

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

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування параметрів котків плоскоріза-щілювача

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

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Рак О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Гевко Р.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Хомик Н.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Гевко Р.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

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

Гевко Р.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Раку Олегу Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів котків плоскоріза-щілювача

Керівник роботи Гевко Роман Богданович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » вересня 2020 року № 4/7-616

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи площа поля – 100 га; довжина гону – 500 м;
питомий опір ґрунту – 45 кН/м²; рельєф поля – рівний; ухил поля – 3⁰;
ширина захвату агрегату – 2,5 м; агрегатують з тракторами класу 30 кН;
робоча швидкість агрегату – 13 км/год; продуктивність – 1,3 га/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. Плоскоріз-щілювач (базова конструкція). Складальне креслення (1А1).

2. Плоскоріз-щілювач удосконаленої конструкції. Складальне креслення (1А1).

3. Лапа плоскоріза. Складальне креслення (1А1). 4. Коток. Складальне креслення (1А1).

5-6. Деталювання (2А1). 7-8. Розрахункові схеми (2А1).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

01 вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей об'єкту проектування	до 20.11.20	
2	Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки	до 01.12.20	
3	Дослідження параметрів об'єкту розробки	до 05.12.20	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	до 08.12.20	
9	Реферат. Вступ. Висновки.	до 10.02.20	
10	Графічна частина. Специфікації	до 12.12.20	

Студент

_____ (підпис)

Рак О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Гевко Р.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Рак Олег Васильович

Тема роботи – «Обґрунтування параметрів котків плоскоріза-щілювача»

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

Керівник роботи – Гевко Роман Богданович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (24 найменування), 3 додатків. Загальний обсяг текстової частини – 73 сторінки, на яких є 13 рисунків. Додатки розміщені на 9 сторінках. Графічна частина складається з 8 аркушів формату А1.

Актуальність теми роботи

Передпосівний обробіток ґрунту, практично повсюдно, під посів зернових і технічних культур виконують культиваторами. Поверхневий шар ґрунту має бути розпушений на необхідну глибину (глибину загортання насіння) до дрібногрудковатого стану. Це потребує, залежно від погодних умов та стану ґрунту, кількох проходів агрегатів, послідовного обробітку культиваторами, боронами, шлейфами, котками для вирівнювання поверхні і розбивання грудок ґрунту. Це додаткові затрати часу, паливно-мастильних матеріалів; сприяє пересушуванню верхнього шару ґрунту. Тому розробка нових чи удосконалення застосовуваних конструкцій для створення на їх базі комбінованих знарядь для передпосівного обробітку ґрунту є актуальною.

Мета роботи

Дослідження параметрів удосконаленого плоскоріза-щілювача як комбінованого ґрунтообробного знаряддя, що забезпечує одночасне виконання кількох операцій в одному технологічному процесі передпосівного обробітку ґрунту під технічні культури.

Завдання дипломної роботи магістра:

- проаналізувати конструкції комбінованих ґрунтообробних агрегатів;
- проаналізувати особливості застосування комбінованих ґрунтообробних машин;
- обґрунтувати зміни внесені у конструкцію агрегату для передпосівного обробітку ґрунту на базі плоскоріза-щілювача;
- розрахувати процес передпосівної культивуації з використанням удосконаленого плоскоріза-щілювача;
- розрахувати параметри розроблених робочих органів та визначити енергетичні затрати;
- виконати розрахунки на міцність конструктивних елементів котків (підібрати підшипники, розрахувати різьбове кріплення котків та зварне з'єднання кронштейна секції котків);
- розрахувати стійкість плоскоріза-щілювача при роботі на схилах;
- обґрунтувати стійкість руху робочих органів плоскоріза-щілювача;
- обґрунтувати стійкість руху робочих органів плоскоріза-щілювача у вертикальній площині;
- обґрунтувати параметри котків плоскоріза-щілювача;
- розробити вимоги безпеки праці при експлуатації удосконаленого плоскоріза-щілювача;
- проаналізувати основні заходи захисту населення і територій у разі загрози виникнення надзвичайних ситуацій.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Конструктивні елементи плоскоріза-щілювача для передпосівного обробітку ґрунту.

Предмет дослідження. Технологічні, силові, енергетичні розрахунки та розрахунки на міцність конструктивних елементів плоскоріза-щілювача удосконаленої конструкції.

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

Наукова новизна отриманих результатів.

Доведено можливість використання плоскоріза-щілювача з удосконаленими робочими органами, який забезпечує за один прохід агрегату якісний передпосівний обробіток ґрунту під технічні культури. Обґрунтовано вибір конструкції плоскорізальних лап, котків та підвіски культиватора.

Практичне значення отриманих результатів.

Використання плоскоріза-щілювача з удосконаленими робочими органами забезпечує розпушення, подрібнення, ущільнення і вирівнювання поверхні ґрунту на всій ширині захвату за один прохід агрегату відповідно до вимог під посів, зокрема технічних культур.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, ТНТУ, 25-26 листопада 2020 року).

Ключові слова: плоскоріз-щілювач, культиваторні лапи, котки, вирівнюючий брус, передпосівний обробіток ґрунту.

ЗМІСТ

	Стр.
ВСТУП	9
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	10
1.1. Аналіз конструкцій комбінованих ґрунтообробних агрегатів	10
1.2. Особливості застосування комбінованих ґрунтообробних машин	15
1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи магістра	18
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ	23
2.1. Обґрунтування змін внесених у конструкцію агрегату для передпосівного обробітку ґрунту	23
2.2. Розрахунок процесу передпосівної культивуації з використанням удосконаленого плоскоріза-щілювача	26
2.3. Розрахунок параметрів розроблених робочих органів та визначення енергетичних затрат	33
2.4. Підбір і перевірка підшипників котка	41
2.5. Розрахунок різьбового кріплення котків	43
2.6. Розрахунок зварного з'єднання кронштейна секції котків	45
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	48
3.1. Розрахунок стійкості плоскоріза-щілювача при роботі на схилах	48
3.2. Стійкість руху робочих органів плоскоріза-щілювача	49
3.3. Стійкість руху робочих органів плоскоріза-щілювача у вертикальній площині	52

3.4. Обґрунтування параметрів котків плоскоріза-щілювача	60
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	63
4.1. Безпека праці при експлуатації удосконаленого плоскоріза-щілювача	63
4.2. Основні заходи захисту населення і територій у разі загрози виникнення надзвичайних ситуацій	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	71
ДОДАТКИ.....	73

ВСТУП

Якість обробітку ґрунту, особливо передпосівного, під технічні культури потребує вдосконалення як застосуванням сучасних комбінованих ґрунтообробних агрегатів, так і вдосконаленням існуючих надійних машин.

Передпосівний обробіток ґрунту часто є багаторазовим з використанням кількох видів знарядь, а це шкідливо особливо на легких безструктурних ґрунтах та в умовах недостатнього зволоження.

Інтенсивний обробіток ґрунту, багаторазові проходи агрегатів по полю посилюють вивітрювання і водну ерозію; негативно впливають на структуру ґрунту, призводять до надмірного ущільнення, створення плужної підшви, розпилення поверхневого шару, як наслідок, втрати органічної речовини; посилюють втрати вологи і утворення великих груд і глиб. Це негативно впливає на подальший обробіток – догляд за посівами та збирання врожаю. Кінцево може суттєво вплинути на кількість зібраного врожаю [6, 14, 20].

Доцільним є мінімальний обробіток ґрунту, скорочення проходів агрегатів по полю, особливо під час підготовки до сівби, з дотриманням агротехнічних термінів. Для цього використовують комбіновані машини і знаряддя, які виконують декілька операцій за один прохід.

Можливість та доцільність поєднання ґрунтообробних технологічних операцій залежать від систем землеробства та обробітку ґрунту. Враховують також засміченість полів бур'янами, їх видовий склад, метеорологічні умови, технічні характеристики енергетичних засобів для агрегування, агрономічні, техніко-економічні та інші фактори.

Вітчизняна ґрунтообробна техніка потребує вдосконалення за такими факторами: надійністю, універсальністю, продуктивністю, затратами на ремонт, експлуатацію та обслуговування. Суттєвим її недоліком є низька оперативність переводу з транспортного положення у робочий стан і навпаки, а також заміна робочих органів, швидке їх переналагодження залежно від виконання технологічних операцій.

1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Аналіз конструкцій комбінованих ґрунтообробних агрегатів

Комбіновані сільськогосподарські машини та агрегати, зокрема для ґрунтообробітку, повинні містити набір робочих органів для одночасного виконання лише тих операцій, які можна поєднувати або суміщати у часі без порушення агротехніки, строків і якості виконання.

Комбіновані сільськогосподарські машини поділяють умовно на три основні типи [9, 10-12, 16, 17]: агрегати із кількох послідовно з'єднаних простих машин, кожна з яких виконує окрему операцію; машини з послідовно встановленими простими робочими органами для виконання кількох операцій; машини зі спеціальним комбінованим робочим органом для послідовного виконання технологічного процесу.

Комбіновані агрегати і машини для суміщення сівби з передпосівним обробітком ґрунту належать до двох типів: агрегати з декількох машин і знарядь, які можна використовувати у комплексі та окремо; спеціалізовані комбіновані машини, роздільного використання знарядь тут бути не може через складність обслуговування і демонтажу окремих елементів при роз'єднанні.

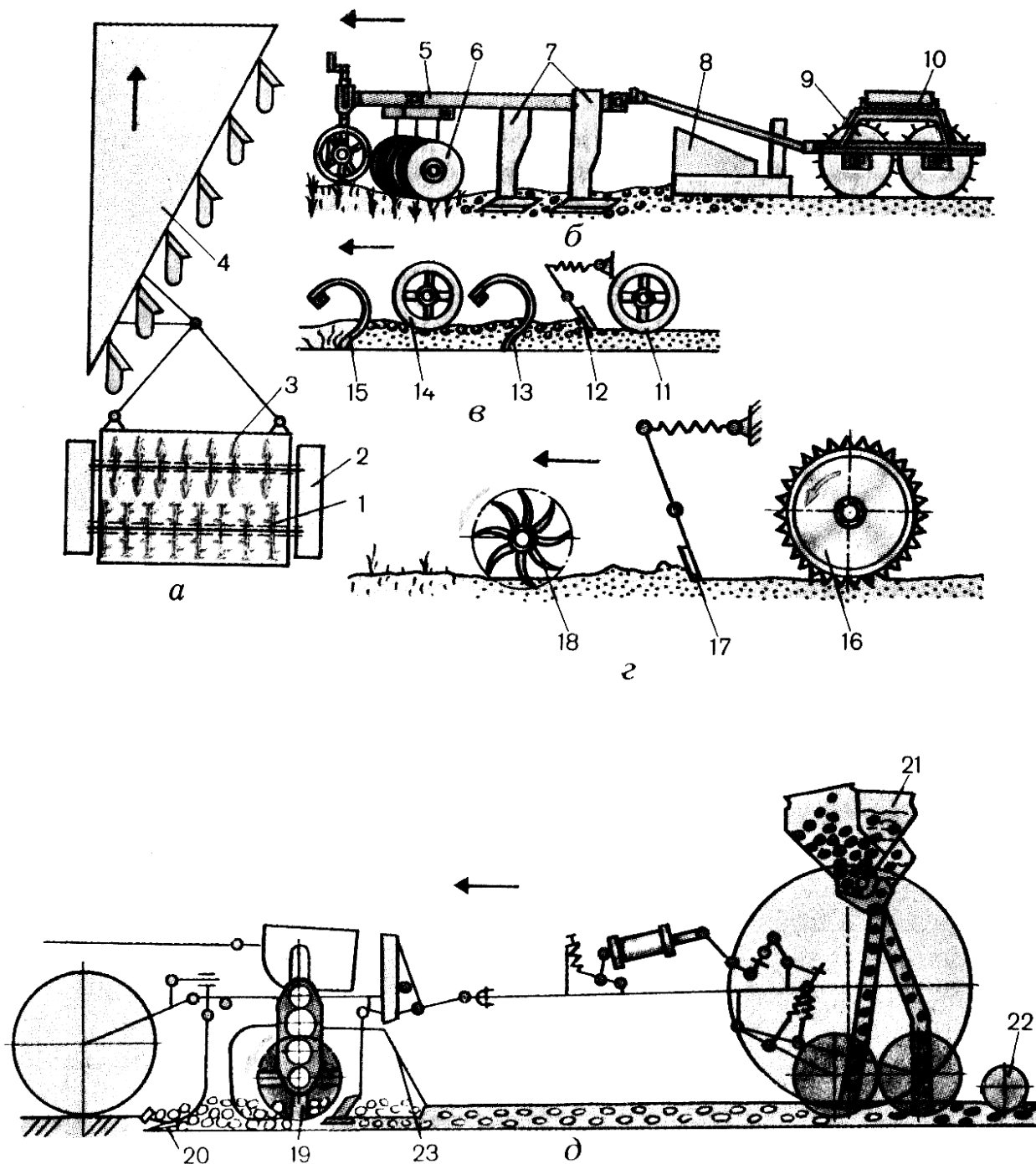
Технологічні операції, які можуть виконувати комбіновані машини, дуже різні, але за поєднанням окремих з них, їх можна розділити умовно такі на чотири групи [10-12, 16, 17]: для суміщення основного і додаткового обробітку ґрунту; для суміщення комплексу операцій передпосівного обробітку; для суміщення основного або передпосівного обробітку з внесенням меліорантів (добрив та пестицидів); для суміщення передпосівного обробітку ґрунту і сівби. Проаналізуємо характеристики машин, які входять у кожен із груп.

Перша група. Комбінований орний агрегат ПКА; комбінований агрегат АКП-2,5; плуг ПВН-3-35 з комбінованими корпусами; комбінована машина АКР-3,6; ротаційний плуг ПР-2 та ін.

