

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

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику**
з модернізацією культиватора КМП-5,4

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГзс-41

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Беркита Ю.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | Лазарюк В.В., доцент | | |

7. Дата видачі завдання

14.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1 | Оглядова частина. | 20.04.2026 р. | |
| 2 | Рекомендації з підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику. | 10.05.2026 р. | |
| 3 | Проектна частина. | 25.05.2026 р. | |
| 4 | Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. | 30.05.2026 р. | |
| 5 | Реферат. Вступ. Висновки. | 05.06.2026 р. | |
| 6 | Ілюстративна частина. Додатки. | 12.06.2026 р. | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент

_____ (підпис)

Беркита Ю.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сташків М.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Беркита Юрій Володимирович.

Тема роботи – «Підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику з модернізацією культиватора КМП-5,4».

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

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

В умовах сучасного агровиробництва особливої уваги набуває підвищення ефективності технологічних процесів вирощування, серед яких міжрядний обробіток ґрунту відіграє ключову роль у забезпеченні оптимальних умов росту рослин, боротьбі з бур'янами та збереженні вологи.

Разом із тим, існуючі технічні засоби для міжрядного обробітку, зокрема культиватор КМП-5,4, не повною мірою відповідають сучасним вимогам до якості виконання технологічних операцій. Недосконалість конструкції робочих органів призводить до нерівномірності обробітку ґрунту, підвищених енергетичних витрат, недостатньої ефективності знищення бур'янів та можливого пошкодження культурних рослин. Це, у свою чергу, негативно впливає на врожайність та економічні показники виробництва.

У зв'язку з цим особливо актуальним є вдосконалення конструкції культиватора шляхом модернізації його робочих органів. Реалізація таких рішень дозволить підвищити якість міжрядного обробітку, знизити витрати палива та забезпечити більш ефективне використання машинно-тракторних агрегатів, що є важливим напрямом розвитку сучасного аграрного виробництва.

Мета роботи

Основною метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику культиватором КМП-5,4 шляхом

застосування у серійному агрегаті удосконаленої секції розпушування.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Технології міжрядного обробітку соняшнику.

Предмет дослідження. Культиватор КМП-5,4.

Методи дослідження. Економіко-статистичний, порівняльний, математичного моделювання, теоретико-емпіричний.

Отримані результати:

- здійснено аналіз технологій міжрядного обробітку соняшнику;
- проведено огляд агрегатів для проведення операції міжрядного обробітку с/г культур;
- розглянуто агротехнічні вимоги до міжрядних обробітків посівів соняшнику;
- проведено розрахунки економічної ефективності застосування культиватора КМП-5,4;
- запропоновано рекомендації з підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику;
- виконано обґрунтування конструкції культиватора КМП-5,4;
- визначено ширину захвату робочих органів розпушуючої секції;
- проведено розрахунки універсальної стрілчатої лапи культиватора;
- обґрунтовано параметри грудкороздавлювачів;
- здійснено розрахунки на міцність найбільш навантажених елементів конструкції;
- розроблено рекомендації з охорони праці та пожежної безпеки, пов'язані з експлуатацією культиватора.

Практичне значення отриманих результатів.

Застосування культиватора КМП-5,4, обладнаного стріловидними лапами регульованими по ширині, дасть можливість використовувати даний агрегат при обробці посівів сільськогосподарських культур з різною шириною міжрядь, що в свою чергу дозволить забезпечити покращення ефективності проведення міжрядних обробітків.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається

з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 57, додатки – 3 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

Ключові слова: культиватор, розпушувальна секція, міжрядний обробіток, ґрунт, соняшник.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Розділ 2:

- P – чиста вага знаряддя (секції розпушування ґрунту), кг;
- Π – коефіцієнт конструкторської складності у порівнянні із серійним знаряддям;
- H – витрати на виробництво 1 кг чистої маси однотипної продукції, грн/кг;
- K_M – коефіцієнт зміни витрат на виробництво;
- M – вартість 1 кг чистої маси матеріалу, що входить у знаряддя, грн/кг;
- D – вартість витрат, пов'язаних із транспортними витратами, грн.
- Π_H – нормативний прибуток, грн.;
- P_C – галузева нормативна рентабельність, %;
- B – коефіцієнт подорожчання, пов'язаний із підвищенням витрат виробництва продукції;
- $C_{УИ}$ і $C_{УН}$ – питомі експлуатаційні витрати на одиницю продукції при вихідному і порівнювальному варіантах, грн.;
- $K_{УИ}$ і $K_{УН}$ – питомі капітальні вкладення по тим же варіантам, грн.;
- $E_{И}$ і $E_{Н}$ – нормативні коефіцієнти ефективності капітальних вкладень, грн.;
- D – додатковий чистий дохід за рахунок збільшення кількості продукції, грн/га;
- Q_H – річний обсяг роботи, год.

Розділ 3:

- B_K – ширина захвату культиватора, м;
- n – число лап культиватора;
- C – величина перекриття розпушуючих лап, мм;
- L_L – відстань між сусідніми лапами культиватора, см;
- δ – кут відхилення культиватора від прямолінійного руху;
- $B_{P.L.}$ – ширина захвату розпушуючої лапи, см;

a – найбільша глибина обробки, см;
 φ, ω – кути тертя ґрунту, відповідно;
 l_L – довжина лапи, см;
 α – кут загострення леза лапи;
 φ – кут тертя до металічного леза;
 i – кут загострення;
 ε – кут затилування;
 φ_1 і φ_2 – кути тертя ґрунту відповідно по ґрунті і по поверхні котка;
 D – діаметр котка, см;
 Q – сила ваги котка, Н;
 b – довжина котка, мм;
 l – ширина відбитку котка на ґрунті, мм;
 g_0 – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, Н/см²;
 μ – коефіцієнт перекочування;
 ε – коефіцієнт, який враховує зростання опору за рахунок нерівностей поверхні;
 K – коефіцієнт, що враховує кривизну витків;
 d – діаметр дроту пружини, мм;
 F – максимальне осьове зусилля, що розвиває пружина, Н;
 K_L – коефіцієнт довговічності пружини;
 G – модуль пружності при зсуві, МПа;
 λ – деформація пружини, мм;
 α – крок витків у ненавантаженої пружини;
 F_s – сила тертя в одній парі площин дотику деталей;
 i – число пар площин стику;
 F_0 – сила затягування болта, Н;
 f – коефіцієнт тертя ковзання в стиках деталей;
 β – коефіцієнт, що враховує скручування болта при затягуванні.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ | 10 |
| 1. Оглядова частина | 11 |
| 1.1. Аналіз технологій міжрядного обробітку соняшнику | 11 |
| 1.2. Огляд агрегатів для міжрядного обробітку соняшнику | 15 |
| 1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра | 20 |
| 2. Рекомендації з підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику | 22 |
| 2.1. Агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку соняшнику | 22 |
| 2.2. Розрахунок економічної ефективності застосування культиватора КМП-5,4 | 25 |
| 3. Проектна частина | 29 |
| 3.1. Обґрунтування конструкції культиватора КМП-5,4 | 29 |
| 3.2. Розрахунок параметрів культиватора КМП-5,4 | 32 |
| 3.2.1. Визначення ширини захвату розпушуючих лап | 32 |
| 3.2.2. Розрахунок універсальної стрілкової лапи | 37 |
| 3.2.3. Розрахунок параметрів грудкороздавлювачів | 40 |
| 3.2.4. Розрахунки на міцність | 45 |
| 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | 50 |
| 4.1. Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її виконанні | 50 |
| 4.2. Вказівки з охорони праці та пожежної безпеки, пов'язані з експлуатацією агрегату | 51 |
| Загальні висновки | 54 |
| Перелік посилань | 55 |
| Додатки | 57 |

ВСТУП

Соняшник є однією з провідних технічних культур в Україні, яка має важливе значення для агропромислового комплексу та експортного потенціалу держави. Висока рентабельність вирощування цієї культури обумовлює постійне зростання посівних площ, однак ефективність виробництва значною мірою залежить від рівня застосовуваних технологій обробітку ґрунту та догляду за посівами.

Одним із ключових елементів технології вирощування соняшнику є міжрядний обробіток ґрунту, який забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку рослин. Його основними завданнями є боротьба з бур'янами, збереження ґрунтової вологи, покращення аерації, руйнування ґрунтової кірки та створення сприятливого водно-повітряного режиму. Недостатня ефективність міжрядного обробітку призводить до зниження врожайності, підвищення витрат ресурсів та погіршення агрофізичних властивостей ґрунту.

Сучасні умови господарювання висувають підвищені вимоги до технічних засобів виконання міжрядного обробітку. Використання застарілих або недосконалих конструкцій культиваторів часто супроводжується значними енергетичними витратами, нерівномірністю обробітку, пошкодженням культурних рослин та недостатньою ефективністю знищення бур'янів. У зв'язку з цим актуальним є питання вдосконалення робочих органів і конструкцій машин для міжрядного обробітку.

Культиватор КМП-5,4 є одним із поширених агрегатів для догляду за просапними культурами, зокрема соняшником. Однак існуюча конструкція має ряд недоліків, пов'язаних із недостатньою якістю обробітку ґрунту в захисній зоні рядка, підвищеним тяговим опором та обмеженою універсальністю робочих органів. Це зумовлює необхідність його модернізації з метою підвищення ефективності використання.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технологій міжрядного обробітку соняшнику

Основним завданням догляду за посівами соняшнику є формування оптимальних умов для проростання насіннєвого матеріалу та забезпечення отримання рівномірних і дружних сходів. Важливим аспектом технології вирощування культури є ефективний захист рослин від негативного впливу бур'янової рослинності, а також створення сприятливих умов для їх росту і розвитку шляхом забезпечення достатнього рівня вологозабезпечення та доступності поживних речовин на всіх етапах органогенезу рослин.



