

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

НЕВМЕРЖИЦЬКИЙ ТАРАС ВІТАЛІЙОВИЧ

УДК 631.632.01

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОВЕРХНЕВОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ПАРОВОГО
КУЛЬТИВАТОРА**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Т. В. Невмержицький

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Невмержицький Тарас Віталійович. Удосконалення технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту з модернізацією парового культиватора. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 208 «Агроінженерія». – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У даній праці розглянуто удосконалення технологічного процесу культивації з конструктивним вдосконаленням парового культиватора з урахуванням агротехнічних вимог до обробітку ґрунту. Проведено аналіз існуючих робочих органів культиваторів-прототипів та здійснено патентний пошук за темою дослідження.

Запропоновано нові конструктивні рішення, що сприяють підвищенню ефективності обробітку ґрунту та надійності агрегату. Виконано інженерні розрахунки плоскорізальної лапи, її розміщення на рамі культиватора та розрахунок запобіжної пружини.

У другому розділі проведено комплектування машинно-тракторного агрегату (МТА), включаючи тяговий розрахунок та визначення основних експлуатаційних показників. Отримані результати можуть бути використані в проєктуванні сучасних ґрунтообробних машин і для подальших науково-технічних досліджень у галузі сільськогосподарського машинобудування.

Визначено техніко-експлуатаційні параметри роботи МТА та його економічну ефективність при застосуванні у порівнянні із базовою машиною.

Ключові слова: паровий культиватор, рілля, стійка, лапа, процес обробітку, ефект, вирівнювання ґрунту.

ANNOTATION

Nevmerzhytskyi Taras. Improvement of the technological process of surface tillage with modernization of a steam cultivator. – *Qualification work in the form of a manuscript.*

Qualification work for the first educational degree of bachelor in specialty 208 "Agroengineering". – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

This work considers the improvement of the technological process of cultivation with the constructive improvement of a steam cultivator taking into account agrotechnical requirements for soil cultivation. An analysis of the existing working bodies of prototype cultivators was conducted and a patent search was carried out on the topic of the study.

New constructive solutions are proposed that contribute to increasing the efficiency of soil cultivation and the reliability of the unit. Engineering calculations of the flat-cutting paw, its placement on the cultivator frame and calculation of the safety spring were performed. In the second section, the assembly of the machine-tractor unit (MTA) is carried out, including traction calculation and determination of the main operational indicators.

The results obtained can be used in the design of modern tillage machines and for further scientific and technical research in the field of agricultural engineering.

The technical and operational parameters of the MTA operation and its economic efficiency when used in comparison with the base machine are determined.

Keywords: *steam cultivator, arable land, stand, paw, cultivation process, effect, soil leveling.*

ЗМІСТ

ВСТУП

1. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

1.1	Агротехнічні вимоги до парових культиваторів.....	7
1.2	Огляд робочих органів культиватора прототипу.....	8
1.3	Патентний пошук за темою роботи	9
1.4	Опис запропонованих конструктивних рішень	15
1.5	Розрахунок плоскорізальної лапи.....	18
1.6	Розміщення лап на культиваторі.....	22
1.7	Розрахунок запобіжної пружини.....	24

Висновки до розділу 1.....	25
-----------------------------------	-----------

2. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА КОМПЛЕКТУВАННЯ МТА

2.1	Тяговий розрахунок МТА	27
2.2	Розрахунок експлуатаційних показників МТА	31

Висновки до розділу 2.....	37
-----------------------------------	-----------

3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ МТА

3.1	Визначення ефективності впровадження конструкторських рішень.....	38
-----	--	----

Висновки до розділу 3.....	44
-----------------------------------	-----------

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	45
-------------------------------	-----------

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46
--	-----------

ВСТУП

Розвиток рослинництва і тваринництва в деякій мірі може охарактеризувати стан народного господарства країни. Умови перехідної зони Житомирщини цілком сприятливі для вирощування як зернових так і характерних для Полісся культур, так і для лісостепової зони.

Одним із основних напрямів підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва є вдосконалення технічних засобів обробітку ґрунту. У сучасних умовах інтенсивного землеробства особливого значення набуває використання парових культиваторів, які забезпечують якісну передпосівну підготовку ґрунту, боротьбу з бур'янами та збереження вологи. Високі вимоги до агротехнічних показників цих машин зумовлюють необхідність їх конструктивного удосконалення.

У роботі проведено огляд робочих органів прототипу, здійснено патентний пошук, запропоновано нові конструктивні рішення, виконано розрахунки основних вузлів та елементів конструкції, а також сформовано раціональне комплектування машинно-тракторного агрегату (МТА).

Результати можуть бути використані для удосконалення існуючих ґрунтообробних знарядь, зниження енергозатрат та підвищення якості виконання технологічного процесу.

В складних економічних умовах важливим є пошук резервів покращення якісних та кількісних показників виробництва за рахунок впровадження низькозатратних та екологічно чистих процесів та технологій.

Метою роботи є вдосконалення процесу поверхневого обробітку ґрунту, шляхом обґрунтування конструкцій парового культиватора.

Задачі по роботі:

- виявлення недоліків існуючих парових культиваторів для обробітку ґрунту;

- розробка й обґрунтування ефективних технічних рішень щодо модернізації робочих органів запропонованої машини;
- визначити показники ефективності роботи та параметри техпроцесу поверхневого обробітку, та провести економічні розрахунки операційної технології.

Об'єкт удосконалення - процес операційної технології поверхневого обробітку.

Предметом обґрунтування – взаємозв'язок конструкційних та експлуатаційних параметрів машини.

Методи використані при виконанні роботи. Обґрунтування проводилось із використанням методів розрахунку механіко-технологічних властивостей матеріалів та математичного моделювання процесів, із застосуванням теорії машин і механізмів та методів їх розрахунку.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. **Невмержицький Т. В.** Удосконалення парового культиватора для поверхневого обробітку ґрунту. Зб. мат. доп. наук.-практ. конф. науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 81-84.
2. **Т. В. Невмержицький** Сучасні технології та способи поверхневого обробітку ґрунту. Зб. тез *XI Всеукраїнської науково-практичної конференції* «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 07 квітня 2025 р. Житомир: ЖАТФК, 2025. С. 64-68.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 19 найменування. Загальний обсяг роботи становить 47 сторінок комп'ютерного тексту, 12 рисунків та 1 таблиці.

1. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

1.1 Агротехнічні вимоги до парових культиваторів

Метою поверхневого обробітку ґрунту є створення оптимальних умов для посіву, враховуючи потреби сільськогосподарських культур. Цей обробіток може виконуватися за допомогою різних ґрунтообробних агрегатів, які діляться на: одноопераційні (для екстенсивної технології), комбіновані (для інтенсивної), та багатофункціональні (для технологій "точного обробітку").[4]

Основні завдання та вимоги до обладнання для передпосівного обробітку такі: [5]

- Розпушення верхнього шару ґрунту (культиватори, зубові борони, фрезерні культиватори) для досягнення фракцій ґрунту розміром 0,3-5,0 мм на рівні до 90% у посівному шарі;
- Вирівнювання поверхні поля (культиватори, вирівнювачі, зубові борони) для обмеження гребнистості до 3 см;
- Підрізання кореневих систем бур'янів (культиватори, фрезерні культиватори) з метою повного знищення на 100%;
- Ущільнення ґрунту (кільчасто-шпорові, пруткові котки) для досягнення щільності посівного шару на рівні 0,9–1,1 г/см³.

Виконання цих функцій можливе як через послідовне застосування одноопераційних знарядь, так і завдяки комбінованим агрегатам, що дозволяє поєднувати різні операції в одному пристрої. Це призводить до появи багатофункціональних машин, зокрема ґрунтообробно-посівних комплексів. Глибина передпосівного обробітку зазвичай є поверхневою (0–8 см) або мілкою (8–16 см) і залежить від особливостей культур. Більшість з них потребують ущільнення ґрунту у зоні сівби, з оптимальною щільністю 0,9–1,3 г/см³. Це пояснює доцільність нульової або мінімальної технології обробітку ґрунту на фоні природної щільності.

Вимоги до суцільної культивації: [4]

- Виконання на задану глибину з похибкою не більше 1 см;
- Формування дрібногрудкуватої структури поверхні без вологого шару;
- Повне підрізання бур'янів та обробка поля без пропусків.

1.2. Огляд робочих органів культиватора прототипу

Модернізації підлягає навісний культиватор-розпушувач КУН-4 виробництва ВАТ «Богуславська сільгосптехніка». Культиватор КУН-4 призначений для передпосівного суцільного розпушування ґрунту на глибину до 16 см та обробітку зябу. Робоча швидкість становить до 2,4 м/с, агрегатується культиватор з тракторами, потужністю 120-180 к.с.

