

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“_____” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Механізація вирощування люцерни з удосконаленням культиватора»

Виконав здобувач вищої освіти __IV__ курсу,
групи АІ 23мб-1.1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Усатенко Олександр Олександрович

«_____» _____ 2026 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____ Ірина СИСОЛІНА

«_____» _____ 2026 р.

Рецензент _____ Сергій МАРКОВИЧ

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-наукова програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«___» _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Усатенка Олександра Олександровича _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування люцерни з удосконаленням культиватора
2. Керівник роботи (проекту) Сисоліна Ірина Петрівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 20.06.2026 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Визначення проблем механізації вирощування люцерни, знаходження шляхів удосконалення процесу обробітку ґрунту, що буде сприяти ресурсозбереженню і дозволить покращити технологічний процес та рентабельність виробництва.
5. Перелік ілюстративного матеріалу 1. Технологічна карта на вирощування люцерни; 2. Операційно-технологічна карта по обробітку ґрунту. 3. Загальний вигляд культиватора. 4. Складальне креслення модернізованої лапи з ножом. 5. Креслення деталей модернізованої лапи.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділу «Вступ»	.	
2	Виконання розділу «Аналіз типової технології вирощування культури з визначенням шляхів її удосконалення»	.	
3	Виконання розділу «Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування культури»		
4	Виконання розділу «Інженерна частина»		
5	Виконання розділу «Охорона праці».		
6	Формулювання загальних висновків. Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини. Підготовка до захисту.		

Дата видачі завдання
« » 2026 р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« » 2026 р.

Підпис здобувача _____
(прізвище та ініціали)

[illegible]

[illegible]

Анотація

Проведено аналіз існуючих технологій вирощування люцерни. Досліджена операційна технологія виконання обробітку ґрунту. В інженерній частині був проведений огляд конструкторських особливостей лап культиватора, визначено модернізацію їх конструкції, а також були зроблені технологічні, кінематичні і силові розрахунки культиватора. Розглянуті заходи по охороні праці.

Ключові слова: люцерна, обробіток ґрунту, ґрунторозпушувач, лапа культиватора, розпушування

Abstract

An analysis of existing alfalfa cultivation technologies was conducted. The operational technology of soil tillage was investigated. In the engineering section, a review of the design features of cultivator sweeps was performed, their structural modernization was determined, and technological, kinematic, and power calculations of the cultivator were carried out. Occupational health were also considered.

Keywords: alfalfa, soil tillage, subsoiler, cultivator sweep, loosening.

ЗМІСТ

Номер Розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	Вступ	7
2	Аналіз типової технології вирощування люцерни з визначенням шляхів її удосконалення	8
3	Операційна технологія виконання операції обробітку ґрунту з вирощування люцерни	16
4	Інженерна частина	23
5	Охорона праці	40
6	Висновки	43
-	Список використаної літератури	44
-	Додатки	46

1. ВСТУП

Сучасний стан економіки України нерозривно пов'язаний із динамічним розвитком агропромислового комплексу. Високий експортний потенціал та стабільне забезпечення внутрішнього ринку продуктами харчування напряду залежать від ефективності використання кожної одиниці орної площі.

Одним із вирішальних етапів у вирощуванні кормових культур є процес обробки ґрунту, що передує сівбі.

Пошук оптимальних конструктивних рішень для механізмів по обробці ґрунту залишається одним із важливих завдань сучасної агроінженерної науки.

Такими питаннями займалися і займаються науковці, такі як: Войтюк Д.Г. [4, 5], Заїка П.М. [7], Сисолін П.В. [15], [1, 6, 9] та ін.

Ключовими проблемами механізації вирощування кормових культур є енергоємність процесів, технологічна застарілість парку, порушення агротехнічних термінів, втрати при зберіганні тощо [14].

Для вирішення наведених проблем можна впровадити, наприклад, технологію No-Till, тобто замість плугів, дискових борон тощо застосовувати ґрунторозпушувачі, що важливо також для збереження структури ґрунту під багаторічними травами.

Технологія обробітку ґрунту під люцерну спрямована на глибоке розпушування, накопичення вологи, вирівнювання поля та знищення бур'янів. Основа успіху – створення дрібногрудкуватої структури для дрібного насіння та забезпечення його контакту з вологою.

					МВЛ 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Механізація вирощування люцерни з удосконаленням культиватора		
Розроб.		Усатенко					
Перевір.		Сисоліна					
Н. контр.		Артеменко					
Затв		Васильковськи					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						7	45
					ЦНТУ, гр. АІ 23мб-1.1		

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

2.1. Технологія вирощування люцерни

Люцерна одна з бобових культур, призначена для виробництва і різноманітності кормової бази худоби (для стійлового вирощування худоби, згодовування свіжоскошеного корму). Люцерна широко використовується для заготівлі сіна та силосу, її перетирають на борошно, додають в вітамінні комплекси худобі. На сьогоднішній день більше 30 млн. га засівають люцерною по всьому світу. Рослина користується успіхом більш ніж в 85 країнах, великі площі культура займає в Америці, Аргентині, Європі, Індії.

Люцерну висівають під покрив злакових культур (ярих чи озимих). Норма висіву насіння – 12-14 кг/га.

Для збільшення урожайності люцерна може висіватися у суміші разом з багаторічними злаковими травами. У зонах Степу та Лісостепу люцерна частіш за все дає полуторний укіс, а іноді і два укуси.

Люцерна оптимально підходить для безвипасного утримання або годування свіже кошеною зеленою масою, а також для заготівлі силосу та сінажу. Швидкість зростання люцерни багато в чому залежить від запасів поживних речовин у кореневій системі. Гарний ріст люцерни потребує достатніх запасів поживних речовин вже на початку фази цвітіння.

При частих укусах в ранніх фазах відбувається виснаження посівів, і довговічність люцерни скорочується до двох років. Тому рекомендується хоча б два рази на рік проводити укіс лише після того, як 5-10 % рослин вступають у фазу цвітіння, а також, якщо травостій сильно ослаблений – слід відкласти укіс до початку повного (100%) цвітіння. При дотриманні цього правила посіви люцерни зможуть існувати протягом 4-5 років. При цьому ризик зниження поживної цінності відсутня, тому що в порівнянні зі злаковими травами люцерна менш схильна до зниження поїдання і засвоюваності з віком.

Інтенсивність відростання вегетативної частини рослин безпосередньо зумовлена концентрацією органічних резервів у коріннях. Щоб забезпечити

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

потужний стартовий розвиток люцерни, посіви повинні накопичити достатньо енергетичного потенціалу безпосередньо до моменту розкриття перших бутонів.

Основний обробіток ґрунту (підготовка зябу) залежить від попередника (найчастіше це зернові культури). Лушення стерні проводиться відразу після збирання врожаю попередника дисковими лушильниками або важкими дисковими бородами на глибину 5–8 см, що стимулює проростання бур'янів. Повторне лушення відбувається за наявності кореневищних бур'янів (пирію) поле обробляють лемішними лушильниками на 10–12 см. Зяблева оранка виконується на глибину 25–27 см після внесення органічних та мінеральних добрив (фосфорних і калійних).

Передпосівний обробіток ґрунту (навесні) задля вирівнювання поверхні та створення ущільненого ложа для насіння. Закриття вологи проводиться ранньою весною за допомогою легких зубових борін (за першої можливості виходу в поле). Культивація здійснюється на глибину 4–6 см для знищення перших сходів бур'янів та вирівнювання поверхні. Прикочування рекомендується проводити до або одразу після висіву котками для підтягування вологи з глибших шарів ґрунту та забезпечення дружніх сходів.

