

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

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення процесу передпосівного обробітку ґрунту з
розробкою секції котків культиватора КПСП-4

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-42
спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Данчук І.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Хомик Н.І.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Данчуку Ігорю Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу передпосівного обробітку ґрунту з
розробкою секції котків культиватора КПСП-4

Керівник роботи Хомик Надія Ігорівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2024 року № 4/7-62

2. Термін подання студентом завершеної роботи 27 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи ширина захвату агрегату – 4 м; швидкість руху агрегату;
робоча – 10 км/год, на поворотах – 7 км/год, транспортна до 20 км/год; склад агрегату – трактор
класу 1,4 – МТЗ-80; культиватор КПСП-4; продуктивність за 1 год основного часу – 2,5...4,5га;
кількість обслуговуючого персоналу – 1 особа; глибина обробітку 120 мм;
питомий опір ґрунту – 220 кг/м.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат. Вступ. 1. Аналіз полицевого і безполіцевого обробітку ґрунту та можливості
удосконалення знаряддя. 2. Обґрунтування доцільності змін конструкції культиватора для
передпосівного обробітку ґрунту. 3. Проектування та розрахунок елементів конструкції
удосконаленого культиватора. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.
Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точних зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1-2. Мета, предмет, об'єкт, задачі дослідження. Актуальність кваліфікаційної роботи.

3. Структура роботи. Зміст роботи. 4-5. Культиватор КПСП-4 у комплекті з дисковими
котками-боронами. 6. Диск котка-борони. 7. Зміст роботи (продовження).

8. Схема механізму підймання робочих органів культиватора КПСП-4.

9. Розрахункова схема культиватора. 10. Практичне значення отриманих результатів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б., к.т.н., зав. каф. МТ		

7. Дата видач завдання

24 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Аналіз полицевого і безполицевого обробітку ґрунту та можливості удосконалення знаряддя	до 20.02.2024	
2	Обґрунтування доцільності змін конструкції культиватора для передпосівного обробітку ґрунту	до 30.03.2024	
3	Проектування та розрахунок елементів конструкції удосконаленого культиватора	до 30.04.2024	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	до 12.05.2024	
9	Реферат. Вступ. Загальні висновки	до 30.05.2024	
10	Ілюстративний матеріал	до 10.06.2024	

Студент

_____ (підпис)

Данчук І.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Хомик Н.І.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Данчук Ігор Миколайович.

Тема роботи – «Удосконалення процесу передпосівного обробітку ґрунту з розробкою секції котків культиватора КПСП-4». Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Хомик Надія Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (24 найменування), додатки на 1 сторінці. Загальний обсяг текстової частини – 46 сторінок, на яких є 11 рисунків. Ілюстративний матеріал розміщений на 10 аркушах формату А4.

Актуальність теми роботи. Створення комбінованого ґрунтообробного агрегату, що за один прохід здійснює культивування, розпушування, вирівнювання та ущільнення ґрунту завдяки перевагам перед одно операційними машинами забезпечує значну економію витрат пального на одиницю виконуваної роботи, зменшує затрати на заробітну плату, вивільняє один-два трактори та механізатори під час весняних польових робіт, зменшує дію рушіїв тягових машин на ґрунт, скорочує терміни виконання операцій, підвищує якість робіт і продуктивність праці стало ідеєю для даної роботи.

Мета роботи: вдосконалення процесу передпосівного обробітку ґрунту розробкою додаткових робочих органів – секції дискових котків-борін до культиватора КПСП-4. Мета потребує вирішення таких завдань:

- проаналізувати переваги та недоліки полицевого і безполицевого обробітку;
- проаналізувати базову модель культиватора КПСП-4 та можливості для його удосконалення;
- запропонувати конструктивні зміни, які доцільно внести у базову модель культиватора для передпосівного обробітку ґрунту;
- виконати розрахунок параметрів робочих органів удосконаленого знаряддя;
- виконати проектування механізму, що підіймає робочі органи удосконаленого культиватора КПСП-4;
- визначити стійкість у роботі культиватора КПСП-4;

- виконати міцнісні розрахунки елементів культиватора: натискної пружини, стійки лап, зварного з'єднання котків-борін;
- виконати розрахунок кріплення додаткових елементів культиватора – дискових котків-борін;
- виконати енергетичний розрахунок удосконаленого культиватора;
- розробити правила техніки безпеки під час роботи удосконаленого культиватора та його технічне обслуговування.

Об'єкт дослідження. Культиватор для передпосівного обробітку ґрунту КПСП-4.

Предмет дослідження. Технологічні, кінематичні та енергетичні розрахунки удосконаленого культиватора КПСП-4; розрахунки на міцність.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновано базову модель культиватора КПСП-4 для передпосівного обробітку ґрунту дообладнати двома рядами дискових котків-борін, завдяки чому агрегат забезпечує дрібногрудковатий та вирівняний стан поверхні поля за один прохід агрегату, що відповідає агротехнічним вимогам під посів. Виконано розрахунок параметрів робочих органів удосконаленого культиватора, а саме, ширини захвату, відстані між рядами лап та визначено кількість робочих органів. Виконано проектування механізму, що підіймає робочі органи удосконаленого культиватора КПСП-4, за результатами розрахунку вибрано гідроциліндр для переведення знаряддя у транспортне положення.

Визначено стійкість культиватора у роботі. Виконано міцнісні розрахунки елементів культиватора: натискної пружини, стійки лап, зварного з'єднання котків-борін. Вибрано матеріал стійок культиваторних лап та визначено розміри їх поперечного перетину. Виконано розрахунок кріплення додаткових елементів культиватора – дискових котків-борін. Виконано енергетичний розрахунок удосконаленого культиватора, встановлено, що його можна агрегувати з трактором МТЗ-80 у всьому діапазоні робочих швидкостей. Розроблено правила техніки безпеки під час роботи удосконаленого культиватора та його технічне обслуговування.

Ключові слова: культиватор, передпосівний обробіток ґрунту, стрілчасті лапи, дискові котки-борони.

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ПОЛИЦЕВОГО І БЕЗПОЛИЦЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ТА МОЖЛИВОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗНАРЯДДЯ.....	8
1.1. Аналіз переваг та недоліків полицевого і безполицевого обробітку ґрунту.....	8
1.2. Аналіз базової моделі культиватора КПСП-4 та можливості для його удосконалення	11
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗМІН КОНСТРУКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ...	15
2.1. Конструктивні зміни внесені у базову модель культиватора для передпосівного обробітку ґрунту.....	15
2.2. Розрахунок параметрів робочих органів зміненого культиватора	18
3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ УДОСКОНАЛЕНОГО КУЛЬТИВАТОРА.....	23
3.1. Проектування механізму, що підіймає культиватор КПСП-4.....	23
3.2. Визначення стійкості у роботі культиватора КПСП-4.....	25
3.3. Міцнісні розрахунки елементів культиватора: натискної пружини, стійки лап, зварного з'єднання котків-борін.....	29
3.4. Розрахунок кріплення додаткових елементів культиватора – дискових котків-борін	34
3.5. Енергетичний розрахунок удосконаленого культиватора	36
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	38
4.1. Загальні вимоги охорони праці до сільськогосподарських машин..	38
4.2. Правила техніки безпеки під час роботи удосконаленого культиватора та його технічне обслуговування	39
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	44
ДОДАТКИ.....	47

ВСТУП

Агропромислове виробництво в Україні на сьогодні має нові виклики спричиненні агротехнічними проблемами. Через зміну кліматичних умов та воєнні ризики Україна стала регіоном ризикованого землеробства, тому традиційні технології втрачають свою ефективність та спричиняють втрати родючості ґрунтів, особливо природної, для прикладу це можна підтвердити показниками оранки навіть сучасними оборотними плугами з полицями чи дискування, тому розробка та впровадження нових регіональних гнучких технологій агровиробництва, які б забезпечували зберігання, а по можливості і відтворення родючості ґрунтів, особливо природної та сприяли б підвищенню продуктивності полів – сталої та підвищеної врожайності сільськогосподарських культур є актуальним, одним із факторів досягнення цього є покращення технічних показників сільськогосподарських машин на виконанні технологічних операцій. Серед таких показників можна виокремити такі: зростання продуктивності машин та якісних показників виконання технологічних процесів; забезпечення високого рівня надійності в роботі та довговічності окремих вузлів і машин загалом; зниження енергозатрат для реалізації технологічних процесів; мінімізація впливу машин на довкілля.

Конструкціям практично усіх сільськогосподарських машин властиві певні недоліки, між ними є такі, які реально усунути, такі, що важко і такі, що неможливо усунути, що знижує ефективне використання техніки для виконання технологічних процесів, як приклад – підвищення продуктивності, якої досягають погіршенням якості зібраної продукції, погіршенням якості виконання технологічного процесу або збільшенням енерговитрат.

Створення комбінованого ґрунтообробного агрегату, що за один прохід здійснює культивування, розпушування, вирівнювання та ущільнення ґрунту завдяки перевагам перед одноопераційними машинами забезпечує значну економію витрат пального на одиницю виконуваної роботи, зменшує затрати на заробітну плату, вивільняє один-два трактори та механізатори під час весняних польових робіт, зменшує дію рушіїв тягових машин на ґрунт, скорочує терміни виконання операцій, підвищує якість робіт і продуктивність праці стало ідеєю для даної роботи.

1. АНАЛІЗ ПОЛИЦЕВОГО І БЕЗПОЛИЦЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА МОЖЛИВОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗНАРЯДЬДЯ

1.1. Аналіз переваг та недоліків полицевого і безполицевого обробітку ґрунту

В останні кілька десятиліть на території України простежуються зміни властиві зонам з ризикованим землеробством, для яких характерними є посухи або надмірне зволоження ґрунту, через що стаються часті зміщення термінів польових робіт. Такі умови потребують універсальних ґрунтообробних машин, щоб якісно підготувати ґрунт для сівби та мати можливість для гнучкого їх пристосування для робіт на полях зі змінними умовами.

Універсальні машини мають мати можливості швидкого та нескладного їх ереналагоджування, що реалізується через зміну їх робочих органів, а також зміну додаткового обладнання, завдяки чому такі машини пристосують виконувати необхідні на даний час польові роботи.

Створювати сільськогосподарські машини, враховуючи такі підходи, можна завдяки науково-обґрунтованих гнучким технологічним системам сільськогосподарського виробництва [1, 9, 10, 20], основою яких є відповідні технологічні, технічні та організаційні заходи.

Універсальні машини найдоцільніше застосовувати при розробці та удосконаленні ґрунтообробних машин, на працездатність яких найчастіше і найсуттєвіше впливає стан полів.

Основний недолік традиційних, не універсальних ґрунтообробних машин та знарядь, які на сьогодні ще мають значне використання для багатьох операцій землеробства, це те, що вони не мають можливостей, щоб забезпечити відповідність вимогам гнучких технологій, що є актуальним для ґрунтообробних операцій і тим більше не забезпечують потреб новітніх технологій у керованому землеробстві.

Найбільш розповсюдженим, але не універсальним ґрунтообробним знаряддям в Україні є полицеві плуги, обробіток якими маючи деякі позитивні моменти щодо боротьби із бур'янами, шкідниками та збудниками хвороб

культурних рослин, має і певні недоліки, доведені, як науковими дослідженнями, так і практичним досвідом, зокрема те, що обробіток ґрунту полиневими знаряддями спричиняє його переущільнення, створює плужну підшову, знижує життєдіяльність мікроорганізмів, через що згодом зменшується природна родючість ґрунтів.