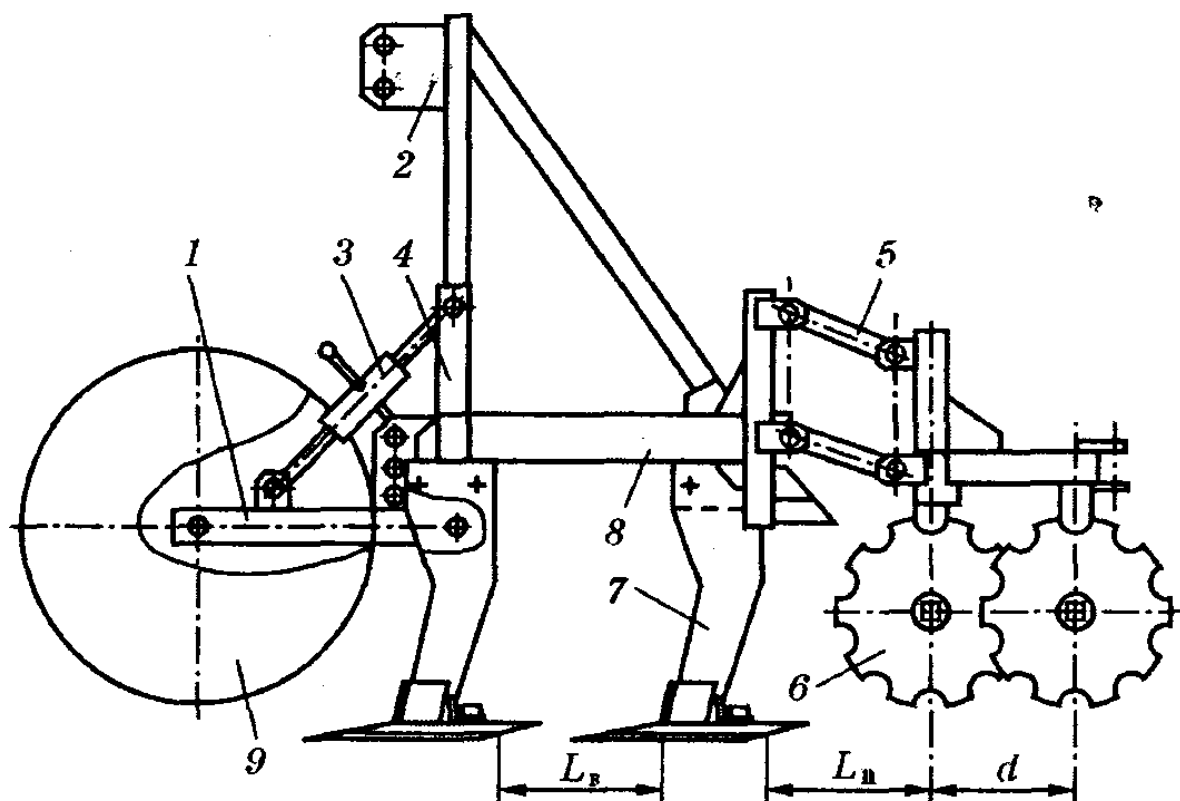


Рис. 1.1 Конструктивно-технологічні параметри робочих органів культиватора КУН-4[1]

1- поводок колеса; 2 - начіпний пристрій; 3 - регулювальний механізм;
4 - стійка; 5 - повідець розпушувача; 6-батарея дисків; 7 - плоскорізальна лапа;
8 - рама; 9 - опорне колесо

Паровий культиватор (рис. 1.1) включає раму з начіпним пристроєм, опорні колеса з механізмами для зміни глибини обробітку та два ряди стрілочастих лап (9

шт.), розташованих у шаховому порядку. До рами також шарнірно прикріплений дворядний дисковий подрібнювач. [4]

Культиватори для поверхневого обробітку (5–16 см) мають перевагу над дисковими агрегатами, оскільки формують вирівняне дно борозни, що є важливим для створення якісного посівного ложа під час передпосівного обробітку. Основними робочими органами є стрілчасті лапи для мілкового розпушення, які працюють у комбінації з дисковим подрібнювачем. [5]

Процес роботи культиватора має перелік особливостей. При глибині обробітку 5...8 см стрілчасті лапи виконують функцію стабілізаторів. Культиватор ефективний на забур'яненних полях та після попередніх обробітків, таких як оранка чи розпушення, а також у вологих і пересушених умовах. У разі роботи на попередньо оброблених фонах, для завершення передпосівного обробітку до дискового подрібнювача додатково приєднують зубові борони. [1-4]

1.3 Патентний пошук за темою роботи

Модернізація культиватора КУН-4 передбачає конструювання універсальної ґрунтообробної машини. З огляду на це проведено огляд патентів.

Комбіноване ґрунтообробне знаряддя (А.С. №2299534). Винахід відноситься до області сільськогосподарського машинобудування зокрема до машин для комбінованої обробітку ґрунту (рис. 1.2). Цей агрегат складається з трьох шарнірно - сполучених рам. Рами виконано з профілю прямокутного перерізу, виготовленого із спеціального дрібнозернистого мікросплаву, що забезпечує високу стабільність і тривалий термін служби. Велика висота рами (885 мм.), значні інтервали між рядами робочих органів (484 мм.), достатня відстань між рядом увігнутих дисків (780 мм) і котком (750мм) забезпечує роботу без забивання навіть при великій кількості органічної маси.

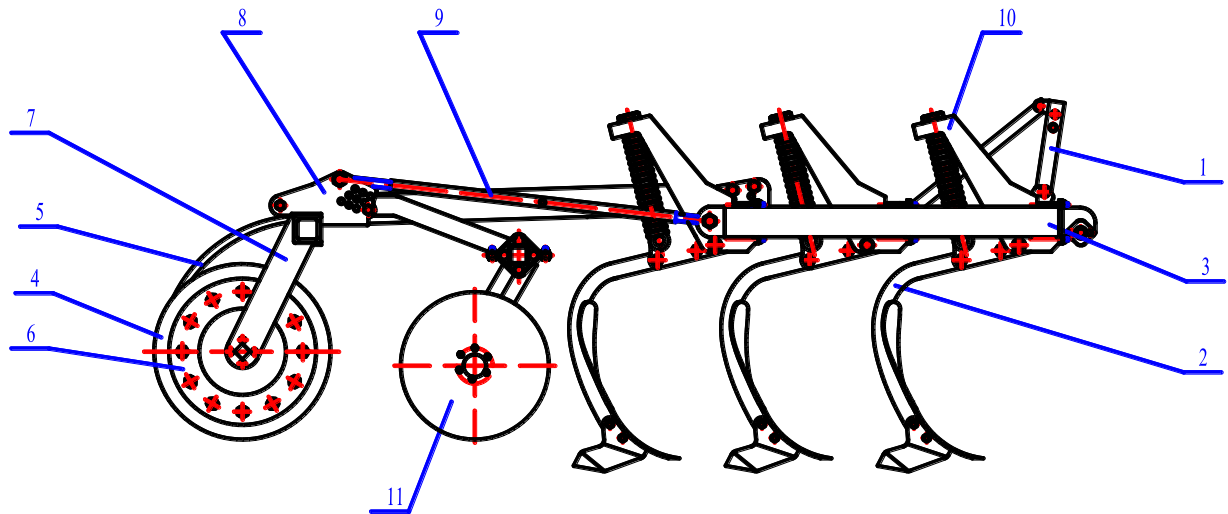


Рис. 1.2 комбіноване ґрунтообробне знаряддя за А.С. №2299534

1 - навісний пристрій; 2-лапа; 3-рама; 4-колесо; 5-чистик; 6-диск; 7-рама котка; 8-регульовальна плита; 9-механізм налаштування глибини; 10-блок безпеки; 11-колесо.

Перша, по ходу, рама 3 має прямокутну форму. На ній є регульовані кронштейни для приєднання агрегату до трактора після трьох точковій схемі. Є 13 кронштейнів(4 кронштейни в першому і другому ряду і 5 в третьому) для кріплення сошника з крилами 9 спеціальної форми.

Лапа кріпиться до рами за допомогою хомута. Блок безпеки запобігає поломці носків і крил. При зустрічі з перешкодою стійка разом з кронштейнами і долаючи зусилля пружини піднімається вгору. Висота відхилення носка можлива до 30 см. Шляхом навішування і механізму регулювання глибини до першої рами кріпиться шарнірно рама котка. Обертаючи ручку регулювання домагаються заданої глибини обробітку.

За допомогою тяги до рами котка кріпиться рама з увігнутими дисками. Для забезпечення точного стикування проходів без утворення з боків ґрунтових гребенів правий диск повернений в протилежну сторону. Диски і коток вільно обертаються в підшипниках.

Глибина роботи дисків складає приблизно половину глибини, на якій працюють лапи культиватора. Вони повинні зарівнювати борозни і ґрунтові

валики, що утворюються після проходження лап. При занадто великій робочій глибині дисків утворюються нові борозни і ґрунтові валики.

Недоліком цього винаходу є те, що диски перемішують післяжнивні залишки в усьому оброблюваному шарі, при цьому утворюються кислоти, що є продуктом мінералізації органічних речовин, пригноблюючи розвиток кореневої системи рослин при подальшому посіві.

Комбіноване ґрунтообробне знаряддя (А.С. №2318304). Винахід відноситься до області сільськогосподарського машинобудування зокрема до машин для комбінованого обробітку ґрунту (рис. 1.3).

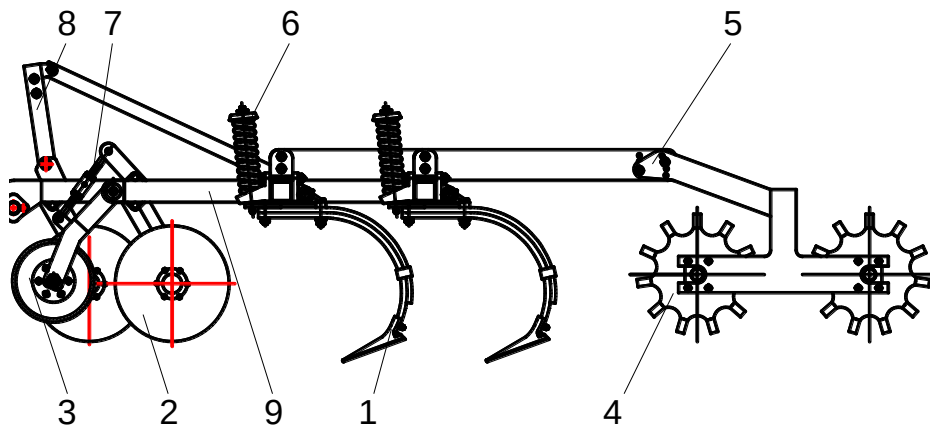


Рис. 1.3. Комбіноване ґрунтообробне знаряддя за А.С. №2318304
 1-розпушувальна лапа; 2-диск; 3-опорне колесо; 4-коток; 5-механізм налаштування котків; 6-запобіжний механізм; 7-механізм регулювання глибини; 8-навісний пристрій; 9-рама

Ґрунтообробне знаряддя складається з рами 9 до якої приєднані розпушувальні лапи 1, диски 2, опорні колеса 3 і котки. Сферичні диски 2 встановлені в один ряд увігнутою стороною від центру, кожен на індивідуальній стійці з постійним кутом атаки і глибиною обробки, меншої розпушувальних лап, і в одній подовжній площині з відповідною розпушувальною лапою.

Кріплення сферичних дисків на індивідуальній стійці з постійним кутом атаки забезпечує скорочення часу на заміну дисків у разі їх поломки, регулювання глибини здійснюється не зміною кута атаки дисків, а опорними

колесами 3 і котками 4, що сприяє прискоренню налаштування агрегату, а отже продуктивності.

