

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2025 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Модернізація механізму регулювання глибини

культиватора КВК-4»

Виконав здобувач вищої освіти IV

курсу, групи ГМ-21

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 208 «Галузеве
машинобудування»

_____ Токарев Максим Володимирович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

професор., докт. техн. наук

_____ Василь САЛО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

_____ доц. Скриннік І.О.

Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування
Рівень вищої освіти I-й , бакалавр
Галузь знань Механічна інженерія
Спеціальність Галузеве машинобудування
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма
Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ
(БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

Токарева Максима Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Модернізація механізму регулювання глибини
культиватора КВК-4

2. Керівник роботи (проекту) Сало Василь Михайлович
докт. техн.. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2025р

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Підвищення технічного рівня важкого комбінованого культиватора

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Сало В.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розробка змісту модернізації механізму регулювання глибини культиватора КВК-4	01.03.25 – 05.04.25	
	Виконання конструкторської частини роботи	06.04.25 – 25.04.25	
	Розробка та оформлення графічного матеріалу роботи	26.04.25 – 15.05.25	
	Оформлення пояснювальної записки	16.05.25 – 01.06.25	

Дата видачі завдання

« 03 » 03 2025 р.

Підпис керівника

_____ Сало В.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« 03 » 03 2025 р.

Підпис здобувача _____

Токарєв М.В.
(прізвище та ініціали)

Анотація

В роботі представлена інформація про розробку конструкції комбінованого універсального навісного культиватора на основі модернізації машини аналогічного призначення у причіпному варіанті.

В зв'язку з цим, виконана розробка нових конструкцій деяких вузлів та механізмів, до яких належать: механізм опорних коліс з регулюванням глибини обробітку ґрунту, навісний пристрій та секційна рама. Необхідність використання секційної рами продиктована можливістю використання культиватора з малопотужними тракторами тягового класу 1,4; 2 з робочою шириною культиватора 2 м. Механізм опорних коліс з регулюванням глибини обробітку є з'ємним, і може встановлюватися напроти вісі крайніх лап бокових секцій чи крайніх лап центральної секції.

Використання запропонованої конструкції начіпного культиватора для суцільного обробітку ґрунту має сприяти зниженню собівартості сільськогосподарської продукції завдяки зменшенню витрат пального, скороченню трудових затрат, підвищенню продуктивності праці та покращенню якості обробітку ґрунту. Представлений культиватор має значно меншу масу та кращу маневреність, що особливо важливо при роботі на малоконтурних полях.

Abstract

The paper presents information on the development of a design of a combined universal mounted cultivator based on the modernization of a machine of similar purpose in a trailed version.

In this regard, new designs of some components and mechanisms have been developed, which include: a support wheel mechanism with adjustment of the depth of soil cultivation, a mounted device and a sectional frame. The need to use a sectional frame is dictated by the possibility of using the

Зміст

№ п/п	Назва розділу, підрозділу	Стор.
	Вступ	7
2	Стан питання щодо модернізації універсального культиватора	9
2.1.	Основні агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту	9
2.2.	Обладнання та принцип дії культиватора	13
2.2.1	Обладнання культиватора	13
2.2.2.	Технічна характеристика	15
2.2.3.	Основні регулювання та принцип роботи культиватора	16
2.2.4.	Зміст конструкторського удосконалення культиватора	18
3.	Конструкторська частина	19
3.1	Технологічні розрахунки	19
3.1.1	Розрахунок робочих органів	19
3.1.2.	Обґрунтування конструкції зубової борони	24
3.2.	Силовий аналіз механізмів культиватора	26
3.2.1.	Розрахунок механізму піднімання культиватора	26
3.2.2	Розрахунок колеса	29
3.3.	Енергетичний розрахунок	30
3.3.1.	Вибір трактора	30
3.3.2.	Вибір трактора за умовами забезпечення стійкості руху ґрунтообробного агрегату	32
3.4	Розрахунки на міцність	36
3.4.1.	Розрахунок стійки культиваторної лапи	36
3.4.2	Розрахунок пружини	38
	Висновки	40
	Література	41
	Додатки	42

Вступ

Основним фактором ефективного функціонування аграрної галузі є природня родючість ґрунтів, які по праву вважаються основним засобом виробництва. Відомий ряд заходів спрямованих на збереження даного показника, а в окремих регіонах і його відновлення, та найбільш ефективним залишається застосування протиерозійних ґрунтозахисних технологій бробітку ґрунту. Складовими даного заходу, на даний час, є – безвідвальний глибокий обробіток ґрунту, технології Mini Till. No Till, стерньовий посів, зменшення кількості проходів по полю важких сільськогосподарських машин, зниження питомого тиску агрегатів на ґрунт та інше. При виконанні процесів основного безвідвального обробітку ґрунту чи мінімального, виникає необхідність додаткового розпушування поверхневих шарів ґрунту до стану, який би задовольняв вимогам до виконання традиційних способів сівби звичайними рядковими сівалками. Щоб забезпечити такі умови, необхідно рухатися шляхом суттєвих змін, як самих технологій вирощування сільськогосподарських культур так і удосконалення відомих та розробка нових типів ґрунтообробних машин.

Поруч з цим, в галузях виробництва сільськогосподарської рослинної продукції зростають вимоги до якості виконання технологічних процесів не тільки посівними та садильними машинами, а й ґрунтообробними, бо від їх роботи великою мірою залежать схожість висіяного зерна, трудомісткість подальшого догляду за посівами і, в кінцевому рахунку, об'єми вирощеної продукції.

					КВК 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Токарев М.В.					7	
Перев.		Сало В.М.						
Н.контр.		Мачок Ю.В.						
Затвер.		Васильковський						
						ЦНТУ, гр. ГМ -21		

Для цього парк машин аграрних господарств повинен постійно оновлюватися, а наявні сільськогосподарські машини потребують певного удосконалення та модернізації в відповідності до вимог сучасності. Перевага при цьому повинна віддаватися машинам вітчизняного виробництва.

В зв'язку з цим, в даній кваліфікаційній роботі здійснюється удосконалення конструкції важкого комбінованого культиватора для основного безвідвального обробітку ґрунту.

Так, з метою підвищення маневреності агрегату при обробітку ґрунтів на невеликих виробничих площах пропонується розробити конструкцію культиватора в начіпному варіанті використання. Для можливості безступеневого регулювання глибини обробітку пропонується удосконалена конструкція механізму регулювання, який можна використовувати як в односекційному так і трисекційному варіанті конструкції машини.

Передбачається, що удосконалена конструкція культиватора покращить маневреність агрегату, сприятиме підвищенню якісних показників виконання технологічного процесу, забезпечить кращі умови роботи механізатора, і як результат, підвищить загальну ефективність виробництва продукції рослинництва.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

2. Стан питання щодо модернізації універсального культиватора

2.1. Основні агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту

Залежно від типу та завдань обробітку ґрунту, а також з урахуванням природно-кліматичних умов, виду ґрунтів і їхніх фізико-механічних властивостей, можуть застосовуватися різні методи та ґрунтообробні знаряддя, які надають ґрунту оптимальні характеристики для досягнення поставлених цілей [1].

Основними завданнями обробітку ґрунтів є: зміна їхньої структури для забезпечення сприятливих водного, повітряного та теплового режимів; посилення кругообігу поживних елементів шляхом впливу на мікробіологічні процеси; боротьба з бур'янами через стимулювання проростання їхнього насіння, знищення сходів, підрізання коренів і кореневих паростків, вичісування кореневищ на поверхню; рівномірний розподіл і загортання в орному шарі рослинних залишків і добрив; запобігання водній та вітровій ерозії тощо.

Кінцевий результат виконання основних технологічних операцій обробітку ґрунту, до яких належать кришіння, розпушування, ущільнення, перемішування, обертання, вирівнювання, формування мікрорельєфу, загортання рослинних залишків, визначається агротехнічними вимогами.

Агротехнічні вимоги встановлюють значення якісних показників як кінцевого результату основного чи поверхневого (передпосівного) обробітку ґрунту, так і ефективності виконання технологічного процесу окремими ґрунтообробними знаряддями.

