

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
« ____ » _____ 2025 р.
Т.в.о. зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
Андрій ВОЙТІК
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення агрегату для поверхневого обробітку ґрунту з активним приводом ротаційних робочих органів та обґрунтування параметрів його роботи»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми бакалавра
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Гулеватий Олег Андрійович
(прізвище та ініціали)

Керівник к.е.н., доцент Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ.....	4
1.1. Аналіз технологій поверхневого обробітку ґрунту.....	4
1.2. Аналіз знарядь та їх робочих органів, що застосовуються для поверхневого обробітку ґрунту.....	6
Висновки по розділу.....	10
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
2.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми удосконаленого ротаційного робочого органу	11
2.2. Розрахункова схема ротаційного робочого органу.....	14
2.3. Технологічний процес борозноутворення різальним ножом ротаційного робочого органу.....	15
2.4. Параметри різального ножа ротаційного робочого органу.....	16
2.5. Результати роботи удосконаленого агрегату для поверхневого обробітку ґрунту з активним приводом ротаційних робочих органів....	18
2.6. Агротехнічні показники знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів.....	19
Висновки по розділу.....	21
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	22
3.1. Організація охорони праці в сільськогосподарських господарствах.....	22
3.2. Заходи з охорони праці під час роботи з ґрунтообробними агрегатами..	23
Висновки по розділу.....	24
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ.....	25
Висновки по розділу.....	26
Загальні висновки.....	27
Список використаних джерел.....	28

ВСТУП

В сучасному вирощуванні сільськогосподарських культур, передпосівний обробіток ґрунту у боротьбі з бур'янами здійснюється частіше всього знаряддями із стрілчастими робочими органами. Проте, враховуючи розташування коренів бур'янів у ґрунті, необхідною глибиною обробітку ґрунту має бути обробіток на глибину 3–5 см, а знаряддя із стрілчастими робочими органами працюють на глибину 8–10 см. В умовах підвищеної вологості стрілчасті робочі органи схильні до залипання ґрунтом та обволікання рослинними залишками. При роботі тракторів з ґрунтообробними знаряддями, які мають стрілчасті робочі органи, вся потужність передається через ланку «рушії – ґрунт». Цей спосіб передачі енергії супроводжується великим буксуванням рушіїв, що веде до деградації родючого шару ґрунту та призводить до його переущільнення.

Ґрунтообробні знаряддя, забезпечені дисковими робочими органами, мають менший тяговий опір й більш високу продуктивність порівняно із стрілчастими робочими органами. Вони працездатні на більш вологих, засмічених ґрунтах, при цьому не забиваються при роботі на полях з високою стернею й наявністю дрібних куп соломи. Проте, застосування знарядь з цими робочими органами не забезпечують необхідну якість при виконанні технологічних операцій.

Удосконалення кільцевих робочих органів шляхом поділу суцільного різального полотна на окремі частини та поворот їх під кутом до осі обертання, забезпечує умови для стабільного ковзання ґрунту по робочій поверхні. Ці робочі органи приводяться в дію від ВВП трактора. Вони формують нерівне, жолобоподібне дно борозни. Не вивченість процесу борозноутворення даними робочими органами перешкоджає вибору їх параметрів, що забезпечують вирівнюваність дна борозни відповідно до агротехнічних вимог. Тому, підвищення якості роботи знарядь із малоенергоємними ротаційними робочими органами є актуальною проблемою.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ

1.1 Аналіз технологій поверхневого обробітку ґрунту

Поверхневий обробіток ґрунту – це обробіток на глибину не більше 8 см різними ґрунтообробними агрегатами з метою його розпушування, кришення, знищення бур'янів та вирівнювання поверхні поля [9].

Вирівнювання ґрунту – технологічна операція, спрямована на зменшення нерівностей поверхні поля.

В останні роки широко застосовуються ресурсо- та енергозберігаючі технології обробітку сільськогосподарських культур з використанням мінімального та нульового обробітку ґрунту. На сьогодні близько 50% ґрунтів обробляються за ґрунтозахисною технологією, 40% ґрунтів обробляються із застосуванням технології мінімального обробітку ґрунту та близько 10% із застосуванням нульового обробітку ґрунту (Рис. 1.1).

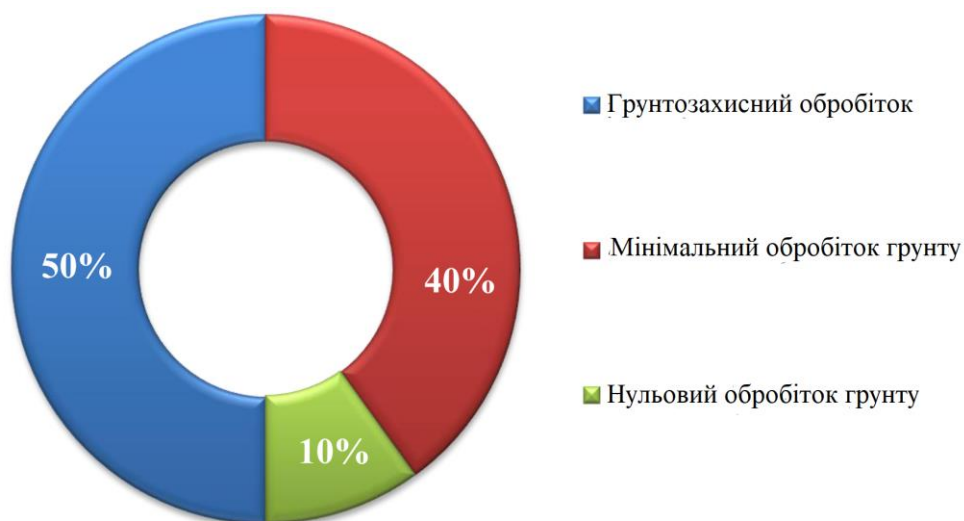


Рисунок 1.1 – Технології обробітку ґрунту

Поверхневий обробіток ґрунту в ґрунтозахисній технології включає наступні операції [9]: закриття вологи; коткування ґрунту; передпосівний обробіток ґрунту; боронування; обробіток пари.

В технології з мінімальним обробітком ґрунту, як механічної операції застосовується обробіток пари.

Зазначені операції виконуються з метою створення оптимальної структури ґрунту для росту сільськогосподарських культур, у тому числі для збереження та накопичення продуктивної вологи в ґрунті, збереження рослинних рештків на поверхні поля, а також для боротьби з бур'янами.

Основними елементами поверхневого обробітку ґрунту є передпосівний обробіток ґрунту та обробіток пари [9].