Установка дисків на меншу глибину обробітку, ніж у розпушувальних лап, створює проміжок між площиною дна, утвореного дисками, і площиною підрізу пласта лапою, що покращує кришіння ґрунту з мінімальними витратами. Розташування дисків попереду відповідної лапи в одній площині з нею виключає навішування рослинних залишків на стійку лапи, сприяє перемішуванню рослинних залишків тільки в межах верхнього шару, що створює мульчуючий шар, який зберігає вологу.

При русі ґрунтообробного агрегату (рис. 1.3) сферичні диски 2, встановлені попереду кожної лапи 1, обертаючись, розрізають рослинні залишки, кришать оброблюваний шар ґрунту і зрушують його убік, утворюючи борозенки для проходу стійок лап. Лапи 1 підрізують пласт на додатковій глибині і кришать його без обороту. Дворядні смугові катки, що йдуть за лапами, 4 ліквідовують порожнечі в середній зоні оброблюваного шару, формують вологозберігаючий ущільнений прошарок, дроблять грудки ґрунту, що пройшли крізь смуги всередину котка, мульчують верхній шар і засипають борозни, що залишилися після проходу лап.

Зміна глибини обробітку здійснюється перестановленням опорних коліс і катків за допомогою механізмів налаштування глибини.

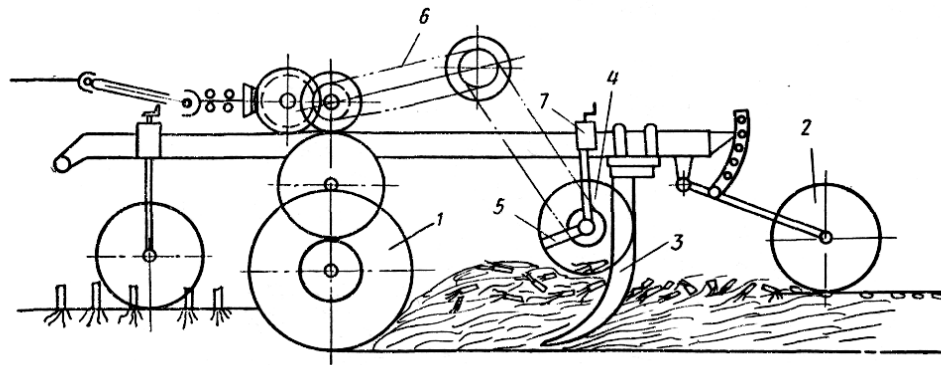
Недоліком цього винаходу є те, що при роботі у вологих умовах на опорні колеса налипає ґрунт, що призводить до зміни глибини ходу робочих органів.

Ґрунтообробний агрегат за АС № 471075. Винахід відноситься до сільськогосподарського машинобудування. Відомий ґрунтообробний агрегат, що включає фрезу і коток, який розпушує ґрунт, подрібнює і перемішує з ним рослинні залишки, а також ущільнює ґрунт.

Застосування такого агрегату в ґрунтово-кліматичних зонах, схильних до вітрової і водної ерозії, виключається, оскільки після проходу агрегату верхній

шар ґрунту, добре подрібнений фрезою, залишається незахищеним від видування і змиву, а великі частки рослинних залишків, які фреза переміщує з ґрунтом, перешкоджають нормальній роботі сошників сівалок.

З метою здійснення сепарації рослинних залишків, поліпшення їх подрібнення і розподілу по обробленій поверхні в якості мульчуючого шару, пропонується ґрунтообробний агрегат забезпечений пасивними робочими органами і ротором, розміщеними між фрезою і котком, причому стійки пасивних розпушуючих робочих органів вигнуті вперед по напрямку руху, а ножі ротора



розміщені між стійками. Крім того, ротор забезпечений механізмом регулювання по висоті.

Рис. 1.4 Агрегат ґрунторозпушувач АС № 471075

На рис. 1.4 схематично зображений ґрунтообробний агрегат. Він складається з фрези 1, котка 2, пасивних робочих органів 3 і регульованого по висоті ротора 4 з ножем 5, які розташовані між стовбами лап, і 6 приводу фрези 1 і роторів 4. Механізм регулювання ротора 7 змінює його положення по висоті.

Недоліком цієї конструкції є її складність та енергозатратність на привід.

Комбінований ґрунтообробний агрегат за А.С. № 471075. Винахід відноситься до сільськогосподарського машинобудування, зокрема, до комбінованих ґрунтообробних знарядь. З метою підвищення стійкості ходу знаряддя по глибині і поліпшення якості пошарового обробітку ґрунту в

пропонованому знарядді диски батареї зміщені на валу по фазі з розташуванням зубів по гвинтових лініях.

На рис. 1.5 схемний зображено дискове ґрунтообробне знаряддя, вигляд збоку.

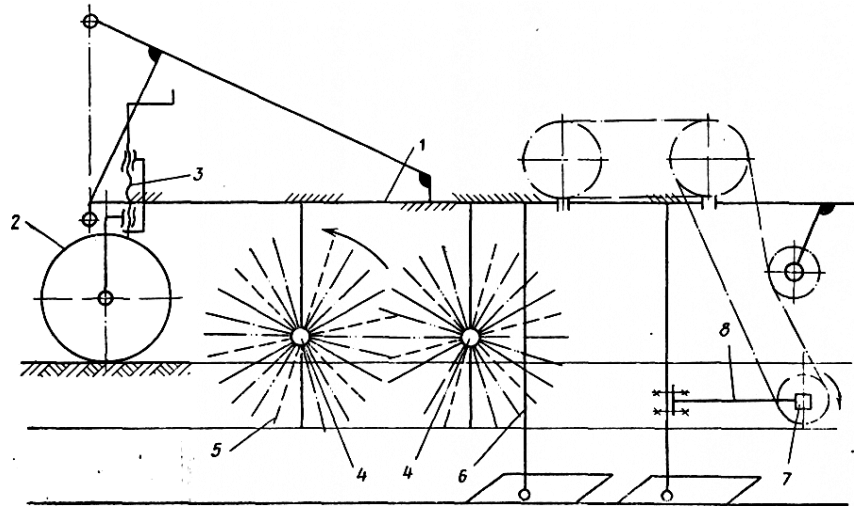


Рис. 1.5 Комбінований ґрунтообробний агрегат за А.С. № 471075

1 - рама; 2 - колесо; 3 - механізм регулювання; 4 - дискова батарея; 5 - зуби; 6, 7 - робочі органи; 8 - привід робочих органів

На основі 1 з опорними рушійми 2 механізмами 3 регулювання загальної глибини розпушування закріплені батареї голчастих дисків 4 із зубами 5, плоско різальні та штангові робочі органи 6 і 7 відповідно. Диски батарей зміщені по фазі з розташуванням зубів по гвинтових лініях. Штанга кріпиться до стійок плоскорізальних робочих органів за допомогою кронштейнів 8 з можливістю переміщення їх по висоті.

При поступальному русі знаряддя зуби голчастих дисків, розташовані по гвинтових лініях, здійснюють рівномірну дію на верхній шар ґрунту, забезпечуючи якісніше розпушування ґрунту, часткове закладення насіння бур'янів, покращують стійкість ходу знаряддя по глибині. При цьому забезпечується максимальне збереження вологи в ґрунті і ґрунтозахисної стерні на поверхні поля.

Недоліком цього винаходу є складність конструкції і висока металоємність.

З метою зменшення ущільнення ґрунту, підвищення якості обробітку і забезпеченні надійності технологічного процесу, зменшення тягового опору пропонується розробити нову конструкцію комбінованого ґрунтообробного знаряддя на базі серійного культиватора КУН-4.

1.4 Опис запропонованих конструктивних рішень

У конструктивній частині роботи нами пропонується конструкція комбінованого знаряддя, ґрунтованого на патенті №2345623 і науково-технічній документації на культиватор КУН-4.

З метою підвищенні якості обробітку ґрунту, підвищення продуктивності, зменшення тягового опору і економії ПММ пропонується комбіноване ґрунтообробне знаряддя (рис. 3.8).

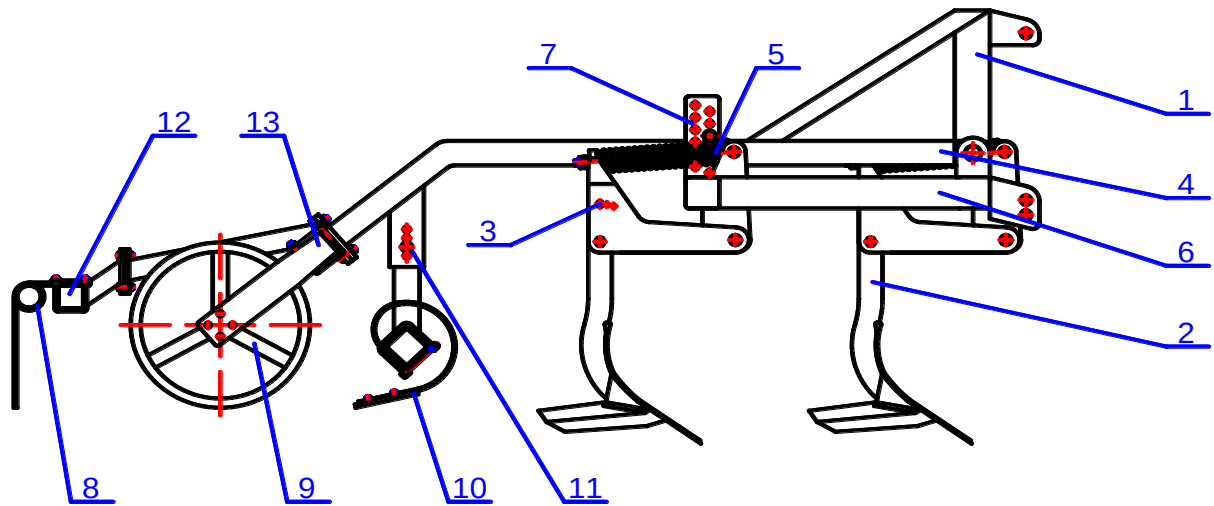


Рис. 1.6 Схема модернізації культиватора КУН-4

1-механізм навішування на трактор; 2-лапа; 3-зрізний болт; 4-рама котка; 5-пружинний запобіжний механізм; 6-рама робочих органів; 7-механізм регулювання глибини; 8-пружинна борона; 9-коток; 10-вирівнювач; 11-механізм налаштування вирівнювача; 12-брус борони; 13-рама котка.

