (понад 6 км/год) величина опору лап зростає порядком на 10%

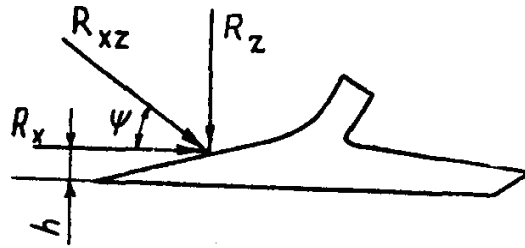


Рисунок 2.8 – Схематизація дії сили R_{xz} опору ґрунту на лапу

Прийmemo $q=2,4$ Н/мм, оскільки передпосівний обробіток 12 см. Виберemo ширину захоплення максимальною $b = 330$ мм.

Однак величина опору лап передніх рядів перевищує значення опору лап задніх рядів (за тієї ж ширини захоплення) приблизно в 2 рази. Це слід врахувати при розрахунках тягового опору окремих лап [14] .

$$q_{пер} = 1,33q ; \quad (2.22)$$

$$q_{зад} = 0,67q . \quad (2.23)$$

Величина тягового опору лап знаходимо за аналогією з формулою (2.21):

$$R_{хппе} = q_{пер} b_{пер} ; \quad (2.24)$$

$$R_{хзза} = q_{зад} b_{зад} . \quad (2.25)$$

Окрім тягового опору, на лапи діють ще й вертикальні складові сили опору ґрунту R_z (Рис. 2.8).

Коефіцієнт $m = \operatorname{tg} \Psi$ охарактеризовує відношення величин вертикальних складових опору лапи R_z до горизонтальних R_x , і залежно від значення гостроти

лез, глибини обробітку та твердості ґрунту може варіюватися у широкому діапазоні і приймати як додатні, так і від'ємні значення. Від'ємні значення кутів Ψ будуть спостерігатися за роботи при твердому сухому ґрунті і тупому лезі.

За глибини ходу 10-12 см, що відповідатиме середньому показнику вологості ґрунту і гострому лезу $\Psi = 22-28^\circ$. Приймаємо $\Psi = 25^\circ$.

$$q_{\text{пер}} = 1,33 \cdot 3,8 = 5,05 \text{ Н/мм};$$

$$q_{\text{зад}} = 0,67 \cdot 3,8 = 2,546 \text{ Н/мм}.$$

Знайдемо для переднього ряду агрегату R_{xz} пер:

$$R_{xz \text{ пер}} = q_{\text{пер}} \cdot \epsilon_{\text{пер}} \cdot \cos 25 = 5,05 \cdot 330 \cdot 0,906 = 1511 \text{ Н}.$$

Знайдемо для другого і третього ряду лап агрегату R_{xz} зад:

$$R_{xz \text{ зад}} = q_{\text{зад}} \cdot \epsilon_{\text{пер}} \cdot \cos 25 = 2,546 \cdot 400 \cdot 0,906 = 929 \text{ Н}.$$

Розміщення точки перетинання напрямку сили R_{xz} задається розміром h , який визначається глибиною обробітку [14]:

$$h = (0,5 \div 0,3)a, \quad (2.26)$$

$$H = 0,5 \cdot 120 = 60 \text{ мм}.$$

Загальний тяговий опір комбінованого агрегату розрахуємо за формулою:

$$P = R_{x_{\text{пер}}} n + R_{xz_{\text{зад}}} n + R_{xz_{\text{зад}}} n, \quad (2.27)$$

де n – число лап в ряду.

Оскільки в першому ряду число лап складає $n = 4$ шт,

У другому ряду – $n = 4$ шт,

У третьому – $n = 2$ шт,

То величина загального тягового опору буде:

$$P = 1511 \cdot 4 + 929 \cdot 4 + 929 \cdot 2 = 11618 \text{ Н}$$

Прийmemo тяговий клас енергозасобу 30 кН.

2.3. Енергетичні розрахунки

Розрахунок гідроциліндра [24]

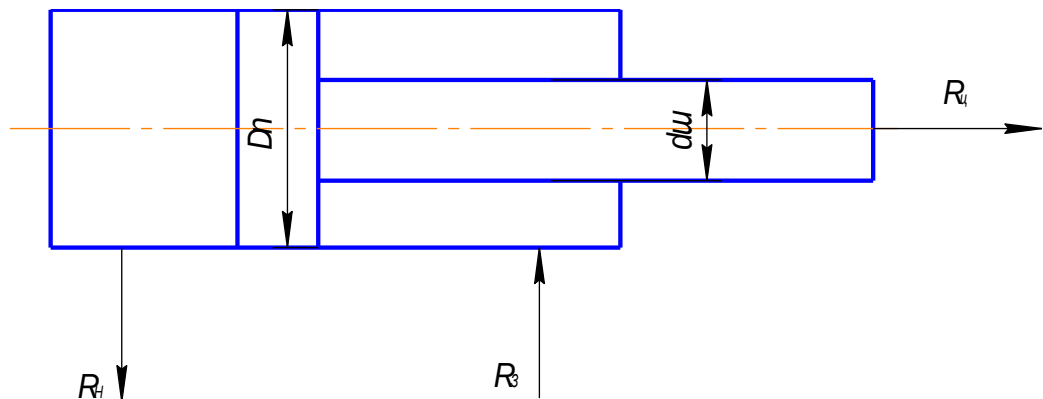


Рисунок 2.9 – Схема гідроциліндра

$$Rq = [Pn \cdot Sn - Pz(Sn - Su)] \cdot \eta_m, \quad (2.28)$$

де η_m – величина механічного ККД, $\eta_m = 0,94$;

Sn - величина корисної площі поршня, м^2

$$Sn = 0,25\pi \cdot D_n^2, \text{ м}^2 \quad (2.29)$$

Su - корисна площа штока, м^2

$$S_{\text{ш}} = 0,25 \cdot \pi \cdot (D_n^2 - D_{\text{ш}}^2), \text{ м}^2 \quad (2.30)$$

де P_n – значення тиску в гідросистемі, МПа

P_3 – значення тиску зливу, МПа

$P_3 = 1 \text{ МПа}$.