Агрегат ПКА призначений для оранки, подрібнення груд, ущільнення ґрунту і вирівнювання поверхні. ПКА (рисунок 1.1а) складається з плуга (в основному ПЛП-6-35) 4 і пристосування ПВР-2,3, обладнаного дворядним котком. Перший ряд котків утворений з вузько клинчастих дисків 3, другий – із кільчасто-шпорових дисків 1. На рамі пристосування змонтовані два баластних ящики 2. Коток приєднують до зчипки плуга гнучким зв'язком. При роботі агрегату диски 3, набуваючи великого тиску, розрізають великі грудки, проникають у ґрунт на 10...15 см завдяки боковому зсуву ущільнюють глибші шари ґрунту. Кільчасто-шпорові диски 1 подрібнюють грудки, що залишилися, і вирівнюють поверхню ґрунту. Глибину ходу дисків регулюють зміною маси баласту, який укладають у ящики 2. Щодо пристосування ПВР-3,5 то його використовують для семи- і ПВР-2,3 для п'яти-, шестикорпусних плугів. Комбінований агрегат АКП-2,5 (рисунок 1.1б) використовують у системі для основного і передпосівного обробітку ґрунту у районах недостатнього зволоження. Обробіток виконують без обороту пласта. Агрегат має дві секції. На рамі 5 передньої встановлюють три дискові батареї 6 і три плоскоріжучі лапи 7; на задній – коток-розрихлювач 9, зарівнювач 8 і баластний ящик 10. Передню секцію навішують на трактор, а задню приєднують причепом. Дискові батареї монтують із сферичних або голчастих дисків. Зарівнювач монтують тільки при використанні сферичних дисків. Диски верхній шар ґрунту рихлять на глибину до 8 см, лапи підрізають пласт на глибину до 16 см, рихлять його і знищують бур'яни, зарівнювач вирівнює поверхню, котки розбивають грудки ґрунту і ущільнюють. Ширина захвату 2,5 м. Агрегатують з тракторами ДТ-75В і Т-150К [9, 11].

Для суміщення основного і додаткового обробітку ґрунту використовують видозмінені плуги, у яких корпуси мають вкорочені полиці, за якими встановлюють невеликі фрези або плуги чи культиватори з ножами, що обертаються у горизонтальній площині, тобто типу фрез. Такі знаряддя найбільш ефективні на важких ґрунтах, що запливають. Їх можна

використовувати на полях для вирощування культур вимогливих до вологи, картоплі, цукрових буряків, овочевих та інших культур [9, 11].



a – ПКА; *б* – АКП-2,5; *в* – РВК-3,6; *г* – ВИП-5,6; *д* – КА-3,6;
 1 і 3 – диски; 2 і 10 – баластні ящики; 4 – плуг; 5 – рама; 6 – дискова батарея;
 7 – плоскоріжучі лапи; 8 – зарівнювач; 9, 11, 14, 16 і 22 – котки;
 12 і 17 – вирівнюючі бруси; 13 і 15 – розрихлювальні лапи; 18 – голчастий
 диск; 19 – фрезерний барабан; 20 – універсальна стрілочаста лапа;
 21 – сівалка СЗ-3,6; 23 – фартух.

Рисунок 1.1

Друга група. Сюди відносять: комбіновані агрегати РВК-3,6 і РВК-5,4; машину ВІП-5,6; фрезерний культиватор глибокорозрихлювач КФГ-3,6; фрезерний культиватор гребенутворювач КГФ-2,8 та ін.

РВК-3,6 і РВК-5,4 (рисунок 1.1*в*) призначені для передпосівного обробітку ґрунту. За один прохід культивують ґрунт на глибину 15 см, руйнують глиби і грудки, вирівнюють і прикочують ґрунт. Ширина захвату відповідно 3,6 і 5,4 м. На рамі машини послідовно розташовані розпушувальні лапи 15 на пружинних стойках; передній кільчасто-шпоровий коток 14, диски якого ущільнюють ґрунт у проміжках між лапами; другий ряд розпушувальних лап 13, встановлених за дисками котка; вирівнюючий брус 12 і секції заднього кільчасто-шпорового котка 11.

Заглиблення робочих органів регулюють поворотом осі із закріпленими лапами. Вирівнюючий брус 12 можна переміщати по висоті, а тиск його на ґрунт регулювати натяжними пружинами. Агрегатують РВК-3,6 з тракторами МТЗ-80 і ДТ-75В, а РВК-5,4 – з тракторами Т-150К і К-701 [9, 11].

Машину ВІП-5,6 використовують для передпосівного обробітку під зернові, технічні та овочеві культури. Будова: три секції, на рамах яких є батареї з голчастими дисками 18 (рисунок 1.1*г*), вирівнюючий брус 17 і кільчастий коток 16, зібраний із зубчастих і клинчастих дисків. За один прохід машина подрібнює ґрунтові грудки, вирівнює мікрорельєф поля і ущільнює верхній шар. Ширина захвату ,6 м, робоча швидкість 6...8 км/год, продуктивність 3,3...4,5 га/год, агрегатують з тракторами ДТ-75В, МТЗ-80 [9, 11].

Фрезерний культиватор КФГ-3,6 для передпосівної підготовки важких і перезволожених ґрунтів під посів рису, зернових та інших культур у зоні зрошувального землеробства. Має фрезерний барабан 19 (рисунок 1.1*д*) діаметром 350 мм, фартухом 23, приводом і механізмом регулювання глибини. На валу фрезерного барабана приварені диски, на яких закріплені Г-подібні ножі. Під час роботи барабан 19 обертається з частотою 480 хв^{-1} , ножі відрізають полоси ґрунту і відкидають їх під кожух. Від удару ґрунт кришиться. Фартух 23 запобігає надмірному розкиданню ґрунту фрезою на

боки і вирівнює поверхню поля. Фрези рихлять ґрунт на глибину до 10 см. Культиватор навішують на трактор Т-150К. Ширина захвату – 3,6 м, продуктивність 2,8 га/год.

Третя група. Агрегати, які поєднують оранку або культивацію із внесенням рідких добрив. Застосовують їх для технічних та овочевих культур. Вони мають підживлювач-обприскувач ПОМ і плуг або культиватор, на рамі яких закріплюють штангу, а до стійок корпусів або лап кріплять підживлювальні трубки. Рідкі добрива під тиском поступають до підживлювальних трубок і впорскуються ними на дно борозни, котру засипає ґрунтом корпус, що йде слідом. Одночасне з основним або передпосівним обробітком ґрунту внесення аміачних добрив знижує втрати аміаку на випаровування, так як він добре адсорбується розрихленим ґрунтом [9, 11].

Машина МКП-4 вносить у ґрунту основні дози мінеральних добрив на глибину 10...15 см з одночасним передпосівним обробітком ґрунту.

Культиватор-глибокорозрихлювач-підживлювач КПП-2,2 – це локальне внесення добрив на глибину до 25 см з основним обробітком стерньових полів.

Плуг ПРВМ-3 виноградниковий має приспособлення для внесення мінеральних добрив одночасно з обробітком ґрунту.

Четверта група. Поєднання обробітку ґрунту із сівбою найкраще відповідає вимогам агротехніки, забезпечує висівання насіння у вологий, розпушений ґрунт, оскільки немає розриву між обробітком і посівом. Найпростішим агрегатом для цього поєднання культиватора типу КПС-4 і зернової сівалки. Можна монтувати широкозахватні агрегати використовуючи зчіпки.

Як комбіновані машини можна використовувати сівалку-культиватор типу СЗС-2,1; луцильник-сівалку ЛДС-6; сівалка-культиватор СГ-4 для гребеневого посіву; агрегати для покращення лугів АПЛ-1,5 і АЛС-2,5.

На важких ґрунтах для передпосівного обробітку ґрунту і посіву зернових використовують комбінований агрегат типу КА-3,6 (рисунок 1.1д). Він поєднує начіпний культиватор КФГ-3,6, зчіпний пристрій, зернотукову сівалку СЗ-3,6, прикочуючий пристрій [9, 11].

1.2. Особливості застосування комбінованих ґрунтообробних машин

Щоб досягти необхідного ефекту від застосування комбінованих ґрунтообробних машин потрібно враховувати такі вимоги: [12, 17]: енергоємність технологічного процесу, для якої використовують комбіновану машину, має бути меншою загальної енергоємності при виконанні тих самих операцій окремими машинами; продуктивність має бути вища, ніж комплексу замінованих одноопераційних машин; вартість роботи має бути нижчою або на рівні вартості роботи комплексу одноопераційних машин; комбіновані знаряддя мають бути добре пристосовані для роботи у несприятливих погодних та ґрунтових умовах на рівні із замінованими одноопераційними; застосування їх має сприяти зниженню втрат врожаю вирощуваних культур, або забезпечувати такий же рівень врожайності при менших затратах.

Застосування комбінованих машин зменшує шкідливий вплив колісних рушіїв на ґрунт, скорочує терміни виконання операцій, підвищує якість робіт і продуктивність праці, знижує виробничі витрати.

Деякі з агротехнічних робіт можна виконати лише комбінованими машинами, наприклад, внесення у ґрунт добрив та меліорантів; внесення аміачної води або безводного аміаку під час передпосівної культивуації.

Виготовляючи нові комбіновані машини чи удосконалюючи наявну техніку, враховують можливість і доцільність суміщення технологічних операцій, обґрунтованість та рівень технічного рішення, вартість виготовлення такого знаряддя, а також вартість виконання ним передбачених робіт. Такі складніші й дорожчі порівняно з одноопераційними, технічно та технологічно вони можуть бути менш надійними, особливо у несприятливих умовах. Враховуючи все це потрібно виважено відноситися до суміщення операцій, оскільки воно має певні межі.

Сумістити в одній машині добре можна схожі за характером виконання операції, такі як культивуація та боронування. Складніше поєднувати технічні засоби, які призначені для виконання суттєво відмінних процесів [17].

Комбіновані машини розрізняють за способом використання: спеціалізовані та універсальні.

Спеціалізовані не допускають роздільного використання складових частин, що входять до їх складу.

Універсальні комбіновані агрегати комплектують з кількох одноопераційних знарядь або машин. При необхідності їх можна перевстановлювати, змінюючи технологічну схему, або використовувати окремо.

Суміщення основного обробітку ґрунту з допоміжним покращує подрібнення ґрунту, вирівнювання поверхні поля та ущільнення при потребі. Комбіновані агрегати, які використовують для цього, найчастіше укладають із лемішно-полицевих, чизельних плугів або плоскорізів та інших пристроїв.

Для якісного додаткового обробітку ґрунту використовують коткові пристосування типу ПВР-2,3 для п'яти-, шестикорпусних плугів і ПВР-3,5 для семи-, дев'ятикорпусних плугів.

Суміщення операцій основного безполицевого і допоміжного обробітку ґрунту найчастіше поєднують у комбінованих агрегатах типу АКП-2,7 і АКП-5. Їх монтують із сферичних дисків, плоскорізальних робочих органів, вирівнювача і дворядних кільчасто-шпорових котків.

Для передпосівного обробітку ґрунту під просапні культури, зокрема під цукрові буряки, застосовують комбіновані машини типу РВК.

Суміщення кількох операцій передпосівного обробітку ґрунту дозволяє за один прохід якісно обробляти ґрунт, знищити бур'яни і вирівняти поверхню поля.

Комбіновані знаряддя для передпосівного обробітку ґрунту за набором робочих органів поділяють на два типи: машини з неприводними робочими органами (культиваторні лапи, диски, котки, шлейфи і т.ін.) і машини, які складаються з приводних і неприводних робочих органів.

У машинах і агрегатах з неприводними робочими органами встановлюють культиваторні лапи на жорсткі, гнучкі або пружинні стійки;

також додають до комплекту зубові або дискові борони, різні типи котків та інші робочі органи.

Оптимальним для передпосівного обробітку ґрунту є суміщення трьох-чотирьох операцій: подрібнення грудок, знищення бур'янів, вирівнювання та ущільнення поверхні.

Конструктивно-технологічна схема комбінованої машини або агрегату для передпосівного обробітку ґрунту – це два-три ряди розпушувальних культиваторних лап, вирівнювач і котки [9-12, 17].

Ґрунт ущільнюють котками як до, так і після посіву. До посіву вирівнюють поверхню поля, розпушують грудки, ущільнюють ґрунт. Ущільнення верхнього шару після посіву покращує контакт насіння з ґрунтом та підтягування вологи з нижніх горизонтів. Результат – висіяне насіння дає швидкі та дружні сходи.

На прикоткованому полі збільшується рівномірність ходу агрегатів, які використовують під час догляду за посівами, збиранні врожаю. Робоча швидкість цих машин може бути більшою, відповідно зростає продуктивність. Ущільнююча здатність котків залежить від його конструктивних параметрів – діаметра та ширини захвату, а також від його маси. Отже котки малого діаметра діють на ґрунт як полоз і ущільнюють його верхній шар. Котки великого діаметра рівномірніше ущільнюють зораний шар по глибині [17].

Кільчасто-зубові котки ККН-2,8 (рисунок 1.2). призначені для вирівнювання поверхні поля, ущільнюючи його на глибину до 7 см.

Кільчасто-шпорові трьохсекційні котки ЗККШ-6 (рисунок 1.3) застосовують для рихлення верхнього та ущільнення підповерхневого шару ґрунту, розбиття кірки, грудок, вирівнювання зораного поля. Начіпний борінчастий коток КБН-3 (рисунок 1.4) призначений для розбиття грудок та прикочування ґрунту перед посівом з одночасним рихленням поверхневого шару, а також для розбиття кірки на посівах. Водоналивний гладкий коток ЗКВГ-1,4 (рисунок 1.5) призначений для ущільнення поверхневого шару ґрунту до і після посіву, прикочування зелених добрив перед оранкою [9].