Науково обґрунтовані вимоги до якісних показників технологічних процесів різних ґрунтообробних знарядь є основою для оцінки їхньої ефективності.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Зміст і абсолютні значення окремих показників агротехнічних вимог значною мірою залежать від виду сільськогосподарських культур, для вирощування яких готується ґрунт.

На основі агротехнічних вимог до роботи окремих ґрунтообробних знарядь [2], а також вимог до виконання відповідних прийомів обробітку ґрунту, були сформовані узагальнені агротехнічні вимоги, представлені в таблиці 2.1.

Варто зазначити, що вимоги до прийомів основного безполицевого обробітку ґрунту були розроблені для знарядь, основним завданням яких є боротьба з вітровою та водною ерозією. У зв'язку з цим для такого способу обробітку передбачається обов'язкове збереження 75-80% стерні на поверхні поля при використанні плоскорізних знарядь. Проте цей показник може змінюватися залежно від умов ведення землеробства.

Зі зростанням популярності безполицевих методів обробітку в системі ґрунтозахисних технологій виникає необхідність перемішування рослинних решток із ґрунтом. Для виконання цих операцій застосовуються різні безполицеві знаряддя, які призводять до зменшення кількості залишків на поверхні поля. Наприклад, після обробітку ґрунту важкими культиваторними лапами на його поверхні залишається до 55% стерні [1].

Однак останнім часом впроваджуються технології мінімального обробітку ґрунту та пряма сівба сільськогосподарських культур, які передбачають покриття рослинними рештками до 90% поверхні поля [4].

Таблиця 2.1.

Узагальнені агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту

N п/п	Вимоги	Спосіб обробітку ґрунту		
		основний полицевий	основний безполицевий	передпосівний
1	Глибина обробітку	до 35	до 35-45	до 12
2	Відхилення середнього значення глибини обробітку від заданого, см	±2	±1,5-2	±1-1,5
3	Кришення ґрунту, %			

Єдиним абсолютним критерієм якості обробітку ґрунту можна вважати врожайність конкретної сільськогосподарської культури. Однак на врожайність впливає безліч факторів – кліматичних, біологічних, агротехнічних і фізико-механічних, – що робить практично неможливим точне визначення ступеня їхнього впливу в комплексі. Можливо, саме тому на сьогодні не існує загально визнаних рекомендацій щодо оцінки якості обробітку ґрунту.

У більшості випадків оптимальним для створення сприятливих умов розвитку та проростання культурних рослин вважається ґрунт з агрегатним складом, що містить грудочки розміром від 0,25 до 10 мм [1]. Для поверхневого передпосівного обробітку виправданим є оптимальне співвідношення структурних частин ґрунту, за якого частка грудочок розміром 20–5 мм становить 20–25%, 5–0,25 мм – 60–65%, а частка менше 0,25 мм не перевищує 16% [3,4]. Це співвідношення є актуальним для середньо- та важкосуглинистих ґрунтів.

На жаль, наразі відсутнє систематизоване обґрунтування оптимального співвідношення агрегатів ґрунту при основному його обробітку. Водночас урожайність сільськогосподарських культур залежить від накопичення поживних речовин і вологи в ґрунті не меншою мірою, ніж від їх засвоєння рослинами впродовж вегетаційного періоду.

У дослідженнях Медведєва В. В., Бахтіна П. І., Пащенко В. Ф. та інших [3] підтверджено, що структура ґрунту в орному горизонті є одним із ключових параметрів, які впливають на його властивості, режими, ріст, розвиток і врожайність сільськогосподарських культур.

У низці робіт, проведених в Українському інституті агрохімії та ґрунтознавства ім. Соколовського та Харківському аграрному університеті ім. В. В. Докучаєва [5,6], зазначається, що запас продуктивної вологи є вищим у тих варіантах обробітку ґрунту, які сприяють більш інтенсивному та рівномірному його кришенню на різних глибинах.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Отже, можна припустити, що серед якісних показників безвідвального обробітку ґрунту основним може бути визнаний показник кришення. Оцінка цього параметра може здійснюватися шляхом визначення співвідношення вмісту агрегатів ґрунту певних заданих розмірів до загальної маси або об'єму агрегатів в обробленому шарі. При цьому важливо звертати увагу на рівномірність розподілу зазначеної фракції агрегатів за глибиною обробітку.

Досягнення оптимальних характеристик безполицевого обробітку ґрунту без негативних побічних ефектів, таких як збільшення ерозійно-небезпечних частинок і руйнування ґрунтової структури, можливе лише за умови якісно нового рівня розробки сучасних ґрунтообробних знарядь.

2.2. Обладнання та принцип дії культиватора

2.2.1 Обладнання культиватора

Важкі комбіновані універсальні культиватори КВК-4 призначаються для основного безвідвального та поверхневого обробітку ґрунтів в осінній та весняний період, в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, крім ґрунтових масивів з кам'янистими включеннями [7].

Культиватори виготовляються з шириною захвату 4 м і агрегуються з тракторами тягового класу 2-3, спосіб агрегування – начіпний, можуть експлуатуватися на схилах до 80, на ґрунтах при абсолютній вологості до 27% та твердості до 3,5 мПа.

Культиватор КВК-4 (рис.2.1) складається з таких основних частин: рами, начіпного пристрою, важких культиваторних лап на жорстких стояках, борін з плоскими зубами та тупим кутом входження в ґрунт, які з'єднуються з рамою через тяги і притискаються до ґрунту штангами, опорних коліс, гвинтового механізму регулювання глибини обробітку.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

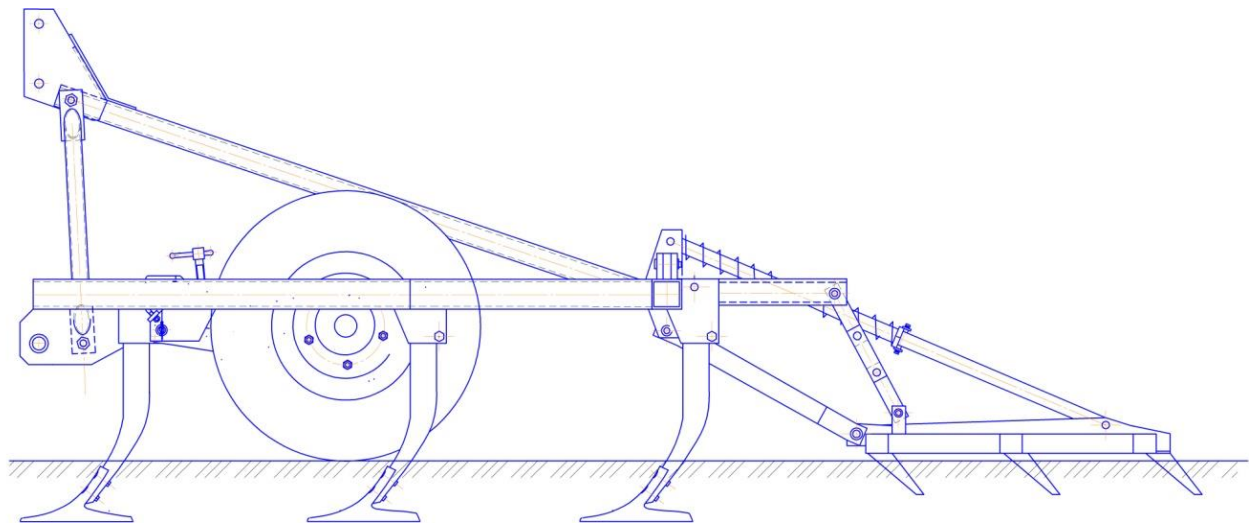


Рис.2.1 Принципова схема роботи культиватора

Рама культиватора – зварна конструкція з трубного прокату. З'єднання культиватора з трактором виконується за допомогою три точкової навіски. .