Оранка полиневими знаряддями у літньо-осінній період застосовувана на важких чорноземах за умов малої або недостатньої кількості опадів (райони степу та лісостепу України) призводить до погіршення водного балансу у ґрунті, внаслідок чого спостерігається часте пересихання зораного шару ґрунту, а це згубно впливає на природну родючість ґрунту, створюючи умови для поширення його вітрової та водної ерозій.

Застосування технологічних прийомів обробітку ґрунту, що виконуються так, щоб не перевертати його шарів, тобто впровадження безполицевого обробітку, може забезпечувати якісну підготовку ґрунту під посів. Найчастіше виконують його такими знаряддями як чизельні плуги, важкі культиватори, плоскорізи, важкі дискові борони, тобто є велике розмаїття знарядь, щоб підготувати ґрунт під сівбу різних сільськогоспо-дарських культур, однак найчастіше використовують важкі дискові борони. Основою для розширення використання такого знаряддя як дискові борони стало спрощення, які були прийняті у технологіях підготування полів для сівби, через зменшення кількості та розмаїття технічних засобів, застосовуваних для обробітку ґрунту, наприклад відмова від лемішних луцильників.

Ґрунтообробні агрегати укладені із широкозахватних дискових борін завдяки високій продуктивності почали вважати найкращими для використання, хоча це не є достатньо обґрунтовано науково. Ще одним фактором на користь застосування важких дискових борін стало розширення посівних площ під високостеблові культури (соняшник, кукурудза на зерно), а також поля зайняті зерновими культурами, урожай з яких збирають залишаючи високу стерню, у результаті такі поля засмічені великою кількістю великих за розмірами рослинних рештків [9, 16].

Грунтообробна технологія, що має за основу застосування важких дискових борін, може бути доцільною лише в окремих випадках при відповідних погодних умовах. Повсюдне застосування таких знарядь побудоване на бажанні зекономити на придбанні необхідної техніки та на бажанні отримання максимальної вигоди від землі без бажання вкладати кошти у нові технології. Спрощена грунтообробна технологія згодом дає незворотні негативні наслідки, такі як падіння родючості ґрунтів через значне переущільнення нижньорозташованих шарів ґрунту, у яких розвивається коренева система, а також створює надмірне подрібнення структурних агрегатів ґрунту, що розташовуються у поверхневому шарі і призводить до значного розпилення, тобто утворюється велика кількість пилу, а це також одна із причин як водної так і вітрової ерозій ґрунту.

Основна причина негативних проявів викликаних масовим і частим використанням важких дискових робочих органів спричинена тим, що диски борін – це полицеві знаряддя. Диски під час дії на ґрунт працюють як ротаційні полиці з відносно малою шириною захвату, тобто вони, набираючи на свою поверхню шар ґрунту, відкидають його в бік і при цьому інтенсивно його перемішують. У таких знаряддях пасивні полиці плугів замінені на ротаційні.

Важкі дискові борони мають ще один недолік щодо інтенсивності дії дисків на ґрунт – це те, що борони є двослідними, тобто під час одного проходу борони вплив на ґрунт стається двічі, тобто через передні та задні батареї дисків. Таким обробітком у верхньому шарі ґрунту інтенсивно утворюється велика кількість дрібних частинок (пилу). Найчастіше це спостерігається під час обробітку ґрунтів, що мають малу вологість, через що ґрунт згодом змінює свій стан зі структурного у безструктурний – неродючий. Надмірний вміст пилоподібних частинок у ґрунті погіршує екологічний стан через появу великої кількості пилових часточок у повітрі при сильних вітрах, також погіршує вологопроникність ґрунту, тобто нижні шари ґрунту не накопичують вологи. Дискування сприяє зниженню природної родючості ґрунтів та створює умови, при яких, за сильних дощів, відбувається змив

верхніх шарів ґрунту та створюються сприятливі умови для змиву ґрунту зі схилів під час сніготанення [7].

Застосування безполицевих знарядь є кращим для використання під час осіннього обробітку, оскільки дозволяє розпушувати його, не перевертаючи, та залишаючи на поверхні поля подрібнені післяжнивні рештки, завдяки чому збільшується поглинання вологи ґрунтом після дощів та снігозатримання, а також зменшуються її витрати у період між обробітками.

Доцільним є застосування безполицевих знарядь для передпосівного обробітку ґрунту весною, завдяки чому зменшується руйнівний вплив на структуру ґрунту та зменшується число проходів техніки полем.

Переваги мінімального обробітку ґрунту на потрібну глибину із застосуванням різних робочих органів, що не обертають скибу, у наступному: ефективність у боротьбі з ерозією ґрунтів; збереження вмісту вологи; зменшення ущільнення ґрунту та запобігання руйнуванню його структури; зменшення витрат палива; економія затрат часу, праці і техніки для передпосівного обробітку [9, 14, 15, 16].

Безполицеві технології обробітку ґрунту відомі давно, матеріальна база для їх впровадження – застосування культиваторів з плоскорізними лапами та інших знарядь, обладнаних чизельними робочими органами або поєднанням різних типів робочих органів. Такі знаряддя мають значні переваги, однак досі не набули масового застосування, основні причини в тому, що під час обробітку створюваний розпушуваний шару ґрунту неоднорідний за агрегатним складом, щільністю і твердістю, що перешкоджає забезпеченню його однорідності щодо родючості на всій глибині, також може виникати потреба у додатковому обробітку із застосуванням інших знарядь. Частий і безперервний безполицевий обробіток призводить до підвищеної забрудненості полів.

Недоліки в агротехніці виконання операцій обробітку ґрунту, висока їх енергоємність і значні терміни виконання потребують пошуку ефективних способів обробітку ґрунту та технічних засобів для їх реалізації, для яких були б невластивими недоліки як полицевого, так і плоскорізного обробітків .

1.2. Аналіз базової моделі культиватора КПСП-4 та можливості для його удосконалення

Культиватор КПСП-4 у базовому виконанні (рис. 1.1) застосовують під час передпосівного обробітку ґрунту, він забезпечує суцільний обробіток, а також його застосовують для обробітку парів поєднуючи із боронуванням. Знаряддя придатне для різних типів ґрунтів у всіх зонах України різних за ґрунтово-кліматичними умовами окрім зони гірського землеробства.



Рисунок 1.1

Використання культиватора дає якісні показники рихлення на глибину 5...12 см, знищуючи бур'яни, застосовують знаряддя для попередньо ораного ґрунту.

Культиватор відповідає вимогам ДСТУ 2189-93 «Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки». Зовнішнє стійке покриття культиватора забезпечує захист поверхонь від впливу корозії під час експлуатації. Часто КПСП-4 використовують для суцільного поверхневого обробітку ґрунтів різних за механічним складом, іноді попередньо необроблених при підготовці ґрунту для сівби озимих культур, яку виконують після збирання просяпних культур на незабур'ячених полях, де немає потреби в основному глибокому обробітку, також його можна використовувати і для подрібнення пожнивних рештків високостеблових культур.

Культиватор КПСП-4,0 – причіпний, приєднує його до трактора класу 1,4 (типу МТЗ-80) один тракторист, після приєднання знаряддя можна експлуатувати для якісного обробітку ґрунту за вологості до 20 %, твердості до 3,5 МПа на полях з ухилом до 8°.

Конструкцію культиватора можна розділити на такі основні вузли: просторова зварна рама; два колеса пневматичні, що мають гвинтовий механізм регулювання глибини, на яку можуть входити у ґрунт робочі органи;

гряділі – короткі і довгі зі штангами; робочі органи – стрілчасті лапи; обладнання для приєднання зубових борін та гідравлічний механізм, що забезпечує підйом робочих органів у транспортне положення.

Робочими органами культиватор КПСП-4 є універсальні стрілчасті лапи, їх встановлюють на гряділі у два ряди. Передній ряд має короткі гряділі з лапами шириною 270 мм, задній ряд має довгі гряділі з лапами шириною 330 мм. Матеріал для виготовлення стрілчастих лап – сталі 65Г, ріжучі краї лап наплавляють сормайттом, завдяки чому вони довговічніші і мають властивість самозагострювання.

Культиватор підєднують до трактора за допомогою снїці, на якій змонтовано домкрат, що регулює встановлення снїці на потрібну висоту, а також встановлено гідроциліндр, що піднімає раму з гряділями у транспортне положення, та механізм, що регулює встановлення коліс. Підсилена у такий спосіб снїця запобігає обламуванні причепного пристрою культиватора.

На культиваторі є приспособілення, яке дає можливість приєднати чотири зубові, пружинні або дискові котки-борони. На снїці є страховий ланцюг слугує, яким блокують культиватор у випадку його аварійного від'єднання від трактора. Культиватор має транспортні габарити менше 4,4 м, щоб безпечно транспортувати його шляхами загального користування.

Переведення культиватора у транспортне положення та в робоче виконують гідросистемою трактора з місця тракториста.

Механізм, що регулює глибину ходу – гвинтова пара, що з'єднана з гідроциліндром. Залежно від вкручування або викручування гвинта змінюється положення гідроциліндра і, відповідно розміщення коліс щодо рами. За один повний оберт гвинта відбувається зміна глибини обробітку на 15 мм.

Зарівнюючий пристрій кришить розпушений ґрунт, щоб краще підготувати ґрунт під посів, він розміщений позад лап на всій ширині культиватора.

Культиватор маючи ширину захвату 4 м і масу 785 кг працює на основних операціях з робочою швидкістю 10...12 км/год, забезпечуючи максимальну глибину обробітку ґрунту 120 мм та продуктивністю за одну

годину основного часу, 2,5...4,5 га. Дорожній просвіт – 250 мм; транспортна швидкість агрегату до 20 км/год

У сучасних технологій вирощування культурних рослин величезні витрати енергії потрібні на обробіток ґрунту, який мав би підвищувати родючість ґрунту та заощаджувати вміст у ньому вологи, даючи попри те високі врожаї зернових і просапних.

В обробітку ґрунту на сьогодні важливим є розуцільнювати родючий шар, збільшувати водопроникність, створюючи тим самим оптимальні умови мікробіологічним процесам, що відбуваються у родючому шарі, все це в комплексі має сприяти активізації фізіологічних процесів у рослинах, підвищенню засвоюваності добрив, особливо мінеральних для створення віддачі зібраним урожаєм.

Виконання таких вимог до обробітку ґрунту забезпечують сучасні культиватори, які мають високопродуктивні робочі органи, різні за конструктивним виконанням. Складність у створенні та вдосконаленні більшості ґрунтообробних машин у тому, що вони зайняті сезонно, до того ж багато із знарядь використовуються під час польових робіт дуже короткий період часу, а затрати на виготовлення, придбання та обслуговування значні, тому розробка нових і удосконалення існуючих конструкцій комбінованих знарядь для передпосівного обробітку – актуальна.