Рисунок 1.1 – Міжрядний обробіток посівів соняшнику

Проведення міжрядного обробітку ґрунту в посівах соняшнику є важливим агротехнічним заходом, який забезпечує створення сприятливих умов для росту та розвитку культури. Застосування цього технологічного прийому дозволяє ефективно контролювати бур'янову рослинність на

початкових етапах вегетації соняшнику, коли конкуренція за вологу, поживні речовини та світло є найбільш критичною. Одночасно міжрядний обробіток сприяє розпушуванню ґрунту, що позитивно впливає на його фізичні властивості.

Важливим результатом проведення міжрядної культивації є формування мульчувального шару на поверхні ґрунту, який перешкоджає утворенню тріщин і щілин, знижуючи непродуктивні втрати вологи. Покращення структурного стану ґрунту сприяє підвищенню його водопроникності та забезпечує ефективніше накопичення і використання вологи рослинами. Крім того, розпушування міжрядь покращує аерацію орного шару, що створює оптимальні умови для функціонування ґрунтової біоти та активізації мікробіологічних процесів, пов'язаних із трансформацією органічних речовин і доступністю поживних елементів.

Додатковою перевагою міжрядного обробітку є можливість поєднання технологічної операції з локальним внесенням мінеральних добрив, що сприяє підвищенню ефективності їх використання. Також застосування механічного контролю бур'янів дає змогу частково зменшити інтенсивність використання гербіцидів, що позитивно впливає на екологічні аспекти вирощування культури та знижує хімічне навантаження на агроєкосистему.

Разом із перевагами міжрядна культивація має певні обмеження та недоліки. Насамперед її проведення потребує виконання додаткових технологічних операцій, що призводить до збільшення виробничих витрат та підвищення собівартості продукції. Багаторазові проходи техніки полем спричиняють додаткове навантаження на машинно-тракторний парк та можуть негативно впливати на структурний стан ґрунту.

На ранніх етапах росту й розвитку соняшнику, до моменту змикання рядків, розпушений ґрунт міжрядь може інтенсивніше втрачати вологу за умов підвищених температур та недостатнього зволоження. Крім того, збільшення кількості проходів ґрунтообробної техніки здатне активізувати процеси водної та вітрової ерозії, що в умовах недостатнього рослинного покриву підвищує

ризик деградації ґрунтового середовища. Тому ефективність міжрядного обробітку визначається дотриманням оптимальних строків виконання технологічних операцій та врахуванням ґрунтово-кліматичних умов господарства.

Технології міжрядного обробітку класифікують за кількома основними ознаками:

За способом впливу на ґрунт

- механічні;
- фізико-механічні;
- комбіновані;
- хімічні (у поєднанні з механічними).

За глибиною обробітку

- поверхневий (3–6 см);
- мілкий (6–10 см);
- середній (10–14 см);
- глибокий (понад 14 см).

За технологічною схемою

- традиційна (багаторазовий обробіток);
- мінімальний обробіток;
- енергозберігаючі технології;
- точний (precision farming).

Традиційна технологія міжрядного обробітку

Традиційна система передбачає 2–4 міжрядних обробітки протягом вегетації.

Характерними особливостями є використання культиваторів з лапами; поступове зменшення глибини обробітку; формування захисної зони біля рослин.

Перевагами вважається ефективне знищення бур'янів; простота реалізації; доступність техніки. Недоліки: значні енергетичні витрати; ущільнення ґрунту ходовими системами; пошкодження кореневої системи

рослин.

Мінімальний міжрядний обробіток

Мінімальний обробіток передбачає скорочення кількості проходів техніки та глибини обробітку.

Особливостями технології є використання комбінованих агрегатів, поєднання кількох операцій за один прохід та часткове збереження рослинних решток.

Переваги: зменшення витрат палива, збереження структури ґрунту, зниження ерозії. Недоліками є менша ефективність боротьби з бур'янами, залежність від погодних умов, потреба у більш точному налаштуванні техніки.

Енергозберігаючі технології

До цієї групи належать технології, спрямовані на зниження витрат ресурсів:

- strip-till (смуговий обробіток);
- no-till (нульовий обробіток з локальним міжрядним втручанням);
- мульчувальний обробіток.

Особливостями таких технологій є те, що обробляється лише частина площі; зберігання мульчі на поверхні; використання спеціалізованих агрегатів.

Перевагами вважають значне зниження витрат енергії, збереження вологи, покращення біологічної активності ґрунту.

Недоліки: складність впровадження; висока вартість техніки; підвищені вимоги до агротехніки.

Точні технології міжрядного обробітку (Precision Farming)

Сучасний напрям розвитку - застосування систем точного землеробства.

Основні елементи: GPS-навігація; автоматичне ведення агрегатів; системи машинного зору; диференційоване внесення добрив.

Переваги: мінімізація пошкодження рослин; підвищення точності обробітку; зниження витрат ресурсів; автоматизація процесів.

Недоліки: висока вартість обладнання; потреба у кваліфікованому персоналі.

Порівняльний аналіз технологій міжрядного обробітку соняшнику наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння технологій міжрядного обробітку

| Показник | Традиційна | Мінімальна | Енергозберігаюча | Точна |
|-----------------------------|------------|------------|------------------|-------------|
| Витрати палива | високі | середні | низькі | низькі |
| Якість боротьби з бур'янами | висока | середня | середня | висока |
| Збереження вологи | середнє | високе | дуже високе | високе |
| Вартість впровадження | низька | середня | висока | дуже висока |
| Рівень автоматизації | низький | середній | середній | високий |

Таким чином, підсумовуючи, можна вважати, що міжрядний обробіток є ключовим елементом технології вирощування просапних культур.

Традиційні технології залишаються найбільш поширеними через простоту, однак характеризуються високими витратами ресурсів.

Мінімальні та енергозберігаючі технології забезпечують кращу екологічність і економічність, але потребують сучасної техніки.

Найбільш перспективним напрямом є впровадження точного землеробства.

Подальший розвиток пов'язаний із автоматизацією та вдосконаленням робочих органів культиваторів.

1.2. Огляд агрегатів для міжрядного обробітку соняшнику

Операції міжрядного обробітку забезпечують підтримання верхнього шару ґрунту в дрібногрудочкуватому стані, що позитивно впливає на формування його оптимальних агрофізичних властивостей. Такий структурний

стан сприяє покращенню водно-повітряного режиму ґрунту, підвищенню ефективності використання вологи та активізації мікробіологічних процесів, які відіграють важливу роль у трансформації органічної речовини й забезпеченні рослин доступними поживними елементами.

Сучасний ринок технічних засобів для міжрядного обробітку посівів соняшнику представлений широким спектром вітчизняних і зарубіжних машинобудівних підприємств. Серед українських виробників поширення набули культиватори виробництва ВАТ «Червона Зірка» (КРНВ-4,2-04, КРНВ-5,6-04), ВАТ «Галещина машзавод» (КП-5,6 «Козак Процюк»), ВАТ «Ірпіньмаш» (КУН-8,1). Іноземний сегмент ринку представлений технікою компаній Kverneland Group (Kulticrop), Sfoggia (Sfoggia Thema), Harriston (Row Crop Harriston), BEDNAR (ROW-MASTER) та іншими виробниками, продукція яких широко застосовується в сучасних технологіях вирощування просапних культур.

Конструктивною особливістю більшості міжрядних культиваторів є ширина захвату, яка узгоджується з параметрами просапних сівалок, що забезпечує технологічну сумісність машин у виробничому процесі. Для підвищення універсальності застосування культиватори оснащуються комплектами змінних робочих органів, вибір яких здійснюється залежно від агрофізичного стану ґрунту, рівня його забур'яненості та біологічних особливостей культури. Це дозволяє забезпечувати високу якість міжрядного обробітку, ефективне розпушування ґрунту та механічне знищення бур'янів.

У сучасних технологіях вирощування соняшнику міжрядний обробіток переважно здійснюється із застосуванням міжрядно-просапних культиваторів, які забезпечують виконання комплексу агротехнічних операцій, спрямованих на створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин.

Просапні культиватори поділяються на два основні типи. Перший тип призначений виключно для механічного обробітку міжрядь. Другий тип, крім ґрунтообробних робочих органів, оснащується туковисівними апаратами та системами подачі гранульованих мінеральних добрив до робочої зони, що

дозволяє одночасно виконувати міжрядний обробіток і внесення добрив. За умови додаткового обладнання спеціальними бункерами такі культиватори можуть застосовуватися також для внесення рідких мінеральних добрив.

Під час проведення міжрядного обробітку без одночасного підживлення мінеральними добривами робочі органи культиваторів повинні забезпечувати повне підрізання бур'янів у міжряддях, не допускати винесення вологого шару ґрунту на поверхню поля та мінімізувати пошкодження культурних рослин, рівень яких не повинен перевищувати 1–2 %. Важливою вимогою є також дотримання встановленої глибини обробітку, допустиме відхилення від якої для неглибокого обробітку становить до 1 см, а для глибокого – до 2 см.

При виконанні підгортання рослин робочі органи повинні формувати рівномірний гребінь заданої висоти та забезпечувати покриття дна і стінок борозни розпушеним шаром ґрунту.



Рисунок 1.1 – Просапний культиватор «Сантім», виробництва LOZOVA MACHINERY



Рисунок 1.2 - Культиватори ROW-MASTER RN від компанії BEDNAR



Рисунок 1.3 - Культиватори для міжрядної обробки Thyregod від компанії Väderstad



Рисунок 1.4 – Агрегат для механічного догляду за посівами компанії Schmotzer

Під час проведення міжрядного обробітку з одночасним підживленням рослин культиватори, крім загальних агротехнічних вимог, повинні забезпечувати встановлену точність внесення мінеральних добрив. Відхилення фактичної норми внесення від заданої не повинно перевищувати 15 %, а нерівномірність розподілу добрив між туковисівними апаратами має бути не більше 5 %. Допустиме відхилення глибини загортання добрив від встановленого значення не повинно перевищувати 3 %, при цьому пошкодження культурних рослин допускається в межах до 5 %.