Транспортні габарити культиватора з конструктивною шириною захвату 4м становлять 4,15м, що забезпечує можливість його транспортування по дорогах загального призначення

Основні робочі органи культиватора – стрілчасті лапи з шириною захвату 330 чи 420 мм, мають індивідуальне кріплення на жорстких стояках і можуть розпушувати ґрунт на глибину до 20 см. На замовлення споживачів культиватор може комплектуватися лапами з кутами кришення $25\div 28^{\circ}$ (рис.2.2,а), які використовуються для інтенсивного розпушування ґрунту при глибині обробітку понад 10 см, та з кутами кришення до 15° (рис.2.2,б) для роботи на малих глибинах – при ранньовесняному, передпосівному обробітку чи догляду за парами.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



а



б

Рис. 2.2. Важкі культиваторні лапи

До заднього бруса рами, з метою інтенсивного розпушування поверхневих шарів ґрунту та вирівнювання поверхні поля, можуть закріплюватися за допомогою кронштейнів додаткові робочі органи. Такими робочими органами можуть бути звичайні зубові борони, борони з плоскими зубами і тупим кутом входження в ґрунт, рубчасті, голчасті, дискові та інші котки.

2.2.2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Продуктивність за 1 год. основного часу, га\ч	3,2
Продуктивність за 1 год. основного часу, га\ч	3,2
Робоча швидкість руху км/год, до	10
Глибина обробітку, см, до	20
Коефіцієнт використання робочого часу зміни	0,86
Кількість обслуговуючого персоналу, чол	1
Гарантований термін експлуатації (крім лап), місяців	24
Строк служби, років	8
Середній наробіток на відмову, год.	80

Щозмінний час технічного обслуговування, год	0,15
Маса культиватора, кг.	750
Маса культиватора з додатковими робочими органами, кг	960...1300
Дорожній просвіт, мм	300
Транспортна швидкість, км/год	15

2.2.3. Основні регулювання та принцип роботи культиватора

Перед початком роботи культиватор з'єднується з засобом агрегування і виставляється на рівному майданчику. Гвинти регулювання глибини обробітку викручуються в верхнє положення. Під колеса культиватора та трактора підкладаються бруси висотою, що дорівнює заданій глибині обробітку. При цьому плоскорізні робочі органи повинні всією площиною спиратися на поверхню майданчика. При роботі на важких ґрунтах після регулювання носки лап мають бути нахиленими вперед до 3° . При необхідності регулювання відпускається гвинт кріплення стояків робочих органів в кронштейнах, виконується необхідне регулювання і стояк знову затискається в щоках. В окремих випадках, при необхідності суттєвого зниження кута атаки робочого органу (при частковій деформації стояка в результаті експлуатації) між стояком і болтом вставляється пластинчаста скоба.

Рама культиватора повинна займати горизонтальне положення. В такому випадку буде забезпечений стійкий хід культиватора по глибині, не будуть підриватися передні чи виглиблюватися задні робочі органи. Після виконання вказаних регулювань закручуються гвинти механізмів регулювання глибини ходу робочих органів до упору в кронштейн кріплення колеса, яке в даний

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

момент знаходиться на брусів. Вплив стану ґрунту на реальну глибину обробітку враховують безпосередньо в полі виконуючи часткове підрегулювання.

При використанні в складі культиваторів додаткових робочих органів в вигляді борін з плоскими зубами та тупим кутом входження в ґрунт інтенсивність їх роботи регулюється ступенем стиснення пружин на натискних штангах. Положення пружини фіксується шайбою та шплінтом у відповідному отворі штанги (рис.8)



Рис.2.3. Натискні штанги додаткових робочих органів

При переміщенні культиватора по полю лапи розпушують ґрунт на задану глибину, при поверхневому обробітку одночасно підрізаючи бур'яни, а розташовані позаду робочі органи додатково розпушують поверхневі шари ґрунту, зарівнюють борозни, утворені основними робочими органами.

Переведення культиватора в транспортне положення чи при поворотах в кінці загінок забезпечується гідравлічною системою трактора. Повернення культиватора в робоче положення відбувається за рахунок його власної маси.

Однією з найважливіших вимог до культиватора є якість розпушення ґрунту, що визначається відсотковим вмістом агрегатів певних розмірів, які утворюються в обробленому шарі.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Стрілчасті лапи працюють, як два з'єднані кінці клина, що розташовані під гострим кутом до напрямку руху, коли вони переміщуються по полю на заданій глибині. Для стабільного виконання технологічного процесу важливо, щоб леза лап самоочищалися від бур'янів, а також мали гостре заточування, що забезпечує їх правильне заглиблення в ґрунт.

2.2.4. Зміст конструкторського удосконалення культиватора

Розробка конструкції важкого комбінованого начіпного культиватора здійснена на основі базового культиватора аналогічного призначення, але причіпного за способом агрегування.

В зв'язку з цим, виникла необхідність розробки нових конструкцій деяких вузлів та механізмів, до яких належать: механізм опорних коліс з регулюванням глибини обробітку ґрунту, навісний пристрій та секційна рама. Необхідність використання секційної рами продиктована можливістю використання культиватора з малопотужними тракторами тягового класу 1,4; 2 з робочою шириною культиватора 2 м. Механізм опорних коліс з регулюванням глибини обробітку є з'ємним, і може встановлюватися напроти вісі крайніх лап бокових секцій чи крайніх лап центральної секції. Навісний пристрій культиватора забезпечує триточкове з'єднання з навіскою засобу агрегування. Верхня тяга навісного пристрою є шарнірно з'єднана з рештою елементів конструкції, що запобігає можливому руйнуванню зварних з'єднань в разі альтернативного жорсткого сполучення.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3. Конструкторська частина

3.1 Технологічні розрахунки

3.1.1 Розрахунок робочих органів

Одним із основних завдань технологічного розрахунку є визначення ширини захвату культиватора для суцільного обробітку ґрунту. Для цього рекомендована наступна формула [8,9]

$$B = \eta \cdot P_T / q \quad (3.1)$$

де η – коефіцієнт використання тягового зусилля трактора, приймаємо оптимальне значення $\eta = 0,8$;

P_T – тягове зусилля трактора. Оскільки культиватор агрегується з тракторами класу 3,0, то при швидкості 9 км/год тягове зусилля трактора становить 2900 кг;

Q – питомий опір ґрунту на 1 м ширини захвату культиватора, приймаємо $q = 5$ кН/м.

Отже...

$$B = 0,8 \cdot 2900 / 500 = 4,64 \text{ м} \quad (3.2)$$

З урахуванням вимог щодо транспортування культиватора по дорогах загального призначення та особливостей взаємного розташування робочих органів приймаємо $B = 4$ м.

З метою усунення явища накопичення рослинних решток між робочими органами у під рамному просторі лапи на культиваторі для розпушення ґрунту розташовані у три ряди.

Оптимальна відстань між рядами L визначається як

$$L = e / \text{tg}[90^\circ - (\gamma + \varphi^1)] \quad (3.3)$$

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де γ – половина від кута розхилу крил лапи;

φ^1 – кут тертя ґрунту по поверхні леза, рекомендоване значення $\varphi^1 \approx 25^\circ$;

b – конструкційна ширина лапи.

Кут розхилу крил лапи має суттєвий вплив на якість виконання технологічного процесу, особливо на надійність.

Схема взаємодії лапи з коренем бур'яну може бути представлена в наступному вигляді (рис.3.1)

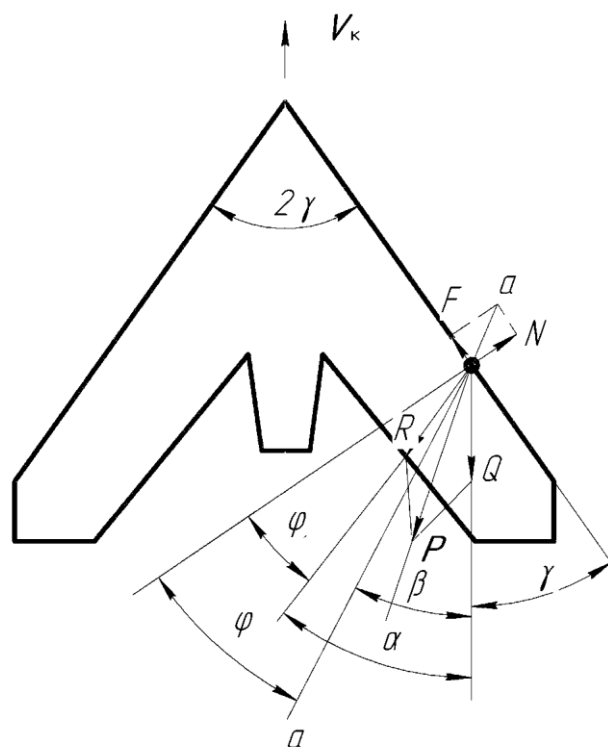


Рис.3.1. Схема взаємодії стрілкової лапи з коренем бур'яну

Частинка кореня, яка контактує з ріжучим краєм леза, сприймає дію основних сил R та Q і незначну лобову силу, яка призводить до ковзання кореня вздовж ріжучої крайки леза. Ковзання настає коли рівнодіюча сила P складова R та Q проходить поза межами кута φ - тертя кореня об лезо лапи.