Передпосівний обробіток ґрунту – це обробіток, що виконується перед посівом або посадкою сільськогосподарських культур. Це основний агротехнічний прийом боротьби з однорічними бур'янами. Його проводять з метою підготовки ґрунту для посіву зернових культур. Якість передпосівного обробітку ґрунту має відповідати нижче наведеним агротехнічним вимогам: поверхня поля має бути вирівняною, при цьому грудки повинні бути не більше 10 см. Висота гребенів на поверхні поля не має перевищувати 4 см, відхилення від глибини обробітку ґрунту повинно бути не більше 1 см. Повне підрізання бур'янів та збереження на поверхні поля рослинних залишків не менше 60%.

Обов'язковою умовою для накопичення та збереження продуктивної вологи в ґрунтозахисній технології є створення оптимального посівного шару. Вказана вимога досягається при створенні верхнього мульчуючого та нижнього ущільненого шарів ґрунту.

Технологія з нульовим обробітком ґрунту характеризується посівом по стерновому фоні, виконаному однодисковими або чизельними робочими органами. В даній технології прямий посів є єдиною механічною операцією, що створює прямий вплив на ґрунт. Принциповою проблемою є боротьба з бур'янами. Для боротьби з ними за нульової технології застосовується хімічна прополка з використанням гербіцидів замість поверхневого обробітку ґрунту. Згідно за даними науковців застосування гербіцидів приводить не тільки до знищення бур'янів, а й у свою чергу згубно впливає на культурні рослини та на самий ґрунт [10].

Технологія з мінімальним обробітком ґрунту має на увазі відмову від глибокого обробітку та зниження інтенсивності механічних впливів на ґрунт. Мінімальний обробіток ґрунту – це обробіток, який забезпечує зменшення трудових, а також енерговитрат та інших витрат шляхом зменшення глибини обробітку ґрунту. З цього випливає, що в технології з мінімальним обробітком ґрунту, як основний метод обробітку, і з метою боротьби з бур'янами потрібно застосовувати поверхневий обробіток ґрунту [10].

Як основний агротехнічний прийом поверхневого обробітку ґрунту в технології з мінімальним обробітком ґрунту є літній обробіток пари. Проміжок часу після збирання, та до настання заморозків досить короткий, тому терміни для боротьби з бур'янами обмежені. Найбільш ефективним механічним способом боротьби з бур'янами у літній період стає багаторазовий поверхневий обробіток парових полів.

В той же час, з економічної точки зору через необхідність проведення лише обробіток пари в літній період до 2-3 разів призводить до суттєвого підвищення собівартості виробленої продукції, що є не вигідним для сільгосптоваровиробників.

Тому, в ґрунтозахисному землеробстві актуальна боротьба із бур'янами в передпосівний період із застосуванням поверхневого обробітку ґрунту. Таким чином, поверхневий обробіток ґрунту є одним із головних способів для підготовки ґрунту та у боротьбі з бур'янами.

1.2 Аналіз знарядь та їх робочих органів, що застосовуються для поверхневого обробітку ґрунту

Для операцій технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту застосовуються машини й знаряддя, які обладнані пасивними робочими органами, що здійснюють прямолінійно поступальний рух та ротаційними робочими органами, що здійснюють одночасно поступальний та обертальний рух (Рис. 1.2).

Передпосівний обробіток ґрунту для боротьби з бур'янами здійснюється в більшій мірі знаряддями, обладнаними стрілочастими робочими органами. Проте,

враховуючи розташування коренів бур'янів у ґрунті, необхідною глибиною обробітку ґрунту має бути обробіток на глибину 3-5 см, в той час, як знаряддя із стрілочастими робочими органами працюють на глибину 8-10 см [2].

Але, стрілочасті робочі органи добре справляються із завданням щодо створення вирівняного та ущільненого дна борозни. Їх леза лежать в одній площині, а поступальний рух забезпечує отримання рівного дна борозни. Проте, у перспективі залишаються питання, пов'язані з підвищенням якості існуючих агротехнічних вимог.



Рисунок 1.2 – Класифікація робочих органів для поверхневого обробітку ґрунту

Передпосівний обробіток ґрунту один із головних та найбільш ефективних агротехнічних прийомів у боротьбі з бур'янами. З вище сказаного для результативної боротьби з бур'янами (на глибину 3-5 см) необхідно проводити передпосівний обробіток на задану глибину, а знаряддя із стрілочастими робочими органами здатні працювати лише на глибині не менше 8-10 см через відсутність протитиску. До того ж стрілочасті робочі органи лише підрізають бур'яни зверху, залишаючи коріння в шарі ґрунту, при цьому приживання бур'янів становить близько 10-12%. Через зазначений недолік стрілочасті робочі органи не забезпечують належного якісного обробітку ґрунту і не здатні знищити коріння бур'янів на невеликій глибині (3-5 см).

В умовах підвищеної вологості ґрунту, стрілочасті робочі органи схильні до залипання ґрунтом, а також обволікання рослинними рештками, і таким чином зростання тягового опору. Внаслідок цього трактори працюють з великим

буксуванням, так як ґрунт у весняний період знаходиться у вологому стані та має погані зчіпні властивості.

Знаряддя, які обладнані дисковими робочими органами, зокрема луцильники, мають ряд переваг по відношенню до знарядь із стрілочастими робочими органами. Вони інтенсивніше впливають на верхній шар ґрунту, що забезпечує повне знищення бур'янів. Проте, основним недоліком луцильника вважається обертання ґрунту, що призводить до випаровування ґрунтової вологи (висушування ґрунту), при цьому він закладає до 50-60% стерні всього за один прохід агрегату [3].

Кільцеві робочі органи, які обладнані кільцевими робочими органами мають переваги в порівнянні з вище зазначеними знаряддями. Основною перевагою кільцевих робочих органів є здатність виривати та укласти бур'яни на поверхню поля, тим самим, виключаючи їх приживання, що принципово відрізняється від процесу роботи стрілочастих та дискових робочих органів, які лише здатні перерізати їх. Тому, особливістю подібних робочих органів вважається той факт, що вони практично не забиваються і не залишають огріхів, крім усього зазначеного мають низький питомий опір та практично повністю підрізають бур'яни [3].

Кільцеві робочі органи випускаються з круглим, еліпсоподібним та конусоподібним перетином робочих органів.

На робочій поверхні кільцевих робочих органів з пасивним приводом відсутнє ковзання ґрунту, що призводить до формування ґрунтових утворень. Це призводить до погіршення якості обробітку ґрунту та підвищення тягового опору. Дослідженнями формування ґрунту на поверхні ротаційних робочих органів займалися різні науковці [4].