Отримаємо:

$$R_{\text{ш}} = [P_n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D_n^2 - P_3(0,25 \cdot \pi \cdot D_n^2 - 0,25 \cdot \pi \cdot (D_n^2 - D_{\text{ш}}^2))] \cdot \eta t \quad (2.31)$$

Звідки:

$$D_n = \sqrt{\frac{R_{\text{ш}} + P_3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D_{\text{ш}}^2}{P_n \cdot 0,25 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{70000 + 1000000 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,001}{160000000 \cdot 0,25 \cdot 3,14}} = 0,063 \text{ м} \quad (2.32)$$

Вибиремо гідроциліндр із числа стандартних.

Гідроциліндр, який забезпечуватиме зусилля 70000Н буде Ц 63.32.400.01 [24].

Гідроциліндри, що слугуватиме для підйому та опусканню притискних коліс Ц63.32.200.01 [24].

2.4. Міцнісні розрахунки

2.4.1. Розрахунок рами агрегату

Взаємні кути нахилу α є додатковими невідомими величинами в універсальних залежностях для $\omega(x)$ та $\theta(x)$. Як і вихідні параметри ω_0 та θ ці кути визначаються із умови на опорах [25].

В залежності від розрахункових схем балок, є можливим два основних випадки додаткових умов на опорах:

1. Умова нульових прогинів на правих опорах. Тут визначається лише кут α .

2. Умова нульових прогинів на опорах B та C . Кут α в цьому випадку визначається разом з в розв'язуванням системи із 2-х алгебраїчних залежностей.

Для балки складаємо епюри Q , M , θ та ω ; підберемо переріз із двотавра з умов на міцність та жорсткість, якщо $M = 160 \text{ кН}\cdot\text{м}$; $a = 2 \text{ м}$; $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$; $[f] = 10 \text{ мм}$.

Розрахувавши реакції в опорах M_A , R_A та R_B , побудуємо епюри Q і M . Для того, щоб побудувати епюри θ та ω потрібно спочатку знайти їх значення на межах усіх ділянок. Складемо універсальну залежність для пружної лінії стосовно крайньої правої частини балки DE , врахувавши, що значення геометричних початкових параметрів θ_0 та ω_0 рівні нулю:

$$\omega(x) = \alpha(x-a) + \frac{1}{EJ} \left[-M_0 \frac{x^2}{2} + R_A \frac{x^3}{3} - R_B \frac{(x-2a)^3}{3} - M \frac{(x-5a/2)^2}{2} \right]. \quad (2.33)$$

Величину взаємних кутів поворотів перерізу в шарнірі C —(a_c) може бути знайдено з умов нульових прогинів в перерізах над правими опорами B :

$$\omega_B = \omega(2a) = 0.$$

Залежність для визначення величини прогину в перерізі B , отримаємо з попередньої формули, усунувши останній доданок та прийнявши, що $x = 2a$:

$$\omega_B = \omega(2a) = \alpha a + \frac{1}{EJ} \left[-M \frac{4x^2}{2} + \frac{M}{a} \frac{8a^3}{6} \right] = 0. \quad (2.34)$$

Звідки отримаємо

$$\alpha = \frac{2}{3} \frac{M_a}{EJ}, \quad (2.35)$$

Підставляючи вираз (2.35) в залежність (2.33), отримаємо остаточний вигляд залежності пружних ліній стосовно ділянки балки DE:

$$\omega(x) = \frac{1}{EJ} \left[\frac{2}{3} Ma(x-a) - M \frac{x^2}{2} + \frac{M}{a} \frac{x^3}{3} - \frac{M}{a} \frac{(x-2a)^3}{3} - M \frac{(x-2.5a)^2}{2} \right], \quad (2.36)$$

З цієї залежності можливо отримати вирази для усіх інших ділянок балки.

Рівняння для знаходження кутів повертання для довільних ділянок можна отримати шляхом диференціювання рівнянь пружних ліній стосовно певних ділянок.

Вибір перерізів балки.

Найбільше значення згинного моменту складає $M_{max}=M=160 \text{ кН}\cdot\text{м}$.

Із умов міцності знайдемо

$$W \geq \frac{M_{max}}{[\sigma]} = \frac{160 \cdot 10^{-3}}{160} = 1000 \text{ см}^3. \quad (2.37)$$

Згідно сортаменту виберем двотавр № 45, для котрого $W = 1231 \text{ см}^3$; $J = 27696 \text{ см}^4$.

Перевіряємо, чи дотримується умови жорсткості. Знайдемо стрілу прогинів:

$$f = \frac{25}{24} \frac{Ma^2}{EJ} = \frac{25}{24} \frac{160 \cdot 10^{-3} \cdot 2^2}{2 \cdot 10^5 \cdot 27696 \cdot 10^{-8}} = 0.012 \text{ м} = 1,20 \text{ см}. \quad (2.38)$$

Тобто умови жорсткості не дотримуються.

Отже, переріз балки потрібно збільшити, виходячи із умов на жорсткість:

$$f = \frac{25}{24} \frac{160 \cdot 10^{-3} \cdot 2^2}{2 \cdot 10^5 J_z} \leq 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}. \quad (2.39)$$

З даного виразу знайдемо, що

$$J_z \geq \frac{25 \cdot 160 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{24 \cdot 0.01 \cdot 2 \cdot 10^5} = 334 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 = 33400 \text{ см}^4.$$

Згідно сортаменту виберемо двотавр № 50 ($J = 39727 \text{ см}^4$).