Вектор сили Q складає відносно леза лапи кут γ .

Крайнім станом дії сили P є стан, коли вона спрямована по лінії $a - a$, тобто

$$\gamma = 90^\circ - (\varphi + \beta) \quad (3.4)$$

де β – кут між напрямком руху лапи та рівнодіючою силою.

Можна припустити, що $R = Q$, тоді

$$\beta = \alpha/2 \quad (3.5)$$

де α – кут утворений векторами сил R та Q .

У крайньому стані сили R

$$\beta = \varphi - \varphi^1, \text{ тоді } \gamma = 90^\circ - (2\varphi - \varphi^1) \quad (3.6)$$

де φ^1 – кут внутрішнього тертя ґрунту об ґрунт, рекомендоване значення $\varphi^1 = 30^\circ$

Лінія $a - a$ є межею кута тертя φ . Отже, для забезпечення різання з ковзанням необхідне виконання умови

$$\gamma \leq 90^\circ - (2\varphi - 30^\circ) \quad (3.7)$$

Тертя буряну об лезо, за дослідними умовами, $\varphi = 45^\circ$, тоді

$$\gamma \leq 90^\circ - (2 \cdot 45^\circ - 30^\circ) = 30^\circ \quad (3.8)$$

тоді $2\gamma = 60^\circ$

Зменшення кута 2γ призводить до необхідності збільшення кількості стрічастих лап.

З рекомендацій користувачів машин аналогічного призначення та з метою зменшення кількості стояків, а отже і загального опору всіх робочих органів приймаємо для культиватора стандартну ширину лапи

$$B = 420 \text{ мм.}$$

Тоді відстань між рядами лап по напрямку руху становитиме

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$L = 420/\text{tg}[90^\circ - (30^\circ + 25^\circ)] = 600 \text{ мм або } 0,6 \text{ м}$$

З конструкційних міркувань при розташуванні лап у три ряди приймаємо $L = 700 \text{ мм}$, і визначимо необхідне перекриття між лапами

$$C = L \cdot \text{tg}\delta \quad (3.9)$$

де δ – кут можливого відхилення культиватора від прямої лінії, рекомендоване значення $\delta = 8^\circ$

тоді $C = 0,7 \cdot \text{tg}8^\circ \approx 0,09 \text{ м} = 90 \text{ мм}$

Мінімальна технологічна ширина захвату лапи

$$B_{\text{мін}} = 3C = 3 \cdot 90 = 270 \text{ мм},$$

що відповідає ширині захвату лапи, яка прийнята попередньо.

Кількість робочих органів на культиваторі можна визначити як

$$n = (B - c) / (b - c) \quad (3.10)$$

Підставивши значення, отримуємо

$$n = (4000 - 70) / (420 - 70) = 11,2$$

З урахуванням умов взаємного розташування лап на рамі культиватора, приймаємо $n = 11$. Це призведе до незначного зменшення величини перекриття ширини захвату лап менше ніж на 2 см, що суттєво не вплине на надійність і якість виконання технологічного процесу, але створить умови для раціонального розташування непарної кількості лап по ширині захвату всього культиватора.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

З урахуванням розподілу навантаження на лапи різних рядів, а відомо, що лапи першого ряду приймають більше навантаження, ніж лапи наступних рядів, то в першому ряду культиватора розташовуємо три лапи, а в середньому і в задньому по чотири (рис. 3.2).

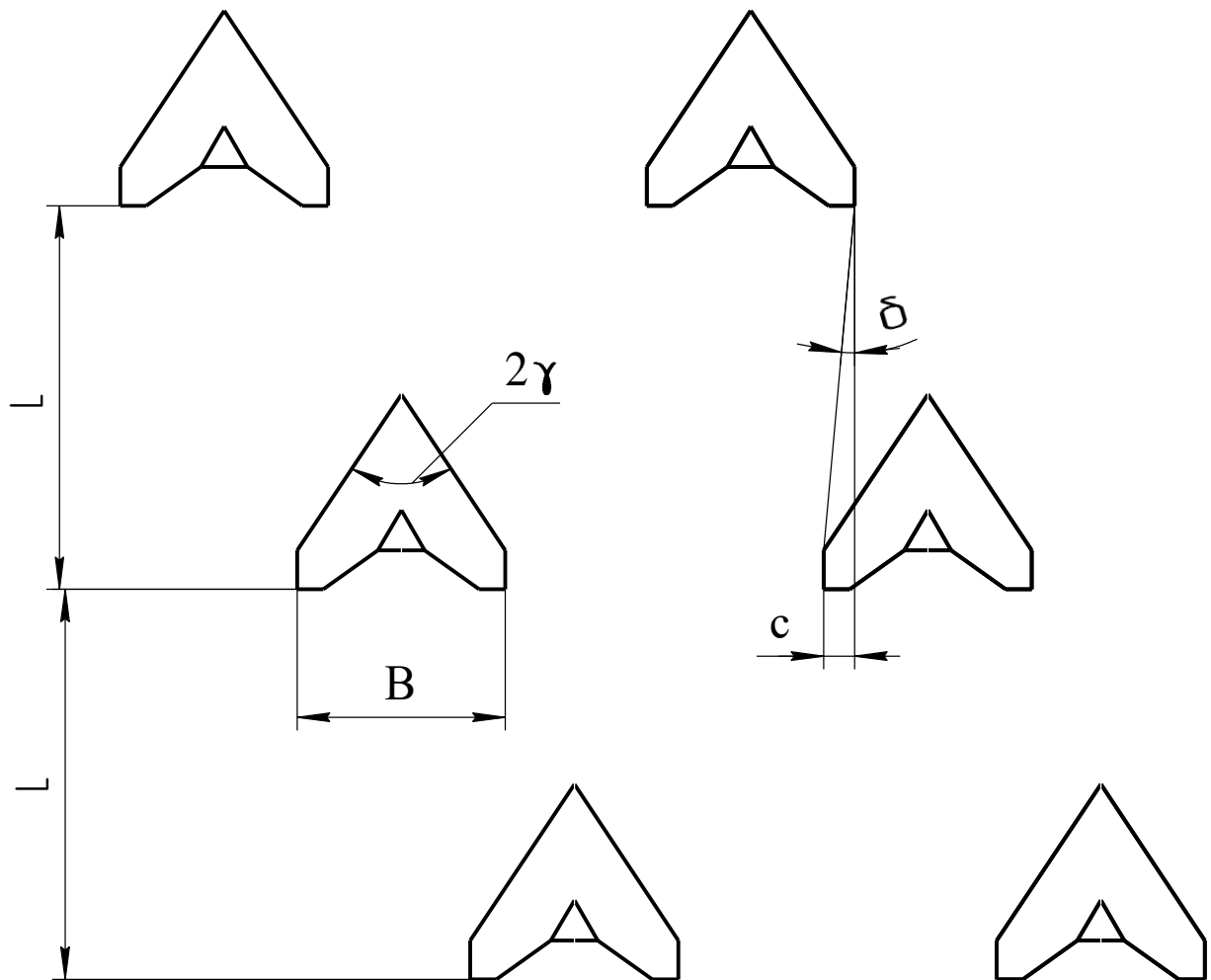


Рис.3.2. Схема розташування культиваторних лап у три ряди при суцільному обробітку ґрунту

3.1.2. Обґрунтування конструкції зубової борони

Основні параметри зубової борони визначають з урахуванням умов її пристосування до рельєфу ґрунту, загальної маси та жорсткості конструкції.