Кількість міжрядних обробітків та періодичність їх виконання визначаються структурою і станом поверхневого шару ґрунту, рівнем і характером забур'яненості посівів, біологічними особливостями культури та тривалістю вегетаційного періоду. В умовах ущільненого ґрунту, високого ступеня забур'яненості та тривалої вегетації кількість технологічних операцій збільшується. Наступний міжрядний обробіток, як правило, виконують через 15–20 днів після попереднього. Підвищення ефективності технологічного

процесу досягається за умови проведення обробітку після випадання опадів.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Після проведення основного обробітку ґрунту плугами здійснюється система додаткового обробітку із застосуванням культиваторів, борін та інших сільськогосподарських машин і знарядь.

Важливе значення у виконанні технологічних операцій мають культиватори, які використовуються для механізації передпосівного та міжрядного обробітку ґрунту, а також догляду за рослинами впродовж вегетаційного періоду.

Однією з основних операцій догляду за посівами є міжрядне культивування, під час якого бур'янова рослинність підрізається, виноситься на поверхню ґрунту або засипається шаром землі. При виконанні міжрядного обробітку поблизу рядків культурних рослин формується захисна зона, яка не підлягає механічному обробітку. Для знищення бур'янів у межах цієї зони застосовують легке підгортання рослин, у результаті чого сходи бур'янів, засипані ґрунтом, гинуть, тоді як культурні рослини продовжують нормальний ріст і розвиток.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності міжрядного обробітку посівів соняшнику культиватором КМП-5,4 шляхом удосконалення конструкції серійного агрегату за рахунок модернізації секції розпушування ґрунту.

Базова конструкція культиватора передбачає наявність шести секцій розпушування, кожна з яких обладнана робочим органом у вигляді трьох універсальних стріловидних лап та двох грудкороздавлювачів. Така конструкція забезпечує якісне виконання міжрядного обробітку ґрунту під час вирощування просапних культур.

Разом з тим, існуюча конструкція характеризується обмеженою універсальністю, що проявляється у неможливості ефективного використання агрегату для обробітку посівів із різною шириною міжрядь.

З метою усунення зазначеного недоліку пропонується обладнати секції розпушування культиватора КМП-5,4 стріловидними лапами з регулюванням ширини захвату. Запропоноване конструктивне рішення дозволить розширити функціональні можливості агрегату та забезпечити його адаптацію до обробітку сільськогосподарських культур із різними параметрами міжрядь.

У зв'язку з цим підвищення ефективності міжрядного обробітку ґрунту шляхом модернізації вітчизняних ґрунтообробних машин є актуальним напрямом удосконалення технологічних процесів у рослинництві.

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ СОНЯШНИКУ

2.1. Агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку соняшнику

В процесі вирощування соняшнику обробіток ґрунту є надзвичайно важливим заходом.

Міжрядний обробіток соняшнику є одним із ключових агротехнічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин. Якість виконання цього процесу безпосередньо впливає на водний, повітряний та поживний режими ґрунту, ступінь забур'яненості посівів і, як наслідок, рівень урожайності культури.

Агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку визначаються біологічними особливостями соняшнику, ґрунтово-кліматичними умовами та фазами розвитку рослин.

1. Вимоги до строків і кратності обробітку

Міжрядний обробіток проводять упродовж вегетаційного періоду залежно від стану посівів та ґрунту.

Основні вимоги:

- перший обробіток виконують у фазі 2-4 листків;
- наступні - з інтервалом 10-15 днів;
- кількість обробітків зазвичай становить 2-3 рази;
- останній обробіток проводять до змикання рядків.

Своєчасність виконання операцій є критичною умовою ефективної боротьби з бур'янами та збереження вологи.

2. Вимоги до глибини обробітку

Глибина міжрядного обробітку повинна відповідати фазі розвитку рослин і стану ґрунту:

- перший обробіток – 6-8 см;
- другий – 8-10 см;

наступні – 6-8 см (зменшення для уникнення пошкодження коренів).

Відхилення від заданої глибини не повинно перевищувати $\pm 1-2$ см. Надмірне заглиблення може пошкоджувати кореневу систему, а недостатнє - знижує ефективність знищення бур'янів.

3. Вимоги до якості розпушування ґрунту

Міжрядний обробіток повинен забезпечувати:

- повне розпушування верхнього шару ґрунту;
- руйнування ґрунтової кірки;
- створення дрібногрудкуватої структури;
- відсутність великих брил (понад 5 см).

Якісне розпушування сприяє покращенню аерації, накопиченню та збереженню вологи.

4. Вимоги до боротьби з бур'янами

Однією з основних функцій міжрядного обробітку є знищення бур'янів.

При цьому повинні забезпечуватися такі основні показники:

- ступінь знищення бур'янів — не менше 85–90 %;
- підрізання бур'янів на глибині їх залягання;
- недопущення повторного укорінення.

Особливо важливим є ефективне знищення бур'янів у ранні фази розвитку соняшнику.

5. Вимоги до захисної зони рядка

Під час обробітку необхідно дотримуватися захисної зони навколо рослин:

- ширина захисної зони – 8-12 см (залежно від фази розвитку);
- недопущення засипання рослин ґрунтом;
- мінімальне пошкодження кореневої системи.

Максимально допустимий рівень пошкодження рослин не повинен перевищувати 1-2 %.

6. Вимоги до рівномірності обробітку

Обробіток повинен бути рівномірним по всій ширині захвату агрегату:

- відхилення по глибині - не більше $\pm 1-2$ см;
- відсутність необроблених ділянок;
- рівномірне підрізання бур'янів.

Нерівномірність обробітку призводить до зниження ефективності агротехнічного заходу.

7. Вимоги до енергетичних і технологічних показників

З метою підвищення ефективності виробництва важливими є:

- мінімізація тягового опору агрегату;
- зниження витрат палива;
- забезпечення оптимальної швидкості руху (5–8 км/год);
- висока продуктивність агрегату.

8. Вимоги до технічного стану та налаштування агрегатів

Перед виконанням міжрядного обробітку необхідно забезпечити:

- правильне налаштування глибини обробітку;
- точне встановлення робочих органів відповідно до ширини міжрядь;
- справність усіх вузлів і механізмів;
- стабільність роботи агрегату.

Дотримання агротехнічних вимог до міжрядного обробітку соняшнику є необхідною умовою забезпечення високої якості виконання технологічного процесу. Вони спрямовані на максимальне збереження вологи, ефективну боротьбу з бур'янами, недопущення пошкодження рослин та формування оптимальних умов для їх розвитку. Порушення цих вимог призводить до значних втрат урожайності та зниження економічної ефективності вирощування культури.

2.2. Розрахунок економічної ефективності застосування культиватора КМП-5,4

Знайдемо річний економічний ефект від використання проектного міжрядно-просапного культиватора КМП-5,4.

Для оцінювання економічної ефективності в якості базового варіанту прийнято серійний міжрядно-просапний культиватор КМП-5,4, призначений для проведення міжрядних обробітків соняшнику.

Розрахунок економічного ефекту ґрунтується на прогнозованому підвищенні врожайності соняшнику внаслідок формування оптимальних значень щільності ґрунту в посівних шарах.

Визначимо галузеву собівартість використання проектного агрегату для обробітку ґрунту:

$$З = P \cdot (\Pi \cdot H \cdot K_M + M) + Д, \quad (2.1)$$

де $P=112$ кг; $H=2,4$ грн/кг; $K_M=1,1-1,5$;
 $M=37$ грн/кг; $Д=280$ грн.

$$З = 112 \cdot (1,0 \cdot 2,4 \cdot 1,1 + 37) + 280 = 4719,7 \text{ грн.}$$

Знайдемо нижню межу ціни:

$$Ц_{нл} = З + \Pi_H, \quad (2.2)$$

$$\Pi_H = \frac{P_C \cdot C_0}{100}, \quad (2.3)$$

де $P_C=7\%$.

$$\Pi_H = \frac{7 \cdot 4719,7}{100} = 330,4 \text{ грн.}$$

тоді

$$Ц_{нл} = 4719,7 + 330,4 = 5050,1 \text{ грн..}$$

Лімітна (галузева) ціна:

$$C_{л} = B \cdot C_{нл}, \quad (2.4)$$

де $B=1,1-1,25$.

$$C_{л} = 1,2 \cdot 5050,1 = 6060,1 \text{ грн.}$$

Отже, галузева вартість однієї секції розпушування ґрунту становить 6060,1 грн.

Вартість секції розпушування ґрунту базового варіанта культиватора КМП-5,4 складає 5393,5 грн.