У даній роботі запропоновано удосконалити культиватор, обладнавши його двома рядами плоскорізних лап і двома рядами дискових котків-борін. Завдяки цьому відбувається об'єднання кількох технологічних операцій: розпушування, подрібнення, ущільнення і вирівнювання поверхні ґрунту і виконання їх за один прохід агрегату. Таке вдосконалення культиватора є доступним та ефективним, оскільки не вимагає значних затрат коштів і може бути реалізоване у багатьох господарствах. У результаті його застосування поверхневий шар ґрунту набуває дрібногрудковатого стану будучи розпушеним на потрібну глибину за один прохід агрегату, що економить час на виконання підготовки ґрунту до посіву, запобігає пересушуванню верхнього шару ґрунту, економить паливно-мастильні матеріали.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗМІН КОНСТРУКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

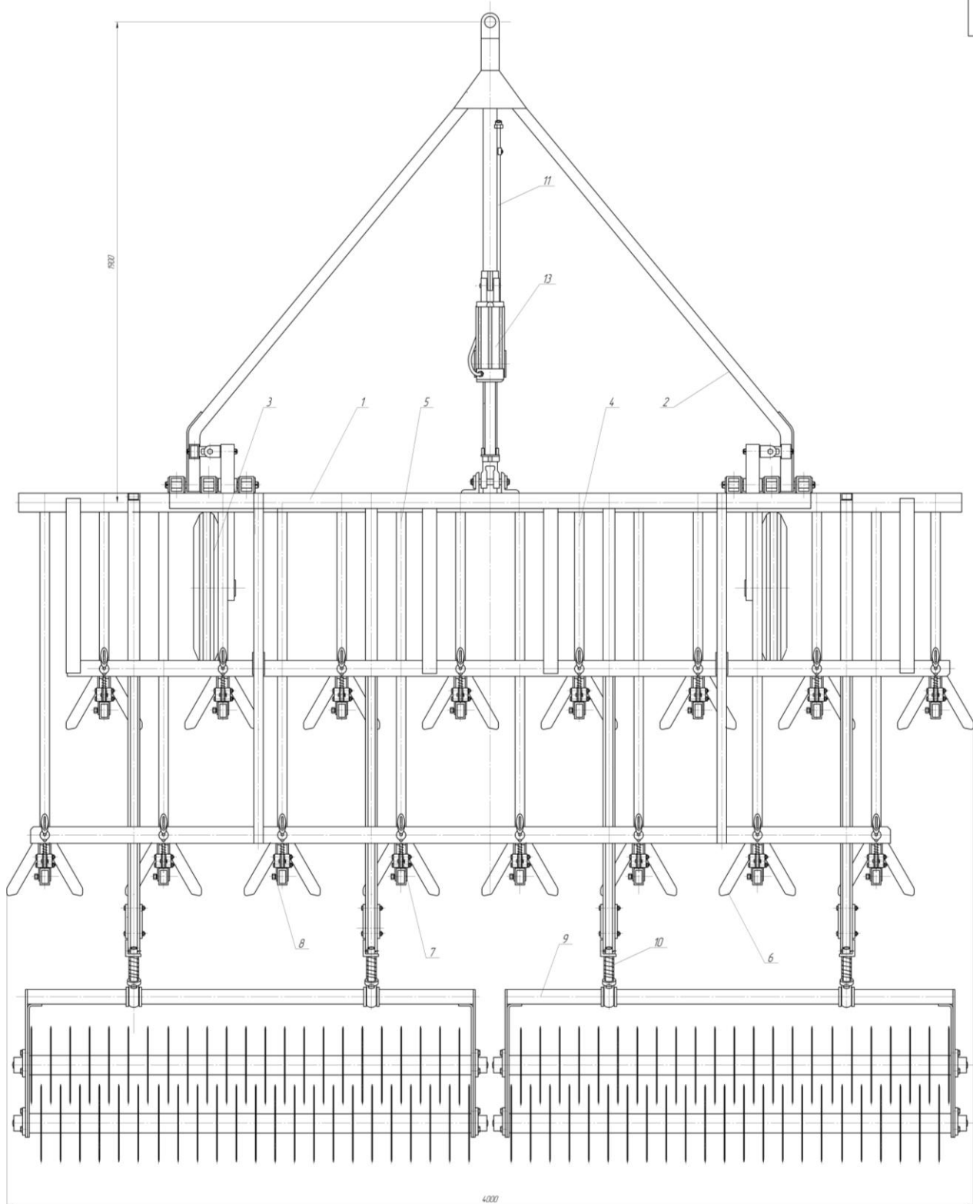
2.1. Конструктивні зміни внесені у базову модель культиватора для передпосівного обробітку ґрунту

Головна задача, яку вирішують аналізуючи роботу сільськогосподарських машин, – це встановлення причин об'єктивного характеру, які спричиняють появу можливих недоліків, тому спершу потрібно визначити шляхи можливого вдосконалення технологічних процесів, і лише згодом доцільно розробляти або удосконалювати конструкції сільськогосподарських машин. Простежується така тенденція – досягнення бажаного ефекту застосовуючи якусь одну нову сільськогосподарську машину чи знаряддя, – не вдасться, оскільки краще вирішення проблем досягається комплексним використанням різних машин та обладнання, що й спричиняє досягнення кращого ефекту.

Ґрунтообробні машини, які компонують, створюючи комбіновані знаряддя, має значні перспективи у комплексній механізації аграрного виробництва. Комбіновані агрегати забезпечують одночасне в одному технологічному процесі виконання кілька операцій, наприклад обробіток ґрунту, сівба, внесення добрив і пестицидів.

Нові технології, застосовувані у вирощуванні сільськогосподарських культур, як основний обробіток ґрунту рекомендують оранку виконувати застосовуючи обертові плуги або культиватори обладнані плоскорізними лапами, у яких реалізовано ярусне встановлення робочих органів. Такі машини, застосовувані з дотриманням агротермінів виконання операцій, дають кращі показники якісного обробітку ґрунту, запобігаючи вітровій та водній ерозії ґрунту, які доволі часто бувають спричинені несприятливими погодними умовами [9, 10, 14-20].

У даній роботі пропонується удосконалити процес передпосівного обробітку ґрунту застосовуючи культиватор КПСП-4, який доцільно дообладнати встановивши два ряди дискових котків-борін (рис. 2.1), чим буде забезпечуватися подрібнення великих грудок ґрунту, розпушування,



1 – рама; 2 – сниця; 3 – колесо; 4,5 – гряділь; 6 – лапа; 7 – пружина; 8 – кронштейн;
 9 – дискові котки-борони; 10 – штанга; 11 – гідротраса; 12 – домкрат; 13 - гідроциліндр

Рисунок 2.1 – Культиватор КПСП-4 у комплекті
 з дисковими котками-боронами

вирівнювання поверхні та ущільнення посівного шару, що дозволить зменшити кількість проходів трактора.

Удосконалюваний культиватор у базовому виконання обладнують лапами-плоскорізами, що забезпечуючи надійність у роботі, створюють необхідні умови для приготування ложа під посів насіння на всій ширині захвату. Перевагою культиватора є те, під час культивації не відбувається забивання лап грудками ґрунту, бур'янами та незібраними поверхневими рештками. Запропонований агрегат забезпечує подрібнення ґрунту створюючи дрібногрудковатий стан поверхні поля за один прохід агрегату; завдяки застосуванню дискових котків-борін (рис. 2.2), які також забезпечують вирівнювання поверхні ґрунту, а це відповідає агротехнічним вимогам під посів.

Агрегат створюваний на базі культиватора КПСП-4 може бути доукомплектований також іншими робочими органами, або може змінюватися конструктивно-технологічна схема його роботи.

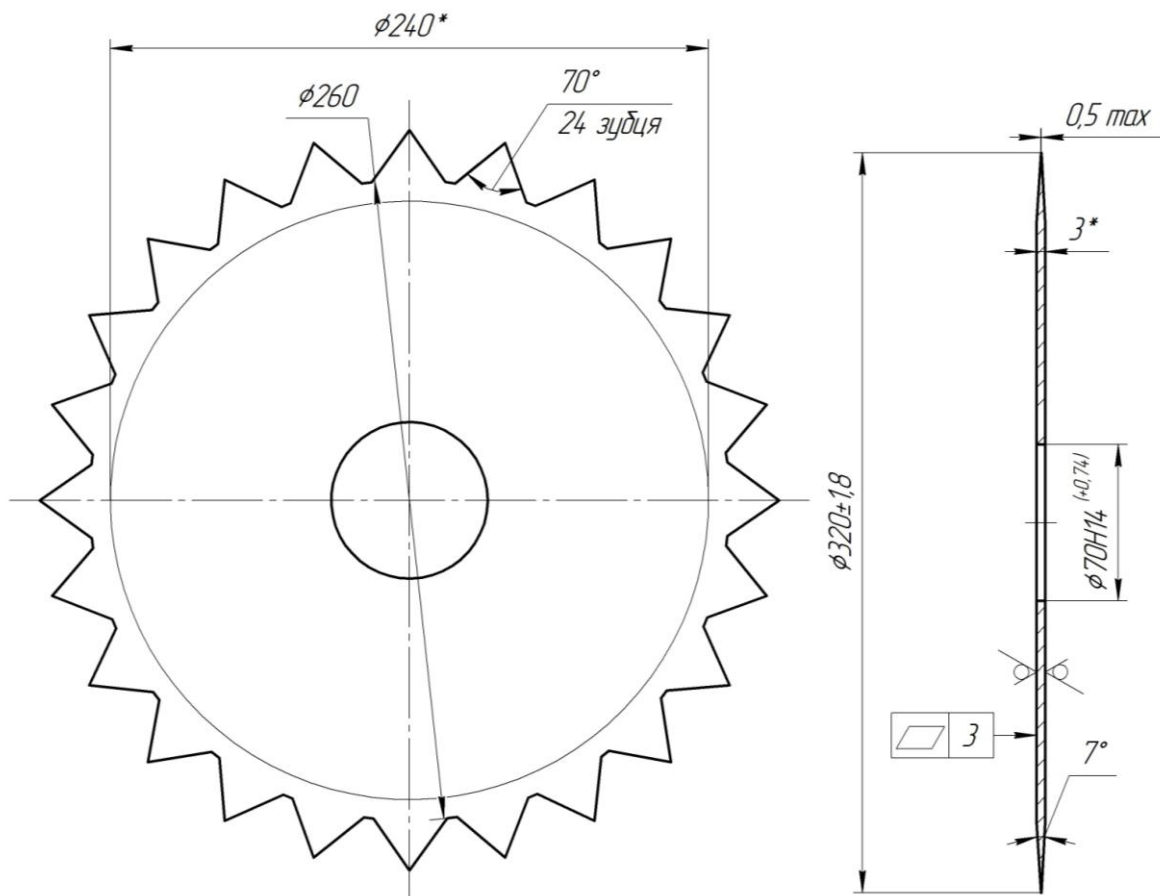


Рисунок 2.2 – Диск котка-борони

2.2. Розрахунок параметрів робочих органів зміненого культиватора

Культиватор КПСП-4, який удосконалюється у даній роботі, застосовується для покращення передпосівного обробітку ґрунту, він є знаряддям для суцільного обробітку і може застосовуватися у різних умовах, визначимо його ширину захвату,

$$B = \eta \cdot \frac{P_T}{q}, \quad (2.1)$$

яка залежить від таких параметрів [4, 9]: η – коефіцієнта споживання тягової сили трактора, $\eta = 0,8$; P_T – тягової сили трактора, враховуючи, що культиватор приєднують до тракторів класу 1,4, тому виходячи із вихідних даних, прийmemo, що трактор рухатиметься зі швидкістю 10 км/год розвиваючи тягове зусилля $P_T = 1150$ кг; q – питомого опору ґрунту, для прийнятих у роботі умов цей показник буде з розрахунку на один метр ширини захвата знаряддя, $q = 220$ кг/м.

Отримаємо

$$B = 0,8 \cdot \frac{1150}{220} = 4,18 \text{ м.}$$

Враховуючи конструктивні особливості під час транспортування знаряддя, приймаємо $B = 4 \text{ м}$.