Посів. Оскільки насіння люцерни має тверду оболонку, перед посівом його обов'язково скарифікують (механічно травмують). Насіння висівають на глибину 1–2 см (на легких ґрунтах можна до 2–3 см). Глибше загортання призведе до загибелі сходів. Люцерну часто висівають сумісно із ярими чи озимими зерновими під їхній покрив. Оптимальна кількість посівного матеріалу становить від 12 до 14 кілограмів на один гектар поля. Серед вітчизняних аграріїв у степових та лісостепових регіонах найбільшу популярність здобули сорти, що відрізняються стійкістю до посухи та зимостійкістю (для Степу: Кураж, Ванда, Лідія, Конвенц, Інтрига одеська, Одрі, Південна красуня; для Лісостепу: Синюха, Амага, Радослава, Раміна, Родена; для Полісся: Анатоліївна та Ярославна)с. В залежності від ґрунтово-

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кліматичної зони, в Україні люцерну починають сіяти з квітня, а за літнього розміщення - з червня до серпня.

Внесення добрив. Будучи довговічною культурою, цей вид демонструє високі вимоги до наявності мінеральних елементів у землі. Точно визначити рівень забезпеченості полів дозволяє комплексне дослідження зразків у лабораторії. Завдяки унікальній природній властивості взаємодіяти із бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium*, рослини здатні самостійно фіксувати атмосферний азот. З цієї причини під час вегетації хімічні азотні туки зазвичай не застосовують.

Окрім цього, трава виступає ідеальним попередником у сівозміні. Вона залишає після себе азотні сполуки для наступних рослин та суттєво розпушує щільні нижні горизонти за рахунок глибокого проникнення міцного стрижневого кореня.

Догляд за посівами люцерни. Основним агротехнічним заходом на другий та наступні роки використання є боронування посіву та щілювання. Це сприяє покращенню аерації ґрунту, вологозабезпеченню та утворенню в ньому легкодоступних для рослин елементів живлення.

Збирання врожаю. Найкращим часом для проведення косовиці вважається момент, коли від 5 до 10 відсотків стеблостою починає розквітати. Трав'яний пласт є досить чутливим до сильного тиску важких коліс машин, котрі можуть зруйнувати кореневу шийку. Саме тому категорично заборонено виводити техніку на поле в дощову погоду чи по надмірно зволоженому ґрунту.

Параметри скошування мають чітко відповідати поточній фазі розвитку травостою: на етапах бутонізації або при поодиноких квітках ріжучий апарат виставляють рівно на 5 сантиметрів, а коли починається масове цвітіння (зазначені 5–10%), висоту обов'язково збільшують до 7–10 сантиметрів.

Якщо зрізати стебла занадто низько, відбудеться травмування бруньок відновлення, що призведе до тривалої затримки росту або повної загибелі молодих пагонів майбутнього укусу.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Покіс зеленої маси можуть здійснювати не частіше ніж 4 рази на рік. Між покосами необхідно щонайменше витримати 35 днів.

Занадто інтенсивне використання травостою виключно на ранніх етапах розвитку швидко виснажує кореневу систему, через що тривалість життя посіву скорочується всього до двох років.

Для пролонгації життєвого циклу плантації до 4–5 років необхідно мінімум двічі за вегетаційний період давати рослинам досягти фази початку цвітіння. Коли ж візуально помітно ослаблення біомаси, збирання відкладають аж до повного розпускання всіх бутонів. Завдяки біологічним особливостям бобових, таке запізнення не несе загрози для кормової цінності: на відміну від злаків, люцерна значно довше зберігає відмінну перетравність та охоче поїдається тваринами навіть у зрілому віці.

Заготівля сіна. У процесі висушування скошеної бобової біомаси суттєво зростає ризик втрати найбільш цінного елемента корму - нижніх листочків, де зосереджена основна маса білка. За умови утримання сухої та сонячної погоди, вже через 24–48 годин рослинна маса досягає кондиційного стану (частка сухої речовини в межах 35–40 %) і стає повністю придатною для подальшого транспортування до місця зберігання. Сіно слід зберігати у критому, сухому та добре вентильованому приміщенні. Якщо врожай збирають на силос, його зазвичай складають до наземних силосних ям, добре ущільнюють і накривають плівкою.

2.2. Технологічна карта виконання робіт по вирощуванню та збиранн люцерни на полях 2–3 років користування

В господарстві при вирощуванні та догляду за багаторічними насадженнями люцерни (2-3 років) на сіно впроваджена чітка послідовність механізованих операцій:

1. Обробіток ґрунту

Лущення стерні: проводиться трактором Т-150К та лущильниками дисковий ЛБГ-15 відразу після збирання врожаю попередника.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Оранка: виконується Т-150К та навісний плуг (п'ятикорпусний лемішний) ПЛН-5-35.

Боронування: Т-150К, причіпна зчіпка СП-16А та зубові борони 6БЗТС-1,0.

Передпосівна культивация Т-150К, причіпна зчіпка СП-11А та культиватор плоскорізний ЗКПС-4.

2. Посів здійснюється трактором ДТ-75М причіпну зчіпкою СП-16А та сівалкою ЗСЗ-3,6.

Наступні операції повторюються для люцерни (2–3 років користування):

3. Завантаження туків: заповнення бункерів фосфорними та іншими туками здійснюється трактором МТЗ-6Л/М, який функціонує в парі з гідравлічним екскаватором-навантажувачем марки ПЕ-0,5 або Т-150К та навантажувач фронтальний перекидний ПФП-12.

4. Перевезення поживних речовин: доставка мінерального живлення на відстань до 5 кілометрів виконується колісною машиною ЮМЗ-8042, що агрегатується з тракторним причепом-самоскидом моделі 2ПТС-4-793А

5. Осіннє збагачення землі: поверхнєве та максимально однорідне розсіювання фосфорних добрив нормою Р100 реалізується за допомогою колісного енергозасобу ЮМЗ-6Л і відцентрового розкидача МВУ-900 або МТЗ-82 та розкидач добрив МВУ-6А

6. Осіннє розпушування: ретельне глибоке боронування за допомогою важких зубових борін ЗБТУ-1, з'єднаних зчіпкою СП-11, здійснюється за допомогою гусеничного тягача Т-74М або МТЗ-82 з широкозахватною зчіпкою СП-11А та середніми зубовими боролами БЗСС-1

7. Транспортування на далеку відстань: доставка оборотних засобів живлення до віддалених загонів (у радіусі 10 км) покладається на трактор ЮМЗ-8042 із самоскидним причепом 2ПТС-4-793А.

8. Ранньовесняне підживлення: рівномірний розподіл суміші туків азоту й калію (N30 + K20) по поверхні поля забезпечує агрегат у складі енергозасобу МТЗ-6Л та надійної машини МВУ-900.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Весняний догляд за травостоем: дворазове боронування у перехресних напрямках руйнує застарілу кірку, відновлює капілярний підйом вологи та інтенсивно стимулює відростання старих кущів. Виконується гусеничною технікою Т-74М із широкозахватною зчіпкою СП-11 та середніми зубовими боронами БЗСС-1.

10. Скошування: проведення двох сезонних укосів із формуванням пухких валків за традиційною схемою здійснюється за допомогою трактора ЮМЗ-6АЛ та спеціалізованої косарки КВП-3.

11. Підбирання та формування паків: підхоплення підсушеної маси за її вологості від 25 до 35 відсотків і подальше пресування реалізується енергозасобом ЮМЗ-6АЛ та автоматичним прес-підбирачем ППС-1,6.

12. Польове збирання готової продукції: навантаження сформованих паків у межах угіддя здійснюється за допомогою легкого колісного трактора Т-25 і невеликого транспортного засобу МТ-1.

13. Доставка до сіносховища: перевезення спресованого об'єму на відстань до 10 км здійснюється більш потужним колісним трактором МТЗ-82 з вантажним причепом 2ПТС-4.

14. Складування та штабелювання: розвантажувальні роботи біля критих навісів або на території складів виконуються за участю трактора ЮМЗ-6АЛ, оснащеного фронтальним навантажувачем-стогометачем ПФ-0,5.

15. Технологічна вентиляція: обов'язкове штучне досушування закладеної маси всередині двох приміщень протягом перших п'яти діб (по 12 годин щоденно) за допомогою промислових вентиляторів з потужними електродвигунами.