Оскільки конструкція міжрядно-просапного культиватора КМП-5,4 передбачає використання шести секцій розпушування ґрунту, загальну вартість агрегату визначаємо з урахуванням сумарної вартості всіх секцій:

$$C_{ла} = 180000 + 6 \cdot (6060,1 - 5393,5) = 184000 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для визначення ефективності використання проектного культиватора КМП-5,4.

| Назва і позначення показників | Одиниці виміру | КМП-5,4 база | КМП-5,4 проект |
|------------------------------------|----------------|--------------|----------------|
| Оптова ціна культиватора | грн | 180000 | 184000 |
| Оптова ціна трактора МТЗ-80 | грн | 765000 | 765000 |
| Продуктивність агрегату | га/год | 8,5 | 8,5 |
| Кількість обслуговуючого персоналу | чол. | 1 | 1 |
| Тарифна ставка, $t_{год}$ | грн./год | 160,84 | 160,84 |
| Норми відрахувань: | | | |
| - на амортизацію | % | 14,2 | 14,2 |
| - на поточний ремонт і ТО | % | 16 | 16 |

| | | | |
|---------------------------------|--------------|------|------|
| Нормативне річне завантаження | | | |
| - трактора | <i>год</i> | 1950 | 1950 |
| - культиватора | | 360 | 360 |
| Ціна 1 кг палива | <i>грн</i> | 85 | 85 |
| Питомі витрати палива | <i>кг/га</i> | 12,8 | 12,6 |
| Коефіцієнти: | | | |
| - експлуатаційної надійності | - | 0,95 | 0,95 |
| - використання часу зміни | - | 0,7 | 0,7 |
| - ефективності капіталовкладень | - | 0,15 | 0,15 |
| Збільшення врожаю | <i>%</i> | - | 3-5 |

Розрахунки проводимо у вигляді таблиці (таблиця 2.2)

Таблиця 2.2 - Розрахунок вартісних показників роботи культиватора

| Показник | Проектний культиватор | Базовий культиватор |
|--|--|--|
| Заробітна плата, грн./га | $\frac{160,84}{8,5} = 18,92$ | $\frac{160,84}{8,5} = 18,92$ |
| Відрахування на ремонт і амортизацію по культиватору, грн./га | $\frac{1,1 \cdot 184000 \cdot (14,2 + 16)}{100 \cdot 6 \cdot 360} = 28,3$ | $\frac{1,1 \cdot 180000 \cdot (14,2 + 16)}{100 \cdot 6 \cdot 360} = 27,7$ |
| Відрахування на ремонт і амортизацію по трактору, грн./га | $\frac{1,1 \cdot 765000 \cdot (24,5 + 22)}{100 \cdot 6 \cdot 1950} = 33,4$ | $\frac{1,1 \cdot 765000 \cdot (24,5 + 22)}{100 \cdot 6 \cdot 1950} = 33,4$ |

| | | |
|---|------------------------|------------------------|
| Ціна палива, грн./га | $85 \cdot 12,6 = 1071$ | $85 \cdot 12,8 = 1088$ |
| Усього витрати, грн./га | 1151,6 | 1168 |
| Питомі капітальні витрати, грн./га | 1321,3 | 1343,2 |

Отже, фактична річна економічна ефективність від застосування культиватора удосконаленої конструкції:

$$E_{\Gamma} = [(C_{\text{ВИ}} + E_{\text{И}} \cdot K_{\text{ВИ}}) - (C_{\text{УН}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УН}}) + D] \cdot Q_{\text{Н}}, \quad (2.5)$$

де $C_{\text{ВИ}}=103,57$ грн, $C_{\text{УН}}=102$ грн; $K_{\text{ВИ}}=112,06$ грн;
 $K_{\text{УН}}=110,77$ грн; $E_{\text{И}}=E_{\text{Н}}=0,15$;
 $D=6,25$ грн/га; $Q_{\text{Н}}=360$ год.

$$E_{\Gamma} = [(1168 + 0,15 \cdot 1343,2) - (1151,6 + 0,15 \cdot 1321,3) + 280] \cdot 360 = 107887 \text{ грн.}$$

Таким чином, величина річного економічного ефекту від застосування культиватора із запропонованою секцією для розпушування ґрунту складе $E_{\Gamma}=107887$ грн.

Термін окупності культиватора

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{ЛА}}}{E_{\Gamma}} = \frac{184000}{107887} = 1,7 \text{ роки} \quad . \quad (2.6)$$

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування конструкції культиватора КМП-5,4

Міжрядно-просапний культиватор КМП-5,4 (рис. 3.1) використовується для проведення комплексу технологічних операцій під час вирощування просапних культур, зокрема соняшнику, кукурудзи, буряків та сої. Основними функціями агрегату є розпушування ґрунту в міжряддях, знищення бур'янової рослинності, руйнування ґрунтової кірки та внесення мінеральних добрив.

За конструктивним виконанням культиватор належить до навісних машин та агрегується з тракторами тягового класу 1,4–2,0.

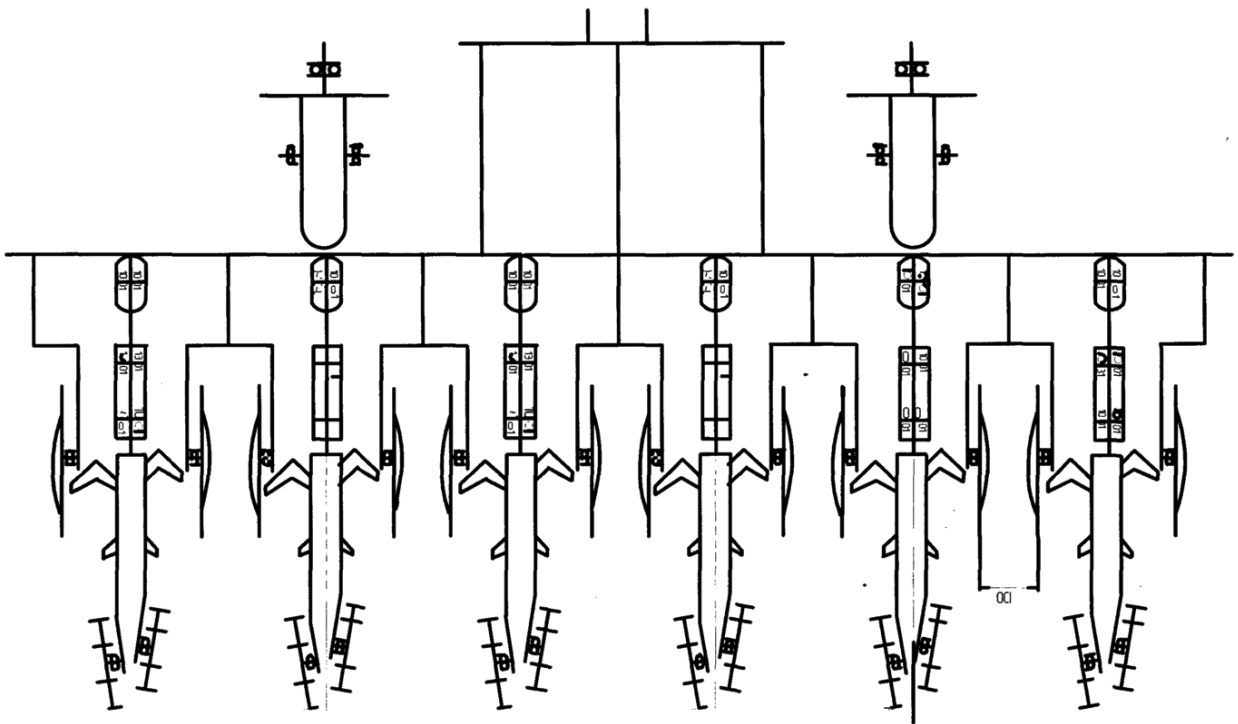


Рисунок 3.1 - Культиватор міжрядно-просапний КМП-5,4

Основні агротехнічні вимоги до культиваторів під час виконання технологічного процесу передбачають забезпечення високої якості обробітку

ґрунту та створення оптимальних умов для росту і розвитку культурних рослин:

- глибина обробітку по ширині захвату агрегату (5,4 м) та по всій довжині проходу повинна бути рівномірною, при цьому допустиме відхилення не має перевищувати 10–15 %;

- розпушування ґрунту повинно здійснюватися без утворення великих грудок, надмірного розпилення ґрунту та винесення вологих шарів на поверхню. Також необхідно запобігати надмірному ущільненню нижніх шарів ґрунту, що може негативно впливати на газообмін та розвиток кореневої системи рослин;

- після виконання поверхневого обробітку стан ґрунту в міжряддях має характеризуватися пухкою дрібногрудочкуватою структурою та вирівняною поверхнею, при цьому глибина борозен не повинна перевищувати 4 см;

- ефективність знищення бур'янової рослинності повинна становити не менше 98 %, при цьому не допускається наявність пропусків або необроблених ділянок. Під час міжрядного обробітку ширина захисних зон біля рядків культурних рослин повинна бути мінімальною;

- при забезпеченні повного знищення бур'янів не допускається пошкодження культурних рослин, зокрема підрізання або оголення кореневої системи, присипання сходів ґрунтом чи механічне пошкодження надземної частини рослин;

- під час підживлення мінеральні добрива повинні вноситися стрічковим способом у вологі шари ґрунту на встановлену глибину та задану відстань від рядка рослин. Розподіл добрив по ширині захвату та по довжині проходу агрегату має бути рівномірним;

- міжрядний обробіток необхідно виконувати в оптимальні агротехнічні строки з дотриманням установлених вимог щодо своєчасності проведення технологічних операцій.

Культиватор КМП-5,4 має зварну раму, на якій встановлюються секції розпушування ґрунту та секції захисту рослин і фіксуються притискними

елементами.

Рама через поздовжню тягу з'єднана з рамою підвіски, яка служить для встановлення опорних коліс та причіпної осі. Конструктивна жорсткість рами забезпечує стабільну глибину обробітку ґрунту та рівномірність роботи робочих секцій агрегату.

Основним робочим елементом культиватора є секції робочих органів, кількість яких становить 12 відповідно до кількості оброблюваних рядків.

Конструкція культиватора передбачає можливість використання різних типів робочих органів залежно від технологічних вимог вирощування культури. До основних типів належать: стрілочасті лапи - для суцільного розпушування ґрунту та підрізання бур'янової рослинності; плоскорізальні односторонні лапи - для виконання міжрядних обробітків; долотоподібні лапи - для глибоких розпушень ґрунту; окучники - для підгорткування рослин; захисні диски - для запобігання засипанню культурних рослин ґрунтом.

Робочі органи встановлюються на стояках та можуть оперативно замінюватися відповідно до агротехнічних вимог і технологічних умов виконання робіт. Секція для розпушення ґрунту (рис. 3.2) конструктивно виконується з трьох стріловидних лап.