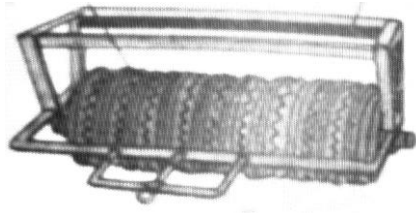


Рисунок 1.2 – Кільчасто-зубові котки ККН-2,8

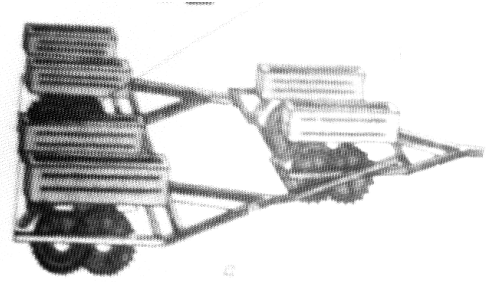


Рисунок 1.3 – Кільчасто-шпорові трьохсекційні котки ЗККШ-6

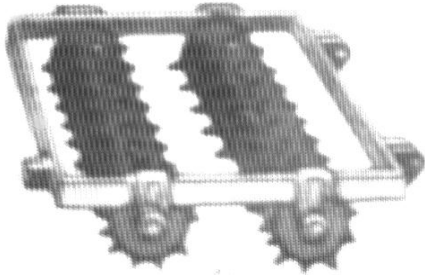


Рисунок 1.4 – Начіпні борінчасті котки КБН-3

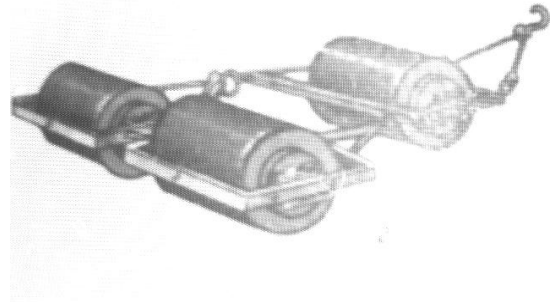


Рисунок 1.5 – Водоналивні гладкі котки ЗКВГ-1,4

1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи магістра

Удосконалення ґрунтообробних машин та знарядь створенням їх комбінованими – це перспективно щодо покращення якості підготовки ґрунту, зменшення затрат праці та впливів на ґрунт. Такі агрегати забезпечують одночасне виконання кількох операцій в одному технологічному процесі. Добре суміщати обробіток ґрунту, сівбу, внесення добрив, пестицидів.

У сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур для основного обробітку ґрунту (оранка) доцільно використовувати оборотні плуги або культиватори з плоскорізними лапами, у яких робочі органи (лапи) встановлені ярусно. Застосування таких знарядь дбайливо впливає на ґрунт, запобігає його вітровій та водній ерозії. Ці негативні явища дедалі частіше трапляються у більшості регіонів України через несприятливі погодні умови (надмірно висока температура, пориви вітру, затяжні дощі і зливи) [8, 14, 20].

На сьогодні є ряд комбінованих агрегатів, зокрема типу «Європак» та інші, вітчизняного та закордонного виробництва. Вони виконують за один прохід кілька технологічних операцій. Можна також йти шляхом переобладнання існуючих знарядь у комбіновані, це дозволить зекономити ресурси на закупівлі нових машин.

Передпосівний обробіток ґрунту, практично повсюдно, під посів зернових і технічних культур виконують культиваторами. Поверхневий шар ґрунту має бути розпушений на необхідну глибину (глибину загортання насіння) до дрібногрудковатого стану. Це потребує, залежно від погодних умов та стану ґрунту, кількох проходів агрегатів, послідовного обробітку культиваторами, боронами, шлейфами, котками для вирівнювання поверхні і розбивання грудок ґрунту. Це додаткові затрати часу, паливно-мастильних матеріалів; сприяє пересушуванню верхнього шару ґрунту. Тому розробка нових чи удосконалення застосовуваних конструкцій для створення на їх базі комбінованих знарядь для передпосівного обробітку ґрунту є актуальною [8, 14, 20].

У дипломній роботі на тему «Обґрунтування параметрів котків плоскоріза-щілювача» запропонована конструкція культиватора з плоскорізними лапами і двома рядами котків.

Базову конструкцію комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту типу ПЩН-2,5 використовують для підготовки ґрунту під посів технічних культур, зокрема кормових буряків. Однак вона має деякі недоліки. Цей агрегат має два ряди розпушуючих лап на пружинних стояках, що є недостатнім для ущільнення ґрунту та його вирівнювання після попередньої культивації, і до того ж система є не збалансованою, а це погіршує обробіток ґрунту. Такий недолік не дозволяє швидко і якісно виконати усі операції передпосівного обробітку ґрунту, відповідно є потреба у додаткових заходів, а це збільшує затрати праці.

Вдалим у такій конструкції є те, що конструктивні параметри, зокрема, ширина захвату агрегату становить 2,5 м, а це дозволяє агрегатувати його з тракторами з тяговим зусиллям 30 кН (Т-150 і т.п.).

Удосконалене знаряддя складається із таких основних вузлів: рами, механізму начіпного пристрою, плоскоріжучих лап, розпушувача-щілювача, дискового подрібнювача, котків та опорних коліс.

Рама плоскоріза-щілювача має зварну конструкцію і виготовлена з двох частин: основної, на якій закріплені робочі органи, начіпний механізм, опорні колеса, та додаткової, на які закріплені дисковий подрібнювач. Обидві частини з'єднані шарнірно і при необхідності можуть роз'єднуватися.

У задній частині основної рами між третім і четвертим поперечними брусами встановлені рухомі кронштейни, для переміщення розпушувачів-щілювачів у поперечно-вертикальній площині, тобто для плавної зміни віддалі між суміжними розпушувачами-щілювачами.

Вдосконалення культиватора можна виконати комбінуючи наявні у господарстві знаряддя. Це не потребує великих фінансових затрат, є доступним та ефективним для різних господарств.

Плоскоріз-щілювач виконуватиме розпушування, подрібнення, ущільнення і вирівнювання поверхні ґрунту.

Удосконалений у роботі комбінований агрегат має ряд переваг: обладнаний, надійними у роботі, лапами-плоскорізами культиватор, готує посівне ложе під насіння на всій ширині захвату. Під час роботи робочі органи культиватора не будуть забиваються грудками ґрунту, бур'янами та рештками рослинності, що залишилися після основного обробітку. Знаряддя задовольняє необхідні агротехнічні вимоги під посів, оскільки добре подрібнює ґрунт до дрібногрудковатого стану за один прохід агрегату і вирівнює поверхню ґрунту. Такий агрегат, залежно від потреби, можна доукомплектувати іншими робочими органами, можна також варіювати конструктивно-технологічну схему його роботи [22].

Запропоноване конструктивне рішення необхідно підтвердити відповідними розрахунками і розробити графічну частину.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

2.1. Обґрунтування змін внесених у конструкцію агрегату для передпосівного обробітку ґрунту

У дипломній роботі запропоновано конструкцію комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту (графічна частина). Будова удосконаленого знаряддя така: два ряди розпушуючих лап на пружинних стояках і два ряди котків – один спереду, а другий – позаду лап. Задні котки об'єднанні у тандемну секцію, на якій закріплено вирівнюючий брус. Котки взаємозамінні, їх можна встановлювати в агрегаті по-різному. Останній ряд котків меншого діаметру, це сприяє кращому обробітку ґрунту і створенню сприятливого насінневого ложа.

Діаметр останнього ряду котків залежить від попереднього і глибини обробітку. Для агрегату, яким готують ґрунт під сівбу буряків, оптимальна різниця діаметрів котків становить 50 ммх50 мм, тому середній діаметр становить $D_{кз} = D_{к} - 50 \text{ мм} = 260 - 50 = 210 \text{ мм}$.

Ширина захвату агрегату – 2,5 м, що дозволяє агрегатувати його з тракторами з тяговим зусиллям 30 кН (Т-150 і т.п.). У транспортному положенні ширина складає 2,36 м. Це не перевищує розмір, обумовлений нормативною документацією.

Три типи робочих органів, які встановлені для удосконалення плоско-різа-щілювача дещо збільшують довжину агрегату і тяговий опір, але завдяки цьому можна швидко і якісно виконати усі роботи з передпосівного обробітку ґрунту під сівбу технічних культур [22].

Залежно від потреби, агрегат можна доукомплектувати іншими робочими органами, або змінювати конструктивно-технологічну схему його роботи.

2.2. Розрахунок процесу передпосівної культивування з використанням удосконаленого плоскоріза-щілювача

Розрахуємо склад агрегату для передпосівної культивування.

Визначимо питомий опір культиватора-щілювача залежно від швидкості його руху для кожної з вибраних передач [7, 15, 17]

$$K = K_0 \left[1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta C}{100} \right], \quad (2.1)$$

де K_0 – питомий тяговий опір сільськогосподарської машини, $K_0 = 2,0$ кН;

V_0 – значення швидкості руху, при якій визначено питомий тяговий опір машини, $V_0 = 5,0$ км/год;

ΔC – коефіцієнт, що характеризує темп приросту опору при підвищеній швидкості руху на 1 км/год від початкового значення V_0 , $\Delta C = 0,05$;

V_p – швидкість руху на вибраній передачі, км/год.

Оберемо такі швидкості: 7,75; 8,53; 10,03; 13,38; 16,25 км/год.

Визначимо відповідні опори:

$$K_1 = 2,0 \cdot [1 + (7,45 - 5,0) \cdot 0,05] = 2,245 \text{ кН/м};$$

$$K_2 = 2,0 \cdot [1 + (8,53 - 5,0) \cdot 0,05] = 2,353 \text{ кН/м};$$

$$K_3 = 2,0 \cdot [1 + (10,03 - 5,0) \cdot 0,05] = 2,503 \text{ кН/м};$$

$$K_4 = 2,0 \cdot [1 + (13,38 - 5,0) \cdot 0,05] = 2,838 \text{ кН/м};$$

$$K_5 = 2,0 \cdot [1 + (16,25 - 5,0) \cdot 0,05] = 3,125 \text{ кН/м}.$$

Повний опір агрегату можна отримати так [7, 15]

$$R_a = n_m \cdot K \cdot B_k \cdot G_m \cdot \frac{i}{100}, \quad (2.2)$$

де n_m – число машин в агрегаті, $n_m=1$;

B_k – конструктивна ширина захвату культиватора, $B_k=2,5$ м;

G_m – експлуатаційна вага сільськогосподарської машини, $G_m=15,25$ кН.

Підставивши отримані дані у (2.2), знайдемо:

$$R_{a1} = 2,5 \cdot 2,245 \cdot 15,25 \cdot 0,03 = 6,07 \text{ кН/м};$$

$$R_{a2} = 2,5 \cdot 2,353 \cdot 15,25 \cdot 0,03 = 6,35 \text{ кН/м};$$

$$R_{a3} = 2,5 \cdot 2,503 \cdot 15,25 \cdot 0,03 = 6,72 \text{ кН/м};$$

$$R_{a4} = 2,5 \cdot 2,838 \cdot 15,25 \cdot 0,03 = 7,55 \text{ кН/м};$$

$$R_{a5} = 2,5 \cdot 3,125 \cdot 15,25 \cdot 0,03 = 8,27 \text{ кН/м}.$$

Опір агрегату на поворотах [7, 15, 17]

$$R = n_m G_m \left(\psi_M + \frac{i}{100} \right), \quad (2.3)$$

де ψ_M – коефіцієнт опору кочення сільськогосподарської машини, $\psi_M=0,23$.

Тоді

$$R = 1 \cdot 15,25 \cdot (0,23 + 0,03) = 3,97 \text{ кН};$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля на передачах [7, 15, 174]

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{крн} - G_T \cdot \frac{i}{100}}, \quad (2.4)$$

де $P_{крн}$ – номінальний тяговий опір трактора, кН;

G_T – вага трактора, кН.

З вирвзу (2.4), отримаємо

$$\xi_1 = 6,07 / (34,2 - 76,0 \cdot 0,03) = 0,2;$$

$$\xi_2 = 6,35 / (30,7 - 76,0 \cdot 0,03) = 0,22;$$

$$\xi_3 = 6,72 / (27,0 - 76,0 \cdot 0,03) = 0,7;$$

$$\xi_4 = 7,55 / (22,5 - 76,0 \cdot 0,03) = 0,37;$$

$$\xi_5 = 8,27 / (17,2 - 76,0 \cdot 0,03) = 0,55.$$

За ступенем використання тягового зусилля вибираємо основною робочою швидкістю ту, що відповідає ξ_5 .

Отже робоча швидкість руху удосконалюваного знаряддя – 13,4 км/год.

Підготовка поля до роботи.

Напрямок руху агрегату погоджують з напрямом попереднього обробітку і наступного посіву.

Напрямок передпосівної культивування впоперек напрямку попереднього обробітку не повинен співпадати з напрямом посіву.

Поле з пологими схилами (до 5°) обробляють впоперек схилу.

Вибравши напрям руху агрегату вибирають спосіб руху з врахуванням складу агрегату, конфігурації і розмірів поля. Вибираємо човниковий спосіб.

Розмір поля – 500 м×200 м, нахил поля – 3° .

Радіус повороту агрегату [7, 15, 174]

$$R_n = R_0 \cdot K_R, \quad (2.5)$$

де R_0 – радіус повороту при русі агрегату на швидкості 5 км/год, $R_0 = 1,1 \cdot B_K$;

K_R – коефіцієнт збільшення радіусу повороту, $K_R = 1,75$.