Важливим технологічним параметром зубових борін є відстань b між зубами [8,9]. Ця відстань залежить від кута сколювання ґрунту α . Суцільний обробіток ґрунту без огривів боронами з вертикальними зубами забезпечується при $b=2\alpha \operatorname{tg}\alpha/2$. При $b \leq 2\alpha \operatorname{tg}\alpha/2$ буде надмірне перемішування ґрунту та підвищаться витрати енергії на виконання даного процесу. При $b \geq 2\alpha \operatorname{tg}\alpha/2$ порушиться суцільність обробітку, зостануться необробленими смужки ґрунту.

Кут сколювання ґрунту α залежить від форми зуба, маси борони і становить для важких борін

$$\alpha = 30^\circ \dots 50^\circ.$$

Для борін з зубом, який має зріз, відстань між суміжними боріздками визначається як (рис.3.3)

$$b = S + \frac{2\alpha \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{\cos(\varphi + \alpha)} \quad (3.11)$$

де S – ширина зуба, мм;

φ – кут сколювання ґрунту у вертикальній площині $\varphi=20^\circ \dots 30^\circ$.

Для важкої борони, що прийнята для встановлення на культиваторі, $b = 49$ мм, $b_1 = 160$ мм, $C = 350$ мм, $L = 1215$ мм, навантаження на один зуб 2,18 кгс.

За необхідності проводять перевірку борони на стійкість, яка залежить виключно від правильного вибору напрямку сили тяги. Рівновагу зубових борін перевіряють тільки у поздовжньо вертикальній площині. Решта сил, які діють у горизонтальній площині, при правильній побудові зубового поля, взаємозрівноважуються.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

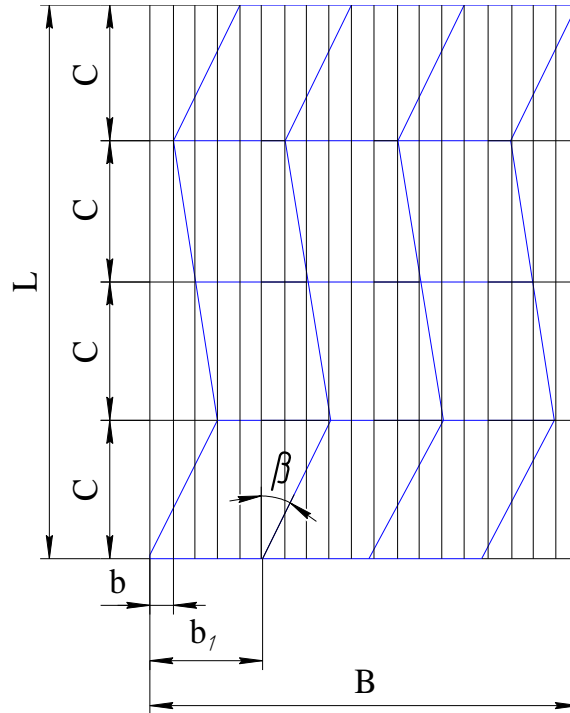


Рис. 3.3. Схема зубової борони

У вертикальній площині на зубову борону діють наступні сили: $G_б$ – сила ваги борони; $\Sigma N_б$ – рівнодіюча вертикальних реакцій ґрунту на зуби борони, яка прикладається в точці центру мас; ΣR_r – рівнодіюча горизонтальних сил опору ґрунту; ΣR_{xz} – сила тяги енергетичного засобу (рис.3.4).

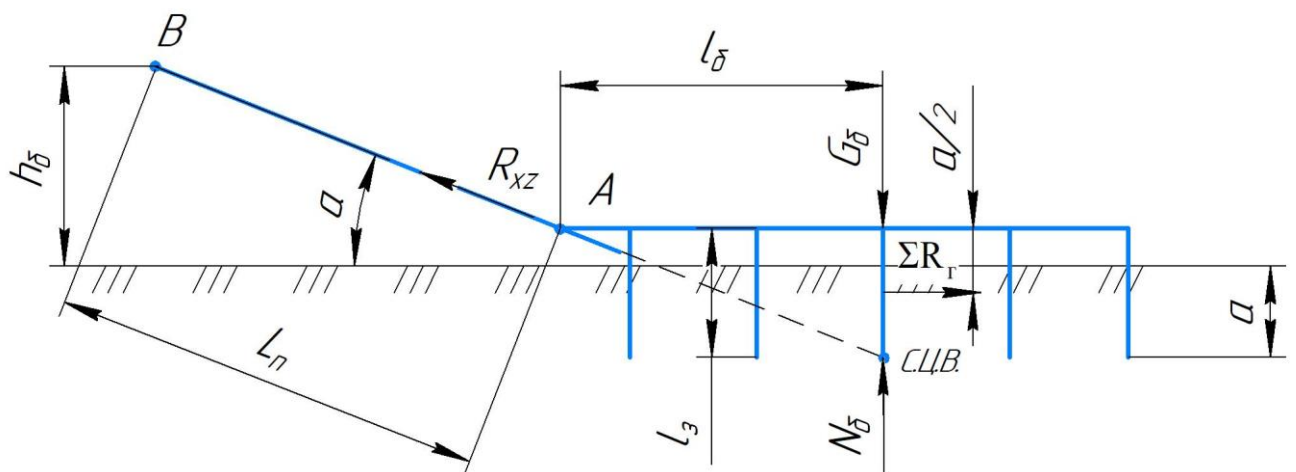


Рис. 3.4. Розрахункова схема для визначення умов рівноваги зубових борін.

Стійкість руху борони забезпечується при проходженні напрямку дії сили тяги через слід центра ваги, який при відповідних параметрах борони залежить від довжини поводка $BA=l_{\Pi}$ і висоти точки причепа на брусі зчипки чи рами культиватора h_c . В аналітичній формі умова рівноваги буде достатньою, якщо ряд рівнянь буде дорівнювати нулю:

$$\begin{aligned} \Sigma X &= R_{xz} \cdot \cos a - \Sigma R_r = 0 \\ \Sigma Z &= G_{\delta} - \Sigma N_{\delta} - R_{xz} \cdot \sin a = 0 \\ \Sigma m_y (R_{xz}) &= G_{\delta} \cdot (l_{\delta} + l_{\Pi} \cdot \cos a) - \\ &\Sigma R_r [(l_z - a/2) + l_{\Pi} \cdot \sin a] - \\ &N_{\delta} (l_{\Pi} \cdot \cos a + l_{\delta}) + 0 \end{aligned}$$

Для більшості зубових борін значення $a = 14...18^{\circ}$. Довжина поводка для розробленої конструкції, який з'єднує борону з кронштейном бруса рами становить $l_{\Pi} = 600$ мм. За необхідності, нестійкість ходу борін, які працюють у складі комбінованих культиваторів, усувають зміною висоти точки з'єднання повідка борони з кронштейном заднього бруса рами, але виконується дана операція ще на етапі проектування, при компонованні машини вцілому.

3.2. Силовий аналіз механізмів культиватора

3.2.1. Розрахунок механізму піднімання культиватора

При визначенні сил, які діють на окремі елементи конструкції зручно скористатися схемою (рис.3.5)

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таким чином $F = G + 2(a \cdot v^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot q \cdot n / 2)$

Підставивши значення, отримаємо

$$F = 960 + 2 \cdot (0,2 \cdot 0,42^2 \cdot 1,38 \cdot 1400 \cdot 11 / 2) = 1641,6 \text{ кг} = 16416 \text{ Н}$$

Отримавши значення рівнодіючої F , можна розрахувати значення реакцій на колесах та на нижньому шарнірі начіпного пристрою за формулами

$$P_K = F \cdot l_4 / (l_3 + l_5) \quad (3.14)$$

$$P_Z = F \cdot l_6 / (l_5 + l_3) \quad (3.15)$$

Підставивши значення плечей з креслення загального вигляду отримаємо

$$P_K = 16416 \cdot 920 / (500 + 300) = 18878,4 \text{ Н} = 1887,8 \text{ кгс}$$

$$P_Z = 16416 \cdot 100 / (500 + 300) = 2052 \text{ Н} = 205,2 \text{ кгс}$$

Можна припустити, що $P_1 + P_2 = R_x = P_{\text{культ}}$

Де $P_{\text{культ}} = g \cdot B = 500 \cdot 4 = 2000 \text{ кгс}$

g – питомий тяговий опір культиватора на один метр ширини захвату.