Основними робочими органами, які встановлені на культиваторі, є стрілочасті лапи, які призначені, щоб розпушувати ґрунт; вони розміщені у два ряди, потрібно визначити, якою буде оптимальна відстань між їх рядами, щоб відповідала оптимальним умовам роботи, зокрема перекриттю лапами оброблюваного ґрунту [6, 9]

$$L = \frac{b_{\text{л}}}{\text{tg} [90^\circ - (\gamma + \varphi_1)]}, \quad (2.2)$$

і залежить вона від : γ – половини кута на який розхилено лезо лапи; φ_1 – кута тертя ґрунту об лезо лапи, $\varphi_1 = 25^\circ$; $b_{\text{Л}}$ – ширини лапи.

Найбільший вплив на забезпечення якісних показників роботи, яку виконують стрілочасті лапи культиватора має кут розхилу леза, обґрунтувати його можемо аналізуючи схему, як діє лапа на корені бур'янів (рис. 2.3).

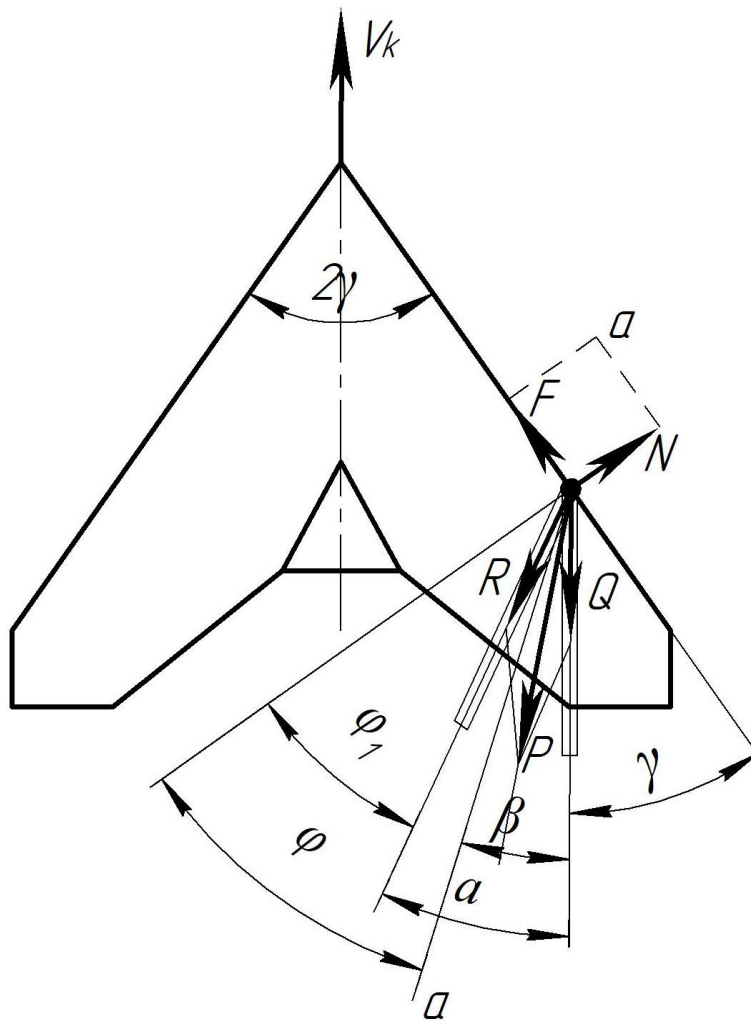


Рисунок 2.3

З аналізу схеми (див. рис. 2.3) видно, що та частинка коренів, яка безпосередньо контактує з підрізаючим краєм леза, потрапляє під дію таких основних сил, як R та Q і ще на нього впливатиме незначна за величиною лобова сила, що спричиняє сповзання коренів по довжині ріжучої кромки леза лапи. Сповзання кореня з лапи відбувається тоді, коли рівнодійна сила P , що утворена складовими R та Q , пройде поза кут тертя φ коренів по лезу лап.

Напрямок вектора сили Q утворить кут γ до леза лапи.

Крайнім випадком для сили P є той момент, коли вона буде направлена по лінії $a - a$ (див. рис. 2.3), тобто спостерігається залежність між кутами [6]

$$\gamma = 90^\circ - (\varphi + \beta), \quad (2.3)$$

де β – кут, який утворює рівнодійна сила по відношенню до напрямку руху лап.

Лінію $a - a$ покладемо як межу кута тертя φ (див. рис. 2.3)

Вважаємо, що $R = Q$, тоді

$$\beta = \alpha / 2,$$

де α – кут, який утворюють між собою вектори сил R та Q .

Отже, для крайнього положення сили R буде простежуватиметься така залежність між кутами

$$\beta = \varphi - \varphi_2, \quad \text{тоді} \quad \gamma = 90^\circ - (2\varphi - \varphi_2), \quad (2.4)$$

де φ_2 – кут, який визначає внутрішнє тертя ґрунту до ґрунту, приймемо

$$\varphi_2 = 30^\circ.$$

Для того щоб забезпечувалося добре підрізання коренів бур'янів лапами культиватора має відбуватися різання з ковзанням, тобто має виконуватися така умова

$$\gamma \leq 90^\circ - (2\varphi - 30^\circ). \quad (2.5)$$

Кут тертя бур'янів об лезо лапи, тобто φ , приймемо з дослідних умов [6, 9], маючи $\varphi = 45^\circ$, отримаємо, що

$$\gamma \leq 90^\circ - (2 \cdot 45^\circ - 30^\circ) = 30^\circ, \quad \text{або} \quad 2\gamma = 60^\circ.$$

Якщо кут 2γ зменшувати, то потрібно буде збільшувати кількість стійок лап.

Керуючись рекомендаціями [6, 9] та щоб досягти зменшення числа стійок та зменшити опір робочих органів – стрілочастих лап, які в удосконаленій конструкції культиватора будуть працювати в одному агрегаті із дисковими котками-боронами, то приймемо для переднього ряду культиватора стрілочасті лапи ширина яких 270 мм і встановлені на короткі гряділі, а для заднього ряду приймемо стрілочасті лапи ширина яких 330 мм і встановлені вони на довгі гряділі (див. рис. 2.1).

Визначимо якою буде оптимальна відстань між рядами лап культиватора за формулою (2.2)

$$L = \frac{320}{\operatorname{tg} [90^\circ - (30^\circ + 25^\circ)] \cdot 471} = 684 \text{ мм.}$$

Керуючись конструктивними міркуваннями, прийmemo відстань між розташованими у два ряди лапами, $L = 700$ мм.

Визначимо потрібне перекриття, що мають забезпечувати лапи культиватора [9]

$$C = L \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (2.6)$$

де δ – кут, на який випадково може відхилитися культиватор під час роботи від прямої лінії, прийmemo, $\delta = 8^\circ$;
тоді

$$C = 0,7 \operatorname{tg} 8^\circ \approx 0,068 \text{ м,}$$

прийmemo $C = 70$ мм.

Уточнимо, якою має бути мінімальна ширина захоплення культиваторних лап для удосконалюваного знаряддя, що показано на схемі розміщення лап у два ряди, яке застосовують для суцільного обробітку ґрунту (рис. 2.4)

$$B_{\min} = 3C = 3 \cdot 70 = 210 \text{ мм.}$$

Визначимо скільки потрібно робочих органів на знарядді згідно рекомендацій [6, 9]

$$n = \frac{B - C}{b_{\text{л}} - C}. \quad (2.7)$$

отримаємо

$$n = \frac{4000 - 70}{330 - 70} = 15,11,$$

прийmemo $n = 16$.

Враховуючи, що лапи у першому ряді культиватора отримують більше навантаження, порівняно з лапами другого ряду, тому для першого ряду культиватора приймемо вісім лап з шириною захвату $B = 270$ мм, і для заднього ряду також вісім лап з шириною захвату $B = 330$ мм (див. рис. 2.4).

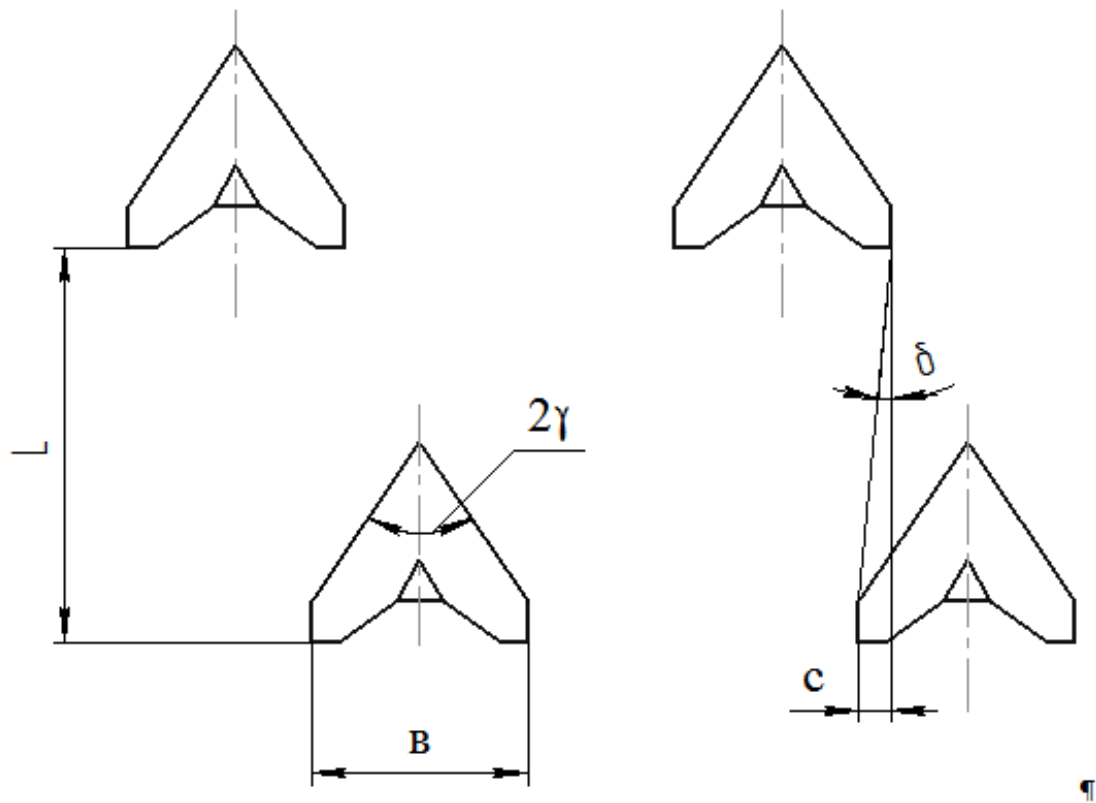


Рисунок 2.4

3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ УДОСКОНАЛЕНОГО КУЛЬТИВАТОРА

3.1. Проектування механізму, що підіймає культиватор КПСП-4

Удосконалюючи передпосівний обробку ґрунту – удосконалюємо знаряддя для його виконання – культиватор, у даному випадку КПСП-4, що є причіпним ґрунтообробним знаряддям, основою якого є рама, на яку монтують робочі органи – стрілочасті лапи та додаткові робочі органи – котки-борони виготовлені із дисків із зубцями.

Схема, що відтворює механізм, призначений, щоб піднімати робочі органи культиватора, показана на рис. 3.1, користуючись нею визначимо якими будуть реакції на серзі причіпу та на колесах культиватора.