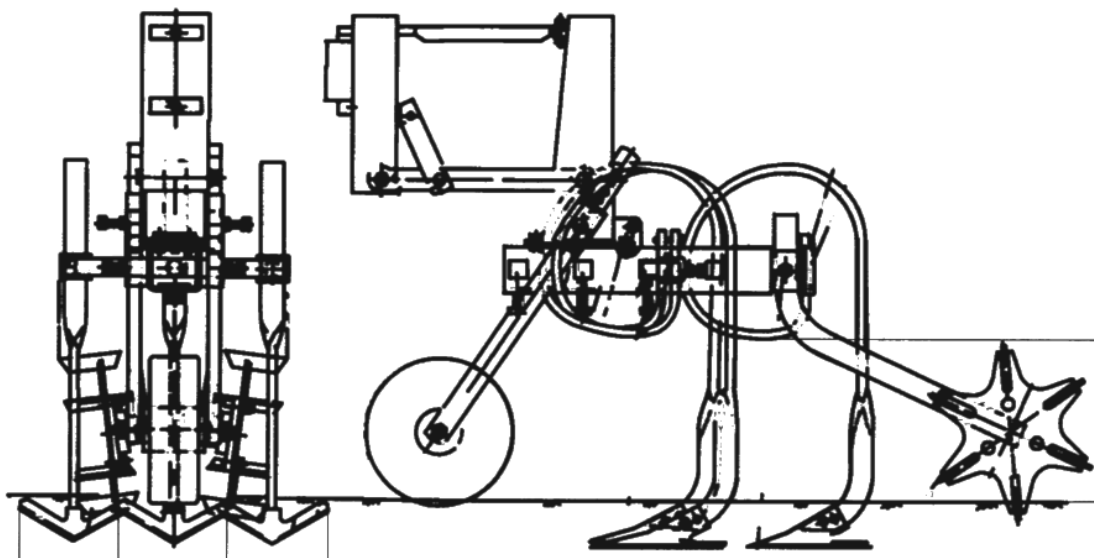


Рисунок 3.2 - Секція розпушення ґрунту культиватора КМП-5,4

Для забезпечення можливості обробітку посівів із різною шириною міжрядь розпушувальні лапи виконані регульованими по ширині захвату, максимальне значення якої становить 420 мм.

З метою запобігання пошкодженню культурних рослин та їх присипанню ґрунтом під час роботи на підвищених швидкостях конструкцією культиватора передбачено секції захисту рослин, які складаються з двох дисків, розташованих на відстані 120 мм один від одного.

Для забезпечення стабільності глибини обробітку поблизу робочих органів встановлено опорні колеса, а на підвісці агрегату передбачено копіювальні колеса.

Культиватор КМП-5,4 забезпечує можливість виконання кількох технологічних операцій за один прохід агрегату, що дозволяє зменшити кількість проходів сільськогосподарської техніки по полю та знизити негативний вплив на стан ґрунту.

Конструкція культиватора КМП-5,4 характеризується модульністю та універсальністю, що забезпечує можливість виконання широкого комплексу агротехнічних операцій. До основних переваг агрегату належать паралелограмна підвіска секцій, яка забезпечує точне копіювання рельєфу поверхні поля, використання змінних робочих органів, можливість одночасного внесення добрив та висока продуктивність роботи.

3.2. Розрахунок параметрів культиватора КМП-5,4

3.2.1. Визначення ширини захвату розпушуючих лап

На культиваторі КМП-5,4 розпушувальні лапи встановлюються у два ряди.

Під час виконання міжрядного обробітку культурні рослини можуть

пошкоджуватися робочими органами або присипатися ґрунтом, особливо на початкових етапах росту і розвитку. Для мінімізації таких негативних явищ робочі органи розташовують на визначеній відстані від рядків рослин. Після проходу культиватора з обох боків рядка залишається необроблена ділянка, яку називають захисною зоною.

Відстань між осями розпушувальних секцій становить 450 мм, що забезпечує можливість комбінованого розміщення робочих органів без накопичення ґрунту в міжряддях. При встановленні стрілчастих лап необхідно забезпечувати зазор між крилом передньої лапи та лезом задньої не менше 3 см. Така вимога дозволяє запобігти пошкодженню культурних рослин під час обробітку стикових міжрядь, ширина яких може змінюватися внаслідок особливостей проходу посівного агрегату.

Розміщення робочих органів на рамі культиватора КМП-5,4 передбачає обробіток за один прохід половини стикових міжрядь. При цьому сліди ходової системи трактора повинні обов'язково піддаватися розпушуванню.

Ширина захисної зони визначається видом і сортовими особливостями культури, фазою розвитку рослин, глибиною обробітку ґрунту, якістю виконання посіву та величиною горизонтальних відхилень робочих органів у напрямку, перпендикулярному до руху агрегату.

Підвищення стійкості руху робочих органів у горизонтальній площині сприяє збільшенню стабільності захисної зони. Тому під час проектування та налаштування культиватора важливим є забезпечення такого поєднання конструктивних параметрів, яке гарантуватиме стійкість роботи агрегату та його робочих органів.

Згідно рекомендацій [5], ширина захисної зони для посівів соняшнику складає $L=7...15$ см.

Прийmemo $L = 7$ см (рис. 3.3).

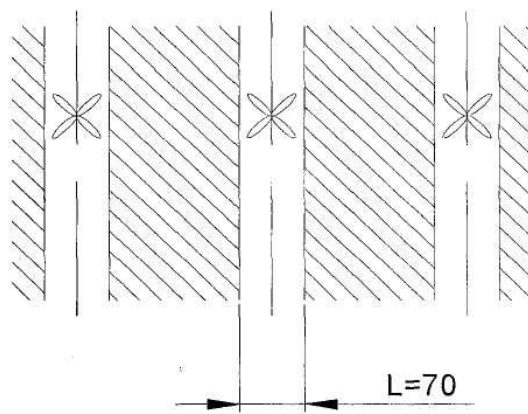


Рисунок 3.3 – Візуалізація захисної зони при обробітку культиватором КМП-5,4

Ширина захвату розпушувальних лап для виконання міжрядного обробітку визначається їх кількістю та схемою розміщення на агрегаті і розраховується відповідно до встановленої залежності [5]:

$$B_{\text{л}} = \frac{B_{\text{к}} + C(n-1)}{n}, \quad (3.1)$$

де $B_{\text{к}} = 540 \text{ см} = 5,4 \text{ м}; \quad n=18;$

Величину перекриття розпушуючих лап (рис. 3.4), визначаємо з умови повного знищення бур'янів користуючись формулою

$$C = L_{\text{л}} \cdot \text{tg} \delta, \quad (3.2)$$

де $L_{л} = 30$ см; $\delta = 50 \dots 60$ [5].

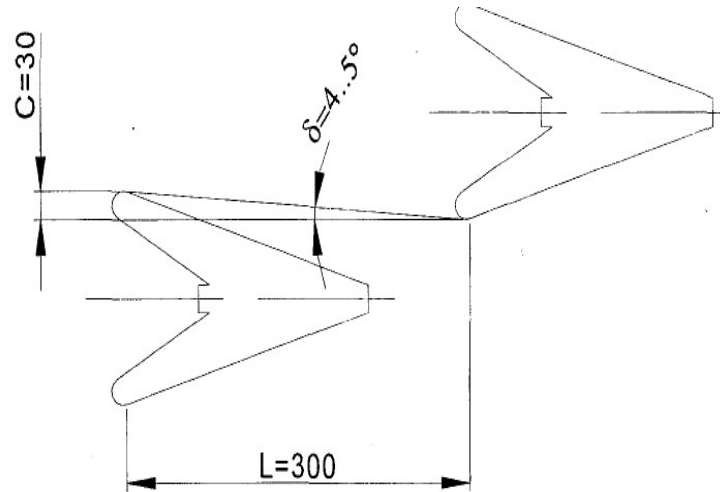


Рисунок 3.4 - Візуалізація перекриття розпушуючих лап

Отже, отримаємо

$$C = 30 \cdot \operatorname{tg} 5^{\circ} = 2,6 \text{ см} = 0,026 \text{ м},$$

прийmemo $C = 3$ см, тоді

$$B_{л} = \frac{540 + 3(18 - 1)}{18} = 32,8 \text{ см} = 0,328 \text{ м},$$

прийmemo $B_{л} = 33$ см = 0,33 м [5].

Розміщення вузькорозпушувальних лап здійснюється таким чином, щоб їх робочі зони не перекривали одна одну, оскільки ширина розпушеного шару ґрунту перевищує конструктивну ширину захвату лапи (рис. 3.5).

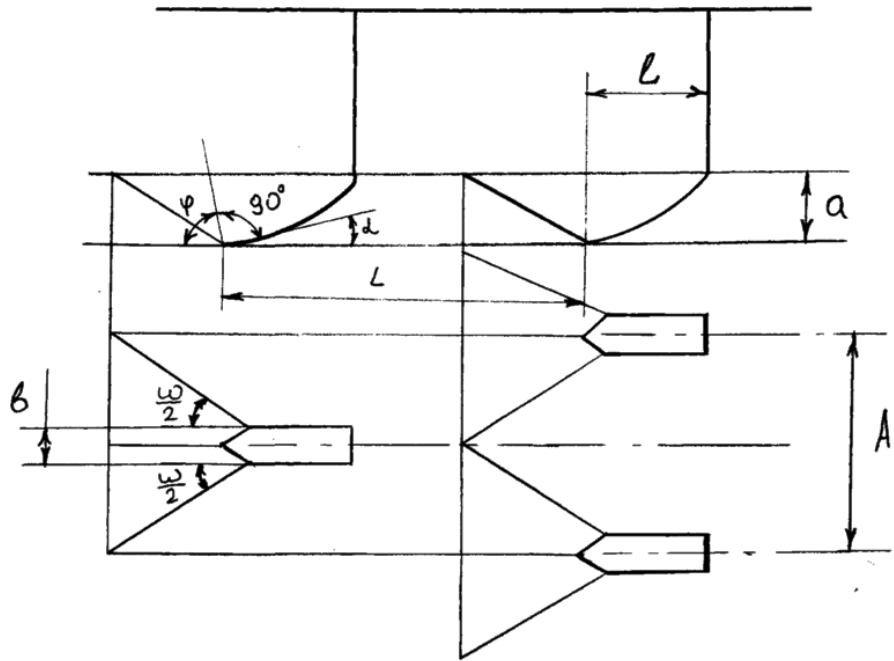


Рисунок 3.5 - Схеми розташування розпушувальних лап

З метою уникнення забивання простору між розпушувальними лапами відстань $L_{з.л.}$ між суміжними лапами та відстань між передніми і задніми лапами рекомендується визначати відповідно до встановлених умов [5].

$$A > B_{р.л.} + \frac{2a \cdot \operatorname{tg}(w/2)}{\cos(\alpha + \varphi)}, \quad (3.3)$$

$$L_{з.л.} > a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + l_{л.}, \quad (3.4)$$

де $B_{р.л.} = 2 \text{ см};$ $a = 12 \text{ см};$ $\varphi = 25^\circ;$
 $w = 45^\circ;$ $l_{л.} = 11 \text{ см};$ $\alpha = 250$ [6].