З метою підвищення якості передпосівного обробітку ґрунту нами запропоновано знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів для поверхневого обробітку ґрунту (Рис. 1.3).

Дане знаряддя здатне знищувати до 97% бур'янів й забезпечувати кришення ґрунту в межах 81%. Після проходження знаряддя гребенистість поверхні поля не перевищує 2,5-3 см, при цьому зберігається на поверхні поля 70% рослинних решток.



Рисунок 1.3 – Агрегат з активним приводом кільцевих робочих органів

Активний привід кільцевих робочих органів покращує якість обробітку ґрунту.

Розроблений ротаційний робочий орган з активним приводом складається із маточини 1, спиць 2, різальних ножів 3, леза яких виконані по еліптичній лінії (Рис. 1.4) [4]. Це забезпечується за рахунок нахилу виконавчого ножа до осі обертання $l-l$ робочого органу.

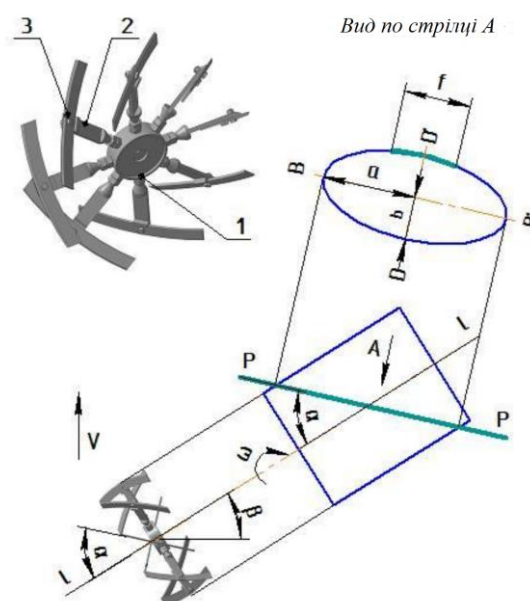


Рисунок 1.4 – Ротаційний робочий орган, різальні ножі якого виконані по еліптичній лінії

Дослідженнями науковців встановлено, що застосування таких робочих органів на операціях поверхневого обробітку ґрунту дозволяє знизити витрати потужності на 14-16% порівняно з кільцевим робочим органом з активним

приводом. Питомі витрати потужності на виконання технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту мінімальні при кінематичному параметрі $\eta=1,14...1,21$ і куті атаки 40° [4]. Довжина батареї ротаційних робочих органів має бути не менше 1,6 м.

Проте, питання забезпечення якості обробітку ґрунту даним робочим органом залишаються невивченими. Тому, подальше обґрунтування роботи пропонованого знаряддя досліджувалося в наступному розділ.

Висновки по розділу

В першому розділі проведених досліджень наведено аналіз існуючих технологій та технічних засобів і їх робочих органів для поверхневого обробітку ґрунту.

Нами визначено, що нині перспективним напрямком розвитку ґрунтообробної техніки для підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту є застосування знарядь, обладнаних ротаційними робочими органами з активним приводом.

РОЗДІЛ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми удосконаленого ротаційного робочого органу

Для проведення експериментальних досліджень нами був представлений удосконалений ротаційний робочий орган, який наведений на рис. 2.1.

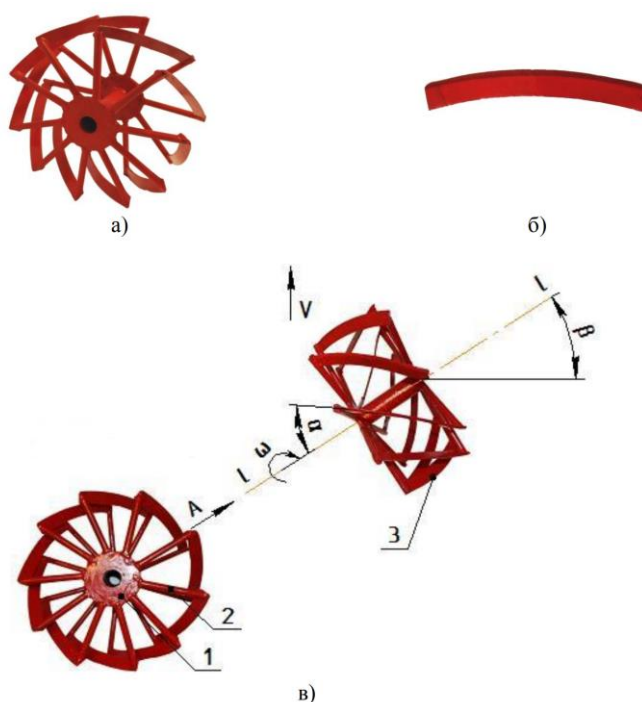


Рисунок 2.1 – Ротаційний робочий орган

а – загальний вигляд; б – різальний ніж; в – конструктивна схема.

1 – маточина; 2 – спиця; 3 – різальний ніж.

Він складається з маточини 1, до якої кріпляться спиці 2 з різальними ножами 3. Робочий орган обертається навколо осі $l-l$, відхиленої від поперечної площини на кут атаки β з кутовою швидкістю ω . Різальні ножі, що мають форму частини еліпса, для забезпечення постійної глибини обробітку ґрунту, відхилені від осі обертання $l-l$ на кут α [2]. Різальні краї ножів збігаються з поверхнею циліндра з діаметром, рівним діаметру кільцевого робочого органу. Таке виконання робить більш досконалим взаємодію робочого органу з ґрунтом, з точки зору забезпечення ковзання ґрунту по поверхнях різальних ножів, щоб

уникнути погіршення якості обробітку ґрунту. Встановлення різальних ножів на кут α дозволяє уникнути формування ґрунтової просвіту на їх поверхні. Вектор V характеризує поступальну швидкість руху робочого органу.

Технологічний процес обробітку ґрунту ротаційним робочим органом здійснюється наступним чином. Ротаційні робочі органи збираються в батарею, встановлюються в один ряд під кутом атаки β і приводяться в дію від ВВП трактора. Заглиблюючись у ґрунт на задану глибину робочий орган, здійснює його розпушування, паралельно підрізаючи бур'яни й виносячи їх на поверхню поля, та вирівнювання поверхні поля [2].

При виготовленні прийняті наступні параметри ротаційного робочого органу: зовнішній діаметр робочого органу становить $D=45\text{мм}$, висота різального ножа $B_n=30\text{мм}$ виконаного згідно з параметрами кільцевого робочого органу [4] Кількість різальних ножів становить 10 штук для забезпечення агротехнічно допустимої висоти гребенів на дні борозни.

Загальний вигляд знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів (Рис. 2.2) представляє собою начіпний агрегат, виконаний за схемою «асиметричний клин».