Грунтообробне знаряддя складається з рами 6 до якої приєднані розпушувальні лапи 2. До рами 6 шарнірно приєднується рама 4 котка. До рами 4 котка жорстко приєднані вирівнювачі 10 і пружинна борона 8.

Розпушувальні лапи (рис. 1.7) встановлені в 2 ряди з перекриттям. Лапа складається із стійки 5 прямокутного перерізу, зігнутої в нижній частині лемеша 10, що має трикутну форму. Болтами до башмака кріпляться два лемеші 9 з покриттям. У передній частині до башмака за допомогою потайних болтів кріпляться долото 7 з покриттям і пластина напрямної 6. Стійка 6 лап кріпиться до кронштейна 4 за допомогою пальця 3 і пружини 1. Шляхом перестановки запобіжного зрізного болта в отворах кронштейна можна змінювати кут нахилу лап.

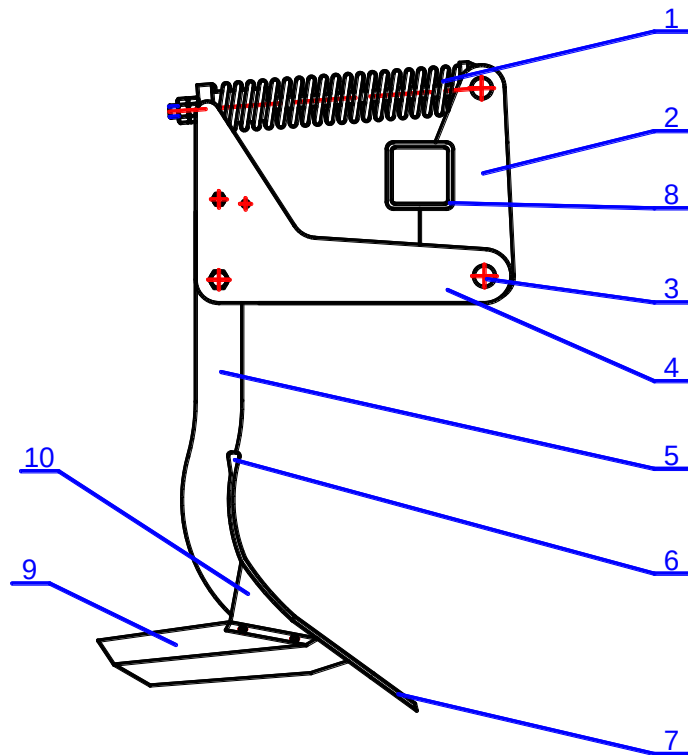


Рис. 1.7 Розпушувальна лапа запропонованої конструкції
 1-пружина; 2, 4-кронштейн; 3-палець; 5-стойка; пластина 6-напрямної; 7-долото; 8-рама;
 9-лемех; 10-башмак

Кожна лапа агрегату обладнана запобіжником від перевантаження з болтом, що захищає лапу від поломок. Якщо запобіжний болт зрізався, необхідно

вставити новий в отвір і затягнути його. Так само лапи комбінованого знаряддя обладнані автоматичним запобіжником з пружиною стискування 1, призначеною для роботи на кам'янистих ґрунтах. При зіштовхуванні з перешкодою в ґрунті лапа відхиляється назад і вгору, а після подолання перешкоди автоматично повертається в робоче положення. Додатковий запобіжник з зрізним болтом захищає агрегат навіть у тому випадку, якщо лапа зачепилася за перешкоду і не подається назад і вгору.

Вирівнювач (рис. 1.8) є плоскою пластиною 4, встановленою за допомогою болтів на пружинній стойці 2. Пружинна стійка кріпиться до рами за допомогою кронштейна 3. Вирівнювач вирівнює ґрунт перед котком.

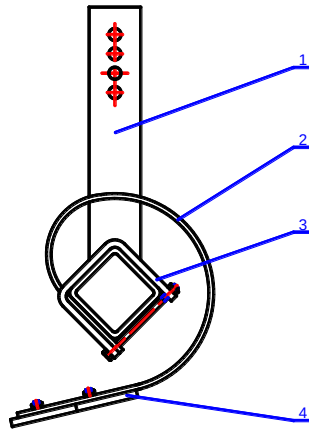


Рис. 1.8 Вирівнювач

1-стійка рами; 2-пружинна стійка; 3-кронштейн; 4-розрівнююча пластина

Інтенсивність вирівнювання вирівнювачів змінюють за допомогою перестановки пальця в стійці рами.

Кільцевий ущільнюючий каток (див. рис. 1.6) має U- образний профіль, який під час роботи наповнюється землею. Ґрунт на ґрунті має хороше зчеплення, тому каток працює з незначним буксуванням.

За котком йде пружинна борона що забезпечує рівномірний розподіл соломи по полю. Глибину ходу лап (див. рис. 1.6) змінюють перестановкою пальця механізму налаштування глибини 7.

Технологічний процес здійснюється таким чином: при переведенні комбінованого агрегату в робоче положення лапи заглиблюються і розпушують оброблюваний пласт ґрунту. Розпушений пласт ґрунту, у міру пересування машини, поступає до вирівнювачів сферичним, які вирівнюють поверхневий шар. U- подібні котки остаточно вирівнюють, накочують і формують оброблену поверхню поля. Пружинна борона розшаровує ґрунт таким чином, що більші грудки лягають згори, створюючи захист від ерозії. Так само пружина борона рівномірно розподіляє соломку по полю.

1.5 Розрахунок плоскорізальної лапи

Кут розхилу або скосу леза γ має велике значення для якості виконуваною лапою роботи. На рихлих клейких ґрунтах часто спостерігається обволікання леза лапи бур'янами, що веде до залипання лапи землею і втрати стійкості ходу агрегату. набивання спостерігається при великих значеннях кута нахилу лапи. У такому випадку вирвані із ґрунту стебла і корені рослин, перегинаючись через лезо, починають рух разом із лапою. Під час руху опір лапи поступово збільшується за рахунок налипання решток, і зрештою лезо повністю покривається рослинними залишками, втрачаючи здатність перерізати бур'яни. Тому кут нахилу слід обирати так, щоб бур'яни під час підрізання ковзали вздовж леза.

При контакті леза з стеблом (рис. 1.9 а) воно вдавлює стебло в ґрунт. Якщо корінь недостатньо міцний, а товщина різальної крайки не більше 0,30 мм, бур'ян перерізається. У більшості випадків лапа зминає коріння бур'янів у ґрунт (рис. 1.9 б). При цьому коренева система ще залишається з'єднаною з ґрунтом, тоді як верхня частина втягується в нього. Зрештою, обидві частини кореня, перегнувшись через лезо і втративши стійкий зв'язок із ґрунтом, захоплюються крилом лапи (рис. 1.9 в)[10]

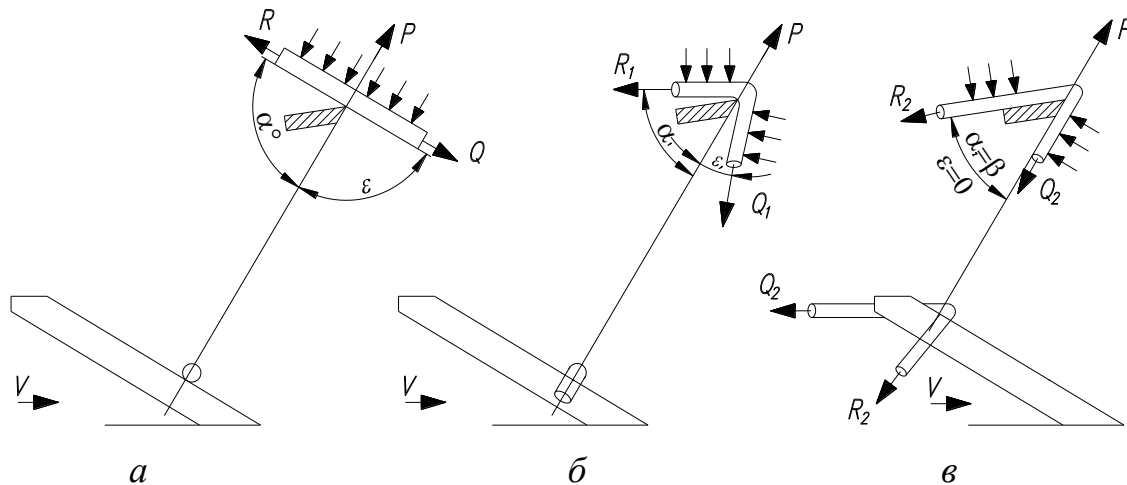


Рис. 1.9 Схема підрізання кореня бур'янів лезом лапи

При контакті бур'янів з лезом, воно може перерізувати або розірвати його, оскільки в подальших стадіях реакція "підпору" бур'яну зменшується до певної межі. Оскільки при русі бур'яну разом з лезом кут $\varepsilon \rightarrow 0$ і $\alpha \rightarrow \beta$ зменшується і опір ґрунту переміщенню бур'яну. Для того, щоб корінь був перерізаний, лезо повинне мати достатню гостроту і швидкість. [10]

Розглянемо момент, коли корінь бур'яну втратив зв'язок з ґрунтом, перегнувся на лезі і разом з крилом лапи переміщається вперед (рис. 1.10). Можна нехтувати лобовим опором ділянки кореня, безпосередньо дотичного до леза, оскільки воно мале. Крім того, попереду клину утворюється ущільнене ядро ґрунту, яке, у свою чергу, працює як клин і до деякої міри зменшує лобовий опір даної ділянки кореня. [10]

Шар ґрунту захоплює за собою верхній кінець I кореня по напрямку дії сили R , нижній кінець II кореня натягується з силою Q і розташовується паралельно напрямку руху лапи. Таким чином, ділянка кореня, дотична до різальної кромки леза, знаходиться під дією основних сил R і Q , і в даному випадку - вже незначної лобової сили, які призводять до ковзання кореня уздовж різальної кромки леза. [10]