Технологічна карта як виробничо-технологічний документ, необхідний для раціональної організації виробництва сільськогосподарської продукції. Вона відображає перелік і послідовність виробничих операцій, розміщених у хронологічній послідовності, їх тривалість у календарних і робочих днях, склад агрегату; обслуговуючий персонал, виробіток за одну годину змінного часу та за зміну, витрату палива, затрати праці, експлуатаційні затрати.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

За допомогою технологічної карти заздалегідь планується виробництво, а під час виконання робіт полегшується керування ним і контроль.

Технологічна карта вирощування люцерни за новою технологією наведена в графічному матеріалі роботи.

Проводимо розрахунок однієї з операцій по технології вирощування озимого гороху. За операцію, згідно з завданням, вибираємо обробіток ґрунту під посів люцерни.

Графа 1 – послідовність операцій (нумерація).

Графа 2 – найменування операції/роботи, тобто ґрунторозпушування.

Графа 3 – одиниця вимірювання обсягу операції/роботи.

Графа 4 – обсяг операцій/робіт (площа обробітку, $Q_p = 100$ га).

Графа 5 – приблизний календарний строк початку виконання операції/роботи (щодо агровимог приймаємо 05.04).

Графа 6 – календарний термін закінчення виконання операції/роботи, тобто, згідно з агровимогами, заданий термін виконання операції/роботи є 6 днів.

Графа 7 – тривалість зміни (7 год.).

Графа 8 – кількість днів роботи. Розрахуємо за формулою.

$$n_d = \frac{Q_p}{W_{зм} \cdot n_{зм}} \quad (3.1)$$

де $n_{зм}$ – кількість змін роботи, приймаємо $n_{зм} = 1$.

$$n_d = \frac{100}{19,7 \cdot 1} = 5,07$$

Приймаємо 5 днів.

Графи 9, 10 – склад агрегату, до якого входить трактор Т-150К, а також ґрунторозпушувач ГРН-3,9. Кількість агрегатів розрахуємо за формулою

$$N_a = \frac{Q_p}{H_v \cdot n_{зм} \cdot n_d} \quad (3.2)$$

де H_v – норма виробітку агрегату за 7 год. (з врахуванням змін - робочий день),

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Нв=19,7 га.

$$N_a = \frac{100}{19,7 \cdot 1 \cdot 5} = 1,01$$

Приймаємо, що необхідно мати 1 агрегат.

Графа 11 – змінна норма виробітку. 19,7 га/зм - згідно попередніх розрахунків.

Графи 12, 13 – витрати праці, люд.год/га. Розрахуємо за формулою

$$Z_{za} = \frac{n \cdot T_{zm}}{W_{zm} \cdot N_a}, \quad (3.3)$$

де n – чисельність обслуговуючого персоналу. Згідно з вимогами до агрегату, механізаторів – 1, допоміжних працівників – 1;

$$Z_{za} = \frac{2 \cdot 8}{19,7 \cdot 1} = 0,81 \text{ люд.год./га}$$

Графи 14, 15 – оплата праці.

Графа 16 – витрати пального. Для ґрунторозпушування приймаємо $g_{га}=5,31$ л/га.

Інші операції розраховуємо аналогічно, після чого підраховуємо суму затрат на вирощування заданої культури.

.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ

3.1. Технологія обробітку ґрунту

У люцерни - потужна стрижнева, яка здатна проникати на глибину до 2–5 метрів. Для неї критично важливо зруйнувати плужну підшову.

Насіння люцерни - дрібне, його сіють всього на 1.5–2.5 см. Тому вимоги до вирівняності та щільності насінневого ложа навесні у люцерни в рази вищі. Вона не пробачить грудок чи глибоких борозен.

Основний (осінній) обробіток ґрунту

Система обробітку ґрунту для люцерни базується на луценні стерні (або без нього) та глибокій оранці чи глибокому розпушуванні, залежно від стану поля та попередника. Оскільки люцерна - багаторічна культура із потужним стрижневим коренем, якісний основний обробіток закладає основу її продуктивності на 3–5 років вперед.

Якщо поле після збирання попередника чисте, достатньо одного луцення на глибину 6–8 см. У випадку забур'яненості кореневищними та коренепаростковими бур'янами, рекомендується проводити дворазове луцення важкими дисковими бородами (БДТ-3, БДТ-7) або луцильниками (ЛДГ-10, ЛДГ-15) на глибину 10–12 см для знищення бур'янів. Вирівнювання досягається повторним дискуванням, яке здійснюється під кутом 45° до першого розпушування або впоперек попередника.

На чорноземах оранку виконують плугами з передплужниками марок ПЛН-6-35, ПЛН-5-35, New Holland, Lemken, Amazone, Kuhn, Pottinger на глибину 30-32 см. Це необхідно для глибокого загортання залишків та створення пухкого шару для безперешкодного росту стрижневого кореня. На ґрунтах, що зазнали ерозії ґрунту, можна провести плоскорізний обробіток на глибину 22-24 см. На дернових і мілких ґрунтах в районі Полісся глибину оранки зменшують до 20–22 см, проте обов'язково поєднують із глибоким підпушуванням без винесення підзолистого шару на поверхню.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Основний обробіток ґрунту під люцерну найкраще виконувати безпосередньо після збирання попередніх культур (кінець літа - початок осені). Оскільки найкращими попередниками для люцерни є просапні й зернові культури, ранній зяблевий обробіток дозволяє накопичити максимальну кількість вологи.

Восени рекомендується вирівнювання ґрунту (груба передпосівна підготовка) з допомогою вирівнювачів під кутом 45° відносно напрямку глибокої оранки. Для люцерни це критично, щоб навесні мінімізувати кількість проходів техніки й не пересушити верхній шар.

Весняний та передпосівний обробіток ґрунту

Розпочинають весняний обробіток ґрунту з настанням фізичної стиглості ґрунту. Для закриття вологи і розрівнювання поверхні після осінніх польових робіт проводять боронування важкими чи середніми зубовими боронами (БЗСС-1,0).

Оскільки насіння люцерни дуже дрібне, передпосівний обробіток має створити рівне, дрібногрудкувате та ущільнене насіннєве ложе. Перед початком сівби проводять культивацію на глибину загортання насіння (2–3 см) з обов'язковим використанням комбінованих агрегатів типу Lemken Компактор, Unia Atlas, або «Європак». Вони за один прохід подрібнюють грудки, вирівнюють площину та прикочують ґрунт.

Якщо ґрунт недостатньо щільний, обов'язково проводять допосівне та післяпосівне прикотковування кільчасто-шпоровими котками. Це забезпечує капілярний підтяг вологи до насіння, яке висівається на глибину всього 1.5–2.5 см.

Якщо планується літній посів люцерни (післяукісний чи післяжнивний), оранку та передпосівний обробіток із сівбою слід виконувати в одному технологічному циклі для заощадження ґрунтової вологи. На легких ґрунтах коткування слід проводити і після сівби.

Роль обробітку та вологозабезпечення

Обробіток ґрунту є найважливішим елементом технології вирощування люцерни, який визначає водний, температурний, повітряний режими та

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

активність бульбочкових бактерій (фіксацію азоту). Люцерна споживає величезну кількість вологи для формування кількох укосів за сезон, тому глибокий основний обробіток, який руйнує плужну підшову, є обов'язковим для проникнення коренів до глибоких підшкірних водоносних шарів.

Застосування мінімальних систем обробітку ґрунту під люцерну є дискусійним, але можливим за умов суворого контролю забур'яненості. Оскільки люцерна на перших етапах росте повільно, вона сильно пригнічується бур'янами.

Mini-till та No-till: у суховійних умовах або при дефіциті вологи можуть застосовуватися безплужні технології. Проте для успішного впровадження no-till під люцерну необхідна спеціальна система захисту рослин (суцільне випалювання бур'янів гліфосатами перед сівбою) та наявність сівалок прямого висіву для дрібнонасінних культур із дисковими сошниками.