Таким чином, отримаємо

$$A = 2 + \frac{2 \cdot 12 \cdot \operatorname{tg}(45^\circ/2)}{\cos(35^\circ + 25^\circ)} = 21,88 \text{ см} = 0,22 \text{ м},$$

$$L_{з.п.} > a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + l_{л} = 12 \cdot \operatorname{tg}(35^{\circ} + 25^{\circ}) + 11 = 24 \text{ см} = 0,24 \text{ м},$$

Остаточно $A = 23 \text{ см} = 0,23 \text{ м}$, $L_{з.п.} = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$.

3.2.2. Розрахунок універсальної стрілкової лапи

Основними параметрами універсальних стрілчастих лап, які визначають їх конструкцію і розміри вважають: ширина полиці лапи b ; ширина захвату $B_{л}$; кут розхилу 2γ ; кут підйому грудей лапи α ; кут кришіння β ; висота верхнього обрізу полиці лапи $h(h + b \sin \beta)$ [5].

Основою для вибору значення кута розхилу 2γ (рис. 3.6) є вимога забезпечення ковзання кореневої системи та стебел рослин по лезу лапи.

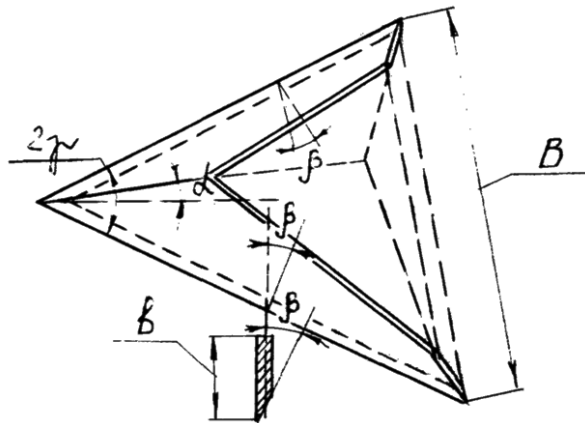


Рисунок 3.6 – Схема універсальної стрілкової лапи

Це сприяє реалізації процесу різання з ковзанням, що полегшує підрізання бур'янової рослинності або забезпечує сходження рослинних решток із леза у випадку відсутності перерізання. Такий принцип роботи дозволяє

зменшити ймовірність забивання та обмотування робочого органу бур'янами.

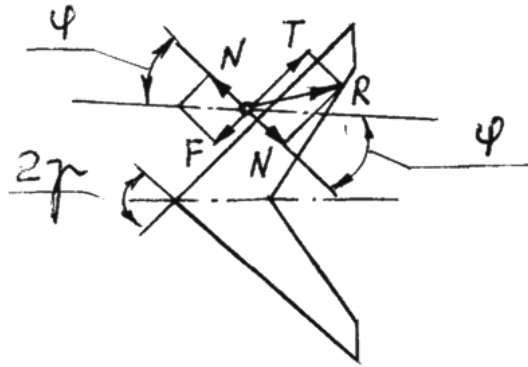


Рисунок 3.7 - Візуалізація сил у момент підрізання бур'яну лезом лапи

Якщо величина кута перевищує допустиме значення, сила тертя, яка виникає між кореневою системою бур'янів та лезом лапи, перевищує силу опору (рис. 3.7). У результаті цього бур'янова рослинність не сходить із поверхні леза, що може призводити до забивання робочого органу [2].

Згідно [5]

$$\gamma < 90^\circ - \varphi, \quad (3.5)$$

де $\varphi = 45^\circ$,

$$\gamma < 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ, \quad \text{тобто} \quad \gamma < 45^\circ.$$

Для обробітку середньо-в'язких ґрунтів значення кута розхилу приймаємо відповідно до рекомендованих значень $2\gamma = 65^\circ$ [5].

Якість підрізання бур'янової рослинності лапами визначається величиною кута різання, ступенем загострення леза та значенням кута γ .

Знайдемо кут різання [5]

$$\beta_0 = i + \varepsilon, \quad (3.6)$$

де $i = 12 - 15^\circ$; $\varepsilon = 100$,

тоді

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

Оскільки величина кута кришіння відповідає встановленим умовам $15^\circ < \beta < 25^\circ$, доцільним є застосування комбінованого загострення леза (рис. 3.8).

При цьому товщина ріжучої кромки не повинна перевищувати 0,3 мм.

Значення кута кришіння β та кута підйому грудей лапи α вибирають із умови забезпечення необхідної інтенсивності розпушування ґрунту без винесення нижніх шарів ґрунту на поверхню поля.

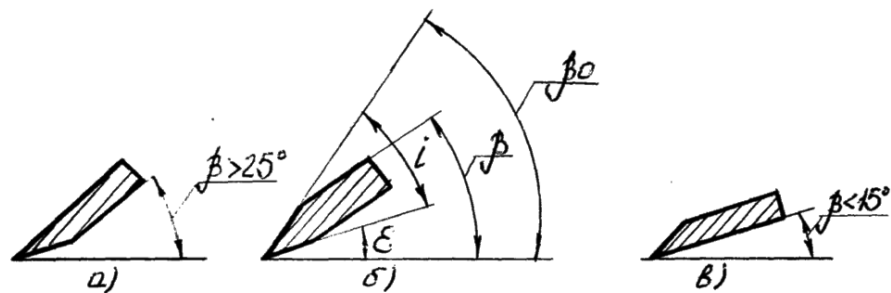


Рисунок 3.8 - Візуалізація комбінованого загострення леза універсальних стрілочастих лап:

а) $\beta > 25^\circ$; б) $\beta = 15^\circ \dots 25^\circ$; в) $\beta < 15^\circ$

Відповідно до вимог стандартів для універсальної стрілочасті лапи приймаються нормативні параметри конструкції $\beta = 20 - 30^\circ$ та $\alpha = 16^\circ (28^\circ)$. Згідно з даними [2] визначається висота розташування заднього обрізу полиці лапи $h = 107$, яка забезпечується збільшенням ширини полиці b , значення якої приймається рівним 58 мм.

Ширину захвату лап B встановлюють з урахуванням глибини обробітку, розпушувальної здатності робочих органів та зручності їх розміщення при міжрядному обробітку просапних культур при різних значеннях ширини міжрядь. Для пропонованого типу універсальних стрілчастих лап приймаємо значення ширини захвату, що становить $B_{с.л.} = 330$ мм.

3.2.3. Розрахунок параметрів грудкороздавлювачів

Основними конструктивними параметрами грудкороздавлювачів вважають їх діаметр та довжину. Діаметр котка повинен забезпечувати його вільне перекочування через великі ґрунтові грудки без їх переміщення перед робочим органом. Під час перекочування тиск котка концентрується на грудці, внаслідок чого відбувається її руйнування або втиснення у ґрунт. У разі недостатнього діаметра коток не перекочується через грудки, а переміщує їх перед собою, що призводить до нагромадження ґрунту.

Розглянемо процес взаємодії котка з грудкою під час його накочування на грудку, розташовану на поверхні поля (рис. 3.9).

Під час накочування котка на грудку на неї діє сила тиску N , а також сили тертя F_2 між поверхнею котка та грудкою і F_1 між грудкою та поверхнею ґрунту. Зазначені сили спрямовані у бік, протилежний напрямку руху котка. Для запобігання зміщенню грудок або інших нерівностей поверхні поля перед котком необхідно забезпечити їх надійне затискання між поверхнею котка та поверхнею ґрунту.

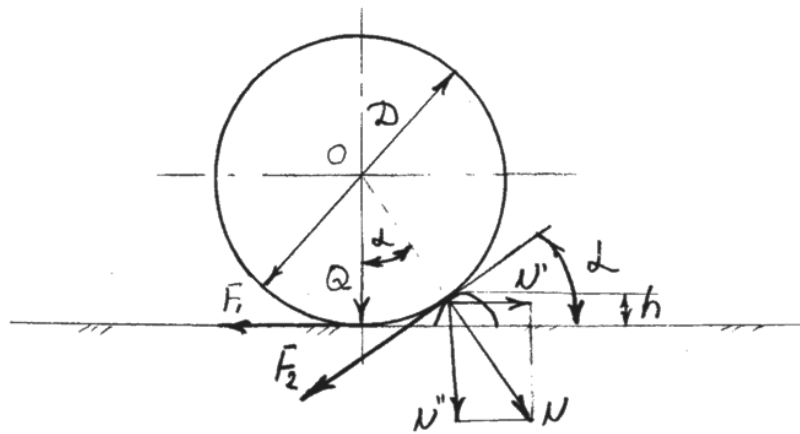


Рисунок 3.9 – Візуалізація розподілу сил при наочуванні котка на грудку

Це відбувається за виконання умов [4]:

$$\text{Коли} \quad F_1 + F_2 \cdot \cos \alpha > N' ; \quad (3.7)$$

$$N' = N \cdot \sin \alpha ; \quad (3.8)$$

$$F_2 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \quad \text{ма} \quad F_1 = Q \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 , \quad (3.9)$$

де $Q = N'' + F_2 \cdot \sin \alpha = N \cdot \cos \alpha + N \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \sin \alpha ,$

при $\alpha \leq 15-20^\circ .$

В результаті певних перетворень, отримаємо:

$$\operatorname{tg} \alpha \leq (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) / (1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2) \quad (3.10)$$

або

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2) .$$

Не відбуватиметься переміщення брил або груд перед котком за умови,

КОЛИ

$$\alpha \leq \varphi_1 + \varphi_2.$$

На значення кута α впливають висота h грудки та діаметр D котка.