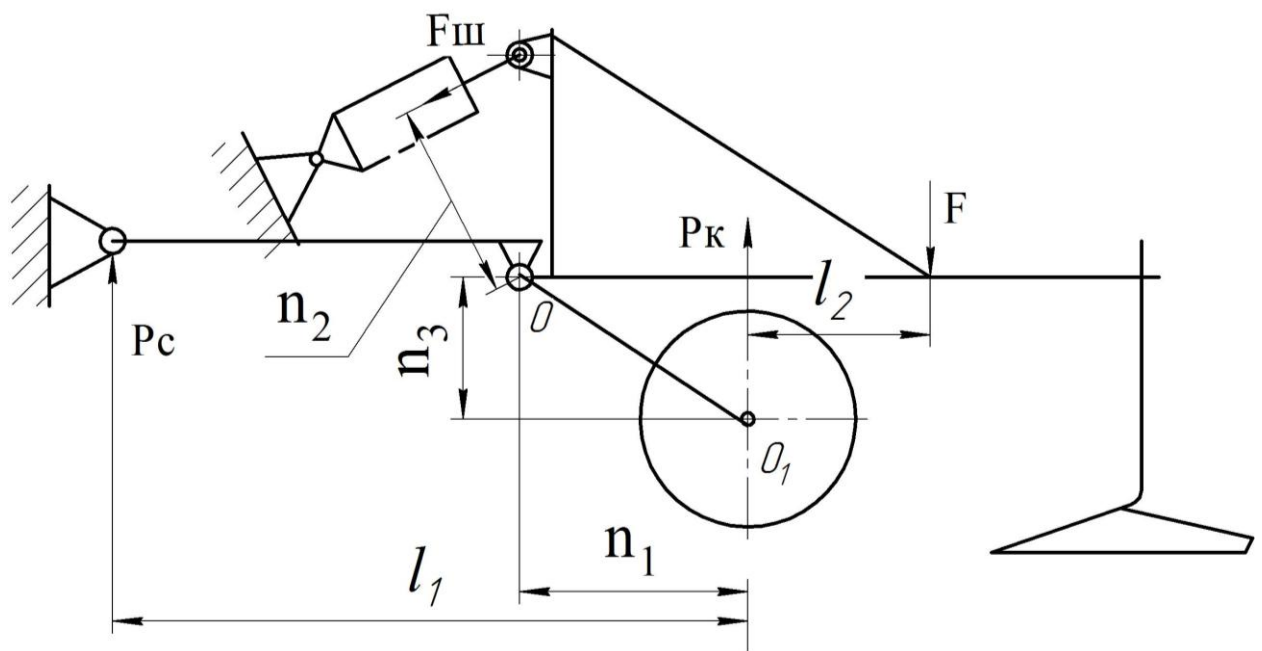


Рисунок 3.1

Вважає, що на культиватор діють сили його власної вага G , ваги ґрунту, що утримуються на робочих органах у процесі культивації Q , та сили, затрачуваної на відривання шару ґрунту у процесі роботи Q_1 , тому рівнодійна цих сил буде [1, 4, 6, 9]

$$F = G + Q + Q_1. \quad (3.1)$$

Складова рівнодійної сили, що залежить від ваги ґрунту, що буде на робочих органах під час культивуації залежить від глибини обробітку a , приймемо, $a=16\text{с}$ та ширини захоплення однієї стрілкової лапи $b_{\text{л}}$, приймемо $b_{\text{л}}=300\text{мм}$. Тоді

$$Q = a \cdot b_{\text{л}}^2 \cdot \text{ctg } \alpha \gamma \cdot q \cdot \frac{n}{2}, \quad (3.2)$$

Сила, яку потрібно затратити для відривання шару ґрунту,

$$Q \approx Q_1. \quad (3.3)$$

Відповідно рівнодійна сил, що діють на культиватор (див. рис. 3.1), описується новою залежністю

$$F = G + 2 \left(a \cdot b_{\text{л}}^2 \cdot \text{ctg } \alpha \cdot \gamma \cdot q \cdot \frac{n}{2} \right), \quad (3.4)$$

розрахувавши яку, отримаємо

$$F = 785 + 2 \cdot \left(0,16 \cdot 0,30^2 \cdot 1,38 \cdot 2200 \cdot \frac{16}{2} \right) = 855,5 \text{кґ} = 8555 \text{ Н}.$$

Маючи значення рівнодійної сили F , розрахуємо, якими можуть бути реакції, що виникатимуть на серзі причіпу та колесах культиватора:

$$P_{\text{к}} = F \cdot (l_1 + l_2) / l_1; \quad (3.5)$$

$$P_{\text{с}} = F \cdot l_2 / l_1.$$

У залежності (3.5) l_1, l_2 – це довжини плечей, визначивши які з креслення конструкції отримаємо шукані величини сил реакцій:

$$P_{\text{к}} = 8555 \cdot (2650 + 522) / 2650 = 10240 \text{ Н};$$

$$P_{\text{с}} = 8555 \cdot 522 / 2650 = 1685 \text{ Н}.$$

Зусилля, що виникає під час перевodu культиватора з положення робочого у транспортне, буде діяти вздовж штока гідроциліндра і залежатиме

від вага двох коліс культиватора, G_K , та коефіцієнта, що залежить від опору колеса, f [6, 9]

$$F_{uz} = [(P_K - G_K) \cdot n_1 - P_K \cdot f \cdot n_3] / n_2 . \quad (3.6)$$

Прийнявши $G_K = 1400 \text{ Н}$, $f = 0,15$ отримаємо

$$F_{uz} = [(10240 - 1400) \cdot 0,85 - 10240 \cdot 0,15 \cdot 0,26] / 0,45 = 15810 \text{ Н} .$$

Маючи величину F_{uz} виберемо гідроциліндр Ц-7, що буде здійснювати підймання культиватора. Зусилля втягування штока цього гідроциліндра – 37000Н.

Перевіримо достатність запасу міцності

$$\Delta = \frac{37000}{15810} = 2,34 ,$$

що вистачає, щоб створити умови надійності культиватора у роботі.

3.2. Визначення стійкості у роботі культиватора КПСП-4

Визначити стійкість удосконаленого культиватора у роботі зможемо побудувавши відповідну розрахункову схему (рис. 3.2), дані для якої вибираємо з технічної характеристики культиватора та обґрунтування розташування його робочих органів, яке визначено у попередньому пункті.

Побудову розрахункової схеми культиватора (див. рис.3.2) доцільно починати після визначення відстані L , яку відкладаємо починаючи з носиків переднього ряду робочих органів, тобто лап і завершуємо у точці з'єднання культиватора і трактора з врахуванням висоти h , яку відміряють від лез робочих органів і завершують у точці встановлення причепа (див. рис.3.2). Усі ці параметри у поєднанні з величиною рівнодійної сили опору P визначають можливість занурювання робочих органів у ґрунт під час роботи та стійкість культиватора.

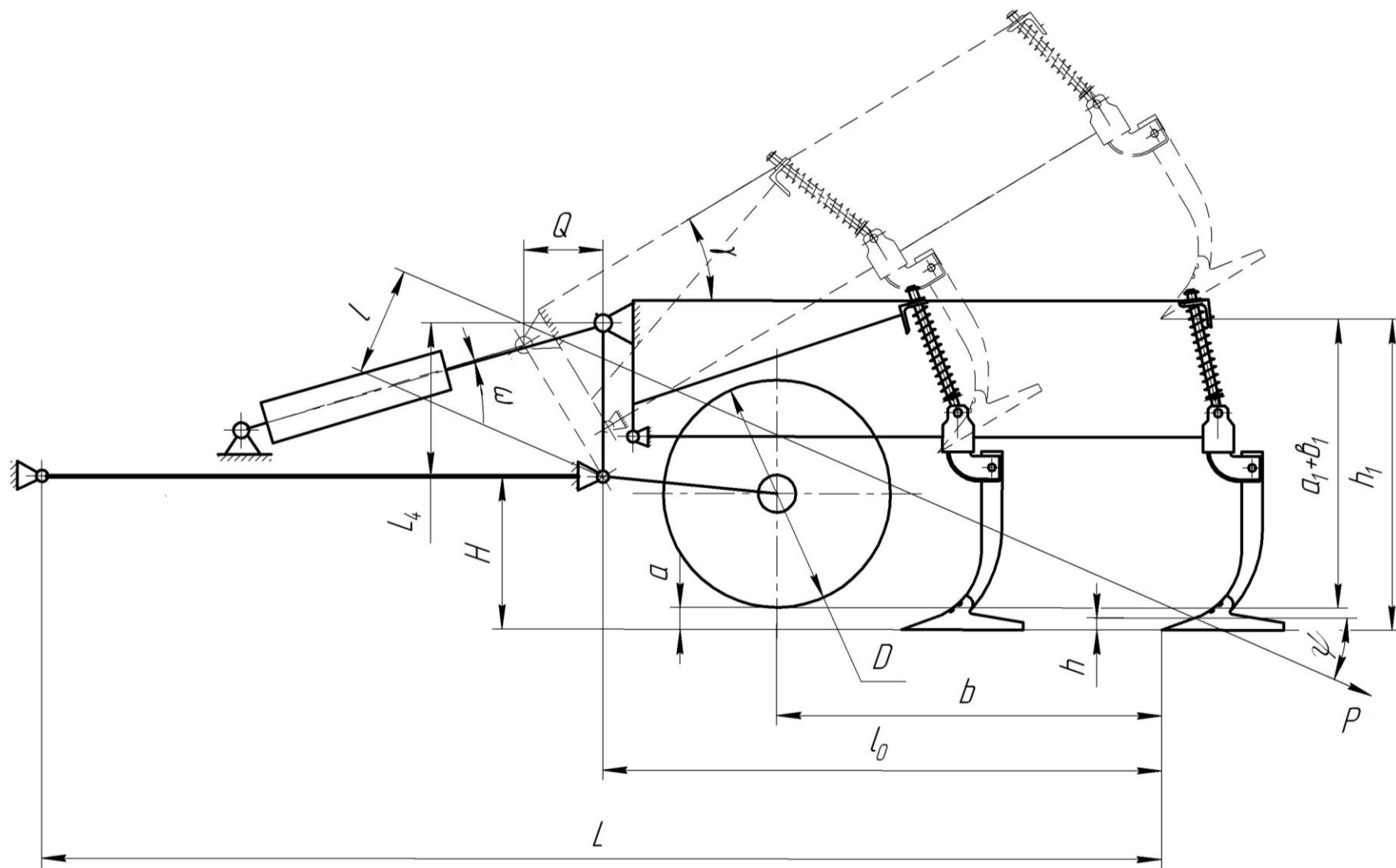


Рисунок 3.2

Умова для визначення величин L та H така – за мінімального значення кута нахилу ψ , що визначає положення вектора сили P до горизонту, момент, що утворюється по відношенню до точки причепа, має мати позитивне значення.

$$M_{\min} = P \cdot l > 0. \quad (3.7)$$

Рівнодіюча сили опору P для стрілчастих лап може бути направлена під кутом нахилу $\psi = 20^\circ$ [6, 9]. Приймаємо значення кута ψ однакове для усіх рядів лап культиватора.

Визначимо, яким буде відрізок h , який відмірюють з точки, де перетинається рівнодійна сил опору P з стрілчатою лапою, загалом від має бути $0,2a$, Якщо глибина розпушування лап 120 мм, то тоді

$$h = 0,2 \cdot 120 = 24 \text{ мм.}$$

Умови (3.7) має виконуватися, а це може бути, коли значення L буде найбільшим, а величина H – найменшою, це реалізується з врахуванням того, значення L обумовлюється дотримання стійкості робочих органів, яке має забезпечуватися у поздовжньо-вертикальній площині, відповідно величина H – обумовлена прохідністю агрегату [9].

Маючи дані про кінематику трактора Т-150, та попередньо обравши схему агрегування культиватора, прийmemo $H = 980$ мм.

Щоб створити умови для стійкості руху агрегата під час його транспортування дорогами загального призначення, відстань L обираємо не меншою як половина ширини захвату знаряддя, орієнтовно > 2000 мм.