Мульчуюча та консервуюча технології: полягають у заміні глибокої оранки на поверхневий чи безполицевий метод (чи глибоке чизелювання). Рослинні залишки на поверхні захищають дрібні сходи люцерни від перегріву та вітрової ерозії, а також зберігають вологу у верхньому шарі ґрунту, що критично для проростання дрібного насіння.

Технологія Verti-till (вертикальний обробіток): Є дуже перспективною для люцерни. Вона дозволяє подрібнити залишки на поверхні без створення ущільнених шарів (плужної підшови), що забезпечує ідеальні умови для розвитку потужного стрижневого кореня люцерни вглиб.

Дотримання агротехнічних вимог, де головний акцент зміщено з глибини посіву на вирівняність і щільність поверхневого шару, є вирішальним фактором для отримання дружніх сходів люцерни та її високої багаторічної продуктивності.

3.2. Підготовка поля до роботи

Продуктивність машинно-тракторного комплексу та кінцеві агротехнічні показники обробітку ріллі безпосередньо залежать від своєчасного та грамотного облаштування робочої зони. Перед початком проходження техніки

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обов'язково здійснюється ретельний моніторинг локації. Це необхідно для виявлення та ліквідації будь-яких сторонніх предметів чи завад, що спроможні знизити темпи виконання технологічної операції або спровокувати поломку робочих органів. На цьому ж етапі визначається оптимальний вектор та траєкторія переміщення технічних засобів.

Обираючи конкретну кінематичну схему курсування, аналізують геометрію контуру угіддя та просторову протяжність робочих гонів. Головний критерій вибору кінематики руху полягає у забезпеченні максимальної годинної виробітки, мінімізації питомої витрати палива (за рахунок скорочення холостих переїздів), а також суворому дотриманні діючих галузевих регламентів.

3.2.1. Розрахунок поворотних смуг

При застосуванні традиційних гонових схем курсування на торцевих краях кожної технологічної загінки обов'язково передбачають тимчасові буферні ділянки для маневрування техніки.

Обчислення орієнтовної ширини розворотної зони (Е) під час здійснення безпетльових або грушоподібних петльових маневрів виконується за допомогою такої математичної залежності:

$$E = 3R_{min} + L_a, \quad (3.1)$$

де R_{min} – мінімально допустимий радіус здійснення повороту, м;

L_a – загальна кінематична довжина сформованого машинно-тракторного агрегату, м.

Мінімальний радіус повороту:

$$R_{min} = 1,1 \cdot B_p,$$

Коли йдеться про мобільний комплекс, що складається з сучасного колісного трактора та інтегрованого начіпного знаряддя, мінімально можливий радіус повороту за технічними нормативами приймається рівним

$$R_{min} = 1,1 \cdot 3,9 = 4,29 \text{ м.}$$

Кінематична довжина агрегату вираховується за формулою

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$L_a = L_{mp} + L_M + L_{зч}, \quad (3.2)$$

де $L_{тр}$ – кінематична довжина трактора, м, $L_{тр} = 2,4$ м;

L_M – кінематична довжина агрегатованої сільськогосподарської машини (від точки зчеплення до крайньої задньої точки робочих органів), м, $L_M = 3,78$ м.

Отже,

$$L_a = 2,4 + 3,78 = 6,18 \text{ м.}$$

Отримані значення підставляємо у формулу (3.1) і проводимо розрахунок

$$E = 3 \cdot 4,29 + 6,18 = 19,05 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину поворотної смуги кратною ширині захвату агрегату, щоб при наступному проходженні агрегат здійснював ціле число проходів.

$$E_\phi = K \cdot B_p, \quad (3.3)$$

де $K = \frac{E}{B_p}$.

Отже,

$$K = \frac{19,05}{3,9} = 4,88$$

Приймаємо $K = 5$.

Отже,

$$E_\phi = 5 \cdot 3,9 = 19,5 \text{ м.}$$

Фактичне значення ширини поворотної смуги:

$$E_\phi = K \cdot B_p > E_p$$

Величина поворотних смуг при петльових грушовидних поворотах становить 19,5 м.

Робоча довжина гону:

$$L_p = L_\partial - 2 \cdot E_\phi, \quad (3.4)$$

де L_∂ – довжина гону

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 19,5 = 961 \text{ м}$$

Оптимальна ширина загінки, м:

$$C_{opt} = \sqrt{16 \cdot R_{\min}^2 + 2 \cdot L_p \cdot B_p}, \quad (3.5)$$

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{onm} = \sqrt{16 \cdot 4,29^2 + 2 \cdot 961 \cdot 3,9} = 87,7 \text{ м.}$$

Кількість загінок:

$$n = \frac{S}{L_a \cdot C_{onm}}, \quad (3.6)$$

де S – площа поля,

$$n = \frac{1000000}{961 \cdot 87,7} = 11.$$

3.2.2. Оцінка якості роботи ґрунтообробних машин

Якість роботи машини повинна задовольняти діючим агротехнічним вимогам і вимогам системи машин.

Якість обробітку ґрунту визначаємо за трьома основними показниками: кришення зрихленого шару ґрунту (від 0-50 мм) не менше 75%, гребнистість поверхні поля до 5 см, заробка рослинних решток, %.

3.3. Проектування операційно-технологічної карти

Цей документ виступає базовим нормативно-технічним регламентом, який встановлює чітку послідовність дій, оптимальні швидкісні режими та параметри контролю якості під час виконання польових робіт.

Для точного планування змінної продуктивності спочатку необхідно обчислити тривалість одного повного технологічного циклу, який складається безпосередньо з робочого ходу на гонах та маневрування на краях поля, хв.

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2t_n, \quad (3.7)$$

де L_p – корисна (робоча) протяжність загінки, м;

V_p – середня швидкість агрегату під час виконання операції, км/год., $V_p = 9,68$ км/год.;

t_n - час, що витрачається на один розворот у торці загінки, хв., $t_n = 1,5$ хв.

Визначаємо робочу довжину загінки

$$L_p = L - 2E, \quad (3.8)$$

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де L – довжина загінки, м; $L = 1000$ м;

E – ширина поворотної смуги, м; $E = 19,5$ м.

Отже, $L_p = 1000 - 2 \cdot 19,5 = 961$ м

Отримані значення підставляємо у формулу (3.7) і проводимо розрахунок

$$T_u = \frac{12 \cdot 961}{100 \cdot 9,68} + 2 \cdot 1,5 = 15 \text{ хв.}$$

Визначаємо технічну продуктивність за цикл, га/ц

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau, \quad (3.9)$$

де B_p , V_p , $T_{\text{ц}}$, τ – використовуємо з попередніх розрахунків.

Отже, $W_u = 0,1 \cdot 3,9 \cdot 9,68 \cdot 15 \cdot 0,86 = 4,87$ га/ц.

Для координації роботи логістичних ланок (наприклад, своєчасної підвозки насіння або заправки) розраховується сукупна кількість робочих циклів, яку агрегат здатний виконати протягом однієї нормативної зміни

$$n_u = \frac{W_{\text{зм}}}{W_u}, \quad (3.10)$$

де $W_{\text{зм}}$ – приймаємо з попередніх розрахунків.

Отже,

$$n_o = \frac{22,73}{4,87} = 28 \text{ ц/зм.}$$

Загальна потреба в дизельному паливі для забезпечення безперервної роботи технічного комплексу протягом усієї зміни ($Q_{\text{зм}}$) розраховується на основі питомих гектарних витрат

$$Q_{\text{зм}} = Q_{\text{га}} \cdot W_{\text{зм}}, \quad (3.11)$$

де $Q_{\text{га}}$ – приймаємо з попередніх розрахунків.

Отже, $Q_{\text{зм}} = 2,8 \cdot 22,73 = 63,6$ кг/зм.