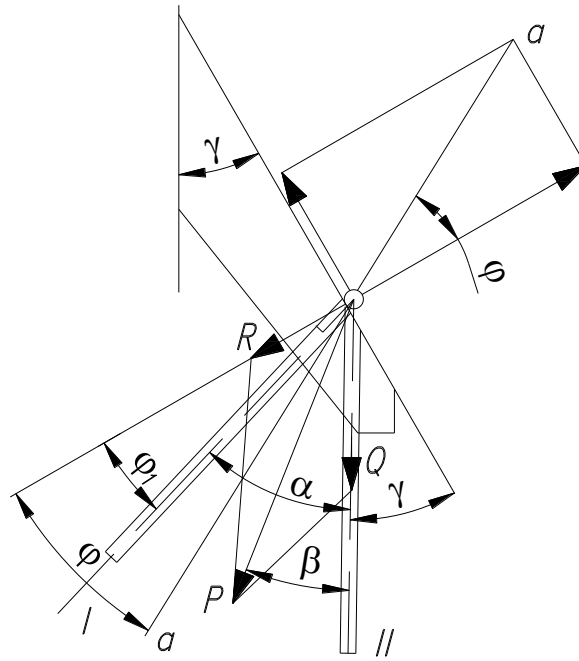


Рис. 1.10 Схема дії лапи на корінь бур'янів [10]

Ковзання настає у разі, якщо рівнодійна сила P складових R і Q проходить поза кутом тертя φ кореня об лезо лапи (лінія $a-a$ є межею кута тертя φ). Вектор сили Q складає з лезом лапи кут γ . Граничним положенням сили P , коли ще може мати місце ковзання кореня по лезу лапи, являється положення, при якому сила P спрямована по лінії $a-a$, тобто коли: [19]

$$\gamma = 90^\circ - \varphi - \beta \text{ або } \gamma = 90^\circ - (\varphi + \beta), \quad (1.1)$$

де, β - кут між рівнодійною силою та напрямом руху лапи.

Для простоти розрахунків припустимо, що $R = Q$. Тоді:

$$\beta = \alpha / 2 \quad (1.2)$$

де, α – кут між векторами сили R і Q .

При граничному положенні сили P $\beta = \varphi - \varphi_1$. підставляючи це значення P у вираз, отримаємо: [19]

$$\gamma = 90^\circ - (2\varphi - \varphi_1) \quad (1.3)$$

Кут φ_1 як кут внутрішнього тертя ґрунту об ґрунт можна прийняти рівним 30° . Таким чином, для забезпечення різання з ковзанням необхідно виконати умову [10]

$$\gamma \leq 90^\circ - (\varphi + \beta) \text{ або } \gamma \leq 90^\circ - (2\varphi - \varphi_1).$$

На основі дослідних даних кут тертя кореня бур'яну об лезо лапи $\varphi \approx 45^\circ$. Тоді умова різання з ковзанням матиме вигляд $2\gamma \leq 60^\circ$ [14].

$$\gamma = 90^\circ - (2 \cdot 45 - 30) = 30^\circ.$$

Коефіцієнт ковзання визначаємо з виразу: [15]

$$i = \frac{\sin \left[(90^\circ - \gamma) - \lambda \right]}{\sin \gamma} = \frac{\cos(\gamma + \lambda)}{\sin \gamma}, \quad (1.4)$$

де, γ – половина кута розхилу лапи;

λ – кут тертя ґрунту по металу, $\lambda = 25^\circ$.

Кут розхилу лапи 2γ пов'язаний з текучістю ґрунту. В нашому випадку кут розхилу рівний 60° . Звідки: [19]

$$i = \frac{\cos(30^\circ + 25^\circ)}{\sin 30^\circ} = 1,15$$

Визначимо кут різання. Кут різання β_0 , утворений фаскою леза та горизонтальною площиною складається з двох кутів – кута загострення κ та затилочного кута ε [19]:

$$\beta_0 = \kappa + \varepsilon \quad (1.5)$$

Кут заточки κ зазвичай складає $12 \dots 15^\circ$. [10]

Затилочний кут при цьому складає близько 10° . Тому: [10]

$$\beta_0 = (12 \dots 15^\circ) + 10^\circ = 22 \dots 25^\circ.$$

1.6 Розміщення лап на культиваторі

Розміщення лап на рамі культиватора визначається трьома основними параметрами: величиною перекриття Δb (що може бути необхідним для досягнення мети культивації), кількістю рядів лап, та відстанню (L) між рядами. Перекриття вимагає розташування лап щонайменше у два ряди, тому в цьому розділі особлива увага приділяється визначенню відстані (L) між рядами при заданій максимальній глибині обробітку ($a_{\max}$). Це дозволяє розрахувати ширину зони деформації ґрунту (B) та перекриття (ΔB) цих зон.

Щоб визначити зони деформації ґрунту застосовуємо метод професора В.С. Жегалова. Припустимо, що лапа рухається у ґрунті на глибині ($a_{\max}$) (рис. 1.11). Перед лапою зона деформації обмежується лінією (mn), що проходить під кутом

(φ) до нормалі (nN), проведеної через вершину (n) лапи. З боків зона деформації обмежена площинами, які утворюють з напрямом mN кут $\omega/2$ [10].

Відповідно до цих параметрів, на поверхні ґрунту ширина (B) смуги деформації визначається як: [10]

$$B = b + 2m_1m_2 = b + 2mn \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}, \quad (1.6)$$

де,

$$mn = \frac{a_{\max}}{\cos(\alpha + \varphi)} \quad (1.7)$$

Звідки:

$$B = b + \frac{2a_{\max} \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}}{\cos(\alpha + \varphi)} \quad (1.8)$$

В цих розрахунках рекомендовано приймати $\varphi=25^\circ$, $\omega=50^\circ$. [10]

$$B = 440 + \frac{2 \cdot 120 \operatorname{tg} \frac{50}{2}}{\cos(16 + 25)} = 588 \text{ мм}$$

Визначимо відстань між суміжними борознами за формулою: [10]

$$c = b - \Delta b \quad (1.9)$$

$$c = 440 - 20 = 420 \text{ мм}$$

Перекриття зон деформації:

$$\Delta B = B - c \quad (1.10)$$

$$\Delta B = 588 - 420 = 168 \text{ мм}$$

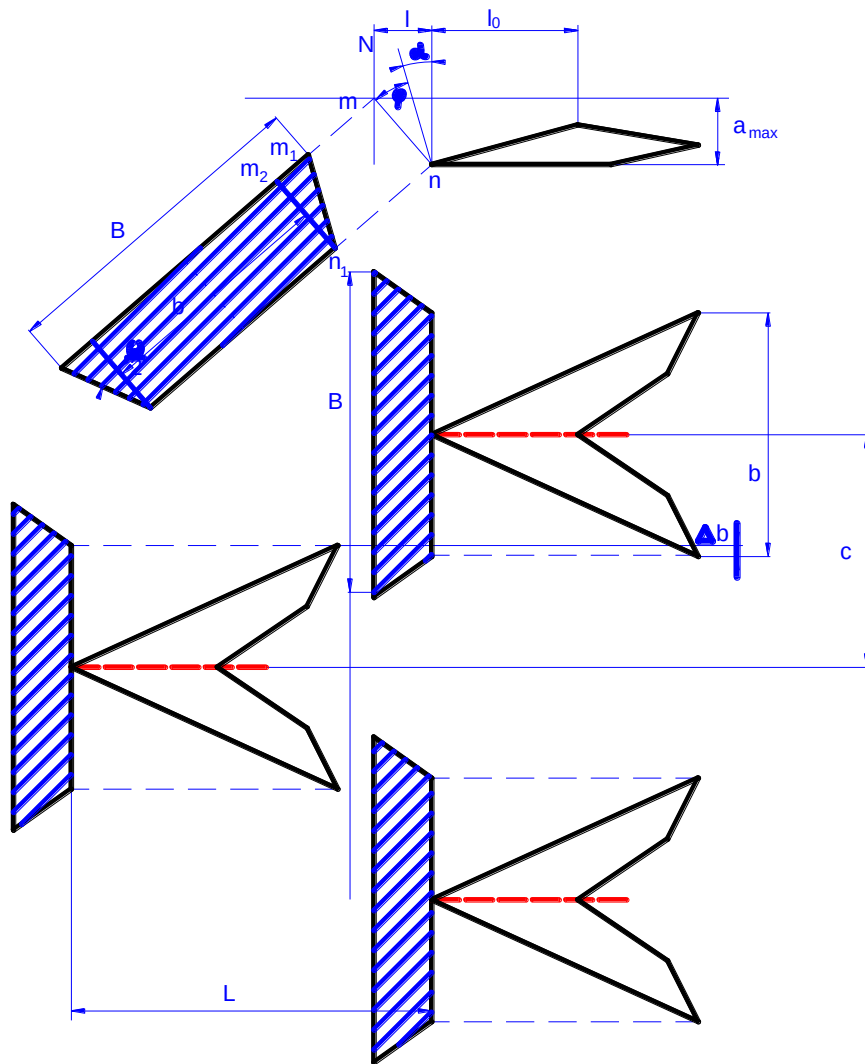


Рис. 1.11 Схема до обґрунтування схеми розміщення лап

Відстань між рядами лап L , визначимо з умови вільного проходу решток і ґрунту в деформаційному масиві на поверхні ґрунту. При цьому значно зменшується ймовірність забивання робочих органів. Дана умова виконується: [10]

$$L > l_0 + l \quad (1.11)$$

Враховуючи те, що

$$l = a_{\max} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (1.12)$$

де, φ - кут тертя ґрунту по металу, $\varphi = 25^\circ$.

Нерівність прийме вид:

$$L \geq 263 + 120 \operatorname{tg}(16 + 25) = 367 \text{ мм} \quad (1.13)$$

В результаті розрахунку визначені конструктивні параметри лап модернізованого культиватора та схема їх розміщення на рамі.

1.7 Розрахунок запобіжної пружини

При випадкових поворотах агрегату в робочому положенні у стійках виникають напруження крученню та згину. Вони досягають значних величин. В даному дипломному проекті пропонується виконати рухомою лапу відносно перешкод за допомогою пружин.