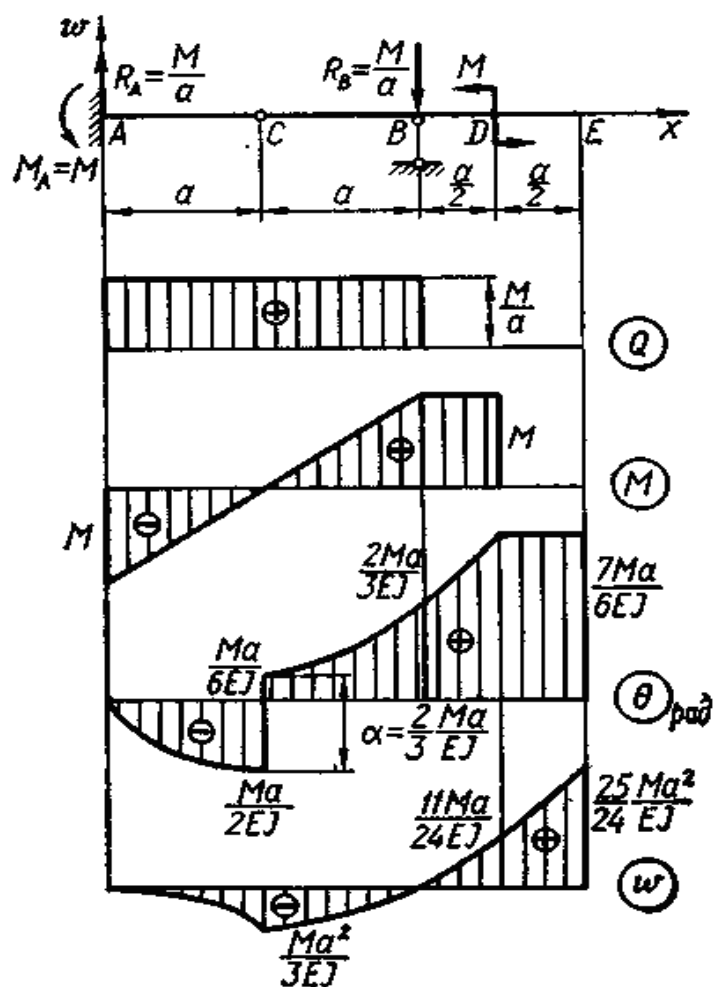


Рисунок 2.10 – Епюри крутних моментів

Розрахуємо зварні шви рами комбінованого ґрунтообробного агрегату.

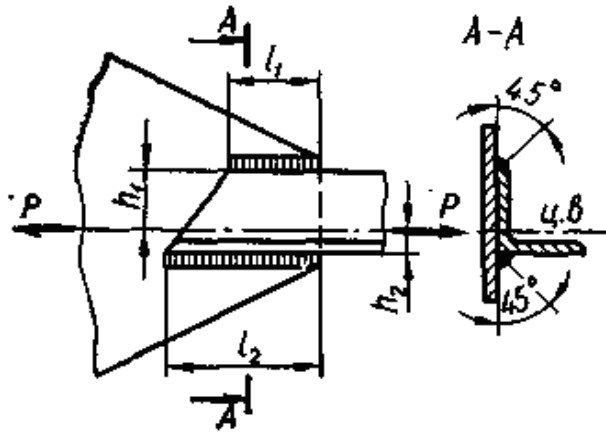


Рисунок 2.11 – Схема зварних швів

Знайдемо необхідні розміри флангових швів, котрі призначені для з'єднання штаб.

Розтягувальна сила $P=140$ кН, а величина допустимого напруження на зріз для матеріалу швів $[\tau_e]=110$ МПа; $\delta=1$ см; $\delta_1=0,8$ см; $b=10$ см; $b_1=12,5$ см

Тоді

$$l = \frac{P}{1,4\delta[\tau_e]} + 0,01M = \left(\frac{140 \cdot 10^{-3}}{1,4 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 110} + 0,01 \right) M = 10,1 \text{ см.} \quad (2.40)$$

Знайдемо необхідні значення довжин l_1 та l_2 флангових швів, котрі мають з'єднувати рівнобічні кутники № 5 з косинками, при дії навантажень рівних $P=60$ кН.

Умова на міцність на зріз двох швів матиме вигляд [25]

$$\tau = \frac{P}{(l_1 + l_2)\delta \cdot \cos 45^\circ} \leq [\tau_e], \quad (2.41)$$

де δ – значення товщини полиці кутника.

Знайдемо загальну довжина швів за $\delta=5$ мм:

$$(l_1 + l_2) \geq \frac{P}{\delta \cos 45^\circ [\tau_e]} = \frac{60 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.7 \cdot 90} \text{ м} = 0,19 \text{ м} = 19 \text{ см.} \quad (2.42)$$

Для забезпечення однакових умов роботи кожного із швів, потрібно співвідношення для довжин швів вибрати оберненим співвідношенням відстаней h_1 та h_2 , котрі визначають розміщення центрів ваги кутників, через котрі проходить сила P , тобто $l_1/l_2 = h_2/h_1$.

За значень $h_1 = 3,6$ см та $h_2 = 1,4$ см дані співвідношення будуть рівними:

$$l_1/l_2 = 1,4/3,6 = 0,4; \quad l_2 = 19/1,4 = 13,5 \text{ см}; \quad l_1 = 19 - 13,5 = 5,5 \text{ см.}$$

2.4.2. Розрахунок болтового з'єднання рами

Розрахункову величину діаметра болта визначаємо за формулою [26]:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{разр}}{\pi \cdot [\sigma_p]}}, \quad (2.43)$$

де $Q_{разр}$ – значення розрахункової сили для болта,

$[\sigma_p]$ – величина допустимої напруги на розрив, МПа.

Допустиме значення напруги на розрив можна знайти за формулою:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]}, \quad (2.44)$$

де $[S] = 3$ – величина коефіцієнту запасу міцності;

$\sigma_T = 240$ МПа – межа міцності для матеріалу болта – Ст.3.