Зведені математичні та інженерні результати стають основою для формування фінальних таблиць операційно-технологічної карти, яка передається безпосередньо лінійним керівникам та механізаторам для виконання робіт.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Призначення, робота культиватора ГРН 3.9

Культиваторів-грунторозпушувачів ГРН-3,9 (рис. 4.1) використовують після оранки і передпосівного обробітку ґрунту для суцільного обробітку ґрунту, для обробітку ґрунту після збирання культур зернових та інших.

Культиватор агрегують з тракторами класу 3-4.

В таблиці 4.1 приведено техніко-технологічні параметри машини

Таблиця 4.1

Техніко-технологічні параметри машини

Найменування параметрів і розмірів	Од. вимір.	Значення показників
Продуктивність за 1 год робочого часу	га/год.	2,9
Продуктивність за 1 год експлуатаційного часу	га/год.	3,5
Робоча швидкість	км/год	до 10
Гребенистість, не більше	см	4
Габаритні розміри в робочому положенні:	мм	
довжина		2470±50
ширина		3900±50
висота		840±50
Габаритні розміри в транспортному положенні:	мм	
довжина		4470±50
ширина		4220±50
висота		2450±50
Маса машини суха конструкційна з комплектом запчастин	кг	2467±5%
Основні показники якості виконання техн. процесу:		
- підрізання бур'янів (стрілчастими лапами)	%	100 _з
- вміст грудок ґрунту:	%	
розміром 0 ... 25мм, не менше		87,1-100
розміром більше 100мм		не допуск
- Глибина обробки		8-22
Кількість персоналу за професіями, необхідн. для роботи культиватора	Чол	1
Транспортний просвіт, не менше	мм	270
Кількість плоскоріжучих лап	шт	4
Спосіб агрегування з енергозасобом		Причепний

==Культиватор (рис. 4.1) складається з наступних основних робочих одиниць:

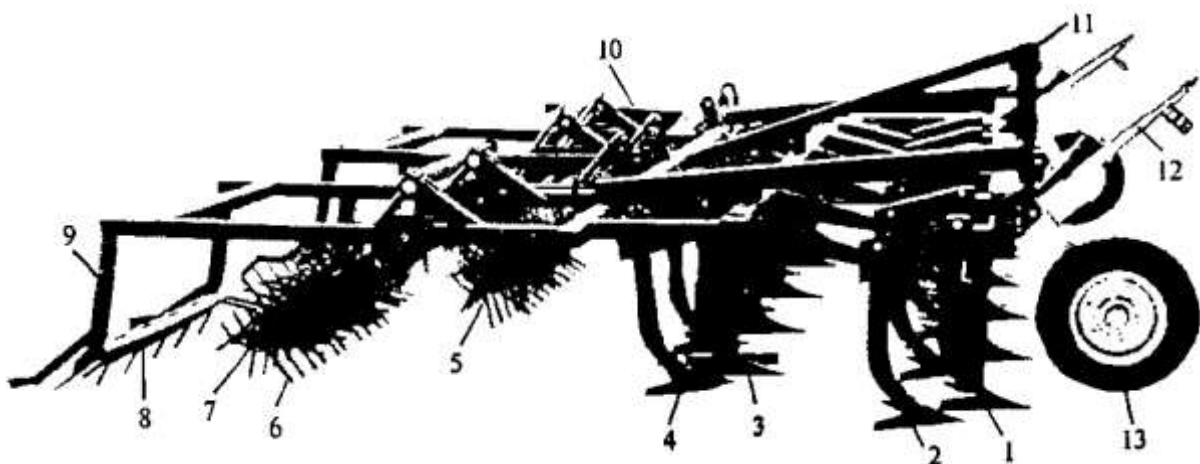


Рис. 4.1. Загальна будова культиватора:

1, 2, 3, 4 – стрілочасті лапи відповідно рядів передньої і задньої секції; 5 і 7 – секції ротаційної борони; 6 – зуб прутковий; 8 – гребінка; 9 – рамка подовжувана; 10 – основна рама; 11 – начіпний пристрій; 12 – важіль регулятора глибини; 13 – опорне колесо

Рама культиватора – зварна конструкція прямокутної форми, що складається з трьох секцій: центральної – рами, і двох бічних секцій – крила правого, і крила лівого. До переднього бруса рами приєднується трипроменева сниця з розкосом.

Установка глибини ходу культиватора проводиться за рахунок регулювальних гвинтів опорних коліс, встановлених на крилах, і упору на рамі. Культиваторні лапи (рис. 4.2) встановлені згідно зі схемою установки робочих органів.

Застосування в культиваторі вирівнювачів і прикочуючих котків забезпечує кришення ґрунту з істотним переважанням дрібних грудок

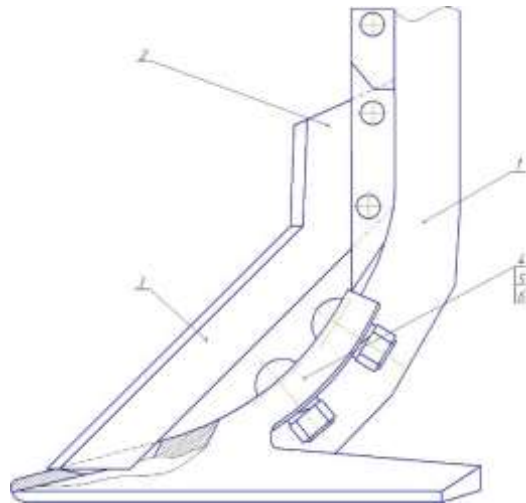


Рис. 4.2. Лапа культиватора

розміром до 25мм, рівну поверхню поля і оптимальну щільність верхнього шару на глибину посіву. Крила культиватора складаються за допомогою гідросистеми трактора.

4.2. Пропозиції по вдосконаленню конструкції робочих органів культиваторів

Вдосконаленням культиватора є стрілчасті лапи. Завдяки встановлення оригінальних ножів можна краще, з більш якісними показниками, розпушувати ґрунт.

4.3. Технологічні розрахунки

4.3.1. Класифікація та конструкційні особливості робочих органів культиваторів

Ефективність поверхневого обробітку полів безпосередньо зумовлена специфікою їхнього оснащення. Головними функціональними елементами культиваторів виступають лапи різної конфігурації. Зважаючи на технологічні завдання та поточний стан ріллі, техніку комплектують специфічними типами знарядь: універсальними, розпушувальними, полільними, а також підсиленними глибокорозпушувачами чи плоскорізами.

Група полільних елементів містить кілька конструктивних модифікацій:

- однобічні плоскорізальні лапи (рис. 3, а);
- стрілчасті плоскорізальні стандартного типу (без хвостової частини) (рис. 3, б);
- стрілчасті плоскорізальні подовжені (з хвостовиком) (рис. 3, в).

Дані органи використовують для поверхневого підрізання забур'яненості на глибину до 6 сантиметрів, що особливо актуально під час початкових етапів догляду за міжряддями. Вони гарантують делікатне кришення без винесення вологих шарів на поверхню.

Універсальні органи також виготовляються у двох варіаціях - з наявністю хвостовика (рис. 3, д) або без нього (рис. 3, г). Їхня ключова відмінність полягає у здатності працювати на більшу глибину (до 12 сантиметрів). У процесі руху вони не лише гарантовано зрізають підземну частину бур'янів, а й здійснюють суттєво інтенсивніший порівняно з плоскорізами аераційний та крошачий вплив на ґрунт.

Характер деформації, підйому та подрібнення ґрунту, а також ступінь очищення поля від небажаної рослинності визначаються набором геометричних характеристик лапи: шириною робочої зони b , кутами кришення (табл. 4.2), розхилу й загострення лез, а також показником нахилу ріжучої крайки відносно горизонтальної площини.