Враховуючи конструктивне розміщення сніці та лап культиватора, можна прийняти, $L = 3125$ мм. Умова $L \geq 2H$ буде виконуватися.

Колеса культиватора щодо лап потрібно розмістити так, щоб під час роботи вони перекочувалися за межами зони деформації ґрунту та не було ущільнення розпушеного ґрунту, забезпечується це виконанням умови [9]

$$b_k \geq 2a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi^1) + 60 \dots 100, \quad (3.8)$$

де b_{κ} – відрізок відміряний від носиків лап до осі коліс;

α – кут підйому лапи, $\alpha = 20^\circ$;

φ^1 – кут тертя між металом та ґрунтом на лапах культиватора, $\varphi^1 = 25^\circ$;

60...100 – значення, що відповідає величині втиснення коліс у ґрунт.

Отримаємо

$$b_{\kappa} \geq 2120 \cdot \operatorname{tg}(10 + 25) + 80 = 248 \text{ мм};$$

прийmemo $b_{\kappa} = 250 \text{ мм}$.

Визначимо довжину коліна потрібну для поворота культиватора [9], вона буде залежати від висоти підшипника H_{Π} , найбільшої глибини розпушування ґрунту a_{Γ} , діаметра коліс D ; кута, що утворюється у робочому стані між коліном та вертикальною віссю, враховуючи рекомендації [1, 9], його значення має бути не більше $85^\circ \beta_1$:

$$L_0 = \frac{H + H_{\Pi} - (a_{\Gamma} + D / 2)}{\cos \cdot \beta_1}. \quad (3.9)$$

Висота підшипника залежить від висоти профілю рами m та діаметра осі, d_0 згідно [1]

$$H_{\Pi} = [(m + d_0) / 2] + 15 \dots 20. \quad (3.10)$$

З аналізу базової конструкції культиватора визначаємо розміри: $m = 80$ мм; $d_0 = 95$ мм. Відповідно

$$H_{\Pi} = \frac{80 + 95}{2} + 20 = 107,5 \text{ мм},$$

прийmemo $H_{\Pi} = 110 \text{ мм}$.

Визначимо довжину коліна

$$L_0 = \frac{980 - 107,5 - (120 + 840 / 2)}{\cos \cdot 85^\circ} = 785 \text{ мм}.$$

Стійкішу роботу культиватора будемо мати, прийнявши $L_0 = 1400$ мм та зменшивши кут β_1 до 75° , щоб запобігти підкочуванню осі колеса під час транспортування, кут β_1 встановлюють не менше 22° .

Визначимо кут β_2 [9]

$$\beta_2 = \beta_1 + \arccos \frac{H - h_1}{\sqrt{H^2 + L^2}} - \arccos \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}}. \quad (3.11)$$

матимемо

$$\beta_2 = \beta_1 + \arccos \frac{980 - 450}{\sqrt{980^2 + 3125^2}} - \arccos \frac{980}{\sqrt{980^2 + 3125^2}} = 26^\circ 32'.$$

Виконані розрахунки на основі розробленої схеми підтверджують, що удосконалений культиватор матиме стійке положення під час транспортування.

3.3. Міцнісні розрахунки елементів культиватора: натискної пружини, стійки лап, зварного з'єднання котків-борін

На робочі органи культиватора під час його руху у ґрунті, згідно схеми навантаження пружини (рис. 3.3), що регулює заглиблення культиваторних лап, буде діяти сила, яка залежатиме від кута ψ нахилення рівнодійної до горизонту [9]

$$R = \frac{q \cdot b_{Л}}{\cos \psi} \quad (3.12)$$

Розраховуватимемо пружину, яку потрібно встановити у задньому ряду культиваторних лап, робимо це, враховуючи умову – навантаження у цьому ряду буде більшим, бо більшим є плече прикладання сили і тому більшим буде момент.

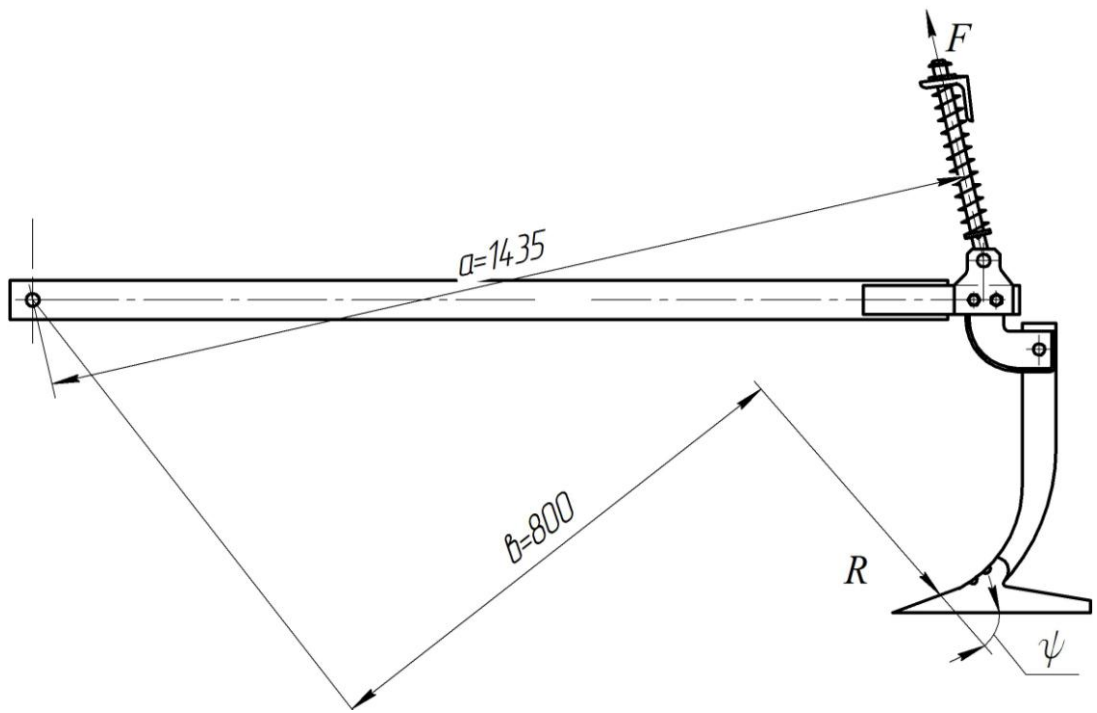


Рисунок 3.3

Отримаємо значення $R = \frac{2200 \cdot 0,3}{\cos 18^\circ} = 687,5 \text{ Н.}$

Керуючись умовою, згідно якої, момент всіх сил, що будуть діяти на робочі органи культиватора, по відношенню до точки підвісу (див. рис.3.3) має дорівнювати нулю, то можемо визначити силу, яку має створювати пружина, щоб забезпечувати стійкість ходу лап

$$F \cdot a = R \cdot b . \tag{3.13}$$

Відповідно $F = \frac{R \cdot b}{a} = \frac{678,5 \cdot 800}{1435} = 383,3 \text{ Н.}$

Пружину розрахуємо користуючись відповідною комп'ютерною програмою, для чого прийемо попередньо діаметр дроту для виготовлення пружини – п'ять міліметрів, діаметр самої пружини зовнішній – 30 мм.

Під час роботи культиватора у полі має витримуватися обов'язкова умова – лапи не мають виглиблятися з ґрунту, тому з цих міркувань прийемо, що величина переміщення пружини – до 25 мм. Результат розрахунку пружини (рис. 3.4) підтверджує рівномірність ходу лап у ґрунті.

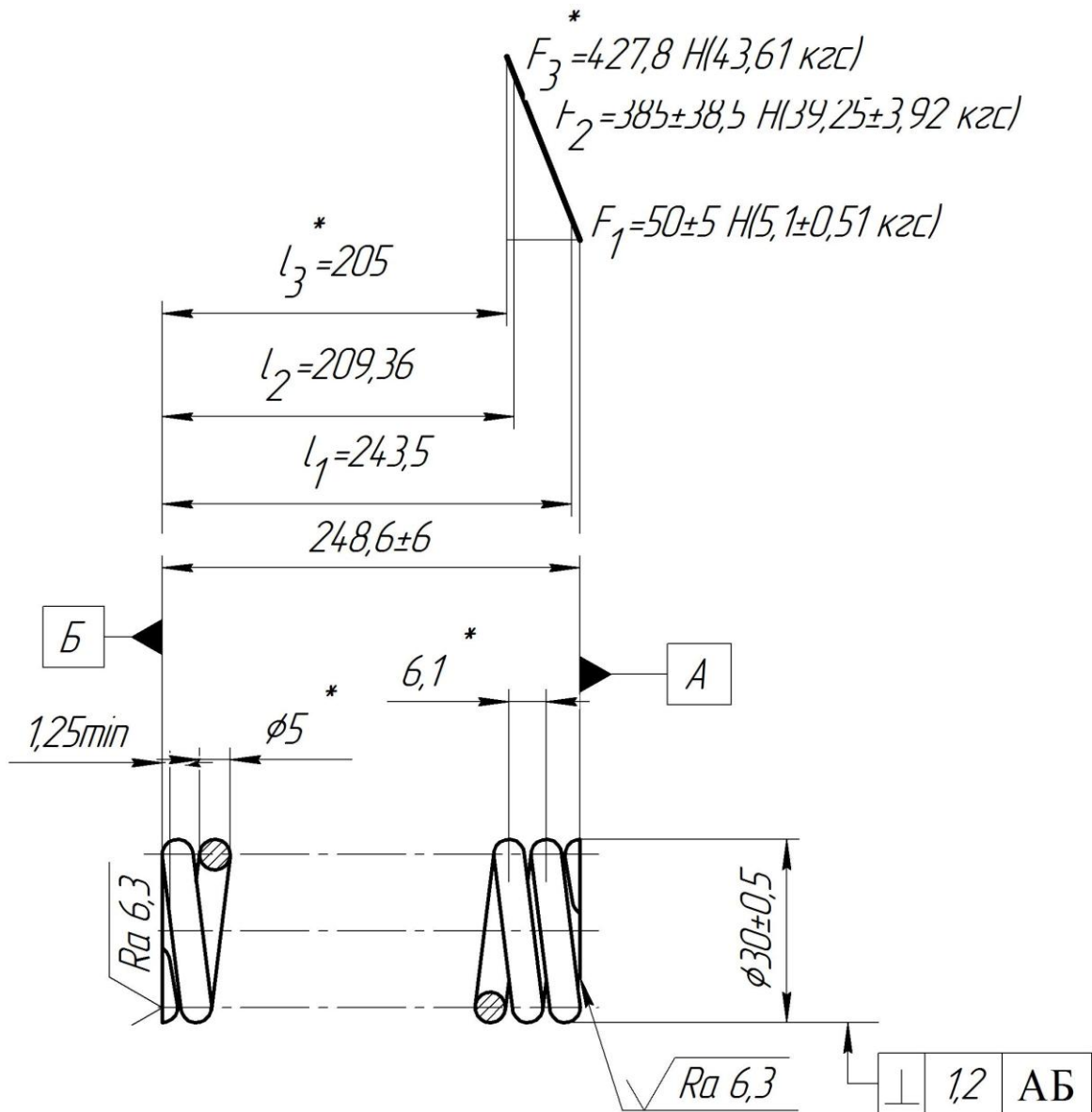


Рисунок 3.4

Розрахуємо на міцність стійку культиваторних лап, користуючись розрахунковою схемою (рис. 3.5). На робочий орган культиватора, тобто лапу буде діяти зусилля R_{zx} , яке під час розрахунку поперечного перетину стійки лапи потрібно подвоїти, з умови нерівномірності навантаження [9]

$$M_{3\Gamma} = 2 R_{zx} \cdot H^1, \quad (3.14)$$

ТУТ $R_{zx} = R_x / \cos \varphi$

або

$$R_{zx} = \frac{q \cdot B}{n \cdot \cos \varphi}, \quad (3.15)$$

де R_x – горизонтальна рівнодійна;

φ – кут нахилення рівнодійної до горизонту, приймаємо 10° .