Тоді

$$R_n = 1,1 \cdot 2,5 \cdot 1,75 = 4,8 \text{ м.}$$

Кінематичну довжину агрегату визначаємо так

$$l_k = l_{mp} + l_M, \quad (2.6)$$

де l_{mp} , l_M – відповідно кінематична довжина трактора і сільськогосподарської машини.

Тоді

$$l_k = 2,4 + 7,3 = 9,7 \text{ м.}$$

Кінематичну ширину агрегату вибираємо так

$$d_k = B_k = 2,5 \text{ м,} \quad (2.7)$$

де B_k – ширина захвату машини.

Довжину виїзду агрегату визначаємо як [7, 15]

$$e = |0,4 \dots 0,7| \cdot l_k; \quad (2.8)$$

тобто

$$e = 0,55 \cdot 9,7 = 5,3 \text{ м.}$$

Мінімальну ширину поворотної смуги знаходимо з виразу [24]

$$E_{min} = 3R_n + e \quad (2.9)$$

Чисельно буде

$$E_{min} = 3 \cdot 4,8 + 5,3 = 19,7 \text{ м.}$$

Фактичну ширину поворотної смуги матимемо за формулою

$$E = Z \cdot B_k \quad (2.10)$$

де Z – найменше з можливих ціле число.

Тоді

$$E = 3 \cdot 2,5 = 7,5.$$

Довжину робочого ходу знайдемо як

$$L_p = L - 2E. \quad (2.11)$$

Тобто

$$L_p = 500 - 2 \cdot 7,5 = 485 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу визначимо так

$$L_x = (5,6 \dots 7) R_n - 2e. \quad (2.12)$$

Отримаємо

$$L_x = 6 \cdot 4,8 + 2 \cdot 5,3 = 39,4 \text{ м.}$$

Кількість робочих і холостих ходів на всьому полі визначаємо з виразів:

$$n_p = \frac{C}{B_k}, \quad (2.13)$$

$$n_x = n_p - 1, \quad (2.14)$$

де C – ширина поля. Тоді:

$$n_p = \frac{200}{2,5} = 80 ; \quad n_x = 80 - 1 = 79.$$

Розбиваємо поле на три загінки.

Організація роботи агрегату в загінці.

Коефіцієнт робочих ходів визначаємо за формулою [7, 15]

$$\varphi = \frac{L_p \cdot n_p}{L_p \cdot n_p + L_x \cdot n_x}. \quad (2.15)$$

Отримаємо

$$\varphi = \frac{485 \cdot 80}{485 \cdot 80 + 39,4 \cdot 79} = 0,92.$$

Тривалість циклу роботи в загінці матимемо як таку [7, 15]

$$t_y = \frac{2L_p}{V_p \cdot 60} + \frac{2L_x}{V_x \cdot 60}, \quad (2.16)$$

де V_p – робоча швидкість руху агрегату, м/с;

V_x – швидкість руху агрегату на поворотах, м/с.

Отримаємо

$$t_y = \frac{2 \cdot 485}{3,7 \cdot 60} + \frac{2 \cdot 39,4}{1,4 \cdot 60} = 5,3 \text{ хв.}$$

Чистий робочий час агрегату протягом зміни за [7, 15]

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{пз} + T_{обс} + T_{вон})}{1 + \tau_{нов}}, \quad (2.17)$$

де $T_{обс}$ – час організаційно-технічного обслуговування агрегату в загінці, який витрачається на очищення робочих органів, перевірку якості роботи і

т. ін., $T_{обс} = 9 \dots 21$ хв;

$\tau_{нов}$ – коефіцієнт поворотів, за [7, 15]

$$\tau_{нов} = t_{нов} \cdot \frac{16,6 \cdot V_p}{L_p}, \quad (2.18)$$

де $t_{нов}$ – тривалість часу одного повороту агрегату, $t_{нов} = 0,96$ хв; тобто

$$\tau_{нов} = 0,96 \frac{16,6 \cdot 3,7}{485} = 0,124 .$$

Тоді

$$T_p = \frac{480 \cdot (52 + 20 + 30)}{1 + 0,124} = 435 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни за [7]

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}. \quad (2.19)$$

Тобто

$$\tau = \frac{435}{480} = 0,9.$$

Змінну продуктивність машинно-тракторного агрегату визначаємо так [7]

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (2.20)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату, буде

$$B_p = B_k \cdot K_3, \quad (2.21)$$

де K_3 – коефіцієнт захвату агрегату, $K_3 = 0,95 \dots 0,96$.

Тоді

$$B_p = 2,5 \cdot 0,96 = 2,4 \text{ м.}$$

Відповідно

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 2,4 \cdot 3,7 \cdot 7,2 = 6,4 \text{ га/зм.}$$

Витрата палива на 1 гектар площі за [7]

$$Q = \frac{g_{mp} \cdot T_p + g_{mx} \cdot T_x + g_{mo} \cdot T_o}{W_{зм}}, \quad (2.22)$$

де g_{mp} ; g_{mx} ; g_{mo} – середня годинна витрата палива, кг/год, відповідно при робочому ході, холостому ході і при зупинках трактора з працюючим двигуном;

T_x – загальний час на повороти і переїзди, $T_x = 6 \text{ 0хв}$;

T_{mo} – час зупинки агрегату з працюючим двигуном трактора, $T_{mo} = 72 \text{ хв}$.

Отримаємо

$$Q = \frac{24 \cdot 7,2 + 12,1 \cdot 1 + 2,3 \cdot 1,2}{6,4} = 29,3 \text{ кг/га.}$$

Для роботи з агрегатом для передпосівного обробітку ґрунту використовуємо трактор тягового класу 3 (Т-150К). Оптимальна робоча швидкість ґрунтообробного агрегату 13 км/год. Годинна продуктивність агрегату 1,3 га/год.

2.3. Розрахунок параметрів розроблених робочих органів та визначення енергетичних затрат

Для визначення тягового опору R_x ротаційних робочих органів пасивного типу (у даному разі котків) найбільш достовірною вважають таку емпіричну залежність [2, 7]

$$R_x = 0,86 \cdot \sqrt{\frac{G'^4}{j \cdot D^2 \cdot B}}; \quad (2.23)$$

а для оптимальної глибини обробітку ґрунту [7]

$$h = K \sqrt{\frac{G'^2}{B^2 \cdot j^2 \cdot D}}; \quad (2.24)$$

де G' – вертикальне навантаження на вісь котка, Н;

B – робоча ширина захвату котка, м;

j – коефіцієнт опору ґрунту зминанню, Н/см²;

D – діаметр котка, м;

K – коефіцієнт жорсткості робочої поверхні котка.

Вертикальне навантаження на вал котка будемо визначати виходячи з передумови передачі маси агрегату через робочі органи і перерозподіл реакції опор залежно від конструктивного компонування. Найоптимальніший варіант силового навантаження на передні і задні котки – рівномірний розподіл маси, що дозволяє забезпечити стабільну глибину обробітку всіма робочими органами (див. рисунок 2.1 і графічну частину).

Враховуючи загальну масу агрегату $G_a = 43,76$ кН, динамічний характер роботи, вплив інших робочих органів та взаємозамінність переднього і заднього рядів котків вертикальне навантаження на найбільш навантажений передній ряд котків визначимо за формулою

$$G_1 = \frac{G_a}{2} \cdot K_\partial \cdot K_B,$$

де K_∂ – коефіцієнт динамічних навантажень, $K_\partial = 1,5$;

K_B – коефіцієнт впливу на навантаження інших робочих органів (вирівнювачів, лап і т.ін.), $K_B \leq 1$, у нашому випадку $K_B = 0,7$.

Тоді

$$G_1 = \frac{43,76}{2} \cdot 1,5 \cdot 0,7 = 9,18 \text{ кН.}$$

Робочу ширину захвату котка вибираємо на основі параметричного ряду ґрунтообробних сільськогосподарських машин та за принциповою схемою компонування комбінованих машин [17]. Оскільки ширину центральних секцій бажано встановити $B_y = 1,5$ м (найпоширеніший технологічний розмір та сприятлива транспортна величина), то конструктивно вибираємо ширину захвату кожної секції

$$B_c = \frac{B_y}{3} = 0,5 \text{ м.}$$

Із цих же міркувань встановлюємо ширину захвату агрегату

$$B_a = B_y + 2B_c = 1,5 + 1,0 = 2,5 \text{ м.}$$

Відповідно

$$G' = \frac{G_1}{B_a} = \frac{9,18}{2,5} = 3,6 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт опору ґрунту зминанню залежить від обробітку ґрунту. Для зораного і обробленого поля рекомендують: $j=2\dots4 \text{ Н/см}^3$ [7]. Вибираємо $j=3 \text{ Н/см}^3$.

Коефіцієнт жорсткості робочої поверхні котка визначається його формою і твердістю $K=1,3\dots1,5$. Приймаємо $K=1,5$.

Для визначення діаметру котка можна використати таку залежність [7]

$$\frac{G_1}{\mu \cdot j} = D^2 \cdot B, \quad (2.25)$$

де μ – коефіцієнт опору кочення, який вибирають з масограми, $\mu = 0,25$.

Підставляючи дані у (2.25), знайдемо теоретичний діаметр котка

$$D = \sqrt{\frac{G}{B_a \cdot \mu \cdot j}} = \sqrt{\frac{9,18}{2,5 \cdot 10^2 \cdot 0,25 \cdot 3}} = 0,221 \text{ м.}$$

Приймаємо середній діаметр робочих поверхонь переднього і першого тандемного котків, $D_{kc} = 220 \text{ мм}$.

Креслення котка зображено у графічній частині.

Враховуючи величину виступу робочих поверхонь, вибираємо конструктивно, зовнішній діаметр котків буде

$$D_k = 220 + 2 \cdot 20 = 280 \text{ мм.}$$

За формулою (2.24) визначимо оптимальну глибину обробітку котками

$$h = 1,5 \cdot 3 \sqrt{\frac{G'^2}{B^2 \cdot j^2 \cdot D_{kc}}} = 1,5 \cdot 3 \sqrt{\frac{3,6^2}{0,5^2 \cdot 3^2 \cdot 220 \cdot 10^{-3}}} = 4,4 \text{ см.}$$

Отже, при визначених навантаженнях ущільнене насіннєве ложе буде формуватись на глибині близько п'яти сантиметрів. При необхідності зміни глибини роботи котками потрібно виконати відповідні регулювання, тобто змінювати навантаження на причіпний пристрій трактора та інші робочі органи.

Тяговий опір одного котка згідно (2.23) буде

$$R_x = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{G'^4}{j \cdot D_{kc}^2 \cdot B}} = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{3,6^4}{3 \cdot 0,22^2 \cdot 0,5}} = 4,8 \text{ кН.}$$

Однак формула (2.23) поширюється в основному на ротаційній робочі органи з однорідною робочою поверхнею і не враховує затрат енергії на розпушування і відкидання ґрунту зовнішніми пластинами котків, які можна визначити залежно від геометричних параметрів пластинчастих прутків та стану ґрунту. Так як найбільші затрати енергії будуть при роботі з суцільними пластинами, то саме цей варіант покладемо в основу подальших розрахунків.

Отже сили розпушування і відкидання ґрунту котками визначатимемо за формулами [7]:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot l \cdot K_p ; \quad (2.26)$$

$$P_{відк} = K_{відк} \cdot \frac{m \cdot V_0^2}{2g}, \quad (2.27)$$

де P_p – сила опору розпушування ґрунту, Н;

$P_{відк}$ – сила опору відкидання ґрунту, Н;

K_p – коефіцієнт опору різання ґрунту;

a – ширина пластини, м;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;

l – сумарна довжина одночасного контакту пластин котка з ґрунтом, м.

Масу ґрунту, яка переміщається за одиницю часу, визначимо так

$$m = \frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot l \cdot \gamma \cdot V_0,$$

де γ – щільність оброблюваного ґрунту, $\gamma = 1,1 \text{ кг/см}^3$;

V_0 – колова швидкість по діаметру котка, м/с.

Коефіцієнти опору різання і відкидання ґрунту визначимо за таблицями і рекомендаціями для обробленого ґрунту оптимальної щільності [7, 15]:

$$K_p = 0,8; \quad K_{\text{відк}} = 0,25.$$

Ширину пластини задаємо із конструктивних міркувань з метою заміності котків та розмірів стандартних профілів, $a = 40 \text{ мм}$.

Колову швидкість можна визначити, задавшись передбачуваним коефіцієнтом ковзання котка та робочою швидкістю $V = 0,1 \text{ м/с}$.

Робочу швидкість агрегату визначимо із умови оптимального виконання агротехнічних вимог передпосівного обробітку ґрунту та найбільшої продуктивності $V_p = 12 \text{ км/год} = 3,33 \text{ м/с}$.

Тоді колова швидкість буде

$$V_0 = V_p \cdot (1 - V) = 3,33 \cdot (1 - 0,1) = 3,0 \text{ м/с}.$$

У контакті з ґрунтом знаходиться частина котка, яка задається співвідношенням $\alpha/360^\circ$, де α – кут контакту з ґрунтом.

Величину кута α знайдемо із тригонометричної залежності

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{R - h}{R}.$$

Звідси

$$\alpha = 2 \arccos \frac{R - h}{R} = 2 \arccos \frac{0,26 - 0,054}{0,26} = 108^\circ.$$

Тоді

$$l = n_n \cdot \frac{L_k}{\sin \varepsilon} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}, \quad (2.28)$$

де $n_{\text{п}}$ – кількість пластин, $n_{\text{п}} = 8$;

$L_{\text{к}}$ – довжина котка, м;

ε – кут атаки (кут входження у ґрунт робочої поверхні пластин).