Тоді

$$[\sigma_p] = \frac{240}{3} = 80 \text{ МПа.}$$

Значення розрахункової сили для болта знайдемо за формулою:

$$Q_{расч} = 1.3 \cdot Q, \quad (2.45)$$

де Q – величина сили затягування болта.

$$Q = \frac{\kappa \cdot F}{i \cdot f}, \quad (2.46)$$

де $\kappa = 1,3$ – коефіцієнт запасу;

$F = 250 \text{ Н}$ – значення сили, яка діє на з'єднання;

$i = 2$ – кількість площин тертя;

$f = 8$ – значення коефіцієнту зчеплення.

Підставляємо значення у залежність (2.46) і проведемо розрахунки:

$$Q = \frac{1,3 \cdot 250}{2 \cdot 8} = 20 \text{ Н,}$$

Тоді розрахункова сила:

$$Q_{расч} = 1.3 \cdot 20 = 26 \text{ Н,}$$

Отже діаметр болта складатиме:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 33,8}{3,14 \cdot 80 \cdot 10^3}} = 0,02 \text{ мм.}$$

Приймаємо болт М20

2.4.3. Перевірковий розрахунок підшипника маточини диска

Проведемо розрахунки радіального роликопідшипника за діаметра вала 50 мм; і діаметра корпусу підшипника 90мм.

Перевіримо згідно даних розмірів підшипник №7210А [26].

Зовнішній діаметр $D=90$ мм

Внутрішній діаметр $d=50$ мм.

Величина реакцій в підшипниках.

Дані візьмемо із попередньо проведених розрахунків P_{o1} і P_{o2} .

$$R_1=639 \text{ Н}; \quad R_2=134 \text{ Н}.$$

Розрахункові характеристики підшипників [18]

$$C_1=94000 \text{ Н}; \quad x=.05; \quad c =0,392.$$

$$K_\sigma=1,3, \quad K_m=1, \quad V=1, \quad c=0.392.$$

Знайдемо осьові складові радіального навантаження.

$$R_{s1} = 0.83 \text{ с } R_{\Gamma 2} = 0.83 \cdot 0,392 \cdot 134 = 43 \text{ Н}$$

$$R_{s2} = 0.83 \text{ с } R_{\Gamma 1} = 0.83 \cdot 0,392 \cdot 639 = 207 \text{ Н} \quad (2.47)$$

Знайдемо значення осьових навантажень для підшипників. Так як $R_{s1} < R_{s2}$ то визначимо відповідні значення R_E

$$\begin{aligned} R_{E1} &= VR_{\Gamma 1} K_\sigma K_m = 1 \cdot 639 \cdot 1,3 \cdot 1 = 830 \text{ Н} \\ R_{E2} &= (xYR_{\Gamma 2} + YR_{\Gamma 2}) K_\sigma K_T = (0,5 \cdot 1 \cdot 134 + 2,16 \cdot 134) \cdot 1,3 \cdot 1 = 463 \text{ Н} \end{aligned} \quad (2.48)$$

Знайдемо величину горизонтального навантаження за більшим із значень еквівалентних навантажень.

$$G_{GP} = R_{E2} \sqrt[3.3]{573\omega \frac{L_n}{10^6}} = 43 \cdot \sqrt[3.3]{573120 \frac{5000}{10^6}} = 112000 > G_r \quad (2.49)$$

Отже підшипник підібрано правильно.

Знайдемо довговічність підшипника:

$$L_{оп} = \frac{10^6}{573\omega} \left(\frac{C}{R_{E1}} \right)^{3.3} = \frac{10^6}{573 \cdot 120} \cdot \left(\frac{112000}{463} \right)^{3.3} = 10682H > L_H \quad (2.50)$$

Отже розрахункова величина довговічності підшипника перевищує термін служби в двічі, що задовольняє технічні вимоги.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1. Розробка моделі об'єкту досліджень

Здійснимо аналіз напружено-деформівного стану (НДС) стрілкової лапи з пружинною стійкою. Застосувавши можливості системи тривимірного моделювання «SolidWorks» побудуємо твердотільну модель лапи (рис. 3.1).

За використання модуля для проведення кінцевоелементних аналізів Simulation системи тривимірних моделювань «SolidWorks» робимо аналіз НДС стрілкової лапи з пружинною стійкою.



Рисунок 3.1 – Твердотільна модель стрілкової лапи з пружинною стійкою

З цією метою робимо сітку кінцевих елементів на 3D-моделі стрілкової лапи з пружинною стійкою (рис. 3.2, а).

Вводимо умови закріплення – зацімлення одного вільного кінця пружинної стійки стрілкової лапи. Вводимо навантаження на лапу – горизонтальне зусилля 100 Н на лезах лапи (розділ 2) (рис. 3.2, б).