Знаряддя складається з наступних основних вузлів: навісної рами 1, тяг 2, секції робочих органів 3, стабілізуючого пристрою 4 механізму приводу робочих органів в обертання, що включає карданні 5 і ланцюгові передачі 6, кутовий редуктор 7, запобіжну муфту 8, обгінну муфту 9 та шарнір рівних кутових швидкостей 10, опорних коліс 11 [4].

Навісна рама 1 з тягами 2 являють собою зварну конструкцію з квадратних труб для приєднання до неї секції робочих органів 3. Секція робочих органів 3 призначена для виконання технологічного процесу обробітку ґрунту і складається з рами, двох опорних коліс, батареї робочих органів та натискних штанг з пружинами. Механізм регулювання ходу опорних коліс призначений для забезпечення заданої глибини обробітку робочими органами. Рама являє собою зварну конструкцію і служить для кріплення на ній вузлів та деталей секції. На рамі розташована батарея робочих органів [9].

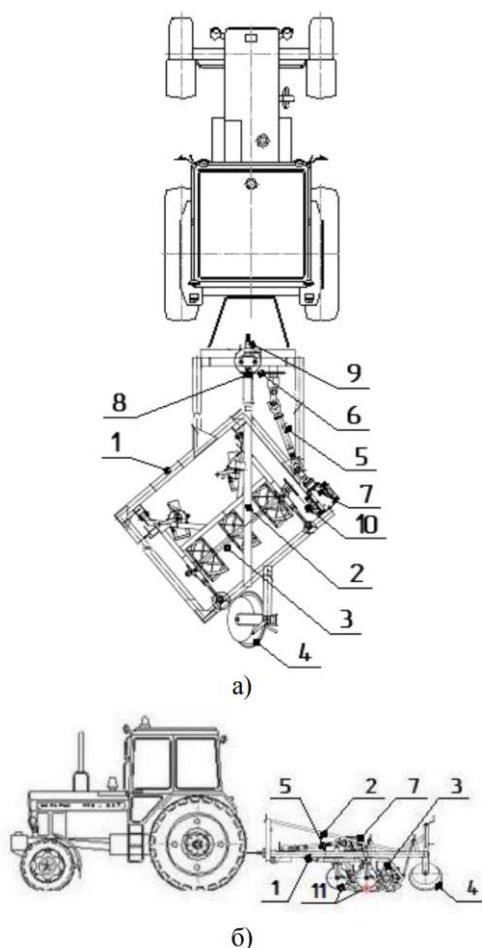


Рисунок 2.2 – Схема макетного зразка знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів

а – вид зверху; б – вид збоку.

1 – начіпна рама; 2 – тяги; 3 – секція робочих органів; 4 – стабілізуючий пристрій; 5 – карданні передачі; 6 – ланцюгові передачі; 7 – кутовий редуктор; 8 – запобіжна муфта; 9 – обгінна муфта; 10 – шрус; 11 – опорні колеса

Робочі органи батареї мають однорядне розташування та виконують процес обробітку ґрунту. Вони зібрані на валу за допомогою шпυльок, і обертаються у двох підшипникових вузлах. На кінцях валів батарей робочих органів встановлені ведені зірочки. Натискні штанги та пружини служать для створення необхідного заглиблюючого зусилля на робочих органах та переведення їх у транспортне положення під час підйому знаряддя. Механізм приводу служить для передачі крутного моменту від ВВП трактора до батареї ротаційних робочих органів агрегату під час виконання робочого процесу із встановленою частотою обертання. Він включає карданні передачі, обгінну муфту, запобіжну муфту, зірочки, ланцюгові передачі, підшипникові опори, кутовий редуктор та шарнір

рівних кутових швидкостей. Стабілізуючий пристрій 4 забезпечує стійкість ходу агрегату у поздовжньому напрямку [9].

Технологічний процес роботи макетного зразка агрегату з активним приводом ротаційних робочих органів полягає в наступному [4]:

- гвинтовим механізмом опорних коліс регулюється глибина ходу робочих органів;
- за допомогою ВВП трактора батарея ротаційних робочих органів приводиться в дію;
- робочі органи, обертаючись по ходу руху агрегату, заглиблюються в ґрунт, тим самим здійснюючи процес обробітку ґрунту.

Знаряддя переводиться в транспортне положення за допомогою гідросистеми трактори.

2.2 Розрахункова схема ротаційного робочого органу

Розрахункову схему ротаційного робочого органу наведено на рис. 2.3.

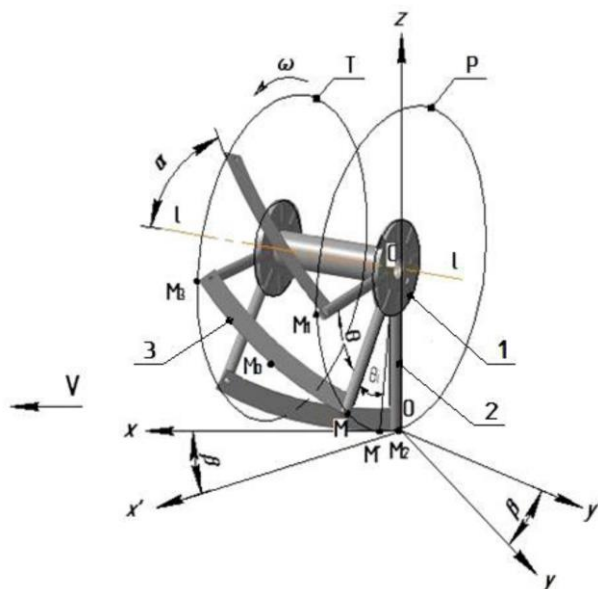


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема ротаційного робочого органу

1 – маточина; 2 – спиця; 3 – різальний ніж.

Основна прямокутна нерухома система координат $OXYZ$ розташована так, що вісь OX збігається з напрямком поступального руху робочого органу V . При

цьому вісь OZ розташована перпендикулярно поверхні поля, проходячи через нижню точку торкання O робочого органу з дном борозни. Вісь OY знаходиться в поперечній площині, паралельно поверхні поля. Площина обертання робочого органу відхилена від напрямку поступального руху під кутом атаки β . Ротаційний робочий орган обертається навколо осі $l-l$ з кутовою швидкістю ω . Різальні ножі 3 нахилені до осі обертання $l-l$ під кутом α [10].

Допоміжна система координат $OX'Y'Z$ отримана в результаті повороту основної системи координат $OXYZ$ навколо осі OZ на кут атаки β проти годинникової стрілки.