Довжину котка визначимо із конструктивного розрахунку розмірного ланцюга

$$L_{\text{к}} = B - 2 \cdot l_1 = 500 - 2 \cdot 33 = 434 \text{ мм},$$

де l_1 – зазор на кріплення котка і підшипниковий вузол.

Кут атаки ε – дуже важливий показник конструкції котка, який впливає на якість роботи, енергетичні показники, осьові навантаження, ковзання котка та інше. Експериментальними дослідженнями [15] встановлено, що оптимальним для пруткових котків є значення в діапазоні $\varepsilon=15\dots25^\circ$. Із конструктивних міркувань та згідно схеми (рисунок 2.1) визначимо

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\pi R}{L_{\text{к}}} = \frac{3,14 \cdot 0,13}{0,434} = 0,953 .$$

Звідси

$$\varepsilon = \operatorname{arctg} 0,953 \approx 20^\circ .$$

З формули (2.28) визначимо довжину загального контакту робочих пластин котка

$$l = 8 \cdot \frac{0,434}{\sin 20^\circ} \cdot \frac{108^\circ}{360^\circ} = 4,9 \text{ м}.$$

Підставляючи дані у формули (2.26) і (2.27) знайдемо $P_{\text{відк}}$:

$$P_{\text{відк}} = K_{\text{відк}} \cdot \frac{m \cdot V_0^2}{2g} = K_{\text{відк}} \cdot \frac{V_0 \cdot a^2 \cdot l \cdot \gamma \cdot V_0^2}{4g};$$

$$P_{\text{відк}} = 0,25 \cdot \frac{0,04^2 \cdot 4,9 \cdot 1,1 \cdot 3^3}{4 \cdot 9,8} = 0,002 \text{ кН}.$$

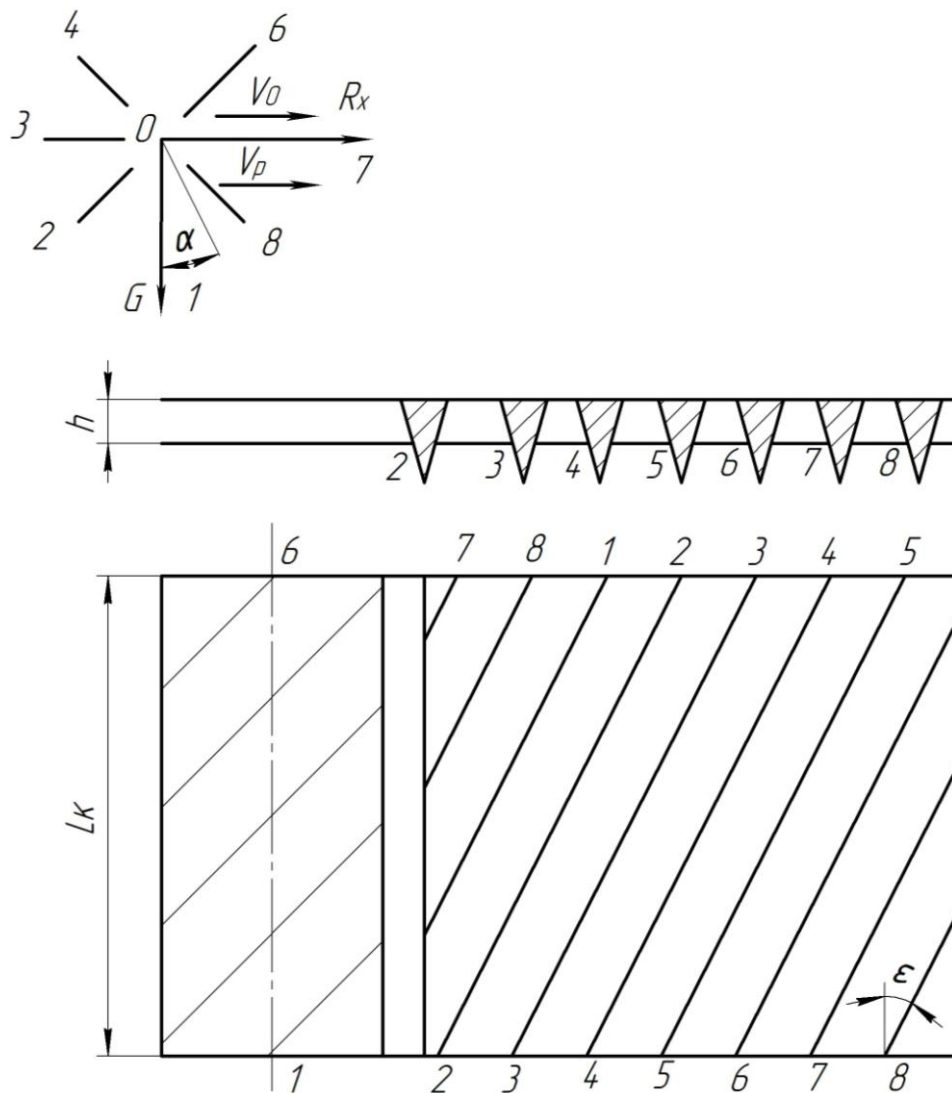


Рисунок 2.1 – Схема взаємодії котка з ґрунтом

Проекції сумарного опору на осі від сил опору розпушування, відкидання ґрунту та тягового опору з врахуванням кута атаки котка будуть:

$$R'_x = (P_g + P_{відк} + R_x) \cdot \cos \varepsilon ;$$

$$R'_x = (0,05 + 0,002 + 0,826) \cdot \cos 20^\circ = 0,841 \text{ кН};$$

$$R'_y = (P_g + P_{відк} + R_x) \cdot \sin \varepsilon ;$$

$$R'_y = (0,05 + 0,002 + 0,826) \cdot \sin 20^\circ = 0,315 \text{ кН}.$$

Отримані величини осьових опорів і навантажень використаємо для подальших розрахунків на міцність елементів конструкції котків.

2.4. Підбір і перевірка підшипників котка

Для зменшення трудомісткості при технічному обслуговуванні, покращення ремонтпридатності і взаємозамінності з іншими сільськогосподарськими машинами та спрощення конструкції ущільнень підшипникових вузлів вибираємо радіальний однорядний підшипник з двостороннім ущільненням.

Для вала діаметром 40 мм це буде підшипник №180208 з розмірами [5]:
 $D = 80$ мм; $d = 40$ мм; $B = 18$ мм; $c = 2,0$ мм; $c = 25600$ Н.

Перевіряємо вибраний підшипник за динамічною вантажопідйомністю c .

Для цього попередньо знайдемо радіальне F_r і осьове навантаження F_a на підшипник (рисунок 2.2).

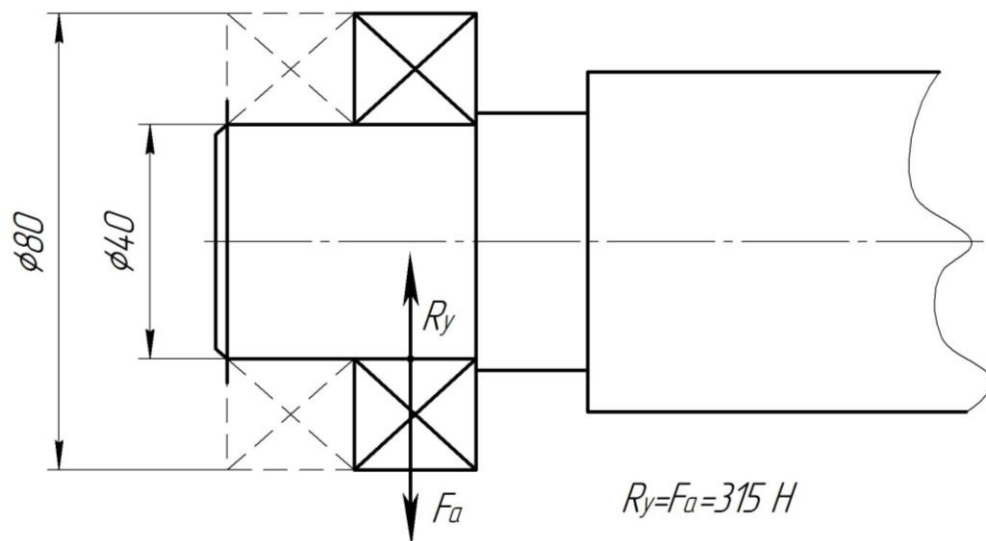


Рисунок 2.2 – Схема навантаження підшипника

Оскільки осьове навантаження буде тільки на один підшипниковий вузол, то розрахунок виконаємо саме для нього, а інший менш навантажений з метою уніфікації спроектуємо таким же. Осьове навантаження буде $F_a = R_y = 31,5$ Н.

Радіальне навантаження для цієї ж опори буде складатися з геометричної суми половин сил G і R_x

$$F_r = \sqrt{\left(\frac{G}{2}\right)^2 + \left(\frac{R_x}{2}\right)^2} = \sqrt{(191,5)^2 + (42,05)^2} = 196 \text{ Н.}$$

Еквівалентне навантаження для кулькового підшипника визначаємо так [5, 18]

$$P_e = (x \cdot V \cdot F_r + y \cdot F_a) \cdot K_B \cdot K_T, \quad (2.29)$$

де V – коефіцієнт при обертанні внутрішнього кільця підшипника, $V = 1$;

x і y – табличні коефіцієнти, які залежать від співвідношення $\frac{F_a}{V \cdot F_r}$, у даному

випадку

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{31,5}{1 \cdot 196} = 0,16 ;$$

тому $x = 1$; $y = 0$;

K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1,0$;

K_B – коефіцієнт нестабільності навантажень. Для значних поштовхів і вібрацій $K_B = 1,8 \dots 2,5$; вибираємо $K_B = 2,2$.

За формулою (2.29) отримаємо

$$P_e = (1 \cdot 1 \cdot 196 + 0 \cdot 31,5) \cdot 2,2 \cdot 1 = 431,2 \text{ Н.}$$

Встановимо номінальну довговічність підшипника L_h та кількість обертів за хвилину n . Для ґрунтообробних сільськогосподарських машин строк навантаження складає 2000...2500 годин. Враховуючи також практичні рекомендації, вибираємо $L_h = 2500$ год.

Кількість обертів за хвилину знайдемо маючи величину робочої швидкості $V_p = 3,33$ м/с і діаметр котка $D_k = 0,22$ м, які визначені попередньо

$$n = \frac{60 \cdot V_p}{\pi \cdot D_k} = \frac{60 \cdot 3,33}{3,14 \cdot 0,22} = 289 \text{ об/хв.}$$

При $L_h = 2500$ год і $n = 289$ об/хв згідно табличних даних [2] отримаємо співвідношення $\frac{C}{p} = 3,36$.

Необхідна динамічна вантажопідйомність буде

$$C_H = 3,36 \cdot p = 3,36 \cdot 231,3 = 777,2 \text{ Н.}$$

Оскільки $C_H < C$, то підшипник підібрано вірно.

2.5. Розрахунок різьбового кріплення котків

Котки комбінованого агрегату ПШН-2,5 кріплять до кронштейнів за допомогою шістьох гвинтів з кожного боку. З метою взаємозамінності кріплення котків виконано однаковим для різних типів профілів робочих поверхонь.

Розрахунковий діаметр гвинта кріплення за формулою [4, 13]

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot P_G}{\pi \cdot i \cdot z \cdot [\tau]}}, \quad (2.30)$$

де P_G – сила, яка діє в поперечному перетині гвинта, $P_G = F_r = 1960$ Н;

i – кількість площин контакту, $i = 1$;

z – кількість гвинтів, $z = 6$;

$[\tau]$ – допустиме напруження на зріз. Для матеріалу гвинта, сталі Ст.3 при знакозмінних навантаженнях на опору А $[\tau] = 40$ Н/мм².

Схема болтового з'єднання показна на рисунку 2.3.

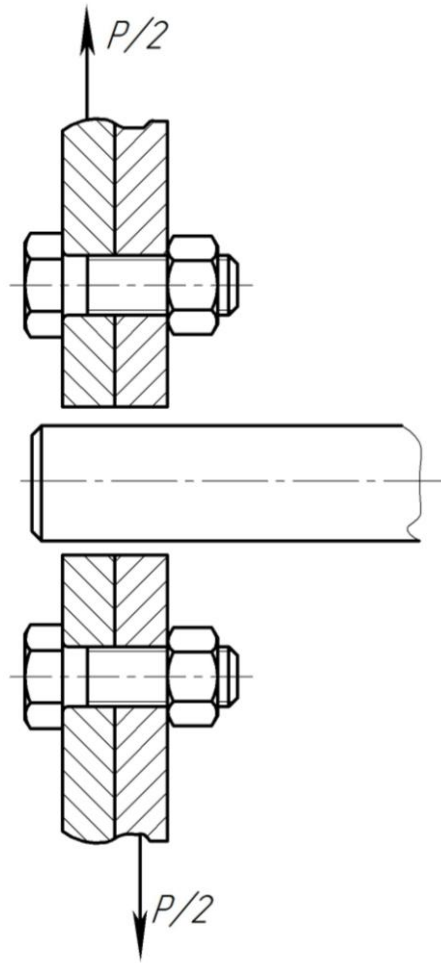


Рисунок 2.3 – Схема болтового кріплення котків

З (2.20) отримаємо

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1960}{3,14 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 400}} = 1,02 = 10,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр гвинтів $d'_0 = 12 \text{ мм}$.

Перевірку гвинтів виконаємо із умови міцності на зминання [4, 5, 13, 18]

$$\sigma_{зм} = \frac{P_{\Gamma}}{2 \cdot d'_0 \cdot h \cdot z} \leq [\sigma_{зм}], \quad (2.31)$$

де h – товщина деталі кріплення, мм;

$\sigma_{зм}$ – напруження зминання, МПа;

$[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження зминання, для матеріалу гвинта $[\sigma_{зм}] = 200 \text{ МПа}$.