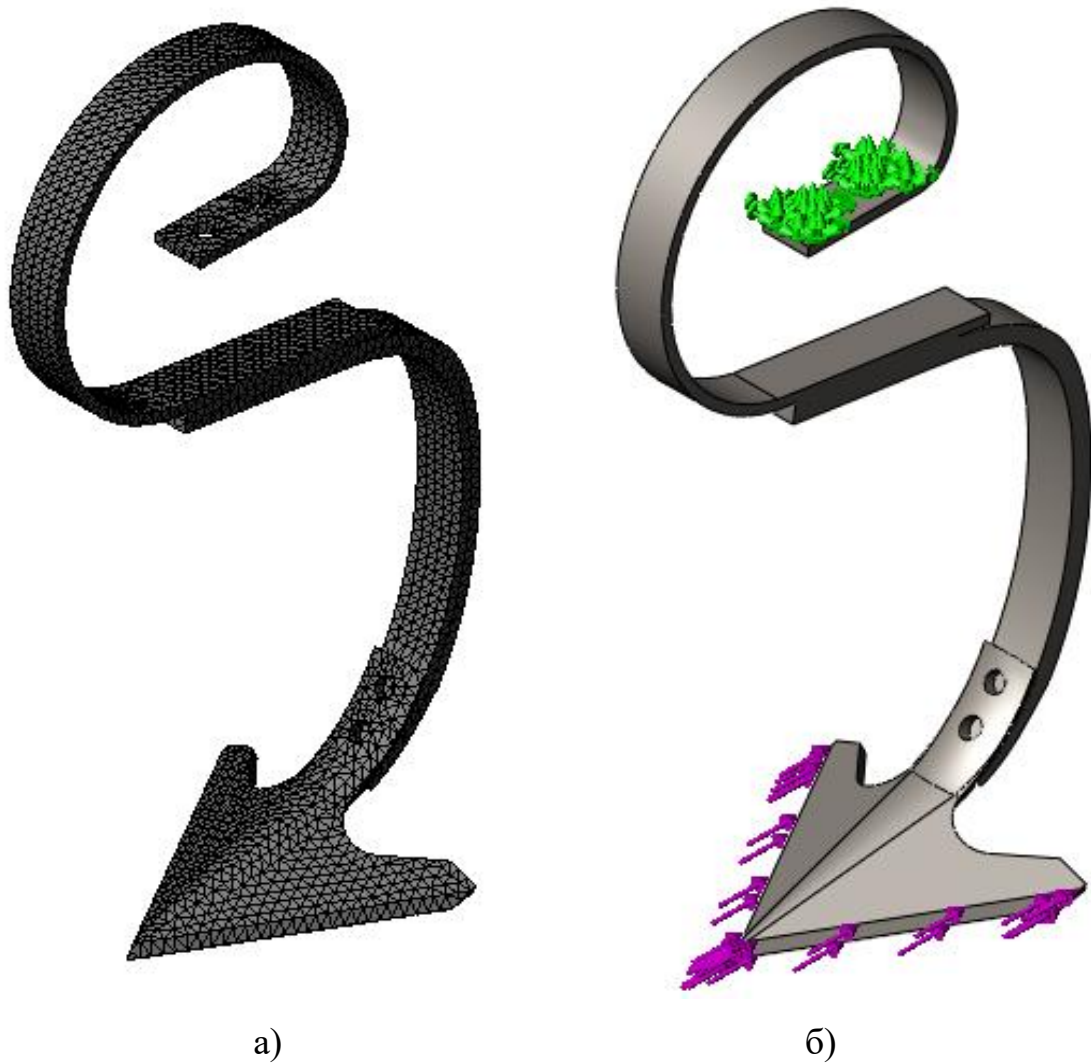


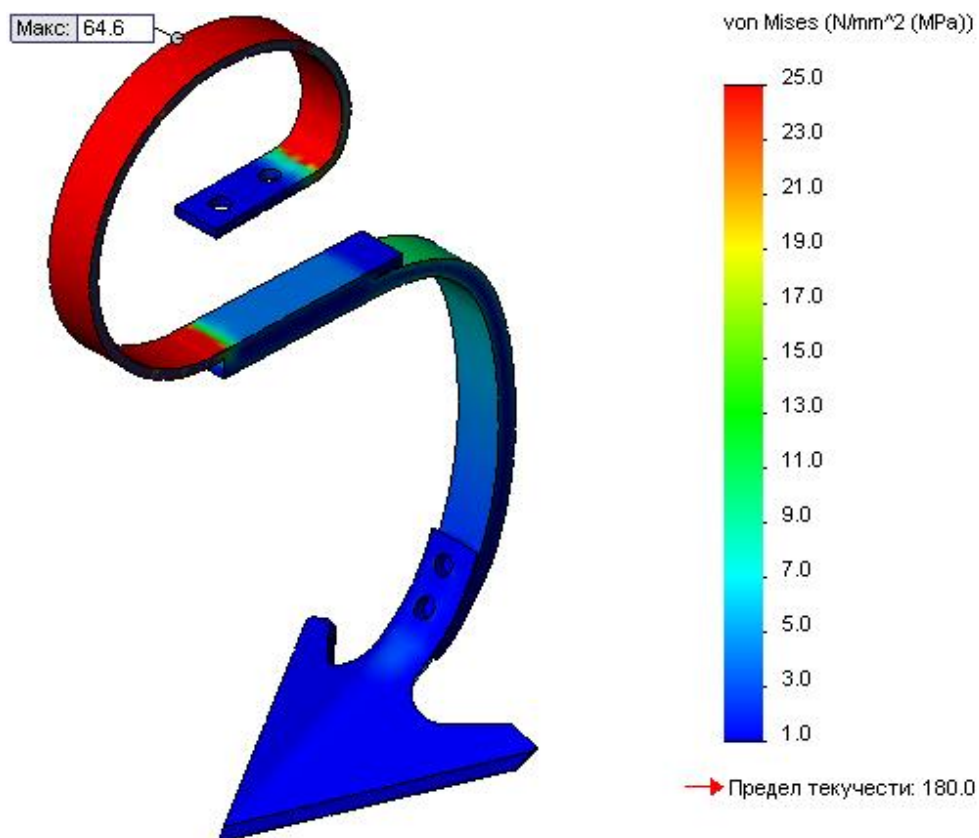
Рисунок 3.2 – Моделювання стрілкової лапи з пружинною стійкою:

а – сітка кінцевих елементів;