2.3 Технологічний процес борозноутворення різальним ножом ротаційного робочого органу

Під час роботи кожна точка різального ножа ротаційного робочого органу, встановленого під кутом атаки β і обертанням навколо осі $l-l$, здійснює криволінійний рух у ґрунті, спочатку заглиблюючись від поверхні поля на глибину h , потім виглиблюючись від заданої глибини до поверхні, рисунок 2.4.

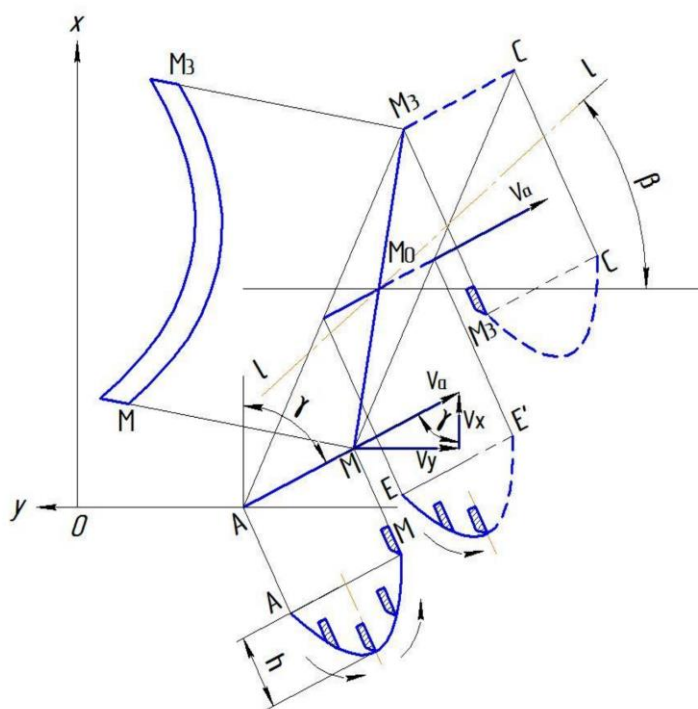


Рисунок 2.4 – Технологічний процес борозноутворення різальним ножом

При обробітку ґрунту різальний ніж MM_3 ротаційного робочого органу формує борозну, проекція якої на горизонтальну площину XOY представляє паралелограм AM_3CM [2].

Технологічний процес борозноутворення різальним ножем відбувається наступним чином.

Першою входить у роботу передня точка M ножа. Вона заглиблюється і виглиблюється за еліптичною траєкторією. Її проекція на площину XOY представляє відрізок прямої AM , відхиленої від напрямку руху на кут γ .

Потім послідовно заглиблюються та виглиблюються усі точки ножа. Всі вони рухаються однаковою траєкторією. Їхні проекції на площину XOY представляють відрізок прямої.

Після виглиблення крайньої точки M_3 формування борозни завершується. Вона має форму жолоба, координати її поверхні визначаються із системи рівнянь наведеної нижче. Борозна відхилена від напрямку руху на кут ζ .

Таким чином, технологічний процес борозноутворення характеризується здійсненням криволінійного руху в ґрунті кожної точки різального ножа ротаційного робочого органу.

2.4 Параметри різального ножа ротаційного робочого органу

Різальний ніж AB ротаційного робочого органу виконаний по лінії еліпса (Рис. 2.5), півосі якого визначаються з виразу (2.1) [10].

$$\begin{cases} a = \frac{R}{\sin \alpha}; \\ b = R. \end{cases} \quad (2.1)$$

Визначимо параметри різального ножа ротаційного робочого органу.

Розглянемо трикутник AOB . AB представляє різальний ніж ротаційного робочого органу, рисунок 2.5.

У трикутнику AOD :

$$AD = R \cdot \sin 0.5\theta_l, \quad (2.2)$$

$$AB = 2AD, \quad (2.3)$$

$$AB = 2R \cdot \sin 0.5\theta_l. \quad (2.4)$$

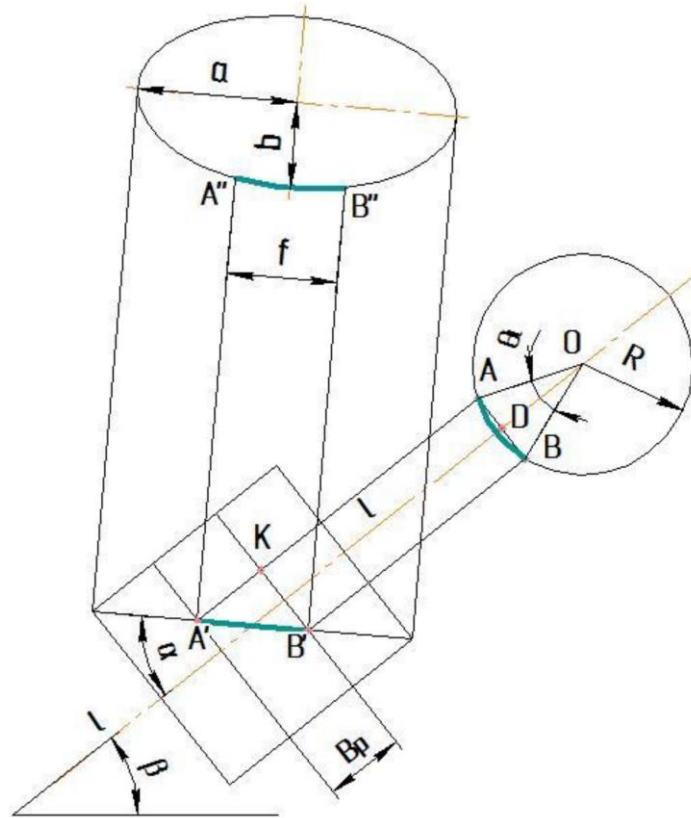


Рисунок 2.5 – Параметри різального ножа ротаційного робочого органу

Проекція різального ножа AB ротаційного робочого органу на горизонтальну площину визначається з виразу:

$$A'B' = KB' = \frac{AB}{\sin \alpha} = \frac{2R \cdot \sin 0.5\theta_l \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (2.5)$$

Довжина леза різального ножа визначається як:

$$f = \frac{2R \cdot \sin 0.5\theta_l}{\sin \alpha}. \quad (2.6)$$

Визначимо ширину різального ножа. Розглянемо трикутник $A'KB'$. Звідси:

$$Bp = A'K = KB' \cdot \cos \alpha. \quad (2.7)$$

Або підставивши KB' з виразу (2.5), ширина різального ножа буде визначатися як:

$$Bp = \frac{2R \cdot \sin 0.5\theta_l \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (2.8)$$

Рекомендовані параметри ротаційного робочого органу: довжина ножа 261-274 мм, ширина 226-237 мм, кут нахилу ножа до осі обертання 28-30°; лезо ножа виконано по лінії еліпса з найменшою кривизною, а півосі еліпса відповідно дорівнюють 450-472 мм та 225 мм.