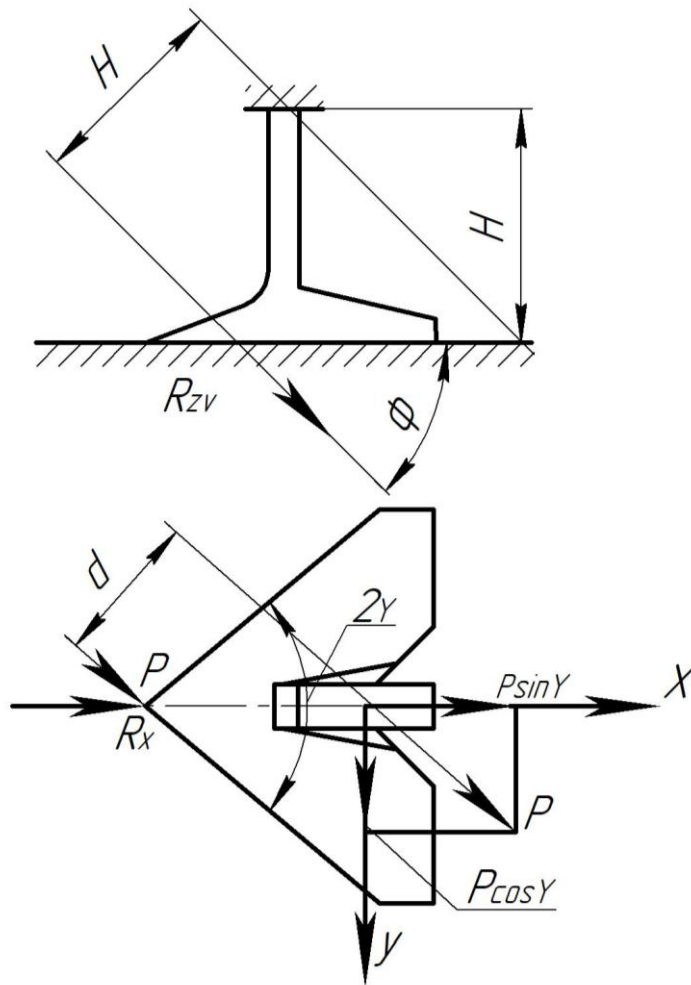


Рисунок 3.5

Тоді залежність (3.14) набуде вигляду

$$M_{3Г} = \frac{q \cdot B}{n \cdot \cos \varphi} \cdot 2H^1. \quad (3.16)$$

Матимемо

$$M_{3Г} = \left(\frac{2200 \cdot 4}{16 \cdot \cos 10^\circ} \right) \cdot 2 \cdot 0,46 = 514 \text{ Нм.}$$

Підберемо потрібний поперечний перетин стійки, прийнявши матеріал для виготовлення Ст. 5Гпс для якої нормальне допустиме напруження $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

Визначимо величину осевого моменту інерції поперечного перетину стійки лапи [2. 5]

$$W_0 = \frac{M_{3r}}{[\sigma]}. \quad (3.17)$$

Розрахувавши маємо, що $W_0 = \frac{514 \cdot 10^3}{160} = 3,2 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$.

Прийнявши ширину стійки 3 см, визначимо довжину

$$a = \frac{6W_0}{b^2} = \frac{6 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{30^2} = 21,4 \text{ мм}.$$

Для виготовлення стійок культиваторних лап доцільно прийняти стандартні значення розмірів прямокутного прокату $a \times b = 30 \times 70 \text{ мм}$.

Оскільки дискові котки-борони є додатковим обладнанням культиватора, то потрібно продумати їх кріплення – найдоцільніше котки-борони, які складаються із зубчастих дисків, зібрати на вали, які болтовими з'єднаннями прикріплені до сталених полос, що зварними з'єднаннями кріпляться до траверс, що є частиною рами культиватора.

Аналізуючи схему зварного з'єднання полоси до траверси (рис. 3.6) визначимо силу, яку сприймає одне зварне з'єднання

$$F_{36} = F_T = 103,5 \text{ Н}.$$

Міцність зварного з'єднання перевіримо виконанням умови [2, 5]

$$\tau = \frac{F_{36}}{A} < [\tau], \quad (3.18)$$

A – площа зварного шва, $A = 0,7 \cdot 2 \cdot \delta \cdot 2 \cdot B$;

B – довжина шва, $B=100\text{мм}$;

$[\tau]$ – допустиме дотичне напруження для матеріалу шва,

$$[\tau] = (60 \dots 100) \text{ Н/мм}^2.$$

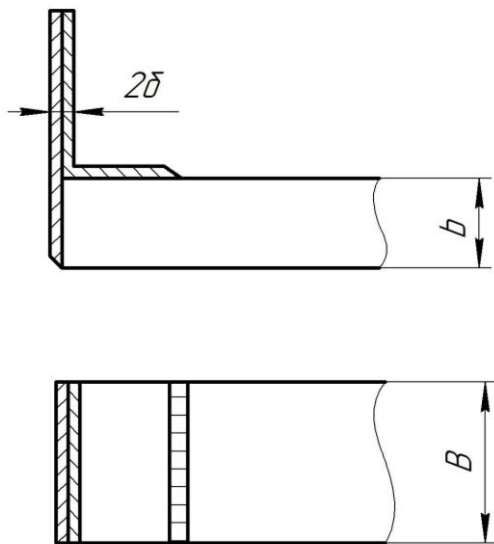


Рисунок 3.6

Визначимо, яким буде розмір катета шва k , найчастіше його приймають таким, що дорівнює товщині зварюваних листів δ , тому $k = \delta = 8 \text{ мм}$.

Зварний шов має площу $A = 0,7 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 100 = 2240 \text{ мм}^2$.

Визначимо напруження

$$\tau = \frac{103,5}{2240} = 0,05 \text{ Н/мм}^2.$$

3.4. Розрахунок кріплення додаткових елементів культиватора – дискових котків-борін

Тяговий опір, що діятиме на вал дискових котків-борін, залежить від тягового опору диска, $P = 4,5 \text{ Н}$ та кількості дисків, закріплених на одному валу, $n = 23$

$$F_T = P \cdot n \tag{3.19}$$

визначимо $F_T = 4,5 \cdot 23 = 103,5 \text{ Н}$.

Сила тиску на опори вала борін буде

$$F_n = \frac{1}{2} F_T = \frac{103,5}{2} = 51,75 \text{ Н}.$$

З конструктивних міркувань приймемо кульковий радіальний підшипник 310, для якого динамічна вантажопідйомність 48500 Н [5, 23].

Перевіряємо працездатність опор,

$$C = 0,2 \cdot Q (\omega \cdot L_h)^{0,3} \leq [C], \quad (3.20)$$

яка залежить від:

- кутової швидкості диска котка-борони,

$$\omega = \frac{V_T}{R} = \frac{2,78}{0,12} = 23,17 \text{ с}^{-1};$$

- поступальної швидкості трактора,

$$V_T = 10 \frac{1000}{3600} = 2,78 \text{ м/с};$$

- радіуса котка, $R = 120 \text{ мм} = 0,12 \text{ м}$;

- довговічності підшипників, $L_h = 7000 \text{ год}$;

- допустимого навантаження, яке може сприйняти підшипник [2, 11]

$$Q = (K_K \cdot F_n + mA) K_\delta k_T, \quad (3.21)$$

що залежить від кінематичного коефіцієнта, $K_K = 1$; коефіцієнта переведення осьової нагрзуки у радіальну, $m = 2,5$; динамічного коефіцієнта, що врахує характеристику навантаження на підшипники, $K_\delta = 3$; температурного коефіцієнта, що врахує температуру нагріву підшипників, $k_T = 1$; осьової сили, $A = 0$.

Розрахуємо величину допустимого навантаження Q

$$Q = (1 \cdot 51,75 + 2,5 \cdot 0) \cdot 3 \cdot 1 = 155,3 \text{ Н}.$$

Визначимо потрібну динамічну вантажопідйомність підшипників

$$C = 0,2 \cdot 155,3 (23,17 \cdot 7000)^{0,3} = 5690 \text{ Н} < [C] = 48500 \text{ Н}.$$

Умова працездатності підшипників виконується.

Проведені розрахунки підтверджують доцільність пропонованого удосконалення конструкції культиватор КПСП-4.

3.5. Енергетичний розрахунок удосконаленого культиватора

Для удосконалюваного у роботі культиватора для передпосівного обробітку ґрунту КПСП-4, у комплект якого увійдуть дискові котки-борони потрібно визначити марку трактора, щоб забезпечити агрегування культиватора.

Визначимо величину тягового опору культиватора, який об'єднує такі складові опору: коліс знаряддя по розпушеному ґрунту, R_{II} ; лап культиватора, $R_{л}$; котка-борони, $R_{б}$ [1]

$$P_{к} = R_{II} + R_{л} + R_{б} . \quad (3.22)$$

Зусилля, що потрібно затратити на перекочування коліс залежить від навантаження на колесо, Q , отримане згідно залежності (3.21); ширини обода колеса, b_k та його діаметра D .

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

Отримуємо

$$R_{II} = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{392,5^4}{2200 \cdot 0,18 \cdot 0,78^2}} = 2156 \text{ Н.}$$

Визначимо якою буде величина загального опору культиваторних лап

$$R_{л} = q \cdot B . \quad (3.24)$$

тобто $R_{л} = 2200 \cdot 4 = 8800 \text{ Н.}$

Визначимо яки буде величина опору котка-борони, прийнявши, що вона складе орієнтовно третину від величини опору культиваторних лап

$$R_{б} = 0,3 \cdot R_{л} \text{ Н.} \quad (3.25)$$

Тоді $R_{б} = 0,3 \cdot R_{л} = 0,3 \cdot 8800 = 2640 \text{ Н.}$

Визначимо загальний опір знаряддя згідно (3.22), враховуючи результат (3.23), (3.24), (3.25)

$$P_{к} = 2156 + 8800 + 2640 = 13596 \text{ Н} = 13,6 \text{ кН.}$$

Маючи тягову характеристику трактора [1], визначимо, що для роботи знаряддя потрібна сила тяги на гаку трактора буде 14 кН, реалізовуватися вона буде за швидкості 10км/год, враховуючи ці вимоги рекомендуємо культиватор КПСП-4 удосконалений застосування додаткових робочих органів котків-борін агрегатувати з трактором МТЗ-80 у всьому діапазоні робочих швидкостей.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Загальні вимоги охорони праці до сільськогосподарських машин

Особливістю конструкцій та умов експлуатації більшості сільськогосподарських машин є неможливість застосування огорожень для їх робочих органів.

Сільськогосподарські машини в основному працюють під відкритим небом, технологічні операції виконують у запиленому повітрі або при високій температурі, обслуговуючий персонал підлягає впливу вібрації і напрузі праці, що негативно впливає на умови праці.

У зв'язку з цим під час конструювання сільськогосподарських машин велику увагу приділяють питанням зручності їх обслуговування, зменшення затрат енергії обслуговуючого персоналу і навантаженості роботи, впровадження здорових умов праці.