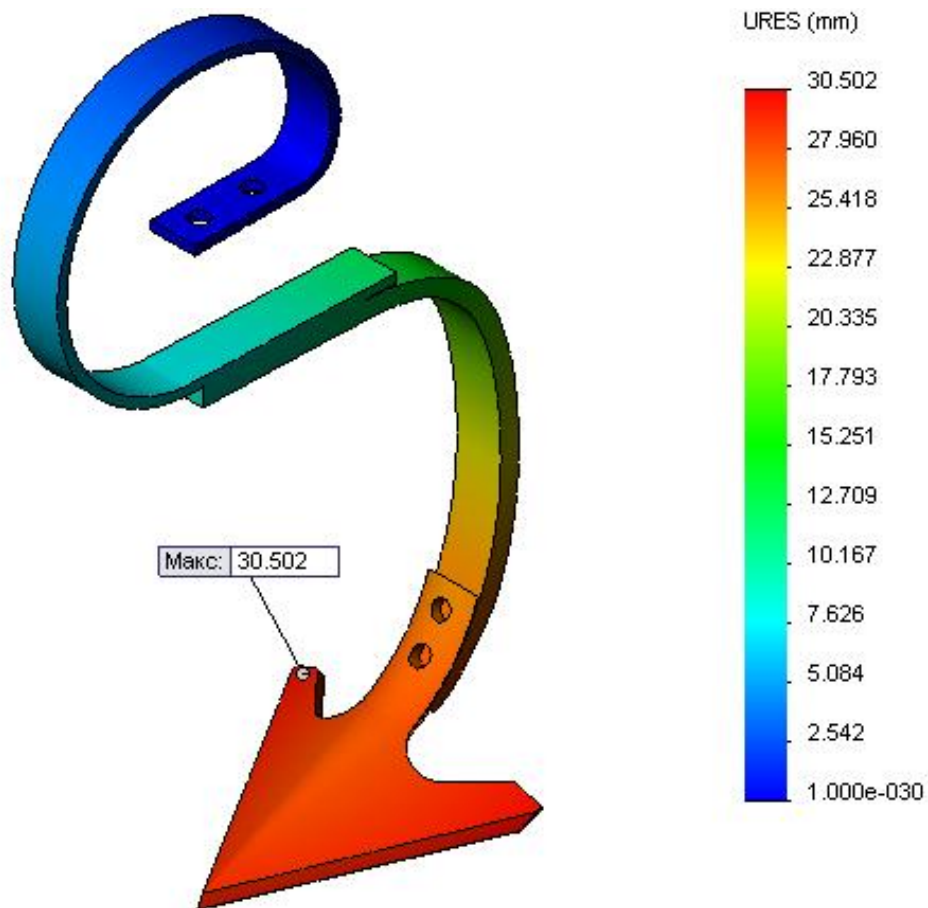
б – умови закріплення та навантаження.

3.2. Обробка даних, побудова діаграм за результатами моделювання

Результати розрахунків НДС стрілкової лапи з пружинною стійкою за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання «SolidWorks» подано на рис. 3.3.



а)



б)

Рисунок 3.3 – Результати розрахунку НДС стрілчастої лапи з пружинною стійкою:

а - напруження, МПа (за теорією Фон Мізеса); б - переміщення точок, мм.

Як видно, максимальні напруження спостерігаються у пружинній стійці і становлять ≈ 65 МПа.

Максимальне переміщення лапи при деформації пружинної стійки становить $\approx 30,5$ мм.

Розподіл коефіцієнтів запасу міцності стрілчастої лапи з пружинною стійкою показано на рис. 3.4.

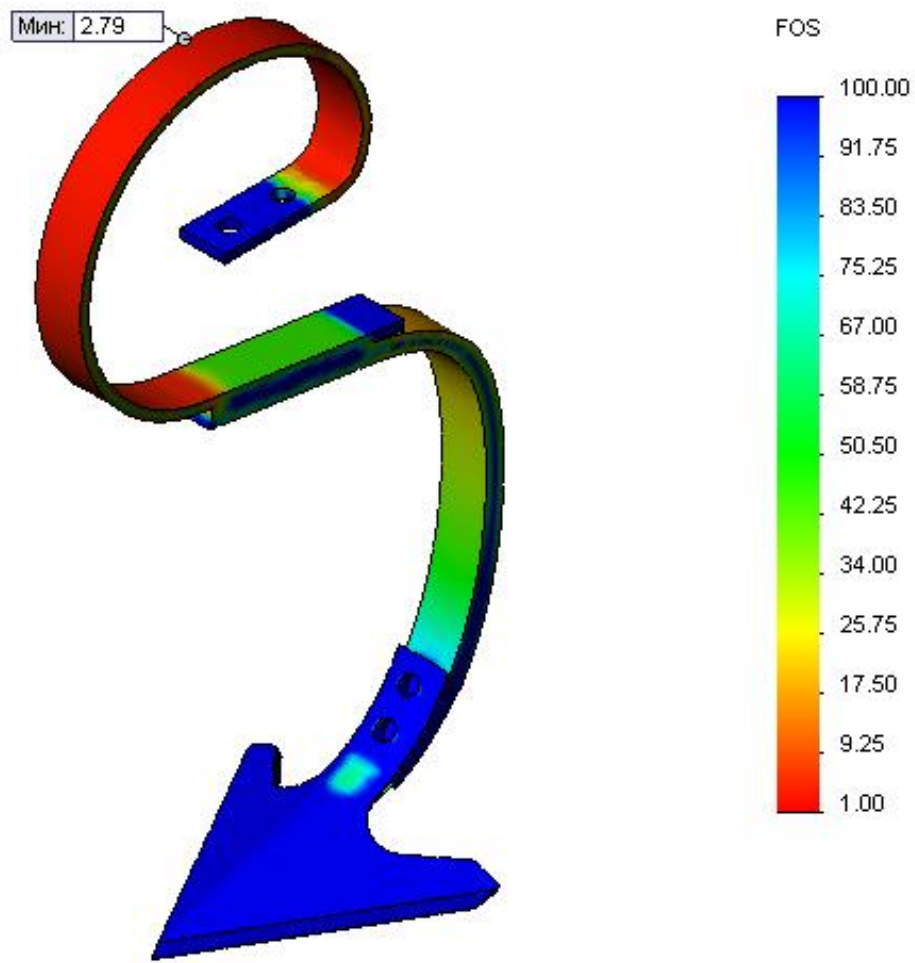


Рисунок 3.4 – Розподіл запасу міцності стрілчастої лапи з пружинною стійкою

Величина мінімального коефіцієнту запасу міцності для стрілчастої лапи з пружинною стійкою становить $\approx 2,8$.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Безпека праці при експлуатації комбінованого ґрунтообробного агрегату

Ґрунтообробні агрегати повинні відповідати вимогам ДСТУ 2189–93. “Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки”, який регулює загальні вимоги із забезпечення вимог безпеки праці при експлуатації причіпних і навісних машин, транспортуванні та зберіганні машин, а також узагальнені вимоги ергономіки до робочих місць оператора [17].