2.5 Результати роботи удосконаленого агрегату для поверхневого обробітку ґрунту з активним приводом ротаційних робочих органів

Умови проведення виробничої перевірки макетного зразка знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів на передпосівному обробітку ґрунту представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Умови проведення випробувань

Показники	Шари ґрунту, см		
	від 0 до 5	від 5 до 10	від 10 до 15
Вологість ґрунту, %	12,6	26,7	27,3
Твердість ґрунту, МПа	0,5	1,5	2,1
Тип ґрунту	Чорнозем		
Механічний склад	Середній суглинок		
Маса стерні, г/м ²	88		
Гребенистість поверхні, см	1,4		

Результати оцінки функціональних показників макетного зразка знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів наведено в таблиці 2.2.

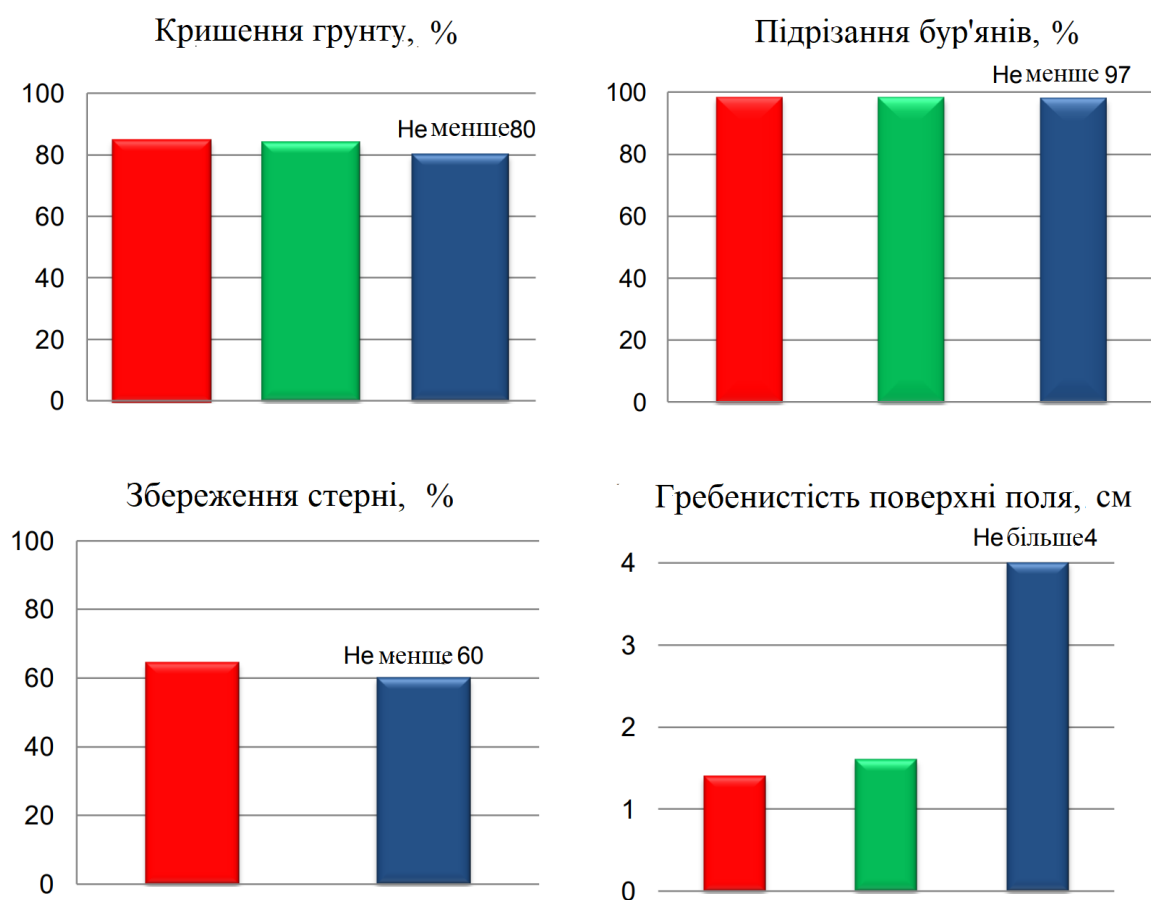
Таблиця 2.2 – Результати оцінки функціональних показників макетного зразка знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів

Показники	Значення показників
Швидкість руху, км/год	9,6
Глибина ходу робочих органів, см	5,6
Кришення ґрунту, %	84,5
Підрізання бур'янів, %	98,3
Збереження стерні, %	64,5
Гребенистість поверхні поля, см	1,4
Гребенистість дна борозни, см	1,8

2.6 Агротехнічні показники знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів

Оцінка впливу конструкції та режимів роботи макетного зразка знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів на агротехнічні показники проводилася за оптимального значення кута атаки робочого органу $\beta=40$ град., вибраному виходячи з мінімальних витрат потужності на процес обробітку ґрунту.

Оцінювалися такі агротехнічні показники роботи знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів як: кришення ґрунту, ступінь підрізування бур'янів, збереження стерні на поверхні поля, гребенистість поверхні поля та висота гребенів дна борозни (Рис. 2.6).