З рис. 3.9 кут α :

$$\cos \alpha = \frac{r-h}{r} = \frac{D-2h}{D} = 1 - \frac{2h}{D} \quad (3.11)$$

або

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha}.$$

Тоді отримаємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \cdot \sqrt{h \cdot D - h^2}}{D - 2h}; \quad (3.12)$$

$$\operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2) \geq \frac{2 \cdot \sqrt{h \cdot D - h^2}}{D - 2h}. \quad (3.13)$$

де $D=24$ см.

При відомих значеннях кутів φ_1 і φ_2 та діаметра котка D знайдемо висоту грудки h , через яку коток може перекочуватися без її переміщення перед собою

$$\operatorname{tg}(22+15) \geq \frac{2 \cdot \sqrt{h \cdot 24 - h^2}}{24 - 2 \cdot h},$$

звідки

$$h = 35 \text{ мм.}$$

Для зменшення поздовжнього переміщення ґрунту, яке негативно впливає

на його структурний стан, величина кута α не повинна перевищувати 15–20°. Відповідно до цієї умови діаметр котка D повинен відповідати встановленій залежності [4]:

$$D \geq \frac{2 \cdot h}{1 - \cos \alpha}; \quad (3.14)$$

$$D \geq \frac{2 \cdot 315}{1 - \cos 20^\circ} = 22 \text{ см.}$$

Прийmemo діаметр котка 300 мм.

Силовий вплив котків на ґрунт знайдемо відповідно до розрахункової залежності [4]:

$$q = \frac{2 \cdot Q}{b \cdot l}, \quad (3.15)$$

де $Q = 276 \text{ Н};$ $b = 1186 \text{ мм.}$

$$l = 2 \cdot \sqrt{h_1 \cdot (D - h_1)}. \quad (3.16)$$

Глибина колії:

$$h_1 = \frac{1/3 \cdot \sqrt[3]{Q^2}}{\sqrt[3]{g_0^2 \cdot b^2 \cdot D}}, \quad (3.17)$$

де $g_0 = 2\text{-}4 \text{ Н/см}^2.$

$$h_1 = \frac{1/3 \cdot \sqrt[3]{276^2}}{\sqrt[3]{4^2 \cdot 118,5^2 \cdot 30}} = 0.11 \text{ см;}$$

$$l = 2 \cdot \sqrt{0.11 \cdot (30 - 0.11)} = 3.6 \text{ см};$$

$$g = 2 \cdot \frac{276}{118.6 \cdot 3.6} = 1.3 \text{ Н/см}^2.$$

Знайдемо значення сили опору перекочування грудкороздавлювачів [4]:

$$P = \varepsilon \cdot \mu \cdot Q, \quad (3.18)$$

де $\varepsilon = 1,1 - 1,3$.

$$\mu = 0.86 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{g_0 \cdot b \cdot D^2}}; \quad (3.19)$$

$$\mu = 0.86 \cdot \sqrt[3]{\frac{276}{4 \cdot 118.6 \cdot 30^2}} = 0.074;$$

$$P = 1.3 \cdot 0.074 \cdot 276 = 26.6 \text{ Н.}$$

3.2.4. Розрахунки на міцність

Розрахунок пружини розпушувача колії трактора

Розрахунок виконуємо відповідно до рекомендацій, наведених у джерелі [10].

Відповідно до умови рівноваги нижньої частини пружини у перерізі витка виникають крутні моменти $T = 0,5FD$ та поперечні сили F , в результаті

утворюються деформації кручення та зрізу витка.

Напруження кручення витків визначаємо згідно із залежністю [10]:

$$\tau = \frac{T \cdot K}{W_p} = \frac{8 \cdot F \cdot D \cdot K}{\pi d^3} \leq [\tau] \quad (3.20)$$

де $D=40$ мм; $F=300$ Н.

$$K = 1 + \frac{1,4}{C} \quad (3.21)$$

Для пружини діаметром 3-4 мм виготовленої з пружинного дроту 3 класу міцності, з [10] межа міцності складає $\sigma_B=1150$ МПа.

Допустиме напруження кручення витків:

$$[\tau] = 0,5 \cdot \sigma_B \cdot K_L \quad (3.22)$$

де $K_L=0,8$ [10].

$$[\tau] = 0,5 \cdot 1150 \cdot 0,8 = 460 \text{ МПа.}$$

Для значення індексу пружини $C'=7$ знайдемо коефіцієнт, що враховує кривизну витків:

$$K' = 1 + \frac{1,4}{C'} = 1 + \frac{1,4}{7} = 1,2$$

Діаметр дроту пружини [10]:

$$d \geq \sqrt{\frac{8 \cdot F \cdot K' \cdot C'}{\pi [\tau]}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 300 \cdot 1,2 \cdot 7}{3,14 \cdot 460}} = 3,73 \text{ мм.} \quad (3.23)$$

Приймаємо $d=4$ мм.

Фактичний індекс пружини:

$$C = \frac{D}{d} = \frac{40}{4} = 10. \quad (3.24)$$

Знайдемо розрахункове напруження кручення у витках за граничного навантаження $F_{zp} = 1,1 \cdot F = 1,1 \cdot 300 = 330$ Н:

$$\tau = \frac{8 \cdot F_{zp} \cdot D \cdot K}{\pi d^3} = \frac{8 \cdot 330 \cdot 40 \cdot 1,14}{3,14 \cdot 4^3} = 316 \text{ МПа}, \quad (3.25)$$

де $K = 1 + \frac{1,4}{10} = 1,14$, що є меншим від допустимого $[\tau] = 400$ МПа.

Кількість робочих витків пружини механізму коригування положення комбайна відносно рядків:

$$i = \frac{G \cdot d^4 \cdot \lambda}{8 \cdot F \cdot D^3}, \quad (3.26)$$

де $G = 8 \cdot 10^4$ МПа; $\lambda = 25$ мм.

$$i = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 4^4 \cdot 25}{8 \cdot 300 \cdot 40^3} = 8,2.$$

Приймемо $i=8$.

Число повних витків:

$$i_0 = i + 1 = 8 + 1 = 9.$$

Довжину робочої частини навантаженої пружини визначаємо відповідно

до розрахункової залежності:

$$H_p = i \cdot d = 9 \cdot 4 = 36 \text{ мм.} \quad (3.27)$$

Довжина ненавантаженої пружини:

$$H_0 = i_0 \cdot d + 2h_0, \quad (3.28)$$

де

$$h_0 = 0,5 \div 1D ;$$

$$h_0 = D = 30 \text{ мм;}$$

$$H_0 = 9 \cdot 4 + 2 \cdot 30 = 96 \text{ мм.}$$

Знайдемо довжину дроту для виготовлення пружини:

$$L = \frac{\pi D \cdot i}{\cos \alpha} + 2 \cdot l_0, \quad (3.29)$$

де $l_0 = 25 \text{ мм.}$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{h}{\pi D}\right) = \arctg\left(\frac{4}{3,14 \cdot 40}\right) = 1^\circ 82' ;$$

$$L = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 9}{\cos 1^\circ 82'} + 2 \cdot 25 = 1181 \text{ мм.}$$

Розрахунок болтового з'єднання грудкороздавлювачів

Розрахунок виконуємо відповідно до рекомендацій, наведених у джерелі

[10]. У даному з'єднанні зовнішня сила F безпосередньо на болт не передається, оскільки болтове з'єднання виконане із зазором між болтом та отворами деталей. За таких умов болт розраховується лише на статичну міцність з урахуванням необхідної сили затягування, навіть за наявності змінного зовнішнього навантаження.

Умова забезпечення відсутності зсуву деталей у з'єднанні визначається залежністю:

$$F \leq i \cdot F_s = i \cdot f \cdot F_0, \quad (3.30)$$

де $F=226$ Н; $i=2$; $f=0.15$.

Якщо врахувати коефіцієнт надійності з'єднання k , то необхідну силу затягування болта визначаємо за такою залежністю:

$$F_0 = \frac{k \cdot F}{i \cdot f}, \quad (3.31)$$

де $k = 1.8 \div 2.0$. Приймаємо $k = 1.8$.

Необхідний внутрішній діаметр різьби:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma]_p, \quad (3.32)$$

Звідки

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F \cdot k \cdot \beta}{\pi \cdot i \cdot f \cdot [\sigma]_p}}, \quad (3.33)$$

де $\beta=1,3$.

Матеріал болта сталь 45, для котрої $\sigma_T = 360 \text{ МПа}$.

За коефіцієнта запасу міцності $s = 3$ допустиме напруження розтягу для болтів визначається за залежністю:

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{s} = \frac{360}{3} = 120 \text{ МПа}$$

Тоді

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 226 \cdot 1.8 \cdot 1.3}{3.14 \cdot 2 \cdot 0.15 \cdot 120}} = 9.5$$

Згідно [10] $d_1 = 10.106$ мм, при котрому зовнішній діаметр складе $d=12$ мм.