Визначимо зусилля, яке діє в верхньому шарнірі начіпного пристрою з рис.3.5.

$$P_3 = R_x \cdot l_1 / l_2 \quad (3.16)$$

$$P_3 = 2000 \cdot 0,4 / 0,7 = 1142,8 \text{ кгс.}$$

Максимальний згинаючий момент $M_{\text{зг}}$, діє на поздовжню тягу начіпного пристрою в місці перетину (точка В (рис.3.4)), і рівняється

$$M_{\text{зг}} = P_3 \cdot \sin \alpha \cdot l = 1142,8 \cdot 0,34 \cdot 0,15 = 58,28 \text{ кГсм} = 582 \text{ Нм} \quad (3.17)$$

Де $\alpha = 20^\circ$ – кут між напрямком дії сили P_3 і поздовжньою віссю тяги;

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$l = 15$ см – відстань між шарнірами А і В

Сила N , яка стискає поздовжню тягу АС, визначається як

$$N = P \cdot \sin(\alpha + \beta) / \sin \beta = 1142 \cdot 0,98 / 0,94 = 1190 \text{ кгс}, \quad (3.18)$$

де $\beta = 70^\circ$ – кут в вертикальній площині між розкосами та поздовжньою тягою.

Зусилля в розкосах начіпного пристрою є відповідно рівними

$$S = P_3 \cdot \sin \alpha / 2 \cdot \cos \gamma = 1142,8 \cdot 0,34 / 2 \cdot 0,8975 = 204,5 \text{ кгс}, \quad (3.19)$$

де $\gamma = 26^\circ$ – половина кута між розкосами начіпного пристрою

3.2.2 Розрахунок колеса

Для визначення основних розмірів колеса необхідно враховувати навантаження, які передаються на нього від ваги машини та сил, що впливають на робочі органи. Розподіл цих навантажень між колесами залежить від їхнього розташування.

Під час розміщення коліс слід зважати на необхідність забезпечення достатньої стійкості машини та рівномірного розподілу навантаження між опорами.

Якщо рівнодіюча вага та робочий опір проходять через нижню точку начіпного пристрою, реакція на колесах дорівнюватиме нулю. Однак вона може суттєво зрости, якщо лінія дії сили, що впливає на робочі органи, розташована вище точки причепа.

При проектуванні коліс, маючи дані про навантаження, визначають оптимальну ширину обода. [9]

$$B \geq \frac{P_k}{G_0} \quad (3.20)$$

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де G_0 – питомий тиск на сантиметр ширини обода, який допускається в межах 45 кг/см при роботі по стерні;

P_k – навантаження на колесо, з попередніх розрахунків $P_k=1887/2=943$ кгс;

Підставивши значення в формулу, отримаємо

$$B \geq \frac{943}{45} = 20,7 \text{ см}$$

Після цього визначаємо діаметр колеса

$$D = \left(\frac{P_k}{B_k} \right)^2 \quad (3.21)$$

Підставивши значення, отримаємо

$$D = \left(\frac{P_k}{B_k} \right)^2 = \left(\frac{943}{20,7 \cdot 4} \right)^2 = 129,7 \text{ мм}$$

Припускаючи те, що можливі перевантаження на колеса будуть тимчасовими то обираємо шину 8,40-15 з розмірами $B=218$ мм, $D=777$ мм, яка здатна витримувати навантаження 775 кг [10].

3.3. Енергетичний розрахунок

3.3.1. Вибір трактора

Тяговий опір культиватора можна представити наступною формулою [8,9]

$$P_k = R_{\Pi} + R_{Л} + R_{б} \quad (3.22)$$

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де R_{Π} – опір перекочуванню коліс культиватора по ґрунту;

$R_{\text{л}}$ – опір, який чинять лапи культиватора при переміщенні в ґрунті;

$R_{\text{б}}$ – опір, який чинять борони.

Формулу для визначення зусилля, яке витрачається на перекочування колеса запропонував ак. Горячкин В.П.

$$R_{\Pi} = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^4}{q_0 b D^2}} \quad (3.23)$$

де Q - навантаження на колеса, 1887 кг;

q – питомий опір ґрунту -400кг/м;

b – ширина обода колеса 218 мм;

D – діаметр колеса.

Підставивши значення отримаємо

$$R_{\Pi} = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{1887^4}{400 \cdot 0,22 \cdot 0,78^2}} = 479,9 \text{ кг} = 4799 \text{ Н}$$

Загальний опір культиваторних лап становить

$$R_{\text{л}} = q \cdot B = 400 \cdot 4 = 1600 \text{ кг} = 16000 \text{ Н}$$

Опір борін становить приблизно половину від опору культиваторних лап

$$R_{\text{б}} = 0,5 R_{\text{л}}$$

Тоді загальний опір культиватора становить

$$R_{\text{к}} = 4799 + 16000 + 8000 = 28799 \text{ Н} = 28,8 \text{ кН}$$

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Згідно тягової характеристики трактора тягового класу 3 він може розвивати силу тяги на крюкові 28,45 кН при швидкості 12 км/год. Оскільки технічною характеристикою культиватора передбачено його агрегування на швидкостях до 10 км. то модернізований культиватор може надійно агрегуватися з трактором Т-150К на вказаних робочих швидкостях.

3.3.2. Вибір трактора за умовами забезпечення стійкості руху грунтообробного агрегату

Вибір трактора з умов поздовжньої стійкості агрегату.

Стійкість агрегатів з колісними тракторами оцінюється коефіцієнтом запасу повздовжньої стійкості $X_{п}$. Стійке положення агрегату відповідає значенню коефіцієнта $X_{п} \leq 0,4$, тоді як при $X_{п} > 0,4$ відбувається різке порушення стійкості агрегату [7].

Коефіцієнт визначається за формулою:

$$X_{п} = G_{к} X_{к} / G_{т} X_{т} \quad (3.24)$$

де:

$G_{к}$ – сила ваги начіпного культиватора (10,50 кН) (рис. 3.6);

$X_{к}$ – поздовжня координата центру ваги начіпної машини, піднятої в транспортне положення, відносно осі задніх ведучих коліс трактора (1,4 м);

$G_{т}$ – сила ваги трактора (34,87 кН);

$X_{т}$ – поздовжня координата центру ваги трактора відносно осі ведучих коліс (0,813 м).

Тоді: $X_{п} = 10,5 \cdot 1,4 / 34,87 \cdot 0,813 = 0,51$

Так як одержали $X_{п} > 0,4$ необхідно до переднього остову трактора встановити додаткові вантажі, вага яких визначається за формулою:

$$X_{н}' = G_{к} X_{к} / (G_{т} X_{т} + \Delta G a) \quad (3.25)$$

де $X_{н}'$ - необхідний коефіцієнт запасу поздовжньої стійкості;

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

l - повздовжня база трактора (2.45м).

$$N_i = (34.87 \cdot 0.813 + 2.8 \cdot 2.81 - 10.50 \cdot 1.4 - (34.87 + 2.8 + 10.50) \cdot 0.2 \cdot 0.73) / 2.45 = 28.35 + 7.86 - 14.7 - (48.17 \cdot 0.2 \cdot 0.73) / 2.45 = 1.84 \text{ кН}$$

Для задніх коліс за формулою:

$$N_3 = G + \Delta G + G_k - N_i = 37,87 + 2,8 + 10,5 - 1,84 = 46,3 \text{ кН} \quad (3.27)$$

Оскільки допускається тимчасове перевантаження до 40% то умова виконується.