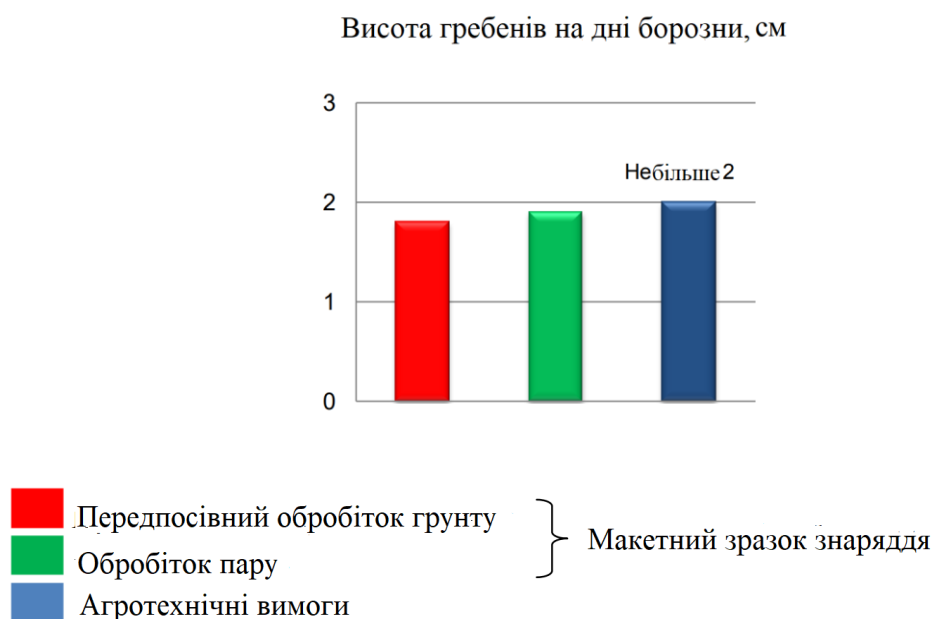


Рисунок 2.6 – Агротехнічні показники знаряддя

Дослідженнями у виробничих умовах встановлено, що макетний зразок знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів на передпосівному обробітку ґрунту та обробітку пари при швидкості руху 9-10 км/год, глибині обробітку 5-6 см забезпечує не менше 98% підрізування бур'янів, збереження стерні 64,5%, кришення ґрунту 84-85%, гребенистість поверхні поля 1,4-1,6 см, середню висоту гребенів на дні борозни 1,8 см.

Наведені вище показники відповідають агротехнічним вимогам на поверхневому обробітку ґрунту.

На рис. 2.7 наведено профіль дна борозни, отриманої після проходу знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів, різальні ножі яких виконані по еліптичній лінії, що відповідає агротехнічним вимогам.



Рисунок 2.7 – Профіль дна борозни після проходу макетного зразка знаряддя

Таким чином, результати досліджень показують, що застосування на поверхневому обробітку ґрунту знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів з різальними ножами виконаними по еліптичній лінії забезпечують якісне виконання технологічного процесу.

Висновки по розділу

Таким чином, в даному розділі наведено розрахункову схему ротаційного робочого органу. Розглянуто технологічний процес борозноутворення різальним ножем, що характеризується послідовним заглибленням та виглибленням всіх точок різального ножа. Визначено, що сформована борозна має форму заглибини.

Також визначені параметри різального ножа ротаційного робочого органу: ширина робочого органу 226-237 мм; довжина ножа 261-274 мм; лезо ножа виконано по лінії еліпса з найменшою кривизною, а півосі еліпса відповідно дорівнюють 450-472 мм та 225 мм.

Макетний зразок знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів на передпосівному обробітку ґрунту при швидкості руху 9-10 км/год, глибині обробітку 5-6 см забезпечує щонайменше 98 % підрізання бур'янів, збереження стерні 64,5%, кришення ґрунту 84-85%, гребенистість поверхні поля 1,4-1,6 см, середню висоту гребенів на дні борозни 1,8 см.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Організація охорони праці в сільськогосподарських господарствах

Працівники сільськогосподарських господарств з мінімальною кількістю сільськогосподарської техніки та устаткування виконують весь цикл технологічних робіт у сільськогосподарському виробництві – обробіток ґрунту, посів, догляд за посівами, поводження з агрохімікатами та пестицидами, збір врожаю, вантажно-розвантажувальні роботи, заготівля кормів. Один працівник суміщає декілька професій та спеціальностей, наприклад: механізатор, слюсар, зварник тощо.

Фактично голові господарства необхідно створити належну службу з охорони праці не має можливості, і необхідно самоорганізовуватись у цьому напрямку, а «універсальний» працівник повинен мати необхідний обсяг знань та навичок не тільки у професійному сенсі, а й уміти оцінювати небезпечні та шкідливі ризики виробничих факторів.

Згідно із Законом України «Про охорону праці» [1] навіть за наявності одного працюючого фермер несе дисциплінарну, адміністративну, матеріальну та кримінальну відповідальності.

Стосовно організації охорони праці у малих підприємствах, та відповідно до статті 15 Закону на підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб, функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку. На підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають відповідну підготовку.

У господарстві повинні бути розроблені:

- посадові інструкції, правила внутрішнього трудового розпорядку;
- комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;

- положення, інструкції та інші акти з охорони праці, що діють в межах підприємства та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці;
- порядок та графік проведення навчань та перевірки знань з охорони праці працівників та спеціалістів з охорони праці (комісія);
- технологічні карти процесів та робіт (вантажно-розвантажувальні роботи, схеми переробки та обробки зерна, виконання польових робіт, тощо).

Залежно від наявної матеріально-технічної бази, керівник повинен отримати в територіальних органах Держпраці дозвільні документи або задекларувати роботи підвищеної небезпеки (роботи, що виконуються на висоті понад 1,3 метра, роботи із збереження та переробки зерна, зварювальні роботи, тощо).

3.2 Заходи з охорони праці під час роботи з ґрунтообробними агрегатами

Під час роботи з ґрунтообробними агрегатами працівникам необхідно дотримуватися правил з охорони праці та техніки безпеки поводження з ними.

До основних заходів з охорони праці під час механізованого обробітку ґрунту можна віднести наступні [1]:

- на рівному горизонтальному майданчику корпуси плуга встановлюють на задану глибину оранки, підтягують гайки кріплення лемешів, полиць до корпусів плуга і передплужника, а корпусу до рами плуга;
- обов'язково потрібно зашплінтувати після зчеплення кульові втулки нижніх пар з пальцями плуга. Якщо використовують автозчіпку, то відхил знаряддя вбік від осі трактора на більше ніж 120 мм, а замків вперед чи вбік більше ніж на 15° недопустимі. Якщо під час роботи у полі потрібно замінити лемеші плуга, то двигун трактора вимикають або від'єднують машину від трактора, а під раму начіпного механізму підставляють підставки;
- у дискових боронах та лушпильниках перевіряють кріплення, регулюють положення чистиків, встановлюють потрібний кут атаки дискових батарей,

підтягують та стопорять гайки на осях батарей. Зазор між чистиком і поверхнею диска має бути близько 2...4 мм. Небезпечним чинником є наявність у диска гострих країв - тому потрібно користуватися рукавицями;

– у культиваторів перевіряють кріплення грядилів, штанг, стояків робочих органів і вилок їх піднімання. Осьовий переміст коліс не повинен перевищувати 2 мм. Для регулювання культиватора на рівному твердому майданчику під опорні колеса підкладають дерев'яні бруски товщиною на 1...2 см (заглиб коліс у ґрунт) менше від глибини обробітку поля;

– перед початком робіт поле потрібно оглянути – засипати яри, рови, забрати каміння. Перешкоди позначають віхами. Біля ярів та крутих схилів встановлюють попереджувальні знаки та відбивають контрольні смуги, а в межах поля для роботи агрегатів – поворотні смуги;

– якщо обробіток ґрунту виконує водночас група машин, то призначають старшого, який відповідає за роботу агрегатів у загінці, стежить за відстанню між тракторами (вона має бути в межах 30...40 м. При обслуговуванні причіпних агрегатів декількома працівниками один з них відповідає за запускання і зупинення цього агрегату. Якщо робота виконується з помічником, то по закінченні робіт і перед початком руху необхідно переконатися, що помічник перебуває на безпечній відстані, обмінятися з ним сигналами і лише тоді рушати;

– перед поворотом робочі органи виглиблюють, а на початку прямолінійного руху знову повертають у робоче положення;

– якщо надмірна запиленість робочої зони, то під час заправлення туковисівних апаратів, а також під час заточування робочих органів ґрунтообробних машин необхідно використовувати захисні окуляри та рукавиці.