Максимальне напруження виникає при навантаженні, що прикладеному на крайці леза чи біля носка лапи, в залежності від розташування стійок відносно лап. В поперечному перерізі виникає поперечна сила та крутний момент. Дотичні напруження під дією сили розподіляються рівномірно [8].

$$M_k = P \cdot D/2 \quad (1.14)$$

де, p - сила, що діє на пружину, $P = 200 \text{ Н}$; [8]

D- діаметр дроту, D=10мм. [8]

$$M_k = 200 \cdot 0,01/2 = 1 \text{ Н/м.}$$

Деформацію пружини визначаємо за формулами: [8]

$$\lambda = P/C \quad (1.15)$$

де, C – жорсткість пружини.

$$C = G \cdot d^4 / (8 \cdot D^3 \cdot n) \quad (1.16)$$

де, G- модуль зсуву; [8] $G = 8 \cdot 10^{10}$

d- внутрішній діаметр пружини, d=55 мм

D- зовнішній діаметр пружини, D=75мм

n- число витків пружини, n=20

$$C = 8 \cdot 10^{10} \cdot 0,055^4 / (8 \cdot 0,075^3 \cdot 20) = 49413 \text{ Н м}$$

$$\lambda = 200 / 49413 = 0,004 \text{ м}$$

Висновки до розділу 1.

В результаті розрахунку визначені конструктивні параметри лап модернізованого культиватора та схема їх розміщення на рамі.

Проводячи розрахунки вияснено, що при дії ґрунту на лапу, яка зв'язана з пружиною проходять зворотно-поступальні рухи, що дає змогу проводити обробіток ґрунту на задану глибину та при дотиканні з перешкодою на ґрунті спокійно виглибити чи заглибити лапу та при проходженні повернути знову у вихідне положення.

При випадкових поворотах агрегату в робочому положенні у стійках виникають напруження кручення та згину. Вони досягають значних величин. В

даному дипломному проєкті пропонується виконати рухомою лапу відносно перешкод за допомогою пружин.

Розміщення лап на рамі культиватора визначається трьома основними параметрами: величиною перекриття Δb (що може бути необхідним для досягнення мети культивації), кількістю рядів лап, та відстанню (L) між рядами. Перекриття вимагає розташування лап щонайменше у два ряди, тому особлива увага приділяється визначенню відстані ($L=367$ мм) між рядами при заданій максимальній глибині обробітку ($a_{\max}=160$ мм). Це дозволяє розрахувати ширину зони деформації ґрунту ($B=588$ мм) та перекриття ($\Delta B=168$ мм) цих зон.

Максимальне напруження виникає при навантаженні, що прикладеному на крайці леза чи біля носка лапи, в залежності від розташування стійок відносно лап. В поперечному перерізі виникає поперечна сила та крутний момент. Дотичні напруження під дією сили розподіляються рівномірно

2. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА КОМПЛЕКТУВАННЯ МТА

2.1 Тяговий розрахунок МТА

Агрегат в складі трактора та культиватора КУН-4М використовується на передпосівному обробітку. Площа поля складає 100 га, нахил поверхні поля 4%. Визначимо тягове зусилля культиватора за формулою [3]:

$$R_a = kB_k + G(\lambda f + i); \quad (2.1)$$

де, k - питомий опір машини;

B_k - конструктивна ширина захвату МТА;

G - експлуатаційна вага машини;

λ - коефіцієнт, що враховує передачу частини ваги машини на трактор (при культивації $\lambda = 1,6$); [3]

f - коефіцієнт опору коченню трактора;

i - нахил поверхні поля.

$$R_a = 2800 \cdot 4,0 + 10000(1,6 \cdot 0,10 + 0,04) = 13200H$$

Холостий опір агрегату становить:

$$R_{ax} = G(f + i); \quad (2.2)$$

$$R_{ax} = 10000(0,10 + 0,04) = 1400H.$$

Згідно агрономог максимальна швидкість руху складає 12 км/год. З тягової характеристики трактора МТЗ-1525 вибираємо 11 робочу передачу, при цьому тягове зусилля трактора складатиме 16,5 кН, потужність на гаку 66,5 кВт, робоча теоретична швидкість 12 км/год, коефіцієнт буксування – 13 %, витрати палива – 26 кг/год [6].

Визначимо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора за формулою: [3]

$$\xi_P = \frac{R_a}{P_T}; \quad (2.3)$$

де, P_T - номінальне тягове зусилля трактора на вибраній передачі на даному агрофоні.

$$\xi_P = \frac{13,2}{16,5} = 0,80.$$

Дана величина знаходиться в межах оптимальної. Наявність запасу 20% потужності необхідно для отримання резерву тягового зусилля на подолання непередбачених перешкод на робочій ділянці та руху на погіршених ґрунтових умовах, подолання буксування рушіїв. [3]

Визначимо коефіцієнт завантаження двигуна трактора. [3]

$$\xi_N = \frac{R_a \cdot V_P}{3.6N\eta_T}; \quad (2.4)$$

де, V_P - робоча швидкість руху МТА;

N - номінальна ефективна потужність двигуна трактора;

η_T - тяговий к.к.д. трактора.

Тяговий к.к.д. трактора залежить від типу трансмісії і визначається з виразу: [3]

$$\eta_T = \eta_M \eta_f \eta_\delta; \quad (2.5)$$

де, η_M - механічний к.к.д. трансмісії;

η_f - коефіцієнт корисної тяги трактора;

η_δ - коефіцієнт буксування.

Механічний к.к.д. трансмісії залежить від типу зубчастих зачеплень в трансмісії і їх кількості на шляху передачі крутного моменту від зчеплення до кінцевої передачі включно [6].

$$\eta_M = \eta_u^\alpha \cdot \eta_k^\beta; \quad (2.6)$$

де, η_{κ} , η_{α} - відповідно к.к.д. циліндричної та конічної зубчастої передачі;

α, β - відповідно кількість зубчастих пар в трансмісії з циліндричним і конічним зачепленням.

$$\eta_M = 0,97^4 \cdot 0,96^2 = 0,816.$$

Коефіцієнт корисної тяги відображає, яка частина тягового зусилля використовується безпосередньо на виконання агротехнічно корисної роботи, тобто на переміщення глибокорозпушувача.

$$\eta_f = \frac{R_a}{R_a + P_f + P_{\alpha}}; \quad (2.7)$$

де, P_f - опір самопересуванню трактора;

P_{α} - опір руху на підйом.

Опір самопересуванню залежить від дорожніх умов ґрунтового фону і визначається за формулою:

$$P_f = f \cdot G; \quad (2.8)$$

$$P_f = 0.1 \cdot 10 = 1 \text{ кН.}$$

$$P_i = i \cdot G; \quad (4.9)$$

$$P_i = 0.04 \cdot 10 = 0.4 \text{ кН}$$

Тоді,

$$\eta_f = \frac{13,2}{13,2 + 1 + 0.4} = 0,904.$$

Отже, 90,4 % тягового зусилля, яке створює моторно-силова установка трактора використовується безпосередньо на використання технологічної операції.

Коефіцієнт буксування залежить від передачі, на якій рухається трактор і ґрунтового фону та визначається за формулою: [3]

$$\eta_{\delta} = 1 - \delta ; \quad (2.10)$$

де, δ - коефіцієнт буксування на відповідній передачі на відповідному ґрунтовому фоні.

$$\eta_{\delta} = 1 - 0,13 = 0,87.$$

Тоді тяговий к.к.д. трактора становитиме:

$$\eta_T = 0,816 \cdot 0,894 \cdot 0,87 = 0,634.$$

Отже, 63,4 % тягового зусилля затрачається на виконання передпосівного обробітку, а 37,6% - на самопереміщення МТА і подолання інших опорів, зокрема буксування і руху на підйом.

$$\xi_N = \frac{13,2 \cdot 10}{3,6 \cdot 66,5 \cdot 0,634} = 0,868.$$

Даний коефіцієнт вказує на повноту використання тягової потужності трактора.

Визначимо достатність зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом, яка визначається з нерівності [6]:

$$\mu \cdot G_{36} - G(f + i) \geq R_a ; \quad (2.11)$$

де, μ - коефіцієнт зчеплення рушіїв з ґрунтом;

G_{36} - зчіпна вага трактора.

Зчіпна вага трактора визначається з виразу: [3]

$$G_{36} = 10^{-3} \lambda_o m_{et} g ; \quad (2.12)$$

де, λ_o - коефіцієнт навантаження рушіїв;

m_{em} - експлуатаційна маса трактора, кг;

$$G_{36} = 10^{-3} 0,67 \cdot 3700 \cdot 9,81 = 24,3 \text{ кН.}$$

Перевіримо умову (2.15):

$$0,6 \cdot 24,7 - 32,4(0,18 + 0,04) = 7,7.$$

Отже,

$$7,7 \leq 13,2.$$

Можна зробити висновок, що умова зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом не виконується. Тому необхідно довантажувати трактор баластними вантажами. Для визначення маси вантажів розрахуємо експлуатаційну масу трактора, що забезпечує умову зчеплення.

$$m_{\text{екс}} = \frac{10^3 Ra}{g[\lambda_d \mu - (f + i)]}; \quad (2.13)$$

$$m_{\text{екс}} = \frac{10^3 \cdot 13,2}{9,81[0,67 \cdot 0,6 - (0,18 + 0,04)]} = 7393,2 \text{ кг.}$$

Враховуючи, що маса трактора складає 3710 кг, то різниця мас і складатиме вагу баластних вантажів: $7393,2 - 3710 = 3683,2$ кг.

2.2 Розрахунок експлуатаційних показників МТА

Одним із головних експлуатаційних показників МТА є його продуктивність. Змінна продуктивність МТА визначається за формулою [6]:

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_P; \quad (2.14)$$

де, T_P – час чистої роботи протягом зміни.

Час чистої роботи МТА визначається за формулою:

$$T_P = \frac{T_{ЗМ} - (T_{ПЗ} + T_{ОБС} + T_{ВОП})}{1 + \tau_{нов} + \tau_{ТО}}; \quad (2.15)$$

де, $T_{ЗМ}$ - тривалість зміни;

$T_{ПЗ}$ - підготовчо-заключний час, який витрачається на проведення ЩТО, підготовку до переїзду, переїзди наприкінці та на початку зміни, одержання та здача наряду, тощо;

$T_{ОБС}$ - час організаційно – технічного обслуговування МТА в загінці, який витрачається на очищення робочих органів, перевірку якості роботи, технологічні регулювання;

$T_{ВОП}$ - витрати часу на власні особисті потреби механізатора;

$\tau_{нов}$ - коефіцієнт поворотів;

$\tau_{ТО}$ - коефіцієнт технологічного обслуговування, який враховує простої агрегату, пов'язані із регулюваннями борони і трактора [16].

$$\tau_{нов} = t_{нов} \frac{16,6 \cdot v_p}{L_p}; \quad (2.16)$$

де, $t_{нов}$ - тривалість повороту МТА на поворотній смузі;

L_p - робоча довжина гону.