Таблиця 4.2

Робочі кути та їхній вплив на фракційний склад ґрунту

Тип робочого органу Кут	Полільні лапи	Універсальні стрілчасті лапи	Характер впливу на ґрунт
Кут кришіння (α)	малий ($9...10^0$)	$16...18^\circ$	характеризує розпушувальну дію лап на ґрунт
Кут нахилу леза до горизонту (ε)	$15...18^\circ$	$25...30^\circ$	характеризує здатність лапи заглиблюватися в ґрунт і якісно підрізати кореневу систему бур'янів

Габаритні стандарти (ширина захвату) лап (рис. 4.3):

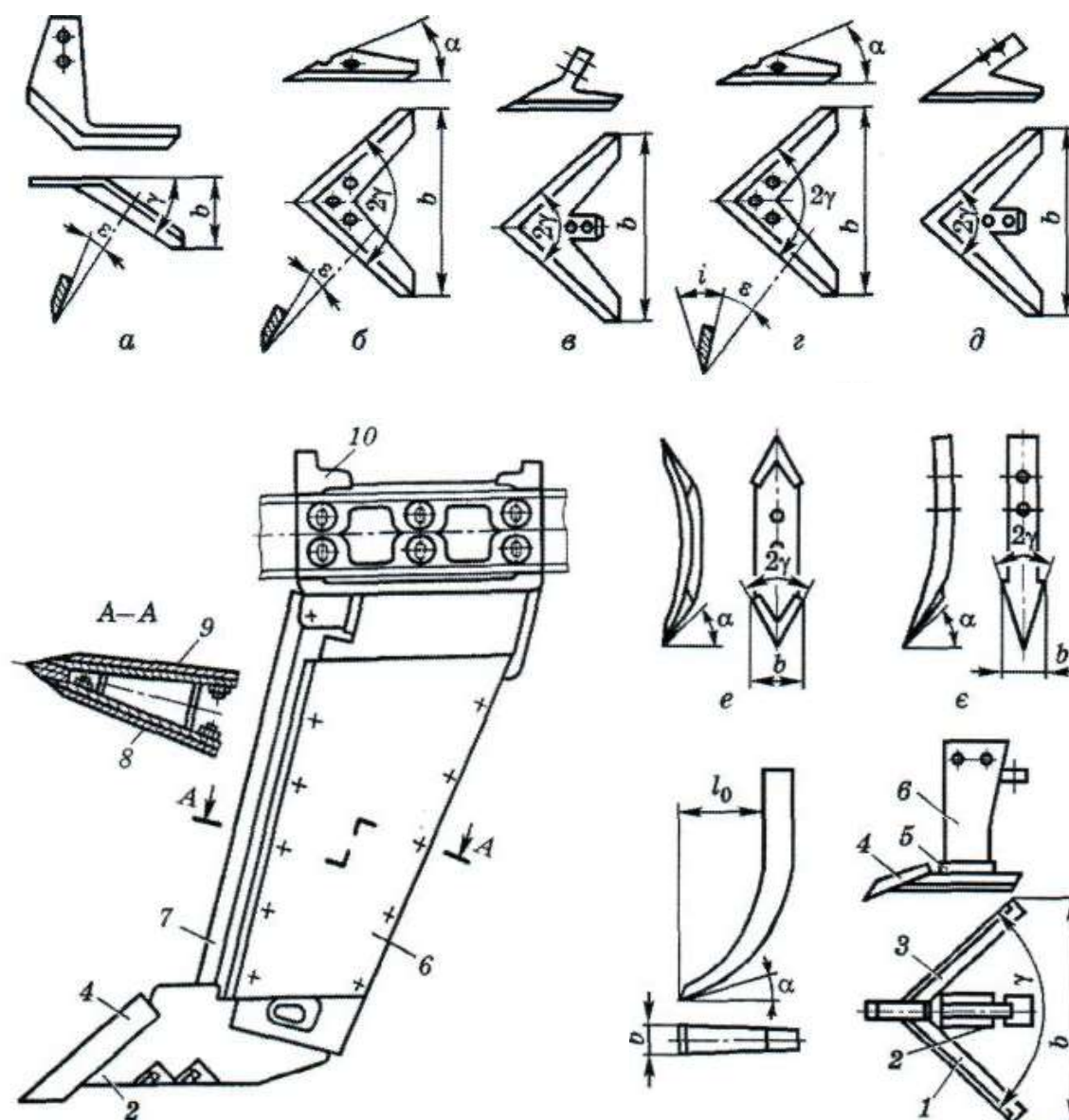


Рис. 4.3. Лапи культиваторів:

а – плоскорізальна однобічна; б – плоскорізальна стрілчаста без хвостовика; в – плоскорізальна стрілчаста з хвостовиком; г – універсальна без хвостовика; д – універсальна з хвостовиком; е – оборотна; є – списоподібна; ж – долотоподібна; з – плоскорізальна широкозахватна; и – глибокорозпушувач; 1 – леміш лівий; 2 – башмак; 3 – леміш правий; 4 – долото; 5 – плита стояка; 6 – стояк; 7 – змінний ніж; 8 – ліва бокова щока; 9 – права бокова щока; 10 – головка стояка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВЛ 00.000 ПЗ

Арк.

27

Однобічні лапи виготовляються у право- та лівосторонньому використанні з чітким розмірним рядом: 85, 120, 150, 165 та 250 міліметрів.

Стрілчасті плоскорізальні та комбіновані універсальні органи мають значно ширшу площу одноразового перекриття: 220, 250, 270, 300, а також 380 міліметрів.

Ці лапи дозволяють ефективно боротися з бур'янами, а також забезпечують оптимальні умови для росту сільськогосподарських культур, що є важливим аспектом агротехнічних заходів.

Конструктивна схема кріплення оборотних ґрунтообробних елементів передбачає їх фіксацію на пружних або жорстких несучих стояках. Робочі органи, змонтовані на гнучких (пружних) стояках, ефективно функціонують під час суцільного обробітку, де коливання знижують ризик забивання. Для забезпечення якісного підрізання бур'янів та крошіння скиби, леза універсальних і полільних лап піддають заточуванню, витримуючи кут нахилу $i=15...16^\circ$.

Галузеві стандарти проектування плоскорізальних робочих органів визначають наступні параметри відхилення різальної кромки від вектора руху (кут γ):

- однобічні лапи - кут γ становить $28...32^\circ$;
- стрілчасті лапи - сумарний кут розхилу лез $2\gamma=60...70^\circ$.

Для універсальних стрілчастих робочих органів кутові характеристики адаптують під механічний склад та структуру ґрунтів:

- важкі чорноземи з високим вмістом глини - $2\gamma=50...58^\circ$;
- середньозв'язні суглинкові ґрунти - $2\gamma=60...78^\circ$;
- легкі піщані та супіщані землі - $2\gamma=70...80^\circ$.

Для глибокої безвідвальної аерації та руйнування ущільнених шарів ґрунту застосовують розпушувальні лапи. За геометрією профілю та характером взаємодії із середовищем їх поділяють на: оборотні двосторонні; списоподібні; долотоподібні.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головною кінематичною відмінністю цих елементів є перемінний кут розпушування α , який плавно збільшується по висоті робочої поверхні, що покращує крошіння ґрунтової маси.

Двосторонні оборотні лапи: орієнтовані на поверхневий обробіток із глибиною заглиблення до 12 см. Початкове налаштування кута α для підйому та подрібнення скиби коливається в межах $25...30^\circ$. При встановленні аналогічних органів на недеформівні жорсткі стояки з'являється можливість проводити розпушування на глибину до 25 см. Такі посилені конструкції мають ширину захвату $b=35...65$ мм, кут розхилу лез $2\gamma=60...80^\circ$ та кут входження в ґрунт $\alpha=40...45^\circ$.

Списоподібні робочі органи: мають схожі експлуатаційні характеристики із жорстко зафіксованими лапами, проте відрізняються зменшенням кутом між лезами ($2\gamma=45...50^\circ$) і наявністю однобічного загострення профілю.

Долотоподібні лапи: зарекомендували себе як ефективний засіб для міжрядного обробітку посівів просапних культур на глибину до 16 см. Вони мають вузьку різальну частину завдовжки $b=20$ мм і початковий кут крошіння $\alpha=40^\circ$. Для запобігання забиванню стояка землею та рослинністю, конструктивне винесення леза вперед становить $l=110...205$ мм.