Висновки по розділу

Таким чином, в розділі охорони праці наведені правила техніки безпеки для працівників, які працюють з ґрунтообробними агрегатами. Дані заходи дають можливість зменшити виробничі травматизми при виконанні певних робіт.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

В результаті досліджень агрегат у складі МТЗ 892 та знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів на передпосівному обробітку ґрунту забезпечило не менше 98% підрізання бур'янів, збереження 64,5% стерні, кришення ґрунту 84-85%, гребенистість поверхні поля 1,4-1,6 см, середню висоту гребенів на дні борозни 1,8 см. Наведені показники відповідають агротехнічним вимогам на поверхневу обробітку ґрунту [9].

Розрахунок економічної ефективності застосування знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів, різальні ножі якого виконані по еліптичній лінії здійснено згідно з ГОСТ Р 53056 [9].

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності застосування знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів і трактором тягового класу 1,4 представлені у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Вихідні дані визначення економічної ефективності проекту

№ п/п	Показники	Значення показника	
		Базовий варіант	Новий варіант
1.	Склад агрегату на передпосівний обробіток ґрунту: - трактор - знаряддя	МТЗ 892 борона	МТЗ 892 нове знар.
2.	Ширина захвату, м	4	6
3.	Робоча швидкість, км/год.	10	10
4.	Коефіцієнт використання змінного часу	0,8	0,79
5.	Коефіцієнт використання експлуатаційного часу	0,75	0,77
6.	Продуктивність, га за 1 год часу	4,0	5,10
7.	Річне фактичне завантаження, год.	1150	1150
8.	Річне вироблення агрегату, га	375	496
9.	Число обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
10.	Ціна палива, грн./кг	56,24	56,24
11.	Коефіцієнт відрахувань на ремонт та ТО	0,1	0,1
12.	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію	0,1	0,1
13.	Оплата праці, грн. /год.	80	80

Результати розрахунків економічної ефективності застосування пропонованого технічного рішення наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Показники економічної ефективності проекту

№ п/п	Показники	Значення показника		Відхилення, %
		Базовий варіант	Новий варіант	
1.	Сукупні витрати, грн./га	736,67	586,12	-20,4
2.	Витрати праці, люд.-год./га	0,313	0,244	-22,0
3.	Питома витрата палива, кг/га	3,4	2,5	-23,9
4.	Річна економія сукупних витрат (річний економічний ефект), тис. грн.	-	74,61	-
5.	Капітальні вкладення, млн. грн.	2,94	3,01	2,2
6.	Термін окупності капітальних вкладень, років	-	0,4	-

В результаті розрахунку економічної ефективності застосування знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів, різальні ножі якого виконані по еліптичній лінії в агрегаті з трактором МТЗ 892 тягового класу 1,4 отримано, що застосування даного агрегату дозволяє отримати річну економію сукупних витрат в розмірі не менше 74,61 тис. грн.. А термін окупності пропонованого технічного рішення дорівнює близько 1 року.

Висновки по розділу

Таким чином, розрахунки економічної ефективності показали доцільність впровадження у серійне виробництво знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів, різальні ножі якого виконані по еліптичній лінії.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Таким чином, із вище викладених досліджень можна зазначити, що урожай зернових культур, що вирощується по ґрунтозахисній технології й технології з мінімальним обробітком ґрунту, суттєво залежить від поверхневого обробітку ґрунту, основним елементом якого є передпосівний обробіток ґрунту.

Нами розроблений ротаційний робочий орган з активним приводом та визначені його параметри при яких забезпечується якісне виконання поверхневого обробітку ґрунту по глибині, що відповідає встановленим агротехнічним вимогам.

Наведено заходи з охорони праці під час роботи з ґрунтообробними машинами, що убезпечують виробничий травматизм працівників.

Проведено розрахунки економічної ефективності запропонованого технічного рішення. В результаті яких визначено, що застосування даного агрегату дозволяє отримати річну економію сукупних витрат в розмірі не менше 74,61 тис. грн.. А термін окупності пропонуваного технічного рішення дорівнює близько 1 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.
2. Канарьов Ф.М. Ротаційні ґрунтообробні машини та знаряддя. Київ : Вища школа, 1983. 142 с.
3. Культиватор ротаційний Bomet. URL: <https://agrola.com.ua/ua/p354055269-kultivator-rotatsionnyj-bomet.html>. (Дата звернення: 23.11.2024).
4. Курач А.А. Кільцевий робочий орган: формування ґрунтового клина. *Трактори та сільськогосподарські машини*. 2003. №5. С. 25-26.
5. Панов І.М. Ґрунтообробна техніка: стан та проблеми розвитку. *Трактори та сільськогосподарські машини*. 2003. №11. С. 9-11.
6. Передпосівний обробіток ґрунту агрегатами LEMKEN. URL: <https://www.agronom.com.ua/peredposivnyj-obrobitok-gruntu-agregatamy-lemken>. (Дата звернення: 23.11.2024).
7. Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук Ю.О. Інструктивно-методичні матеріали до виконання дипломних проєктів студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» першого освітнього рівня (бакалаврського). Умань : УНУС, 2020. 27 с.
8. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88.
9. Amantayev M.A., Gaifullin G.Z., Kushnir V.G., Nurushev S.Z., Kravchenko R.I. Soil body formation in front of the rotary tillage tools. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*. 2016. Vol. 13(4). P. 1983-1988.
10. Hettiaratchi D.R.P., The soil contact zones of concave agricultural discs: Part 2, Calculation procedures. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1997. Vol. 67(2). P. 127-139.
11. Liu J., Kushwaha R.L. Modeling of soil profile produced by a single sweep tool. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. 2006. Vol.VIII. P. 1-13.