Конструктивне оформлення машин та виконання ними свого функціонального призначення мають відповідати вимозі стандарту ДСТУ 2189-93 при урахуванні: загальних вимог безпеки – ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002: пожежної безпеки – ГОСТ 12.1.004 та „Загальними правилами пожежної безпеки для об’єктів сільськогосподарського виробництва”, а також біологічної безпеки згідно ГОСТ 12.1.008.

Для агрегатів на базі гусеничних тракторів значення зміщення центру ваги стосовно середини поверхонь опорних гусениць не повинне бути більшим 0,2 довжини опорних поверхонь гусениць. З метою забезпечення поздовжньої стійкості та потрібного навантажування на керовані колеса допустимо встановлювати баластні вантажі, маса кожного з них не повинна бути більшою за 20 кг.

Присутність робочих та стоянкових гальм на напівпричіпних та причіпних машинах повинна бути узгодженою з технічними вимогами.

Стоянкові гальма мають забезпечити утримування агрегату на схилі не менш як 18%.

Комплектування стоянковими і робочими гальмами та страхувальними ланцюгами по типу тракторних напівпричепів або причепів має бути обов’язковим.

Агрегати, ширина котрих більша за габарити енергозасобів, мають бути укомплектованими світловідбивачами; задні світловідбивачі мають бути

червоного кольору, а передні — білого. Розміщення їх на машинах повинне бути згідно з вимогами діючих стандартів.

Припускається замість світловідбивачів наносити на елементи конструкції машин трикутників, кругів чи прямокутників червоних або білих забарвлень, вписаних в коло діаметру 100 мм.

Допустимо також наносити на елементи конструкцій машин чергування білих та червоних або жовтих по чорному смуг під кутами 45° до вертикалі, що чергуються з відстанню між собою порядку 50 мм. Можливим також є нанесення їх на площини сигнальних щитів не менш як 250×250 мм.

Фігури та смуги мають бути виконаними із світловідбиваючих матеріалів (фарби, ґрунтовки, плівки та інше).

Машини, котрі при поєднанні із тракторами прикривають прилади світлових сигналізації енергозасобів, мають бути обладнаними власними засобами для світлової сигналізації.

На машинах подібно до напівпричепів або причепів позаду з лівої сторони має бути нанесеним знак, що вказує на обмеження максимальних швидкостей. Палітра кольорів зображення знаків регламентується ГОСТ 10807; діаметр складає 160 – 250 мм, ширина окантовки — $1/10$ діаметру; також на таких машинах має бути зазначено граничну вантажопідйомність.

На машинах мають бути передбачені місця для стропування і, за потреби, місця для прилаштування домкрату. Вони мають бути відзначені фарбою, яка відрізняється від загального забарвлення машини.

Навісні агрегати повинні бути обладнані швидкоз'єднуючими зчіпними пристроями. В конкретних обґрунтованих випадках швидкоз'єднувані зчіпні пристрої допустимо залишати не з'єднаними.

Конструкції агрегатів повинні забезпечувати можливість їх приєднання або навішування до енергозасобів лише силами одного оператора. Винятки повинні обумовлюватися в технічних умовах до агрегату. Причіпні та напівпричепні агрегати мають бути обладнаними жорсткими причіпними пристроями.

Агрегати, що призначені для робіт в гірських умовах, мають бути

обладнаними зчіпними петлями, які обертається навколо своїх поздовжніх осей.

Агрегати та їх робочі органи мають бути облаштовані різного роду механічними фіксаторами, що утримуватимуть їх у положенні для транспортування. Машини з перекидними кузовами мають мати у комплекті прилади для надійної фіксації кузова у піднятому положенні (зазвичай назад або на 1-у із сторін).

Агрегати, що мають справу із соломистими або різними легкоспалахуваними матеріалами, мають обладнуватись приладами для фіксації серійних засобів для гасіння пожеж: один вогнегасник (порошковий або вуглекислотного типу), штикова лопата та швабра. Крім того заправник для скрапленого аміаку має займати окреме місце, що призначене для фіксації бачка для води об'ємом не менш як 10 л.

Місця, в яких встановлюються засоби для пожежогасіння мають бути легкодоступними поряд із забезпеченням їх знімання та використання без використання інших допоміжних інструментів.

Вали карданних передач для передавання крутних моментів від валу відбору потужності енергозасобів до валів приймання потужності мають узгоджуватися із вимогами ГОСТ 13758-93.

Зовнішні поверхні засобів для захисту приводів та карданів передач мають бути пофарбованими у червоне або жовте забарвлення.

Припускається замість суцільного фону, наносити 3–4 смуги сигнальних кольорів — з кутом 45° розміщених на поверхнях площинних захисних засобів.

Агрегати, що мають робочі місця для операторів, мають бути оснащені наступними елементами: площадки, підніжки, поручні, сидіння, тенти або, за вимог замовників — кабіною. Ширина робочих площадок для операторів мають бути не меншими 600 мм, довжина — не менша як 1000 мм.

Основа для площадки чи східців — підніжки виконуються із матеріалів, що забезпечують відсутність ковзання. Робочі місця операторів повинні бути захищеними від викиду ґрунту з-під колі, а також робочих органів агрегату.

Місця, як передбачені для обслуговування агрегатів мають знаходитися на висоті 700 – 1300 мм від місця опори для ніг операторів.

У конкретних обґрунтованих випадках допустимо збільшувати цей розмір. Загальна кількість робочих рухів оператора на хвилину не має бути більшою за 25.

Елементи конструкцій агрегатів мають забезпечувати безпечні та зручні підходи до них при проведенні монтажу, технічного обслуговування та ремонту.

Агрегати, які обладнані робочими місцями для операторів, мають бути обладнані системою звукової сигналізації для підтримування зв'язку з оператором енергозасобу. Величина звуку звукових сигналів повинна бути на 8 дБ вищою за рівень звуку зовнішнього шуму, що створюється від роботи самим агрегатом.