Для захисту родючого шару від вітрової ерозії (дефляції) застосовують широкозахватні плоскорізальні лапи, які розпушують масив на глибину від 7 до 20 см. За своїми контурами вони подібні до стрілчастих органів, але мають значно більші габарити.

Базова конструкція плоскорізальної лапи містить такі елементи:

1. Праве лемехове полотно;
2. Ліве лемехове полотно;
3. Фронтальне долото;
4. Центральний башмак (основа);
5. Опорна плита стояка;
6. Несучий стояк корпусу.

Лемеші та долото надійно фіксуються болтовими з'єднаннями на

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

башмаку, який з'єднується з опорною плитою стояка. Під час поступального руху культиватора долото першим руйнує ущільнений ґрунт, після чого лемеші підрізають пласт у горизонтальній площині. Скиба піднімається, піддається деформації зсуву та кришиться без обертання та перемішування генетичних горизонтів.

Завдяки цьому зрізаються кореневища бур'янів, а понад 80% стерні та пожнивних залишків залишається на поверхні поля, створюючи надійний захисний екран проти винесення часток ґрунту повітряними потоками.

До ключових геометричних характеристик плоскорізів належать:

Кут нахилу лемешів до горизонтального дна борозни (варіюється в межах 25...26°);

Кут розхилу крил лемешів (стандартизовані ряди: 75°, 100° та 120°);

Кут атаки фронтального долота відносно дна борозни (17°, 20° або 25°).

Ширина конструктивного захвату одного плоскорізного робочого органа обирається під потужність трактора і може становити 110, 150, 160, 210, 220 або 250 см.

4.3.2. Розміщення взаємне універсальних лап

Подовжню відстань L_n (рис. 4.4) між осями кріплення сусідніх рядів робочих органів за вектором руху культиватора розраховують на основі геометричних параметрів лапи та фізико-механічних властивостей середовища

$$L_n = \frac{b}{\operatorname{tg}[90^\circ - (\gamma + \varphi)]}, \quad (4.1)$$

де b – конструктивна ширина захвату однієї лапи, мм;

φ – граничний кут тертя матеріалу лапи (сталі) об ґрунт (залежить від типу та вологості ґрунтового масиву)

Для забезпечення безперебійної роботи культиватора в умовах підвищеної забур'яненості оптимальний діапазон подовжнього рознесення рядів лап зазвичай витримують у межах від 500 до 600 мм.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

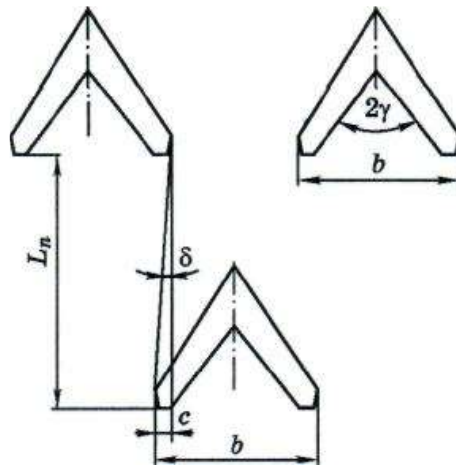


Рис. 4.4. Схема розміщення полильних лап з перекриттям

Головним критерієм якості поперечного розподілу робочих органів на рамі є підрізання бур'янів по всій ширині захвату агрегату. Для згладжування впливу динамічних коливань трактора, лапи встановлюють із певним поперечним перекриттям c , мінімальне значення якого моделюється через кут можливого відхилення:

$$c = L_n \operatorname{tg} \delta, \quad (4.2)$$

де $\delta = 7...9^\circ$ – кут випадкового динамічного відхилення машинно-тракторного агрегату від заданого прямолінійного вектора руху.

$$c = 750 \cdot \operatorname{tg} 7 = 92$$

При остаточному виборі лінійного значення перекриття аналізують жорсткість та кінематику системи фіксації підвіски робочих органів.

Якщо лапи монтуються на довгих індивідуальних повідках (гряділях), які схильні до значних поперечних коливань при зустрічі з перешкодами чи ущільненнями, то величину перекриття збільшують до 60...80 мм в порівнянні з секційними або поперечними рамними кріпленнями, де параметри перекриття 40...60 мм.

Розрахунок кількісного складу робочих органів ґрунтообробної машини

За умови комплектування культиватора для суцільного обробітку однорозмірними лапами, загальний кількісний склад робочих органів $n_{\text{п}}$ (шт.) розраховують за паритетним співвідношенням ширини захвату:

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$n_{\Pi} = \frac{B_k - c}{b - c}, \quad (4.3)$$

де B_k – номінальна робоча ширина захвату культиватора, $B_k = 3900$ мм;
 b – конструктивна ширина захвату однієї лапи, мм.

$$n_{\Pi} = \frac{3900 - 92}{330 - 92} = 14$$

Для експлуатації на важких, схильних до переущільнення або задернілих ґрунтах, агроагрегати доцільно комплектувати різнорозмірними лапами. У такому випадку реалізують дворядну диференційовану схему: у першому ряду встановлюють вужчі лапи для первинного руйнування шару та зниження тягового опору, а у другому - ширші органи для фінішного зрізання бур'янів.

Культиватори для важких умов роботи комплектують лапами двох розмірів за шириною. У передньому ряду встановлюють лапи з меншою шириною захвату, ніж у задньому. В цьому разі кількість n_{Π} , шт., лап першого (переднього) ряду за такої умови обчислюють за формулою:

$$n_1 = \frac{B_k - b_2 - c}{b_1 + b_2 - 2c}, \quad (4.4)$$

де b_1 – ширина захвату лапи, встановленої у передньому ряду, мм;
 b_2 – ширина захвату лапи, встановленої у задньому ряду, мм.

Відповідно, для забезпечення симетричності перекриття та усунення технологічних пропусків по краях робочої зони, кількісний склад лап заднього ряду n_2 приймають на одиницю більшим відносно переднього:

$$n_2 = n_1 + 1. \quad (4.5)$$

Прецизійний геометричний розрахунок параметрів розміщення лап (формули 4.1–4.5) є важливим фактором.

Необґрунтоване збільшення перекриття (c) понад нормативні межі призводить до штучного зростання кількості лап на рамі. Це викликає перевитрату металу, збільшує конструктивну масу культиватора та підвищує загальний питомий опір агрегату в ґрунті. Як наслідок, зростають витрати паливно-мастильних матеріалів на гектар. Навпаки, оптимізація перекриття дозволяє знизити рівень поточних витрат на 1 грн продукції.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наявність пропусків через недостатнє перекриття залишає частину бур'янів непідрізаними. Вони починають конкурувати з культурними рослинами за вологу та мінеральне живлення, що знижує врожайність.

Для досягнення абсолютної повноти підрізання кореневої системи бур'янів і недопущення забивання міжлапового простору вологим ґрунтом, ерозійними брилами чи рослинними залишками, полільні та універсальні стрілчасті лапи інтегрують у конструктивну схему рами у два або три ряди.

4.4. Кінематичний та силовий розрахунки

Для детального дослідження механізму контактної взаємодії ґрунтообробного елемента з дисперсним середовищем (ґрунтом), а також для ідентифікації впливу його конструктивних параметрів на амплітудно-частотні характеристики коливань, необхідно сформулювати диференціальні рівняння руху. Доцільно розглянути розрахункову динамічну модель системи з двома ступенями свободи, що здійснює складний рух. Він інтегрує кутові коливання навколо умовної горизонтальної осі OX та поступальне переміщення вздовж борозни з постійною експлуатаційною швидкістю v_e .