Під час роботи в загінці агрегат рухається човниковим способом з виконанням грушоподібних петльових поворотів.

Робоча довжина гону при такому способі руху складає [3,7,6]:

$$L_p = L - 2E ; \quad (2.17)$$

де, L - довжина поля;

E – ширина поворотної смуги.

При петлевих поворотах ширина поворотної смуги визначається за формулою: [3]

$$E_{\min} = 0.5 \cdot B_p + 2,7R + e ; \quad (2.18)$$

де, R – радіус повороту МТА;

e – довжина прямолінійного виїзду агрегату.

Радіус повороту МТА з навісною машиною рівний радіусу повороту трактора. Але поворотна смуга встановлена при садінні картоплі, тому вона буде рівна для садильного МТА.

$$e = l_m ; \quad (2.19)$$

де, l_m - кінематична довжина агрегату.

$$e = 6,5 \text{ м} .$$

$$E_{\min} = 0.5 \cdot 4,2 + 2,7 \cdot 15 + 6,5 = 49,1 \text{ м} .$$

Однією із головних умов до визначення ширини поворотної смуги є кратність ширини до робочої ширини захвату МТА. Тому приймаємо ширину поворотної смуги 49,4 м, що рівно 13 проходів МТА з перекриттям 20 см.

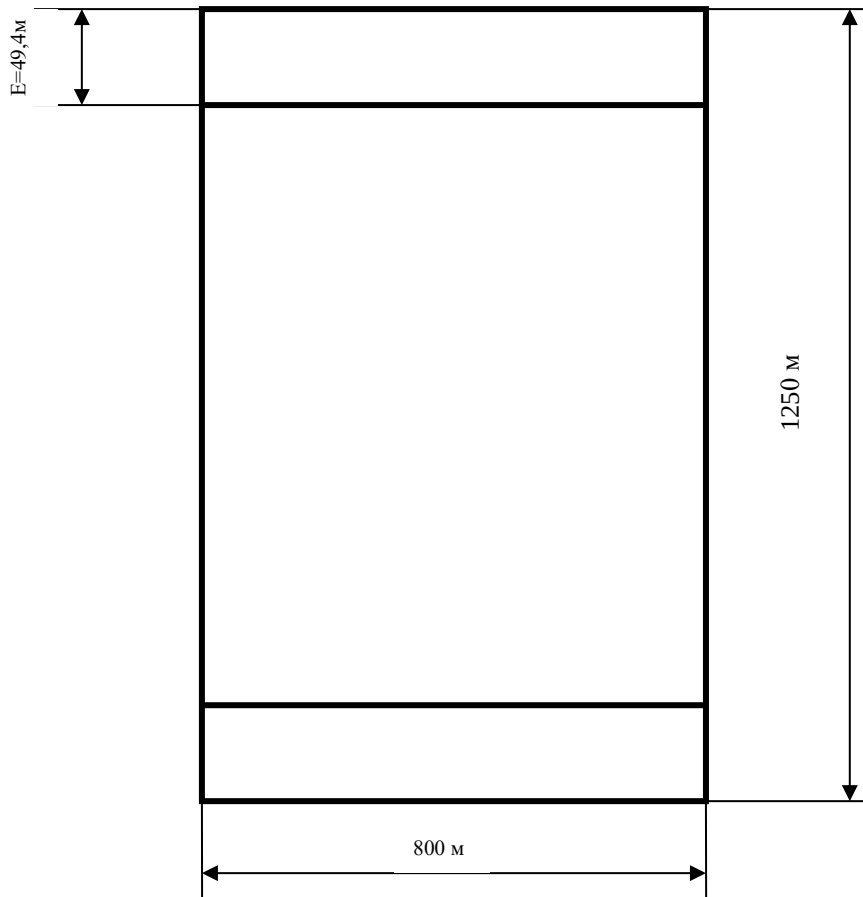


Рис. 2.1 Схема робочої ділянки

$$L_p = 1250 - 2 \cdot 49,4 = 1151,2 \text{ м.}$$

Тоді, коефіцієнт поворотів становитиме:

$$\tau_{нов} = 4 \frac{16,6 \cdot 12}{1151,2} = 0,69.$$

Коефіцієнт технологічного обслуговування:

$$\tau_{ТО} = t_{нз} \frac{w_z}{1,05}; \quad (2.20)$$

$$\tau_{ТО} = 0,4 \frac{0,1 \cdot 3,8 \cdot 12}{3,2} = 0,57.$$

Тоді,

$$T_p = \frac{7 - (0,2 + 0,15 + 0,2)}{1 + 0,69 + 0,57} = 3,2200.$$

Визначимо питомий тяговий опір МТА [16]:

$$K_a = \frac{R_a}{B_p}; \quad (2.21)$$

$$K_a = \frac{13,2}{3,8} = 3,47 \frac{\kappa H}{м}.$$

Визначимо втрати потужності:

- під час робочого ходу:

$$N_{TP} = \frac{R_a v_p}{3,6}; \quad (2.22)$$

$$N_{TP} = \frac{13,2 \cdot 12}{3,6} = 11,73 \kappa Bm.$$

- під час холостих ходів

$$N_{TX} = \frac{R_{ax} v_{px}}{3,6}; \quad (2.23)$$

де, v_{px} - швидкість руху на поворотах;

R_{ax} - холостий тяговий опір МТА.

$$R_{ax} = G_m \left(f_m + \frac{i}{100} \right); \quad (2.24)$$

$$R_{ax} = 6 \left(0,18 + \frac{4}{100} \right) = 1,32 \kappa H.$$

$$N_{TX} = \frac{1,32 \cdot 6,7}{3,6} = 2,45 \kappa Bm.$$

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 3,8 \cdot 12 \cdot 3,2 = 15,59 \text{ га.}$$

Залежно від величини коефіцієнта поворотів можна визначити час виконання холостих ходів при русі на загінці [3].

$$T_x = \tau_{нов} T_p ; \quad (2.25)$$

$$T_x = 0,69 \cdot 3,2 = 2,2 \text{ год.}$$

Визначимо питомі витрати палива МТА.

$$G_p = T_p \cdot g ; \quad (2.26)$$

де, g – годинна витрата палива двигуном.

$$G_p = 3,2 \cdot 26 = 83,2 \text{ кг.}$$

Аналогічно визначимо витрати палива на холостих режимах двигуна.

$$G_x = 2,2 \cdot 6 = 13,2 \text{ кг.}$$

Тоді загальні витрати палива МТА становитимуть: $83,2 + 13,2 = 96,4$ кг.

Визначимо питомі витрати палива.

$$G_{га} = \frac{G}{W} ; \quad (2.27)$$

$$G_{га} = \frac{96,4}{15,59} = 6,1 \text{ кг / га.}$$

Отже змінна продуктивність МТА складає 15,6 га, а гектарна витрата пального – 6,1 кг.

Інші показники операційної технології передпосівного обробітку відображені в операційній карті графічної частини роботи.

Висновки до розділу 2.

Можна зробити висновок, що умова зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом не виконується. Тому необхідно довантажувати трактор баластними вантажами. Враховуючи, що маса трактора складає 3710 кг, то різниця мас і складатиме вагу баластних вантажів: - 3683,2 кг.

Однією із головних умов до визначення ширини поворотної смуги є кратність ширини до робочої ширини захвату МТА. Тому приймаємо ширину поворотної смуги 49,4 м, що рівно 13 проходів МТА з перекриттям 20 см.

Встановлено, що 63,4 % тягового зусилля затрачається на виконання передпосівного обробітку, а 37,6% - на самопереміщення МТА і подолання інших опорів, зокрема буксування і руху на підйом. Отже, 90,4 % тягового зусилля, яке створює моторно-силова установка трактора використовується безпосередньо на використання технологічної операції.

З тягової характеристики трактора МТЗ-1525 вибираємо 11 робочу передачу, при цьому тягове зусилля трактора складатиме 16,5 кН, потужність на гаку 66,5 кВт, робоча теоретична швидкість 12 км/год, коефіцієнт буксування – 13 %, витрати палива – 26 кг/год.

3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ МТА

3.1 Визначення ефективності впровадження конструкторських рішень

Економічна ефективність впровадження запропонованої конструкції визначається зниженням витрат у порівнянні з традиційною технологією обробітку ґрунту. Розроблена конструкція спрямована на скорочення витрат на паливно-мастильні матеріали, оплату праці, амортизацію, нарахування на заробітну плату та матеріали. Це досягається завдяки зменшенню маси машини та підвищенню ефективності технологічного процесу при підготовці ґрунту до сівби озимих зернових культур. Застосування запобіжних пристроїв для стрільчастих лап підвищує надійність роботи агрегату, скорочує тривалість вимушених технологічних простоїв, що дозволить підвищити значення коефіцієнта використання змінного часу, і як наслідок, продуктивність агрегату.

Для наочного відображення розрахунків економічного ефекту подано в таблицю (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

№	Показники	Агрегат	
		базовий	модернізований
1.	Склад МТА:		
	- трактор	МТЗ-1525	МТЗ-1525
	- культиватор	КУН-4	КУН-4 Модернізований
2.	Продуктивність, га/год	1,8	2,22
3.	Годинна тарифна ставка оператора, грн/год	140,2	140,2
4.	Амортизаційні відрахування, %	15	15
5.	Відрахування на ТО і ремонт, %	15	15
6.	Кількість працівників, чол	1	1
7.	Питомі витрати палива, г/кВт·год	240	240

Конструктивна розробка направлена на підвищення ефективності обробітку ґрунту з елементами ґрунтозахисних технологій та мінімальних, що призводить до зниження витрат при обробітку.

Визначимо вартість розробленого культиватора. Згідно даних, вартість лапи із запобіжним механізмом до культиватора «Сапфір» (Лемкен) складає 2110 грн, а вартість одного аналогічного вирівнювача з стійкою – 178 грн. Тоді, від вартості культиватора віднімемо вартість дисків та додамо вартість пружин і вирівнювачів. Тобто:

$$B = 524000 - (9 \cdot 2110) + (178 \cdot 20) - (9 \cdot 250) = 503700 \text{ грн.}; \quad (3.1)$$

де, 503700 – вартість базової машини, грн;

9, 20 – кількість лап і дисків на культиваторі.