Отже для кріплення грудкороздавлювачів приймаємо болти М12.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її виконанні

Операція передпосівного обробітку ґрунту за допомогою ґрунтообробних агрегатів виконується для скорочення затрат праці при підготовці до сівби зернових і інших культур.

Технологія процесу передпосівного обробітку ґрунту полягає в тому, що агрегат керований одним трактористом, рухаючись по полю здійснює культивуацію ґрунту розпушуючи його верхні шари.

У технологічну схему операції входять: безпосередній виконавець (тракторист); засоби технологічного оснащення (трактор, сільськогосподарська машина – ґрунтообробний агрегат) і предмет праці (ґрунт). Даний процес відповідає структурній моделі: "людина-організація-техніка-рослина-виробниче середовище" чи прибігаючи до умовних позначок "л-о-т-р-вс". Відповідно до неї складаються вимоги по безпеці праці відповідно до наявного на дані елементи нормативними документами. Виробниче середовище в який виконується операція - кабіна трактора.

Механізатор постійно знаходиться в кабіні, залишаючи на незначні інтервали часу для виконання регулювань, контролю якості роботи, огляду агрегату і по особистих потребах. У кабіні трактора він піддається постійному впливу таких факторів як: висока температура, вологість повітря, атмосферний тиск, шуми, вібрації, інтенсивне освітлення. Поза межами кабіни він піддається небезпеці травмуватися від рухомих частин агрегату.

Вимоги безпеки під час виконання передпосівного обробітку ґрунту регламентуються НПАОП 01.0-1.02-18 «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві», а також інструкціями з охорони праці для механізаторів та вимогами безпечної експлуатації тракторів і сільськогосподарських машин.

Перед виїздом у поле механізатор повинен: пройти інструктаж з охорони праці; перевірити технічний стан трактора та ґрунтообробної машини; переконатися у справності гальмівної системи, рульового керування, світлової та звукової сигналізації; перевірити надійність кріплення робочих органів культиватора, борони або комбінованого агрегату; переконатися у наявності захисних огорожень рухомих частин; перевірити справність гідросистеми та відсутність витоків масла; забезпечити агрегат засобами пожежогасіння та аптечкою першої допомоги.

Під час з'єднання трактора із ґрунтообробним знаряддям необхідно: виконувати зчіплювання лише за командою відповідальної особи; перебувати між трактором і машиною лише після повної зупинки трактора; використовувати справні причіпні пристрої та запобіжні фіксатори; перевірити правильність під'єднання гідравлічних та електричних комунікацій; після агрегування провести контрольний підйом і опускання робочих органів.

Під час виконання передпосівного обробітку ґрунту забороняється: перебування людей у зоні роботи агрегату; перебування працівників у зоні можливого руху навісних машин під час розворотів агрегату; очищення, регулювання або ремонт робочих органів під час руху; піднімання або спускання з трактора чи машини під час руху; залишати агрегат без нагляду з працюючим двигуном; перевозити людей на причіпних або навісних машинах.

Під час роботи механізатор повинен: дотримуватися встановленої швидкості руху; виконувати розвороти тільки після підняття робочих органів; контролювати стан агрегату та якість обробітку; стежити за відсутністю сторонніх осіб у робочій зоні; негайно зупинити агрегат при появі несправностей.

Основні небезпечні фактори при передпосівному обробітку ґрунту: наїзд або перекидання машинно-тракторного агрегату; травмування рухомими та обертовими частинами машин; опускання навісного обладнання; підвищена запиленість повітря; шум і вібрація; пожежна небезпека під час заправлення техніки; ураження гідравлічною рідиною під тиском при пошкодженні

гідросистеми.

4.2. Вказівки з охорони праці та пожежної безпеки, пов'язані з експлуатацією агрегату

Перед початком роботи перевіряють справність і комплектність агрегату. На рівній горизонтальній площадці встановлюють робочі органи на задану глибину обробітку, перевіряють норму висіву мінеральних добрив, підтягують болти кріплення і кронштейна.

Важелі керування причіпною (начіпною) машиною повинні мати справні та надійні фіксатори. Керування начіпним культиватором-розпушувачем слід здійснювати з кабіни трактора.

Працівників, що обслуговують культиватор, слід забезпечити засобами індивідуального захисту, чистками та лопатками для очищення робочих органів.

Підготовляючи до роботи культиватор, перевіряють кріплення, регулюють положення лап, норму висіву добрив, змащують підшипники і встановлюють необхідний кут атаки дисків, щільно підтягують і стопорять гайки.

Якщо робочі органи заглиблені в ґрунт, не можна робити крутих поворотів, бо це призводить до поломок і аварій. Перед поворотом робочі органи витягують, а на початку прямолінійного руху знову заглиблюють. Для заміни лап в польових умовах слід від'єднати машину від трактора або вимкнути його двигун, під раму начіпної машини підставляють надійні підставки. Якщо ці роботи тракторист виконує з помічником, то після їх закінчення і перед початком руху слід переконатись, що помічник перебуває на безпечній відстані від агрегату.

При роботі в умовах надмірної запиленості, під час заправки

туковисівних апаратів, а також при заточуванні робочих органів ґрунтообробних машин слід користуватись протипиловим респіратором, захисними окулярами та рукавицями.

Не допускається перебування на агрегаті, а також на полі, де проводиться обробіток ґрунту, людей, що не беруть участі у виконанні технологічного процесу.

Регулювання та очищення робочих органів від сторонніх предметів, налиплого ґрунту і рослинних залишків слід проводити тільки спеціальними чистиками в рукавицях при зупиненому, загальмованому агрегаті з виключеним двигуном. Комбінований культиватор очищаються лише при повністю зупиненому агрегаті.

Забороняється працювати в спецодязі, просоченому паливом і мастилами – це пожежо-небезпечно.

Будь-які предмети та засоби пожежегасіння не дозволяється захарашувати.

Охорона праці є важливим аспектом на будь-якому виробництві, тому їй слід приділяти велику увагу та розглядати як окреме не менш важливе питання, адже саме від цього залежить продуктивність праці людей. Оскільки, працювати на складних сільськогосподарських начіпних машинах, якщо є права на керування ними, дозволяється особам не молодше 16 років, що вивчили будову машини, вміють її відрегулювати та пройшли інструктажі з техніки безпеки. А керувати складними і спеціалізованими причіпними та начіпними машинами дозволяється особам не молодше 17 років, що пройшли спеціальне навчання і отримали права на керування даною машиною, а також пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Машинно-тракторний агрегат, який, крім тракториста, обслуговують допоміжні працівники, повинен бути обладнаний двосторонньою сигналізацією. Також для правильної експлуатації агрегатів та машин, застосовуються певні правила охорони праці що описані вище у даному розділі яких слід обов'язково дотримуватись.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності міжрядного обробітку посівів соняшнику культиватором КМП-5,4 шляхом удосконалення серійної конструкції агрегату за рахунок модернізації секції розпушування.

У ході виконання роботи проведено аналіз технологій міжрядного обробітку соняшнику, здійснено огляд технічних засобів для виконання цієї технологічної операції, визначено їх основні переваги та недоліки, а також обґрунтовано актуальність обраної тематики дослідження.

У пояснювальній записці наведено рекомендації щодо підвищення ефективності міжрядного обробітку посівів соняшнику, розглянуто агротехнічні вимоги до виконання зазначеної технологічної операції та здійснено оцінювання економічної ефективності застосування культиватора КМП-5,4.

У проєктній частині роботи виконано конструктивне обґрунтування параметрів культиватора КМП-5,4, зокрема визначено ширину захвату робочих органів розпушувальної секції, проведено розрахунки універсальної стрілкової лапи, обґрунтовано параметри грудкороздавлювачів та виконано розрахунки на міцність найбільш навантажених елементів конструкції.

Проведені розрахунки дозволили визначити основні конструктивні параметри та режими роботи машинно-тракторного агрегату. Виконані технологічні, конструктивні та міцнісні розрахунки підтверджують доцільність використання запропонованої конструкції культиватора для підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику.

У роботі також розроблено рекомендації з охорони праці та пожежної безпеки під час експлуатації культиватора. Запропоноване оснащення культиватора КМП-5,4 стріловидними лапами з регулюванням ширини захвату забезпечує можливість використання агрегату для обробітку посівів сільськогосподарських культур із різною шириною міжрядь, що сприятиме підвищенню ефективності виконання міжрядних обробітків.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера. Київ: «Урожай», 1988. 354 с.
2. Гудь, М., Ворощук, В., Олексюк, В., Гагалюк, А. (2024). Оцінка впливу фізико-механічних параметрів наповнювача на динамічну поведінку циліндричної оболонки. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 345 №6(2), 248-253.
3. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 71 с.
4. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (частина1) Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: ОКО, 2001. 444 с.
5. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
6. Методичний посібник до дипломного проектування для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки–6.050503 «Машинобудування» з професійним спрямуванням на спеціальність «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»(7.05050312, 8.05050312) для здобуття освітньо-кваліфікаційних рівнів «бакалавр»,«спеціаліст»,«магістр»/Н. І. Хомик, МЯ Сташків, ВП Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця ВА, 2016. 172 с.
7. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.
8. Олексюк В.П. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208

«Агроінженерія» / Олексюк В.П., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 71 с.

9. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi.

10. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: Вища школа, 1993. 556 с.

11. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.

12. Технічний сервіс та ремонт машин агровиробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 39 с.

13. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.

14. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Pidgurskyi I., Oleksyuk V., Pidluzhnyi O., Bykiv D., Borys I., Bulaienko R., Stashkiv V., Mushak A. (2024) Methodology of experimental and analytical research of technical systems. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 116, no 4, pp. 50–58.

15. [Sustainable and smart logistics centers: Challenges and opportunities for Ukraine's transport system](#). Y Vovk, I Vovk, U Plekan, O Tson, V Oleksyuk Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. [Vol. 10 No. 1 \(2025\)](#), 116-124.

ДОДАТКИ