Зручність обслуговування машини забезпечується визначеним розміщенням вузлів і механізмів, вільним доступом до них під час їх ремонту та експлуатації, встановленням швидкознімних та відкидних огорожуючих пристроїв, які підлягають частому огляду. Крім цього, у сільськогосподарських машинах для комфорту роботи обслуговуючого персоналу необхідним є створення відповідного робочого місця; у машинах із складною системою управління у відповідних місцях наносять надписи і таблички, що допомагають у керуванні агрегатом.

Полегшення фізичної праці під час керування сільськогосподарськими машинами досягається застосуванням гідравлічної системи у найбільш трудомістких і часто застосовуваних механізмах регулювання; це сприяє зменшенню необхідного зусилля на важіль регулювання [8, 9].

Зменшення напруження під час роботи досягається застосуванням автоматичних вимикачів або сигналізаторів, що спостерігають за

правильністю функціонування робочих органів і механізмів, попереджують про перевантаження або про нефункціонування деяких робочих органів. Сигналізаторами оснащують робочі органи, які найчастіше перестають функціонувати (шнеки, транспортери, бітери). На збиральних машинах застосовують також копії рельєфу поля, що забезпечують постійне положення робочих органів машини відносно поверхні поля, а також інші автоматично діючі пристрої для регулювання робочих процесів і водіння сільськогосподарськими машинами.

Безпека обслуговування сільськогосподарських машин досягається надійно закріпленим і таким, що не заважає обслуговуванню огороженням передаточних механізмів, карданних, ланцюгових, пасових і зубчастих передач, до яких може дотикатися обслуговуючий персонал під час роботи. На сільськогосподарських машинах у місцях, доступних для огляду, наносять надписи і таблички із основними вимогами техніки безпеки, виробничої санітарії і пожежної безпеки.

Габарити сільськогосподарських машин у транспортному положенні вибирають із умов забезпечення безпечного і зручного проїзду дорогами, під лініями електропередач і дорожніми спорудами.

4.2. Правила техніки безпеки під час роботи удосконаленого культиватора та його технічне обслуговування

Для безпеки роботи під час експлуатації удосконалюваного у роботі культиватора необхідно дотримуватись таких правил та вимог роботи [8, 9]:

- не допускаються до роботи працівники без прав тракториста-машиніста, а також ті, що не пройшли інструктажу з правил техніки безпеки;
- не допускається ремонт та технічне обслуговування агрегату при працюючому двигуні;
- при ремонті та технічному обслуговуванні використовувати справні інструменти та приспособлення;

- нові машини, а також після ремонту або тривалої стоянки, перед роботою необхідно обкатувати під керівництвом бригадира або механіка;

- заправляти трактори і самохідні машини паливно-мастильними матеріалами рекомендується за допомогою механізованих заправних агрегатів, що дають можливість заправляти закритим способом у польових умовах.

Для регулювання та заміни робочих органів культиватор встановлюють на регулювальній площадці. Під опорні колеса начіпного культиватора підставляють дерев'яні бруски потрібної товщини залежно від глибини обробітку ґрунту, що значно полегшує регулювання і забезпечує безпеку праці.

Комплектування і налагодження машинно-тракторного агрегату у складі культиватор з розпушувачем і трактор відповідного тягового класу, виконує тракторист-машиніст під керівництвом одного із спеціалістів служби механізації.

Культиватор з'єднують з трактором жорстким зчіпним пристроєм. Для безпечного з'єднання агрегату з трактором необхідно заднім ходом під'їхати так, щоб кутові втулки тяг розмістилися проти відповідних точок з'єднання на рамі знаряддя. Для надійного включення автозчіпки не допускається відхилення знаряддя від осі трактора понад 120 мм, а їх замків вперед чи вбік не більше 15 мм.

Вузли і деталі гідросистеми культиватора мають бути надійними, виключати витікання масла і самовільне опускання робочих органів. Гідросистема культиватора повинна з'єднуватись з гідросистемою енергозасобу за допомогою розподільчих муфт. Культиватор має мати крім причіпного пристрою, страховий ланцюг або трос.

Попадання на ґрунт паливо-мастильних речовин (масло, дизельне пальне, солідол і т. п.) під час агрегування культиватора з енергозасобом, а також у процесі експлуатації не допускається. Розміщення маслянок повинно забезпечувати зручний і безпечний доступ до них.

Культиватор повинен бути обладнаний комплектом інструменту, необхідним для обслуговування його у польових умовах. Для очищення лап і борінок культиватор повинен бути укомплектований ручним чистиком.

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

Робітників, що обслуговують такі агрегати, необхідно забезпечити справними інструментами та відповідним спецодягом.

До роботи на ґрунтообробних машинах допускають осіб віком не менше 18 років, що пройшли навчання та інструктаж з техніки безпеки, а також оволоділи практичними навичками у роботі. Працівників забезпечують спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту.

Перед культивацією перевіряють технічний стан культиваторів, кріплення гряділів, стояків робочих органів, вилок для піднімання. Осьове переміщення коліс не повинно перевищувати 2мм.

Крім того, перед початком і періодично у роботі потрібно перевіряти надійність гальм і сигналізацію.

До початку польових робіт поле оглядають, засипають ями, перешкоди позначають віхами, відбивають контрольні борозни і поворотні смуги.

Перед початком руху необхідно переконатись у відсутності людей поблизу і подати звуковий сигнал.

Під час роботи не робити крутих поворотів, якщо робочі органи заглиблені у ґрунт.

Перед заміною робочих органів у польових умовах зупинити агрегат, виключити двигун, підставити під раму машини надійні підставки.

Технічне обслуговування комбінованого агрегату КПСП-4, як і інших ґрунтообробних машин, проводиться щозмінне та післясезонне. Щозмінне

технічне обслуговування культиватора КПСП-4 проводять одночасного з обслуговуванням трактора, з яким він працює.

При щозмінному технічному обслуговуванні очищають культиватор від ґрунту та рослинних решток. Перевіряють стан робочих органів, кріплення всіх складальних одиниць культиватора, особливо кріплення робочих органів та секцій. У разі необхідності замінюють робочі органи і підтягують ослаблені кріплення. Всі тертьові поверхні змащують згідно з картою мащення культиватора. Перевіряють стан шин і тиск повітря в них.

Післясезонне технічне обслуговування виконують при встановленні культиватора на зберігання. При цьому, крім операцій щозмінного технічного обслуговування виконують ще й такі роботи. Проводять огляд і дають оцінку стану комбінованого агрегату визначають можливість його дальшого використання без ремонту, у разі необхідності – ремонтують. На непридатні для роботи деталі складають дефектну відомість і передають механіку для оформлення заявки на їх придбання, якщо не можна виготовити ці деталі у майстернях господарства. Деталі з пошкодженим покриттям підфарбовують. Усі тертьові поверхні деталей та складальних одиниць очищають від бруду і змащують густим мастилом. Особливо ретельно очищають туковисівні апарати, промивають гасом і змащують.

Колеса з пневматичними шинами перебирають. Камери посипають тальком. Шини при зберіганні захищають від сонячних променів.

Зберігають культиватори під навісом або на відкритих майданчиках з твердим покриттям. Під робочі органи ставлять підкладки. При зберіганні на відкритих майданчиках знімають гідроциліндри, шланги гідросистеми і здають на склад. З гідроциліндрів і маслопроводів гідравлічної системи випускають масло.

Інструмент та запасні частини, що додаються до комбінованого агрегату, очищають, змащують, кріплять бірки з номерами машин і здають на склад. При зберіганні культиваторів періодично оглядають їх стан чистиком.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Запропоновано базову модель культиватора КПСП-4 для перед посівного обробітку ґрунту дообладнати двома рядами дискових котків-борін. Удосконалений агрегат забезпечуватиме розпушування ґрунту та подрібнення його великих грудок створюючи дрібногрудковатий, вирівняний і частково ущільнений стан поверхні поля за один прохід агрегату, що сприяє збереженню вологи у посівному шарі, чим створюються відповідні агротехнічні вимоги під посів. Використання такого комбінованого агрегата, заощаджуючи проходи трактора, дозволяє зменшити затрати часу для підготовки поля для сівби, зекономити витрати паливно-мастильних матеріалів.

Виконано розрахунок параметрів робочих органів удосконаленого культиватора, а саме, ширини захвату, відстані між рядами лап та визначено кількість робочих органів (16 лап по 8 у кожному ряді). Виконано проектування механізму, що підіймає робочі органи удосконаленого культиватора КПСП-4, за результатами розрахунку вибрано гідроциліндр, що буде здійснювати підймання культиватора для переведення у транспортне положення.

Визначено стійкість культиватора у роботі. Виконано міцнісні розрахунки елементів культиватора: натискної пружини, стійки лап, зварного з'єднання котків-борін. Вибрано матеріал стійок культиваторних лап – сталь Ст.5Гпс та визначено розміри їх поперечного перетину – $a \times b = 30 \text{ мм} \times 70 \text{ мм}$. Виконано розрахунок кріплення культиватора – дискових котків-борін. Завдяки використанню для суцільного передпосівного обробітку ґрунту вдосконалених робочих органів досягається підвищення продуктивності праці, скорочується час на змінне ТО та покращується розпушування ґрунту.

Виконано енергетичний розрахунок удосконаленого культиватора, встановлено, що для роботи знаряддя потрібна сила тяги на гаку трактора 14кН, реалізується вона за швидкості 10 км/год, відповідно культиватор можна агрегатувати з трактором МТЗ-80 у всьому діапазоні робочих швидкостей. Розроблено правила техніки безпеки під час роботи удосконаленого культиватора та його технічне обслуговування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві. Київ: Вища школа, 1995. 236 с.
2. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
3. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.
4. 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.
5. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А.Довбуш, Н.І.Хомик, А.В. Бабій, Г.Б.Цьонь, А.Д.Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
6. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (ч.1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: Око, 2001. 444 с.
7. Консервирующая или минимальная обработка почвы. – [Монсато США], торг, фирма Монсато, 1990. 78с.
8. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000. 188 с.
9. 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. 382с.
10. Хомик Н.І. Вступ до фаху: навчальний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, І.Й. Блозва, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 348 с.

11. 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.
12. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.
13. 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.
14. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
15. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 320 с.
16. 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.
17. Babii A., Dovbush T., Khomuk N., Dovbush A., Tson A., Oleksyuk V. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor *Procedia Structural Integrity*, 2022. No 36, 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>
18. Babii A., Levytskyi B., Dovbush T., Babii M., Khomuk N., Dovbush A., Valiashek V. Mathematical model of sprayer tank loading. *Procedia Structural Integrity*, 2024. No 59, 609-616.
19. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Dunets Bogdan. Evaluation technique of frame residual operational life. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2019. Vol. 93. No. 1. P. 61-69.

20. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Tson Hanna, Dovbush Anatolii, Improvement of prt-9 constructive system on the basis of frame elements strength balance. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2020. Vol. 100. No. 4. P. 40-45.
21. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Palyukh A. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2022. Vol 108. No 4. P. 5-15.
22. Hevko R.B., Tkachenko I.G., Khomyk N.I., Gumeniuk Y.P., Flonts I.V., Gumeniuk O.O. Determination of technical-and-economic indices of root crop conveyer-separator during their motion on curved path. *INMATEH - Agricultural Engineerin*, 2020. Vol. 61. Is. 2. P. 175-182.
23. Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Технічна механіка: навчально-методичний посібник до курсової роботи для студентів напряму підготовки «Електротехніка та електротехнології» денної та заочної форм навчання Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2013. 192с.
24. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 48 с.

ДОДАТКИ