Визначимо затрати при базовому та новому обробітку машиною КУН-4 згідно [2].

Обчислимо витрати на заробітну плату, що складають:

$$З = \frac{n}{W_{\text{год}}} \cdot CT; \quad (3.2)$$

де, CT - погодинна тарифікація, грн./год.

n - кількість трактористів, чол.

Базовий МТА:

$$З = \frac{1}{1,8} \cdot 140,2 = 77,9 \text{ грн / га.}$$

Новий МТА:

$$З = \frac{1}{2,2} \cdot 140,2 = 63,7 \text{ грн / га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються наступним чином:[6]

$$A = \frac{1,1 \cdot C \cdot Q}{t_H \cdot W_z}; \quad (3.3)$$

де, C - ціна культиватора, грн.;

Q - амортизаційні відрахування, %;

t_H - річне нормативне навантаження, год.

Базовий МТА:

- культиватор:

$$A^c = \frac{1,1 \cdot 524700 \cdot 0,15}{1120 \cdot 1,8} = 42,22 \text{ грн/га.}$$

Трактор:

$$A^c = \frac{1,1 \cdot 2850000 \cdot 0,15}{1600 \cdot 1,8} = 160,4 \text{ грн/га.}$$

Звідки:

$$A^c = 41,22 + 160,4 = 202,62 \text{ грн/га.}$$

Новий МТА:

- культиватор:

$$A^3 = \frac{1,1 \cdot 503700 \cdot 0,15}{1120 \cdot 2,22} = 33,1 \text{ грн/га.}$$

- трактор:

$$- A^3 = \frac{1,1 \cdot 2850000 \cdot 0,15}{1600 \cdot 2,22} = 132 \text{ грн/га.}$$

тоді

$$A^3 = 33,1 + 132 = 165,3 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на ПР та ТО:

$$R = \frac{Ц \cdot 1,1 \cdot r}{t_H \cdot W_z}; \quad (3.4)$$

де, r - нормативне відрахування на ПР і ТО, %.

Базовий МТА:

- культиватор:

$$R^c = \frac{1,1 \cdot 524000 \cdot 0,15}{1120 \cdot 1,8} = 42,22 \text{ грн/га.}$$

Трактор:

$$R^c = \frac{1,1 \cdot 2850000 \cdot 0,15}{1600 \cdot 1,8} = 160,4 \text{ грн/га.}$$

Тоді

$$R^c = 42,22 + 160,4 = 202,62 \text{ грн/га.}$$

Новий МТА:

- культиватор:

$$R^3 = \frac{1,1 \cdot 503700 \cdot 0,15}{1120 \cdot 2,22} = 33,1 \text{ грн/га.}$$

- трактор:

$$- R^3 = \frac{1,1 \cdot 2850000 \cdot 0,15}{1600 \cdot 2,22} = 132 \text{ грн/га.}$$

Звідки

$$R^3 = 33,1 + 132 = 165,3 \text{ грн/га.}$$

Затрати на паливо:

$$П = \frac{\alpha \cdot N \cdot q \cdot d}{W_{\text{год}}}; \quad (3.5)$$

де, α - густина пального, т/м³;

q - питома витрата палива, кг/кВт год;

d - ціна дизпалива, грн/л.

N – потужність двигуна, кВт.

Базовий МТА:

$$П^c = \frac{0,825 \cdot 66,5 \cdot 0,24 \cdot 43}{1,8} = 314,5 \text{ грн/га.}$$

Новий МТА:

$$П^3 = \frac{0,825 \cdot 66,5 \cdot 0,24 \cdot 43}{2,22} = 255,1 \text{ грн/га.}$$

Визначимо питомі сумарні витрати за формулою:

$$B = 3 + A + R + П; \quad (3.6)$$

Базовий МТА:

$$B^c = 77,9 + 202,6 + 202,65 + 314,5 = 796,6 \text{ грн/га.}$$

Модернізований МТА:

$$B^3 = 63,7 + 165,3 + 165,3 + 255,1 = 649,4 \text{ грн/га.}$$

Питомі капіталовкладення становлять:[2]

$$K = \frac{1,1 \cdot П}{t_H \cdot W_{\text{год}}}; \quad (3.7)$$

Базовий МТА:

$$K_m^c = \frac{1,1 \cdot 524000}{1120 \cdot 1,8} = 286 \text{ грн / га.}$$

Новий МТА:

$$K_m^p = \frac{1,1 \cdot 503700}{1120 \cdot 2,22} = 222,8 \text{ грн / га.}$$

Визначимо приведені затрати за формулою:

$$I = B + (E \cdot K); \quad (3.8)$$

де, E – коефіцієнт ефективності капіталовкладень. E становить 0,15.

Обчислимо приведені витрати для двох варіантів.

Базовий:

$$I_c = 796 + (0,15 \cdot 286) = 838,9 \text{ грн / га.}$$

Новий МТА:

$$I_p = 649,4 + (0,15 \cdot 222,8) = 682,82 \text{ грн / га.}$$

Визначимо річний економічний ефект за формулою:[2]

$$E = (I_c - I_p) \cdot W_{год} \cdot t_H; \quad (3.9)$$

$$E = (838,9 - 682,82) \cdot 1,8 \cdot 1120 = 314657 \text{ грн.}$$

Отже, застосування модернізованого нами культиватора КУН-4 дає річний економічний ефект в сумі 314657 грн.

Визначимо термін окупності вкладених в проект інвестицій (капіталовкладень).

$$T = \frac{Ц}{E}; \quad (3.10)$$

$$T = \frac{503700}{314657} = 1.6 \text{ роки.}$$

Висновки до розділу 3.

Застосування модернізованого культиватора КУН-4М дає річний економічний ефект в сумі 314657 грн. Капіталовкладення окупляться за 1,6 роки. Таке значення терміну окупності значно менше планового часу наробітку до відмови культиватора КУН-4. Отже, можемо стверджувати про економічну доцільність та ефективність використання запропонованої конструктивної розробки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті розрахунку визначені конструктивні параметри лап модернізованого культиватора та схема їх розміщення на рамі. Розміщення лап на рамі культиватора визначається трьома основними параметрами: величиною перекриття Δb (що може бути необхідним для досягнення мети культивації), кількістю рядів лап, та відстанню (L) між рядами. Перекриття вимагає розташування лап щонайменше у два ряди, тому особлива увага приділяється визначенню відстані ($L=367$ мм) між рядами при заданій максимальній глибині обробітку ($a_{\max}=160$ мм). Це дозволяє розрахувати ширину зони деформації ґрунту ($B=588$ мм) та перекриття $\Delta B=168$ мм) цих зон.

2. Максимальне напруження виникає при навантаженні, що прикладеному на крайці леза чи біля носка лапи, в залежності від розташування стійок відносно лап. В поперечному перерізі виникає поперечна сила та крутний момент. Дотичні напруження під дією сили розподіляються рівномірно

3. Встановлено, що 63,4 % тягового зусилля затрачається на виконання передпосівного обробітку, а 37,6% - на самопереміщення МТА і подолання інших опорів, зокрема буксування і руху на підйом. Отже, 90,4 % тягового зусилля, яке створює моторно-силова установка трактора використовується безпосередньо на використання технологічної операції.

З тягової характеристики трактора МТЗ-1525 вибираємо 11 робочу передачу, при цьому тягове зусилля трактора складатиме 16,5 кН, потужність на гаку 66,5 кВт, робоча теоретична швидкість 12 км/год, коефіцієнт буксування – 13 %, витрати палива – 26 кг/год.

4. Застосування модернізованого культиватора КУН-4М дає річний економічний ефект в сумі 314657 грн. Капіталовкладення окупляться за 1,6 роки. Таке значення терміну окупності значно менше планового часу наробітку до відмови культиватора КУН-4.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЕРЕЛ

1. Ванін В.В., Бліок А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації: Навч. посіб. 3-є вид. К.: Каравела, 2003. 160с.
2. Данильченко М.Г., Гладич Б.Б., Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. Тернопіль: Економічна думка, 2001. 61с.
3. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві В.Ю. Ільченко, І. П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. - К.: Урожай, 1993.-288 с.
4. Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур, - Львів: НВФ «українські технології», 2006. 730с.
5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. К: Мета, 2003. 448 с.
6. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред.. Мельника І.І. К.: Кондор. 2004. 284с.
7. ПІ 2.00-013-99. Інструкція з охорони праці для тракториста-машиніста сільськогосподарського виробництва
8. П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. Конструювання вузлів і деталей машин. Вид. 7-ме випр. К. Вища школа, 2001. 446 с.
9. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н.Салатенко, М.А.Білоножко ; За ред. О.І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001.591с.
10. 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. 464с.

11. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник./ Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544с.
12. Типові норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами /В.В. Вітвіцький, І.М. Демчак, В.С. Пивовар та ін. К: НДІ "Укراгропромпродуктивність", 2005. 544 с.
13. Типові норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / В.В. Вітвіцький, ІМ. Демчак, В.С. Пивовар та ін. К: ЦЩ "Украгропромпродуктивність", 2005. 544 с.
14. Типові норми продуктивності машин і витрат палива на передпосівному обробітку ґрунту. К.: НДІ "Украгропромпродуктивність", 2005. 672 с.
15. Типові норми продуктивності та витрати палива на тракторно-транспортних роботах /В.В. Вітвіцький, Ю.Я. Лузан, Л.І. Кучеренкота ін. К.: НДІ "Украгропромпродуктивність", 2007. 672 с. (Б-ка спеціаліста АПК „Економічні нормативи”).
16. Робочі процеси і розрахунок сільськогосподарських машин / К. І. Шмат, П. В. Сисолін, В. В. Карманов, Г. І. Іванов. – Херсон, ОЛДІ-плюс, 2004. – 308 с.
17. Заєць М. Л. Моделювання технологічного процесу роботи сошника / М. Л. Заєць, О. П. Антонов // Біоенергетичні системи: 2020 р. Житомир: Поліський національний університет, 2020. с. 124-129
18. Заєць М. Л. Обгунтування схеми встановлення начіпного плуга й аналіз сил, що діють на нього. Житомир: Поліський національний університет, 2020. с. 129-134.
19. 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.-464с.