Підставляючи дані у формулу (2.31), отримаємо

$$\sigma_{зм} = \frac{1960}{2 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 6} = 170 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 200 \text{ МПа.}$$

Отже, міцність кріплення при експлуатації котків забезпечується.

2.6. Розрахунок зварного з'єднання кронштейна секції котків

Згідно розробленої конструкції котків у складі комбінованого агрегату ПЩН-2,5 зусилля від маси агрегату на секцію котків передається через дві квадратні труби, які по торцях приварені до бокових кронштейнів кріплення котків (див. графічну частину роботи). Для спрощення технології виготовлення, приймаємо зварне з'єднання. Труби приварені до кронштейнів рівномірним зовнішнім фланцевим швом (рисунок 2.4), який найчастіше руйнується по бісектрисі прямого кута рівнобедреного трикутника, який є перетином нормального шва.

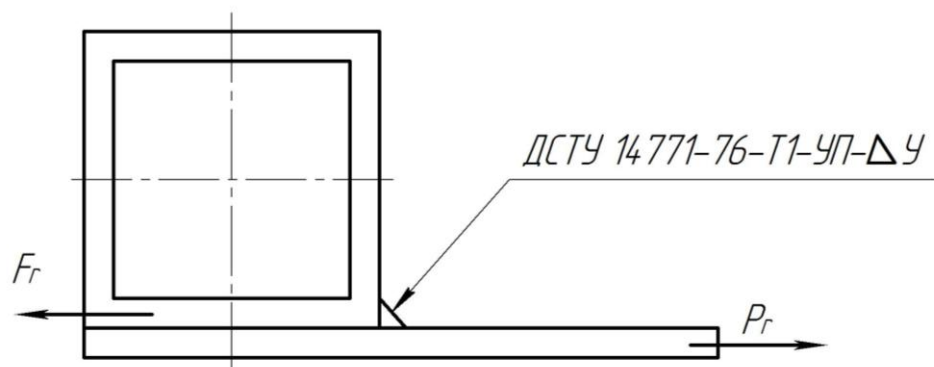


Рисунок 2.4 – Схема зварного з'єднання

Визначаємо допустиме напруження для основного матеріалу. Для сталі Ст.3, з якої виготовлені з'єднувані деталі, $[\tau_{зр}] = 12,5 \text{ МПа}$.

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності зварного з'єднання за формулою [2, 4, 5, 13]

$$[n_T] = [n_1] \cdot [n_2] \cdot [n_3], \quad (2.32)$$

де $[n_1]$ – коефіцієнт, що відображає вплив точності визначення діючого на деталь навантаження вважаємо, що $[n_1]=1,0$;

$[n_2]$ – коефіцієнт однорідності металу, точності механічної обробки, приймаємо $[n_2]=1,2$;

$[n_3]$ – коефіцієнт достатності запасу міцності, приймаємо $[n_3]=1,5$.

Тоді за формулою (2.32), маємо

$$[n_T] = 1 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 1,8 .$$

Визначаємо допустиме напруження з врахуванням коефіцієнта запасу міцності [2]

$$[\tau_{zp}]' = \frac{[\tau_p]}{[n_T]} = \frac{12,5}{1,8} = 6,95 \text{ МПа.}$$

Розрахункове рівняння міцності зварного шва, який навантажений осью силою (вертикальним навантаженням) має вигляд [2, 13]

$$\tau' = \frac{P_r}{\varrho \cdot b} \leq [\tau_{zp}]', \quad (2.33)$$

де ϱ – довжина зварного шва, м;

b – товщина металу, який зварюється. Для квадратної труби 50 ммх50 мм, яку використано у даній конструкції, $b = 5$ мм;

P_r – сила, яка діє на зварне з'єднання

$$P_r = F_r = 1960 \text{ Н.}$$

Довжину зварного шва визначимо з розрахунку параметра труби

$$e = 4 \cdot 50 = 200 \text{ мм.}$$

Перевіримо міцність зварного з'єднання за формулою (2.33)

$$\tau'_p = \frac{1960}{0,2 \cdot 0,05} = 1,96 \text{ МПа.}$$

Умова забезпечення міцності зварного з'єднання зберігається, оскільки

$$\tau'_p = 1,96 \text{ МПа} < [\tau_p] = 6,95 \text{ МПа.}$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт запасу міцності

$$n = \frac{[\tau_p]'}{\tau'_p} = \frac{6,95}{1,96} = 3,55 .$$

Отже, зварне з'єднання має значний запас міцності.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1. Розрахунок стійкості плоскоріза-щілювача при роботі на схилах

Стійкість удосконаленого плоскоріза-щілювача характеризує здатність працювати вздовж і впоперек схилів, а також здійснювати повороти без зупинки, сповзання або зносу.

Оцінюють стійкість плоскоріза-щілювача у статичному стані величинами кутів поздовжнього (α) уклону (підйому) і поперечного (β) уклону, на яких загальмований трактор без причіпного механізму може стояти не перекидаючись.

Від стійкості трактора залежить безпека праці і руху, тому граничний кут підйому агрегату за [17]

$$\operatorname{tg} \alpha_{\min} = \frac{a}{h}, \quad (3.1)$$

де a – відстань від осі перекидання до центра ваги трактора, м;

h – відстань від поверхні перекидання до центра ваги трактора, м.

Отримаємо

$$\operatorname{tg} \alpha_{\min} = \frac{1,4}{1,2} = 1,17;$$

$$\alpha_{\min} = \operatorname{arctg} 1,17 = 49^{\circ}42''.$$

Граничний статичний кут поперечного уклону визначають з рівняння рівноваги відносно найбільш імовірної осі перекидання, тобто

$$\operatorname{tg} \beta_{\min} = \frac{0,5B}{h}, \quad (3.2)$$

де B – ширина колії, м;

тобто

$$\operatorname{tg} \beta_{\min} = \frac{0,5 \cdot 1,4}{1,2} = 0,58 ;$$

тобто

$$B_{\min} = \operatorname{arctg} 0,58 = 30^{\circ} 11'' .$$

Отриманні значення кутів α_{\min} і β_{\min} показують, що даний агрегат може ефективно працювати в умовах господарств, у яких максимальні кути нахилу полів не перевищують 12° .

При роботі машинно-тракторного агрегату на схилах потрібно дотримуватись наступних умов [17]:

- перед початком роботи ознайомитися з усіма особливостями виконання роботи на схилах;

- поле повинне бути підготовлене. Небезпечні місця позначити віхами. Відстань від поворотної смуги до краю схилу і обриву повинна бути не менше 10 м;

- максимально допустимий нахил при роботі на схилах не повинен перевищувати 15° ;

- забороняється зупинка і короткочасна стоянка машинно-тракторного агрегату поблизу крутих схилів і рівчаків.

3.2. Стійкість руху робочих органів плоскоріза-щілювача

Плоскоріз-щілювач є комбінованим начіпним ґрунтообробним знаряддям. Визначимо величину бокового зсуву робочих органів даного начіпного сільськогосподарського агрегату, який розташований позаду осі ведучих коліс трактора. Для внутрішнього робочого органу величину відхилення відповідно з рисунка 3.1 можна визначити так [17, 23]

$$\Delta x'_B = S_B \sin(\gamma_B - \varphi_n / 2), \quad (3.3)$$

де S_B – довжина хорди дуги, яку описує робочий орган за час повороту агрегату;

γ_B – кут між радіусом повороту робочого органу і віссю ведучих коліс;

φ_n – кут повороту трактора.

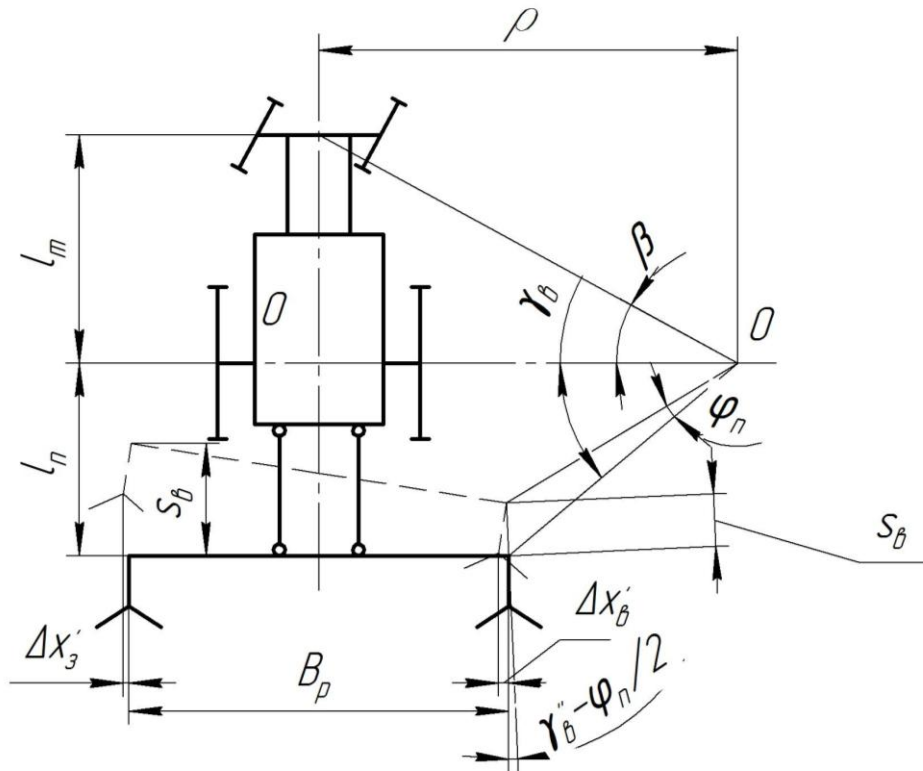


Рисунок 3.1 – Схема відхилень начіпного культиватора при його задньому начепленні

Оскільки $S_B = 2\rho_B \sin \varphi_n / 2$, то можна записати

$$\Delta x'_B = 2\rho_B \sin(\gamma_B - \varphi_n / 2) \sin \varphi_n / 2. \quad (3.4)$$

Так як $\rho_B = l_n / \sin \gamma_B$, то рівняння (3.4) буде

$$\begin{aligned} \Delta x'_B &= 2l_n \frac{\sin(\gamma_B - \varphi_n / 2) \sin \varphi_n / 2}{\sin \gamma_B} = \\ &= 2l_n \sin(\varphi_n / 2)(\cos \varphi_n / 2 - \operatorname{ctg} \gamma_B \sin \varphi_n / 2). \end{aligned} \quad (3.5)$$

З рисунка 3.1 зрозуміло, що

$$\cos \gamma_B = \frac{\rho - 0,5 B_p}{l_n} = \frac{l_M \cdot \operatorname{ctg} \beta - 0,5 B_p}{l_n}, \quad (3.6)$$

де ρ – радіус повороту точки O (середина ведучої осі трактора);

β – кут повороту передніх коліс.

Після деяких перетворень формулу (3.5) можна записати так [17]

$$\Delta x'_B = 2l_n \cdot \sin \frac{\varphi_n}{2} \cdot \cos \frac{\varphi_n}{2} + 2l_M \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot \sin^2 \frac{\varphi_n}{2} + B_p \cdot \sin^2 \frac{\varphi_n}{2}. \quad (3.7)$$

Для зовнішнього робочого органу ця умова буде

$$\Delta x'_3 = 2l_n \cdot \sin \frac{\varphi_n}{2} \cdot \cos \frac{\varphi_n}{2} + 2l_M \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot \sin^2 \frac{\varphi_n}{2} - B_p \cdot \sin^2 \frac{\varphi_n}{2}. \quad (3.8)$$

Так само можна отримати рівняння для визначення бокових зсувів робочих органів агрегату [17], начепленого попереду осі ведучих коліс трактора:

$$\Delta x''_B = 2l_n \cdot \sin \frac{\varphi_n}{2} \cdot \cos \frac{\varphi_n}{2} - 2l_M \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot \sin^2 \frac{\varphi_n}{2} - B_p \cdot \sin^2 \frac{\varphi_n}{2}; \quad (3.9)$$

$$\Delta x''_3 = 2l_n \cdot \sin \frac{\varphi_n}{2} \cdot \cos \frac{\varphi_n}{2} - 2l_3 \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot \sin^2 \frac{\varphi_n}{2} + B_p \cdot \sin^2 \frac{\varphi_n}{2}. \quad (3.10)$$

З рівнянь (3.7–3.10) видно, що бокові зсуви робочих органів неоднакові за своєю величиною. Вони залежать від розташування робочого органу культиватора відносно до ведучої осі трактора.

При передній начіпці зовнішні робочі органи зсуваються більше внутрішніх, а при задній начіпці – навпаки. Різниця у величині бокових зсувів буде

$$\Delta x'_3 - \Delta x'_B = \Delta x''_B - \Delta x''_3 = 2B_p \cdot \sin^2 \frac{\varphi_n}{2}. \quad (3.11)$$

Ця величина залежить від ширини захвату культиватора і кута повороту трактора за час руху агрегату по кривій.

Отже, за інших рівних умов, зокрема при однаковому віддаленні робочих органів від осі ведучих коліс трактора, величина бокових зсувів при передній начіпці більша, ніж при задній. Крім того, при передній начіпці бокові зсуви завжди позитивні і направлені в бік відхилення трактора. При задній начіпці бокові зсуви можуть бути позитивними або негативними залежно від величини кута φ_n повороту трактора.

3.3. Стійкість руху робочих органів плоскоріза-щілювача у вертикальній площині

Стійкість руху робочих органів плоскоріза-щілювача залежить від рівноваги діючих на робочий орган плоскоріза-щілювача сил і співвідношення параметрів ланок механізму закріплення робочого органу до рами плоскоріза-щілювача, а також самого робочого органу. Ступінь сталості ходу робочих органів плоскоріза-щілювача значно залежить також і від стійкості агрегату в цілому.