Визначаємо критичний кут схилу за формулою:

$$\text{tg} \alpha_{\text{гран}} = [\text{tg} \alpha_{\text{кр}} (1 - X_{\text{п}}) / (1 + S_{\text{п}})] - f \quad (3.28)$$

де

$$\text{tg} \alpha_{\text{кр}} = a_d / h_d \quad (3.29)$$

a_d, h_d - горизонтальна та вертикальна координати центру ваги трактора (0,813 і 0,95м відповідно);

$$S_{\text{п}} = 10,5 / (34,87 + 2,8) = 0,28$$

$$\text{tg} \alpha_{\text{кр}} = 0,813 / 0,95 = 0,856$$

Тоді згідно (4.8)

$$\text{tg} \alpha_{\text{гран}} = [0.856(1 - 0.39) / (1 + 0.28)] - 0.2 = 0.20$$

$$\alpha_{\text{гран}} \approx 10^\circ$$

Визначаємо можливість трактора взагалі заїхати з начіпною машиною на схил, а не зсунутися з нього вниз залежно від стану поверхні поля, тобто:

$$\text{tg} \alpha_{\text{гран}} \leq \text{tg} \alpha = f_N \quad (3.30)$$

$$0,2 < 0.4$$

Перевірка обраного агрегату на поперечну стійкість

При русі машинно-тракторного агрегату по складному рельєфу з поперечними схилами існує ризик його бічного перекидання, ковзання або

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

сповзання, особливо при використанні начіпних машин. Тому необхідно обов'язково перевіряти допустимі кути нахилу рельєфу, які забезпечують безпечну роботу агрегатів. Це також стосується можливості маневрування агрегату при заїзді в наступну загінку на схилі або при перетині нерівної місцевості.

Зазвичай конструкції начіпних машин розробляють так, щоб їхній центр ваги при з'єднанні з начіпною системою трактора знаходився на його осі симетрії. У такому випадку граничний поперечний кут нахилу рельєфу під час розвороту агрегату визначається за формулою [8]

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{іао}} \ll ((G_a^2 (B + b) - P_Y \frac{\sqrt{G_a^2 (B + b)^2 + 4(G_a^2 - P_Y^2) h_C^2}}{2(G_a^2 - P_Y^2) \cdot h_C}) \quad (3.31)$$

де G_a - маса агрегату.

$$G_a = G_k + G_m = 10,5 + 34,87 = 45,37 \text{ кН} \quad (3.32)$$

B - ширина колії трактора (1,35 м);

P_Y - відцентрові сили усіх складових агрегату, які виникають при поворотах;

$$P_Y + G_a \cdot V^2 / gR = 45,37 \cdot 7,2^2 / 9,8 \cdot 4 = 59,9 \text{ кН} \quad (3.33)$$

g - прискорення сили ваги ($9,8 \text{ м/с}^2$)

V – робоча швидкість агрегату ($7,2 \text{ м/с}$);

R – радіус повороту агрегату (4м);

h_C – вертикальна координата точки прикладання відцентрових сил:

$$h_C = 0,5(h + h_k) = 0,5(0,95 + 1,15) = 1,05 \text{ м} \quad (3.34)$$

h, h_k – вертикальні координати центру ваги трактора та культиватора, піднятого в транспортне положення (0,95м, 1,15м. відповідно)

Тоді

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$\operatorname{tg} \alpha_{i\ddot{a}\ddot{o}} \langle (45.37)^2 \cdot 1.35 - 59.9 \sqrt{45.37^2 \cdot 1.35^2 + 4(45.37^2 - 59.9^2) \cdot 1.05^2} / 2 \cdot (45.37^2 - 59.9^2) \cdot 1.05 = 0.198$$

$$\alpha_{\max} \approx 11^\circ$$

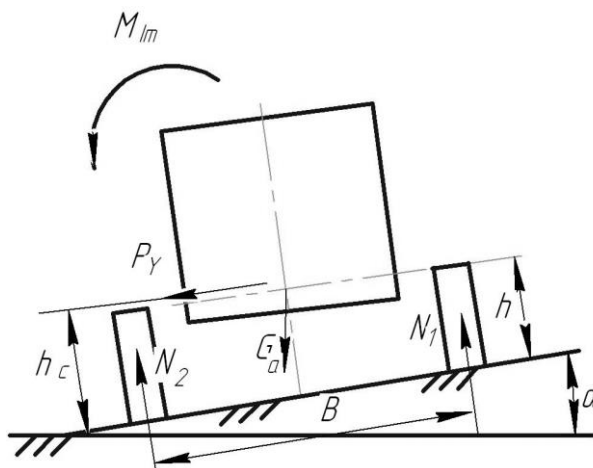


Рис. 3.7. Схема для розрахунку сил, які діють на агрегат в поперечному напрямку.

За отриманими даними можна встановити, що може настати раніше – перекидання чи сповзання агрегату зі схилу:

Оскільки $\operatorname{tg} \alpha_{\max} \langle f_c$ – то є висока ймовірність того, що раніше настане перекидання агрегату, так як $(0.198 < 0.4)$.

3.4 Розрахунки на міцність

3.4.1. Розрахунок стійки культиваторної лапи

Стійку лапи розраховуємо на згин. Небезпечний перетин для стійки - А-А.

Діюче на робочий орган зусилля R_{zx} при розрахунках перетину стійки слід подвоювати, щоб врахувати нерівномірність навантаження [8,9,10,11] (рис.3.8).

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

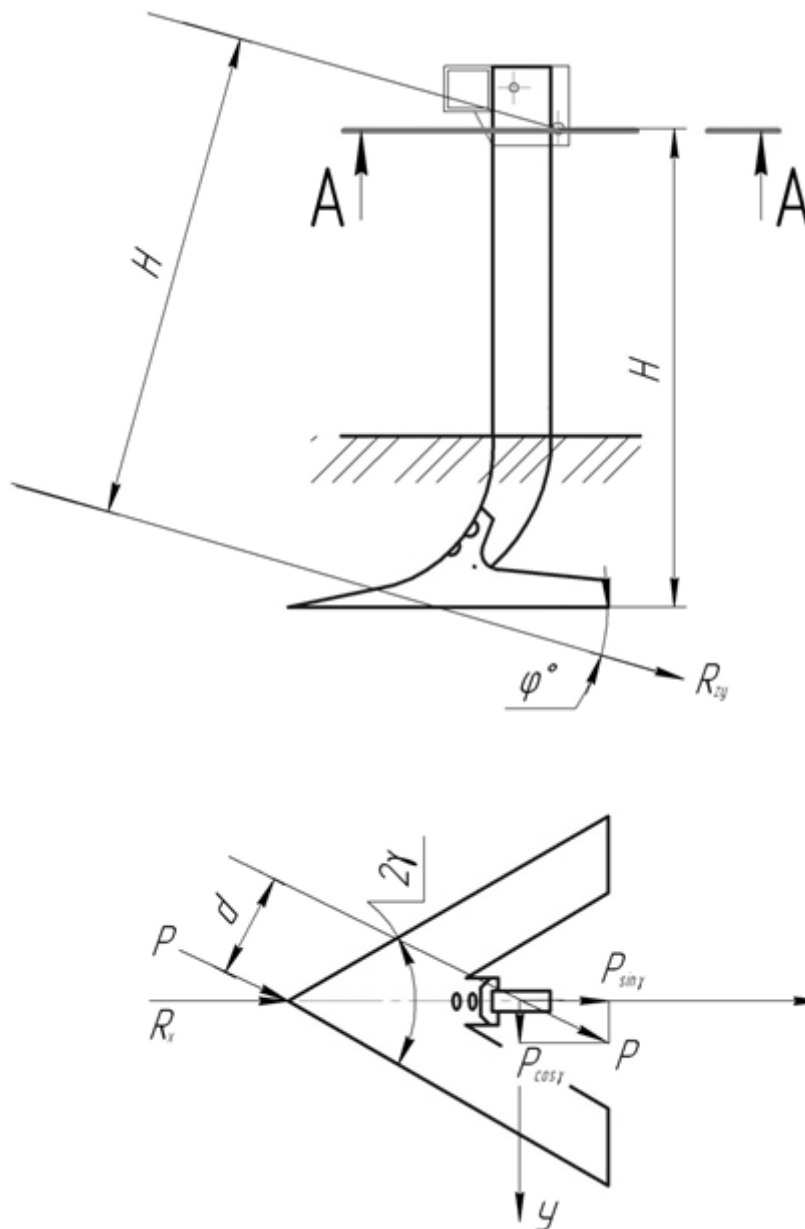


Рис. 3.8. – Схема для розрахунку стійки лапи

$$M_3 = 2 \cdot R_{zx} \cdot H^1 \quad (3.35)$$

де - $R_{zx} = R_x / \cos \varphi$ або

$$R_{zx} = q \cdot B / \pi \cdot \cos \varphi \quad (3.36)$$

де - R_x – горизонтальна рівнодіюча;

φ – кут нахилу рівнодіючої до горизонту, раціональне значення 20° ;

q – питомий опір, який приходить на 1 м ширини захвату культиватора.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

З попередніх розрахунків $q = 400$ кг/м;

B – ширина культиватора, 4м

n – кількість робочих органів, 11.