На чільних місцях елементів конструкцій агрегатів мають бути надписи, або прилаштовані таблички з відповідними надписами про безпеку, виробничу санітарію, пожежну безпеку та інформацію про розміщення важелів управління.

4.2. Заходи безпеки при роботі з ґрунтообробними агрегатами в аварійних ситуаціях

1. При виявленні поломок культиватора слід негайно зупинити енергозасіб.
2. При настанні нещасного випадку, необхідно повідомити адміністрацію підприємства чи організації.
3. Потерпілому в разі потреби необхідно надати першу долікарську допомогу.
4. Місце, де трапився нещасний випадок потрібно зберегти без змін до повного розслідування обставин.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основним завданням кваліфікаційної роботи магістра було удосконалення конструкції та обґрунтування основних параметрів комбінованого ґрунтообробного агрегату, шляхом раціональної розстановки робочих органів.

Агрегат є комбінацією з двох знарядь: стрілчасті лапи (3 ряди) і прикочуючі колеса (1 ряд). Лапи агрегату закріплені у три ряди на пів рамах. Вони розміщені так, щоб витримувався принцип перекривання сліду, а збільшена відстань між стійками, в порівнянні з базовою конструкцією агрегату, не дає забиватися робочим органам корінням бур'янів.

У кваліфікаційній роботі розглянуто особливості обробітку ґрунту агрегатами даного типу, проаналізовано конструкції ґрунтообробних агрегатів – аналогів.

Розроблено і обґрунтовано схему та конструкцію удосконаленого комбінованого ґрунтообробного агрегату. Розраховано і вибрано конструктивні параметри і режими роботи агрегату.

Проведено технологічні та енергетичні розрахунки комбінованого ґрунтообробного агрегату.

Внесено зміни у базову конструкцію агрегату та здійснено міцнісні та перевіркові розрахунки.

Запропоновані зміни в будові ґрунтообробного агрегату забезпечать обробіток ґрунту на належному рівні при різних режимах роботи.

У кваліфікаційній роботі також розглянуто питання з охорони праці при роботі з ґрунтообробними агрегатами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Засуха В. Забезпечення агрофірм сучасною ґрунтообробною технікою та ефективність її використання. Український науково-дослідний інститут продуктивності агропромислового комплексу [Електронний ресурс]: стаття / В. Засуха // Режим доступу до статті.: <http://www.galmash.com/technol.php?ln=ukr>.
2. Скоцик В.Є. Оранка, мінімальний обробіток чи ноутіл? (точка зору науковців НАУ та спеціалістів АМАКО) / В.Є.Скоцик, С.П. Танчик, С.М. Бовсуновський // АМАКО ІНФОРМ Інформаційно науково-технічне видання. – 2008. – Вип. 1/2008. – С. 12-15.
3. Пивовар В. Вітчизняна техніка для основного обробітку ґрунту [Електронний ресурс]: стаття / В. Пивовар // Режим доступу до статті.: <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=3322&number=110>
4. Агрегат комбінований АК-6 «Георгій» / [Рекламний ресурс].
5. Стерневые культиваторы Kuhn Mixter / [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: <http://www.amacoint.com/agriculture/new/tillage/minimum-tillage/kuhn-mixer/>
6. Дисковые чизели Sunflower 4511 / [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: <http://www.amacoint.com/agriculture/new/tillage/minimum-tillage/sunflower-4511/>
7. Культиватор комбінований напівпричіпний ККП-6 «Кардинал» / [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: <http://www.galmash.com/prodid.php?ln=ukr&cat=1&idg=5&idp=17>
8. Культиватор широкозахватний навісний КШН-5,6 «Резидент» / [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: <http://www.galmash.com/prodid.php?ln=ukr&cat=1&idg=5&idp=17>
9. Культиватор паровий напівпричіпний КПН-8,2 «Вакула» / [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: <http://www.galmash.com/prodid.php?ln=ukr&cat=1&idg=5&idp=19>
10. Універсальний дисковий агрегат РУБІН / [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: <http://lemken.com.ua/production/obrobka/rubin/>

11. Універсальний агрегат для передпосівної підготовки ґрунту по оранці СИСТЕМ-КОМПАКТОР РУБІН / [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: <http://lemken.com.ua/production/posev/kompaktor/>
12. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімот та ін., // За ред. В.Ю.Зінченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.
13. Ветохін В.І. Системні та фізико-хімічні основи проектування розпушувачів ґрунту: :Автореф. дис. на здобуття ступеня канд. тех. наук: 05.05.11 “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / В.І. Ветохін. Глеваха, - 2010. С. 12-15.
14. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга – 2008. – 450 С.
15. Ґрунтообробна техніка якість надійність зручність / Торговий дім Корсунь // [Рекламна інформація].
16. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (ч. 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
17. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi
18. Пошук оптимальних конструкцій посівних агрегатів для висіву насіння трав / Басок І., Горгулько Я., Олексюк А., Олексюк В. П. // Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 28-29 квітня 2022 р. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 6–7. — (Аграрні науки та продовольство).
19. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.

20. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
21. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
22. Хомик Н.І. Машина та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша / Н. І. Хомик, А. Д. Довбуш, В П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
23. Хомик Н.І. Машина та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга / Н. І. Хомик, А. Д. Довбуш, В П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.
24. Ловкис З.В. Гидроприводы сельскохозяйственной техники: конструкция и расчет. / З.В Ловкис. – М.: Агропромиздат, 1986. – 207 с.
25. Опір матеріалів. / Під заг. ред. акад. АН УРСР Г. С. Писаренко. – К.: Вища школа, 1974. – 304 с.
26. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. / П.Ф. Дунаев, О.П Леликов. – М.: Высшая школа, 1995.
27. Hevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.
28. Roman Hevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2020. — Vol 100. — No 4. — P. 62–74.

ДОДАТКИ