Робочий орган плоскоріза-щілювача (плоскорізна лапа) знаходиться під дією таких сил: сил опору ґрунту R_x і R_y ; сили ваги робочого органу G ; сили тиску пружини натискної штанги, або додаткового вантажу Q ; реакцій у шарнірі x_i і y_i (рисунок 3.2).

Із згаданих сил лише складові сили опору ґрунту R_x і R_y змінюються під час роботи плоскоріза-щілювача у значних межах. Решта сил або є сталі (G) або можуть змінюватися у незначних межах (Q). Тому рівновага сил, що діють на робочий орган, періодично порушується, внаслідок чого виникають відхилення робочого органу від напрямку свого руху.

Встановимо характер впливу зміни величини збурюючого моменту на величину відхилення робочого органу плоскоріза-щілювача у вертикальній площині, а також залежність величини відхилення від параметрів робочого органу.

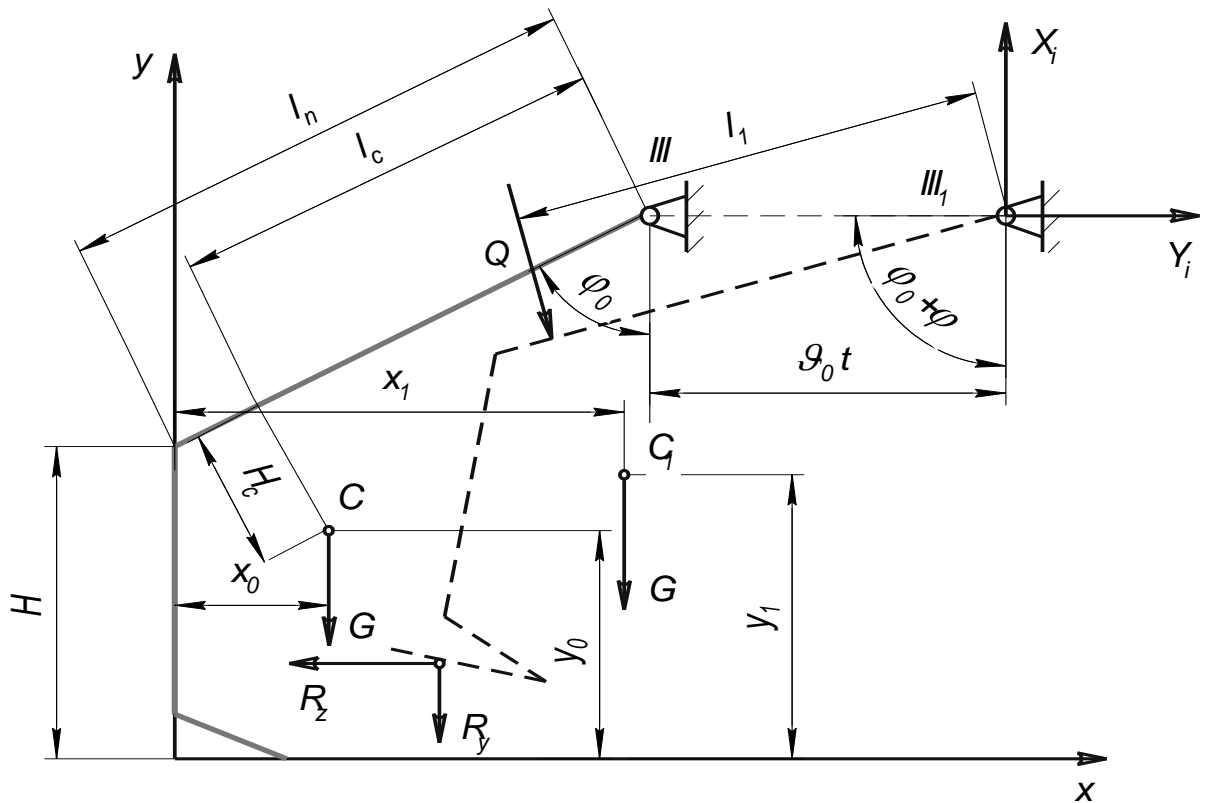


Рисунок 3.2 – Схема відхилень робочих органів плоскоріза-щілювача у вертикальній площині

Віднесемо робочий орган плоскоріза-щілювача до нерухомої системи координат OXY з початком в точці O , розташований так, щоб вісь OX проходила паралельно поверхні поля на глибині встановленої культивуації і була направлена в бік руху робочого органу, а вісь OY співпадала б з геометричною віссю стовби і була направлена вертикально вгору (див. рис. 3.2).

Координати x_0 і y_0 центра ваги робочого органу культиватора у початковий момент руху [17]:

$$x_0 = l_n \sin \varphi_0 - l_c \sin \varphi_0 + H_c \cos \varphi_0 ; \quad (3.12)$$

$$y_0 = H + l_n \cos \varphi_0 - l_c \cos \varphi_0 - H_c \sin \varphi_0 .$$

За умови рівномірного руху плоскоріз-щілювач переміститься у напрямку вісі OX на величину, що дорівнює $V_0 t$. Припустимо, що за цей час робочий орган під дією збурюючого моменту L_0 буде мати кутове переміщення, що дорівнює φ . Тоді центр ваги робочого органу переміститься в положення $C_I(x_I, y_I)$, де

$$x_1 = V_0 t + l_n \sin \varphi_0 - l_c \sin(\varphi_0 + \varphi) + H_c \cos(\varphi_0 + \varphi) ; \quad (3.13)$$

$$y_1 = H + l_n \cos \varphi_0 - l_c \cos(\varphi_0 + \varphi) - H_c \sin(\varphi_0 + \varphi) .$$

Отже, переміщення центра ваги робочого органу в напрямках осей OX і OY дорівнює [17]:

$$\Delta x = x_1 - x_0 ; \quad (3.14)$$

$$\Delta y = y_1 - y_0 . \quad (3.15)$$

Проекції швидкості переміщення центра ваги робочого органу на осі координат:

$$\dot{x}_1 = V_0 - l_c \cos(\varphi_0 + \varphi)\dot{\varphi} - H_c \sin(\varphi_0 + \varphi)\dot{\varphi} ; \quad (3.16)$$

$$\dot{y}_1 = l_c \sin(\varphi_0 + \varphi)\dot{\varphi} - H_c \cos(\varphi_0 + \varphi)\dot{\varphi} .$$

При сталій швидкості агрегату $V = const$ динамічна система, що розглядається, буде мати одну ступінь свободи. Вважаємо за незалежну узагальнену координату кутове переміщення повідка φ .

Задача зводиться до визначення кута φ як функції часу.

Для складання диференційного рівняння руху використаємо рівняння Лагранжа другого роду [17]

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dT}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_{\varphi}, \quad (3.17)$$

де T – кінетична енергія системи;

Q_{φ} – узагальнена сила.

Вираз для кінетичної енергії в цьому випадку має такий вигляд [17]

$$T = 0,5mV_0^2 - ml_c V_0 \cos(\varphi_0 + \varphi)\dot{\varphi} - mH_c V_0 \sin(\varphi_0 + \varphi)\dot{\varphi} + 0,5m(l_c^2 + H_c^2)\dot{\varphi}^2 + 0,5I_0\dot{\varphi}^2, \quad (3.18)$$

де m – маса робочого органу і повідкової системи;

V – швидкість центра ваги повідкової системи і робочого органу;

I_0 – момент інерції робочого органу і повідкової системи відносно осі, яка проходить через центр ваги перпендикулярно до площини, в якій знаходиться поводок.

Узагальнена сила Q_{φ} – це сумарний момент прикладених до робочого органу сил відносно точки їхнього закріплення до рами культиватора

$$Q_{\varphi} = a_1 \cos \varphi - a_2 \sin \varphi - a_3, \quad (3.19)$$

де прийняті такі позначення:

$$a_1 = R_x H + R_x l_n \cos \varphi_0 - R_y l_n \sin \varphi_0 - G l_c \sin \varphi_0 + G H \cos \varphi_0;$$

$$a_2 = R_y H + R_x l_n \sin \varphi_0 + R_y l_n \cos \varphi_0 + G l_c \cos \varphi_0 + G H_c \sin \varphi_0;$$

$$a_3 = Q \cdot l_1;$$

де l_n – довжина повідка;

H – висота стовби;

H_c – відстань від рами культиватора до центра ваги робочого органу;

l_c – відстань від точки причепа до центра ваги робочого органа;

l_1 – відстань від точки причепа до точки прикладання додаткового навантаження.

Підставивши вираз для кінетичної енергії (3.18) в оператор Лагранжа (3.17) з урахуванням (3.19), отримаємо диференціальне рівняння руху системи у такому вигляді [17]

$$I_n \ddot{\varphi} = a_1 \cos \varphi - a_2 \sin \varphi - a_3, \quad (3.20)$$

де $I_n = m(l_c^2 + H_c^2) + I_0$ – приведений момент інерції мас робочого органу і повідкової системи відносно шарніра і закріплення повідка.

Для інтегрування рівняння (3.20) введемо нову змінну. Нехай

$$\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt} = p, \quad \text{тоді} \quad \ddot{\varphi} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = p \frac{dp}{d\varphi}.$$

Підставивши значення $\ddot{\varphi}$ у рівняння (3.20), отримаємо

$$p dp = I_n^{-1} [a_1 \cos \varphi - a_2 \sin \varphi - a_3] d\varphi. \quad (3.21)$$

Проінтегрувавши рівняння (3.21), запишемо

$$0,5 p^2 = I_n^{-1} (a_1 \sin \varphi + a_2 \cos \varphi - a_3 \varphi + c_1), \quad (3.22)$$

де c_1 – довільна стала, яку визначають із початкових умов

при $t = 0, \quad \varphi = 0, \quad \frac{d\varphi}{dt} = 0, \quad \text{тому} \quad c_1 = -a_2.$

Тоді рівняння (3.22) можна записати так [17]

$$p^2 = \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = 2I_n^{-1} (a_1 \sin \varphi + a_2 \cos \varphi - a_3 \varphi - a_2). \quad (3.23)$$

При максимальному значенні кута φ кутова швидкість $\dot{\varphi}$ буде дорівнювати нулю. Тому, прийнявши у рівнянні (3.23) $\dot{\varphi} = 0$, отримаємо

$$a_1 \sin \varphi + a_2 (\cos \varphi - 1) - a_3 \varphi = 0. \quad (3.24)$$

Оскільки кут φ зазвичай малий ($\varphi < 15^\circ$), то можна обмежитися квадратом аргументу φ при розкладенні тригонометричних функцій $\sin \varphi$ і $\cos \varphi$ в ряди по ступенях аргументу φ

$$\sin \varphi = \varphi, \quad \cos \varphi = 1 - 0,5\varphi^2. \quad (3.25)$$

З урахуванням (3.25) рівняння (3.24) можна переписати так

$$\varphi^2 - 2 \frac{a_1 - a_3}{a_2} \varphi = 0. \quad (3.26)$$

Розв'язуючи квадратне рівняння (3.26), отримаємо значення φ_i ($i = 1, 2$) як корені цього рівняння:

$$\varphi_1 = 0, \quad \varphi_2 = 2 \frac{a_1 - a_3}{a_2}. \quad (3.27)$$

Якщо, наприклад, довжина повідка $l_n = 130$ см, висота стовби $H_c = 7,5$ см, $H = 45$ см, величина $l_c = 85$ см, величина $l_l = 100$ см, вертикальна складова опору $R_x = 400$ Н, вага робочого органу $G = 100$ Н, величина сили $Q = 60$ Н, а величина початкового кута $\varphi_0 = 80^\circ$, то кут дорівнює $\varphi = 0,09$ рад, або $\varphi = 5,2^\circ$.

Приймаючи до уваги вираз (3.27), рівняння (3.17) буде мати такий вигляд

$$\dot{\varphi} = \sqrt{\frac{a_2}{I_n}} \cdot \sqrt{2 \frac{a_1 - a_3}{a_2} \varphi - \varphi^2}, \quad (3.28)$$

звідки

$$t = \sqrt{\frac{I_n}{a_2}} \cdot \int \frac{d\varphi}{\sqrt{2 \frac{a_1 - a_3}{a_2} \varphi - \varphi^2}}. \quad (3.29)$$

або після інтегрування отримаємо

$$t = \sqrt{\frac{I_n}{a_2}} \arccos \left[\frac{a_2 \varphi - (a_1 - a_2)}{a_1 - a_3} \right] + c_2, \quad (3.30)$$

де c_2 – довільна стала.