Підставивши (3.36) в (3.35) отримуємо

$$M_3 = (q \cdot B / n \cdot \cos\varphi) \cdot 2 \cdot H^1 \quad (3.37)$$

Підставивши значення, отримаємо

$$M_3 = (400 \cdot 4 / 11 \cdot \cos\varphi) \cdot 2 \cdot 0,56 = 173,4 \text{ кг м} = 1734 \text{ Нм}$$

Знаходимо необхідний перетин стійки, враховуючи, що стійка виготовлена з матеріалу Ст 5 Гпс з $\delta = 1600$ кг/см².

Тоді

$$W = M_3 / \delta = 173,4 \cdot 10^2 / 1600 = 10,83 \text{ см}^3$$

Приймаємо ширину стійки $v=3$ см, тоді

$$a = 6W / v^2 = 6 \cdot 10,83 / 3^2 = 7,225 \text{ см}$$

Враховуючи можливі тимчасові значні перевантаження та реальний досвід споживачів продукції та її виробників приймаємо поширене стандартне значення $a \times v = 30 \times 70$ мм.

3.4.2 Розрахунок пружини

Пружина використовується в конструкції культиватора для забезпечення сталого руху борін по глибині обробітку. І передає зусилля через натискну штангу.

Для розрахунку пружини скористаємося комп'ютерним програмним

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

забезпеченням з урахуванням вихідних значень навантажень, які було обґрунтовано в попередніх розділах.

Попередньо приймаємо для виготовлення пружини діаметр дроту 5мм, а зовнішній діаметр – 50 мм.

При роботі культиватора в полі секції борін повинні пристосовуватись до рельєфу поверхні поля, тому припускаємо, що мінімальний хід пружини становить 75 мм.

Розраховуємо навантаження при якому пружина не допускатиме виглиблення борони з ґрунту (рис.3.9).

$$P=(R_{z\Sigma}-F)/\cos\beta \quad (3.38)$$

Опір ґрунту переміщення борони становить 2000Н. Можна припустити, що він тотожний значенню R_{Σ} .

F- маса самої борони = 420Н.

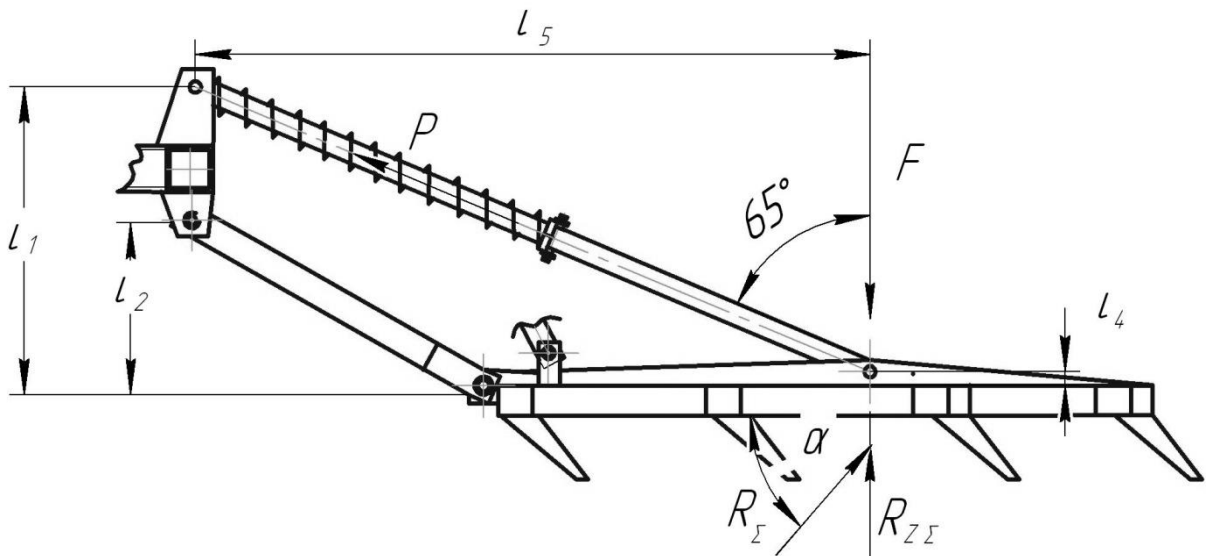


Рис.3.9. Схема навантаження пружини

Тоді $R_{z\Sigma} = R_{\Sigma} \cdot \sin\alpha = 2000 \cdot \sin 45^{\circ} = 1414 \text{ Н} \quad (3.39)$

$$P=(R_{z\Sigma} - F)/\cos\beta = 1414 - 420 / \cos 65^{\circ} = 41,4 \text{ кг} = 414 \text{ Н.}$$

						КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			40

З урахуванням отриманих результатів підрахунків креслення пружини матиме наступний вигляд (рис.3.10)

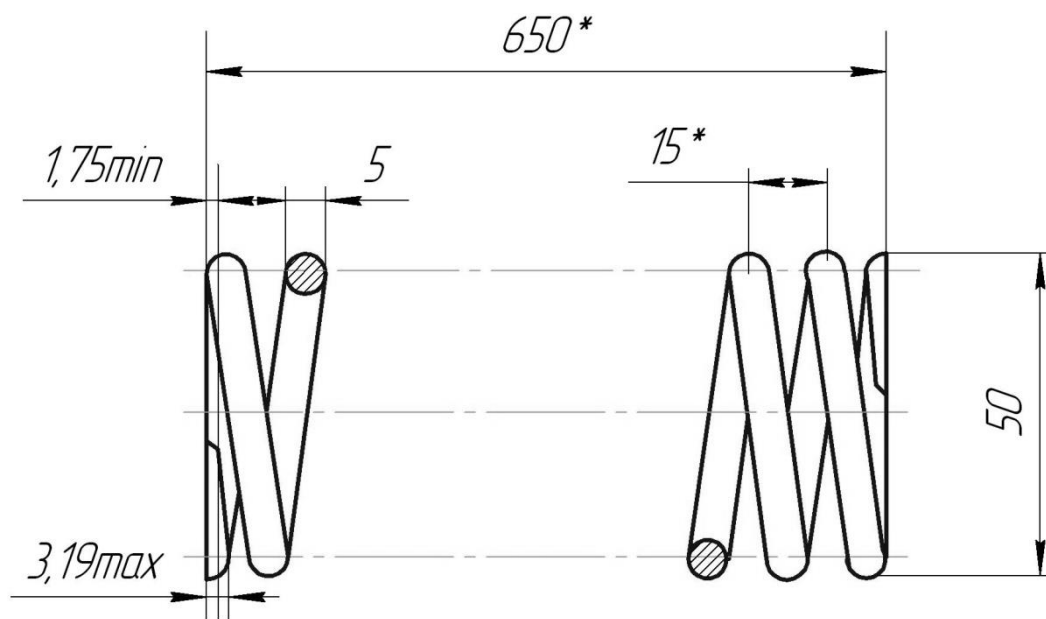


Рис.3.10 Схема пружини

Висновки

Використання начіпного культиватора для суцільного обробітку ґрунту сприяє зниженню собівартості сільськогосподарської продукції завдяки зменшенню витрат пального, скороченню трудових затрат, підвищенню продуктивності праці та покращенню якості обробітку ґрунту після проходу агрегату. Окрім цього, такий культиватор має значно меншу масу та кращу маневреність, що особливо важливо при роботі на малоконтурних полях.

Проведені конструкторські розрахунки підтверджують його ефективність і можливість успішного використання в агрегаті з тракторами тягового класу 3.

Конструкція комбінованого культиватора передбачає наявність розпушуючих робочих органів у вигляді борін із тупим кутом входження в ґрунт. Це забезпечує рівномірне розпушення ґрунту по всій глибині обробітку та формування поверхні, яка відповідає агротехнічним вимогам.

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

ДОДАТКИ

					КВК 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