Оскільки при $t = 0$, $\varphi = 0$, то

$$c_2 = \sqrt{\frac{I_n}{a_2}} \cos(-1) = \sqrt{\frac{I_n}{a_2}} \pi.$$

Рівняння (3.30) можна записати так [34]

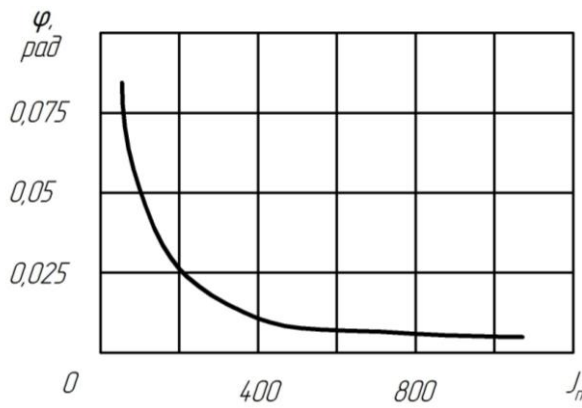
$$t = \sqrt{\frac{I_n}{a_2}} \left\{ \pi - \arccos \left[\frac{a_2 \varphi - (a_1 - a_3)}{a_1 - a_3} \right] \right\}. \quad (3.31)$$

Розв'язавши рівняння (3.31) відносно φ , отримаємо

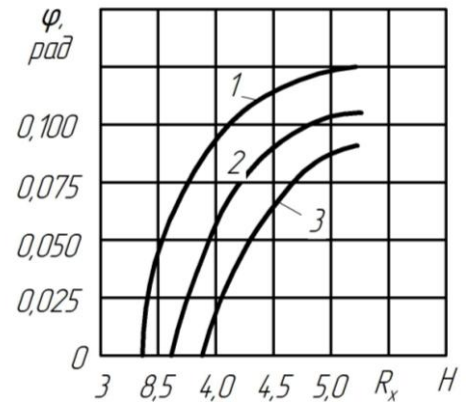
$$\varphi = \frac{a_1 - a_3}{a_2} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{a_2}{I_n}} t \right). \quad (3.32)$$

Наведений на рисунку 3.3а графік, характеризує залежність зміни кута φ від зміни наведеного моменту інерції робочого органа I_n . При прийнятих значеннях параметрів поводкової системи і заданої системи сил кут відхилення робочого органу φ від свого положення зменшується із збільшенням значення наведеного моменту інерції I_n . Кут φ зменшується із збільшенням ваги коливної системи G і вертикальної складової опору ґрунту R_y .

На рисунку 3.3 б показана зміна кута відхилення повідка φ від зміни горизонтальної складової R_x . Із збільшенням складової R_x кут φ збільшується, а при збільшенні l_c – зменшується.



а)



б)

- а) кута відхилення від моменту інерції системи;
 б) відхилення φ від горизонтальної складової сили опору ґрунту:

1 – $l_c = 70$ см; 2 – $l_c = 85$ см; 3 – $l_c = 100$ см.

Рисунок 3.3 – Графічні залежності

Розв'язанням задачі про стійкість руху робочого органу плоскоріза-щільовача у вертикальній площині при багатошарнірній (паралелограмній) системі його закріплення встановлено, що багатошарнірна повідкова система кріплення робочих органів культиваторів більш припустима у відношенні забезпечення сталості руху робочого органу, ніж одношарнірна.

Підставивши у рівняння (3.32) вирази для a_1, a_2, a_3 , отримаємо [17]

$$\varphi = \frac{R_x(H + l_n \cos \varphi_0) - R_y l_n \sin \varphi_0 - Gl_c \sin \varphi_0 + GH_c \cos \varphi_0 - Ql_1}{R_x l_n \sin \varphi_0 + R_y(H + l_n \cos \varphi_0 + Gl_c \cos \varphi_0 + GH_c \sin \varphi_0)} \times \quad (3.33)$$

$$\times \left[1 - \cos \sqrt{\frac{R_x l_n \sin \varphi_0 + R_y(H + l_n \cos \varphi_0 + Gl_c \cos \varphi_0 + GH_c \sin \varphi_0)}{I_n}} \cdot t \right].$$

Це рівняння вказує на те, який вплив має той або інший конструктивний параметр, або діюча на робочий орган культиватора сила на ступінь відхилення його у вертикальній площині від початкового положення.

3.4. Обґрунтування параметрів котків плоскоріза-щілювача

Котки, як ґрунтообробне знаряддя можуть використовують для обробітку ґрунту як до посіву, так і після нього. До посіву їх використовують для вирівнювання поверхні поля, руйнування глиб і грудок, ущільнення ґрунту, що не осів після основного обробітку, після посіву – для покращення контакту насіння з ґрунтом і посилення притоку вологи до нього з інших шарів [17].

Процес прикочування має бути таким, щоб при зустрічі з грудками ґрунту коток перекочувався через них, а не штовхав їх уперед. При перекочуванні через грудку тиск котка концентрується на ній, і вона розламується або вдавлюється в ґрунт без проштовхування уперед. Характер взаємодії котка з ґрунтом залежить від його діаметра і розмірів грудок

Якщо коток зустрічає розміщену на поверхні ґрунту грудку (рисунок 3.4а), то від дії сили P тиску котка виникає сила тертя F_2 між ободом котка і грудкою і сила F_1 тертя між грудкою і поверхнею ґрунту. Защемлення грудки між котком і поверхнею ґрунту буде за умови [7,17]:

$$P_{\Gamma} \leq F_1 + F_2 \cos \delta ; \quad (3.34)$$

де $P_{\Gamma} = P \sin \delta$; $F_2 = P \operatorname{tg} \varphi_2$; $F_1 = N \operatorname{tg} \varphi_1$,

φ_1 і φ_2 – кути тертя ґрунту по матеріалу котка і ґрунту.

Реакція

$$N = P_B + F_2 \sin \delta = P \cos \delta + P \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \delta .$$

Підставивши значення F_1 , F_2 і N у вираз (3.34), маємо

$$P \cdot \sin \delta \leq (P \cdot \cos \delta + P \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \sin \delta) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + P \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \cos \delta . \quad (3.35)$$

Розділивши (3.35) на $P \cos \delta$, отримаємо:

$$\operatorname{tg} \delta \leq \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 ;$$

$$\operatorname{tg} \delta (1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2) \leq \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot$$

Звідки

$$\operatorname{tg} \delta \leq (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2) / (1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2) . \quad (3.36)$$

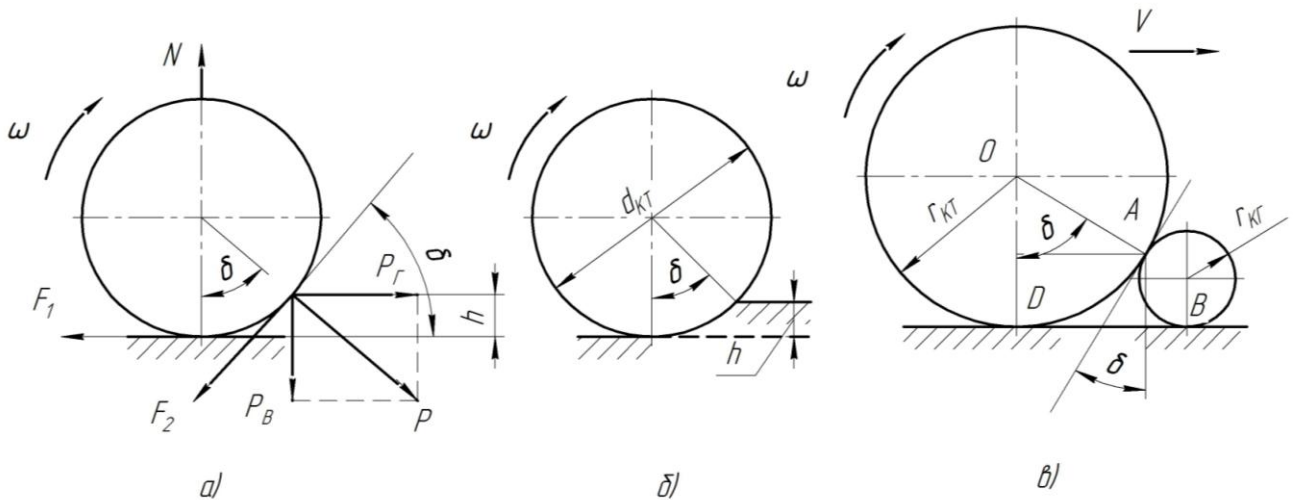


Рисунок 3.4 – Схеми до визначення умов прикочування ґрунту

Використовуючи тригонометричні функції, можна спростити отриманий вираз, тобто привести його до вигляду

$$\delta \leq \varphi_1 + \varphi_2 . \quad (3.37)$$

При виконанні умови (3.37) ґрунтові грудки не будуть протаскуватися у напрямку руху котка, а затискуватися (защемлюватися) між ним і поверхнею ґрунту. З цієї умови можна визначити глибину h колії, при якій коток діаметром $d_{КТ}$ не буде утворювати перед собою ґрунтовий валок.

З рисунка 3.4б

$$\cos \delta = (d_{КТ} / 2 - h) / (d_{КТ} / 2) ; \quad (3.38)$$

звідки

$$h \leq (d_{KT} / 2)(1 - \cos \delta), \quad (3.39)$$

або необхідний мінімальний діаметр котка при заданій величині h буде таким

$$d_{KT} \geq 2h / (1 - \cos \delta). \quad (3.40)$$

Граничним є випадок, коли грудка має форму кулі (рисунок 3.4в)

$$AB = r_{KT} + r_{KT} \cos \delta = r_{KT} - r_{KT} \cos \delta, \quad (3.41)$$

або

$$r_{KT} (1 + \cos \delta) = r_{KT} (1 - \cos \delta). \quad (3.42)$$

Розв'язавши рівність (3.42) відносно r_{KT} , отримаємо вираз для визначення максимального радіуса котка, який забезпечує затиснення грудки радіусом r_{KT} без ковзання вперед [7, 17]

$$r_{KT \max} = r_{KT} (1 - \cos \delta) / (1 + \cos \delta) = r_{KT} \operatorname{tg}^2(\delta / 2). \quad (3.43)$$

Виразивши тепер r_{KT} через r_{KT} , отримаємо вираз для визначення мінімального радіуса котка, який забезпечує затиснення грудки радіусом r_{KT}

$$r_{KT \min} = r_{KT} \operatorname{ctg}^2(\delta / 2), \quad (3.44)$$

де $\delta = \varphi_1 + \varphi_2$, тобто для граничного випадку.

Розроблена конструкція котків (див. графічну частину) для удосконалення ними плоскоріза-щілювача відповідає умовам передбаченим вище наведеними залежностями.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Використання плоскоріза-щілювача з удосконаленими робочими органами забезпечує розпушення, подрібнення, ущільнення і вирівнювання поверхні ґрунту на всій ширині захвату за один прохід агрегату відповідно до вимог під посів, зокрема технічних культур.

Розроблена конструкція має два ряди розпушуючих лап на пружинних стояках, дисковий подрібнювач та два ряди котків, на задньому ряді яких закріплений вирівнюючий брус. Встановлення трьох типів робочих органів дещо збільшує довжину агрегату і тяговий опір, але дозволяє швидко і якісно виконати весь комплекс робіт з передпосівного обробітку ґрунту.

Діаметр котків, які встановлені в останньому ряді, залежить від діаметра котків першого ряду і глибини обробітку. Для сівби буряків, оптимальна різниця діаметрів котків становить 50 мм x 50 мм, середній діаметр – 210 мм.

Оптимальна робоча швидкість такого ґрунтообробного агрегату 13 км/год; глибина обробітку ґрунту до 25 см. Дообладнання культиватора котками створює сприятливіші умови для посіву та проростання насіння, тобто розпушення верхнього шару ґрунту поєднується з ущільненням його на глибині 3...4,5 см. Прогнозована біологічна врожайність кормових буряків при використанні удосконаленого плоскоріза-щілювача може зрости до 700 ц/га. Вал, на який встановлюють котки, доцільно виготовити зі сталі Ст.3 для забезпечення надійної їх роботи. Для кріплення кронштейна секції котків застосовано зварний шов, чим забезпечується стійкість конструкції.

Залежно від потреби, агрегат можна доукомплектувати іншими робочими органами або змінювати конструктивно-технологічну схему його роботи.

Запропоноване вдосконалення не потребує значних економічних затрат і є доступним та ефективним для різних господарств.

У роботі запропоновані заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Виконана графічна частина.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автухов І.В., Гряник Г.М. Охорона праці в сільському господарстві. К.: Вища школа, 1970. 216 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1980. 727 с.
3. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. – Тернопіль, 2005. – 228 с.
4. Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 191 с.
5. Дунаєв П.Ф. Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. Учеб. пособ. для машиностр. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1985. 416 с.
6. Жатов О.Г., Грушенко Л.Т., Жатова Г.О. Рослиництво з основами програмування врожаю. К.: Вища школа, 1981.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (ч.1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.
8. Зинченко А.И., Карасюк И.М. Интенсивные технологии возделывания зерновых и технических культур. Киев: Урожай, 1988.
9. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 1976. 510 с.
10. Кушнарєв А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.
11. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Агропромиздат, 1986. 677 с.
12. Обработка почвы при интенсивном возделывании полевых культур /Т. Карвовский, И. Касимов, Б. Клочков и др.; Пер. с польск. Чупеева; Под. ред и с предисл. А.С. Кушнарєва. М.: Агропромиздат, 1988. 248 с.
13. Опір матеріалів /Під заг. ред. акад. АН УРСР Г.С. Писаренко. К.: Вища школа, 1986. 775 с.
14. Основи агрономії: Навчальний посібник / О.В. Солошенко, Б.С. Носко, Н.Ю. Гаврилович, А.А. Богачов, В.І. Солошенко; за ред. О.В. Солошенко. Харків: Торнадо, 2003. 368 с.

15. Резинков Л.А. Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин. М.: Агропромиздат, 1991.
16. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник /Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
17. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1: Машини для рільництва /П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001. 382 с.
18. Хомик Н.І. Деталі машин. Курс лекцій для студентів заочної форми навчання. / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш., О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.
19. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для спеціальності 133 Галузеве машинобудування / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.
20. Хомик Н.І. Основи агрономії. Курс лекцій /Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш., В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015.300 с.
21. Цивільна оборона. Підручник /За редакцією В.С. Франчука. Київ: Знання, 2001. 256 с.
22. Рак О.В. Комбіновані агрегати для обробітку ґрунту /О.В. Рак, Ю.М. Ковцун //Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей, том I IX міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-27 листопада 20120. Тернопіль. ТНТУ, 2020. С. 118-119.
23. 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.
24. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.