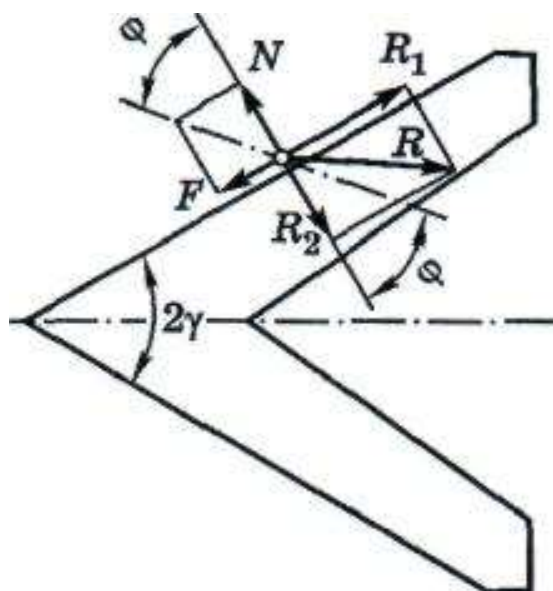


Рис. 4.5. Схема дії на лезо лапи сил у момент підрізування бур'яну

Тракторний агрегат містить тягово-енергетичний засіб та начіпний або причіпний ґрунторозпушувач. З'єднання цих кінематичних ланок реалізовано за допомогою спеціалізованого начіпного механізму або причіпної снці з демпфуючими елементами.

Орієнтований тяговий опір ґрунторозпушувача

$$P_c = K_0 B = 3,9 \cdot 3,8 = 14,82$$

Вибираємо трактор МТЗ-80.

4.4.1. Розрахунки на міцність стояків культиваторних лап

Під час виконання технологічного процесу та випадкових кутових поворотів агрегату із заглибленими в ґрунт робочими органами, в несучих стояках виникає складне просторове навантаження. Воно характеризується одночасним виникненням деформацій кручення та згину.

Силу R_{zx} , що діє на лапу при розрахунках перетину стояків слід подвоїти за рахунок нерегулярних навантажень, які прикладають до лап.

Згинальний момент у небезпечному перетині визначається за залежністю

$$M_3 = 2 \cdot R_{zx} \cdot H', \quad (4.6)$$

де $R_{zx} = R_x / \cos \alpha$;

α – кут нахилу рівнодіючої до горизонту ($\alpha = 10^\circ$).

Підставляючи значення R_{zx} у формулу (4.6), одержуємо

$$M_3 = 2 \cdot K_0 \cdot b \cdot H' / \cos \alpha. \quad (4.7)$$

$$M_3 = 2 \cdot 1400 \cdot 0,33 \cdot 0,86 / \cos 10^\circ = 772,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При здійсненні криволінійних маневрів або випадкових відхилень траєкторії руху агрегату, коли його робочі органи (лапи) заглиблені в ґрунт, конструктивні елементи зазнають складного навантаження. Тягове зусилля та опір ґрунтового масиву спричиняють одночасну появу деформацій згину та кручення в стійках робочих органів.

Найбільш небезпечні, пікові напруження фіксуються в моменти, коли вектор сумарного динамічного навантаження прикладається безпосередньо до

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

носка або до крайньої точки леза. Конкретна точка виникнення небезпечного

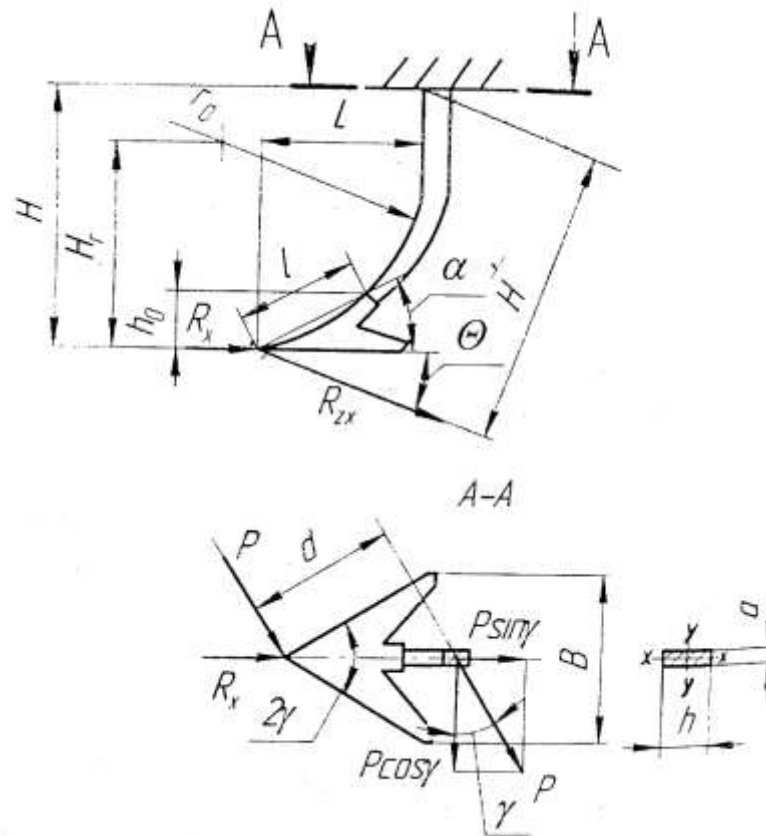


Рис. 4.6. Розрахункова схема

перерізу залежить від просторової орієнтації та геометричного зміщення стійки відносно центрального профілю самої лапи.

$$M_{кр} = R_x \cdot d, \quad (4.8)$$

де d – відстань від точки прикладання сили до центру перетину стояка.

$$M_{кр} = 1400 \cdot 0,33 \cdot 0,3 = 138,6 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Максимальні моменти згинів від складових сили P визначають за формулами

$$M_x = P \cdot H \cdot \sin \gamma; \quad M_y = P \cdot H \cdot \cos \gamma. \quad (4.9)$$

Приведені моменти визначають за формулами

$$M_{np_x} = \sqrt{M_{кр}^2 + M_x^2} = R_x \sqrt{d^2 + H^2 \cdot \sin^2 \gamma}; \quad (4.10)$$

$$M_{np_y} = \sqrt{M_{кр}^2 + M_y^2} = R_x \sqrt{d^2 + H^2 \cdot \cos^2 \gamma}; \quad (4.11)$$

$$M_{np_x} = 1400 \cdot 0,33 \sqrt{0,3^2 + 0,86^2 \cdot \sin^2 30} = 242,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$M_{np_y} = 1400 \cdot 0,33 \sqrt{0,3^2 + 0,86^2 \cdot \cos^2 30} = 354,0 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Як конструкційний матеріал для виготовлення стояка лапи, що працює в умовах значних знакозмінних динамічних навантажень, обрано гарячекатаний сталевий ресорний профіль прямокутного перерізу за ГОСТ 7419-90 розміром В-150×12. Матеріалом є ресорно-пружина конструкційна сталь за ГОСТ 14959-99.

Враховуючи, що поперечний переріз несучого стояка має сувору прямокутну форму, осьові моменти опору відносно головних центральних осей перерізу визначають за класичними формулами опору матеріалів:

$$W_x = h \cdot a^2 / 6; \quad W_y = a \cdot h^2 / 6, \quad (4.12)$$

де h – висота обраного ресорного профілю ($h=12\text{мм}$);

a – ширина профілю металопрокату ($a=150\text{мм}$).

$$W_x = 0,012 \cdot 0,15^2 / 6 = 0,000045 \text{ м}^3$$

$$W_y = 0,15 \cdot 0,012^2 / 6 = 0,0000216 \text{ м}^3$$

У небезпечному перерізі визначають напруження за максимальним значенням приведенного моменту

$$\sigma = M_{np_{\max}} / W. \quad (4.13)$$

$$\sigma_y = 354 / 0,0000216 = 16,4 \cdot 10^6 \text{ Па} < [\sigma_{-1}],$$

$$\sigma_x = 242,2 / 0,000045 = 5,4 \cdot 10^6 \text{ Па} < [\sigma_{-1}],$$

де $[\sigma_{-1}]$ – допустиме напруження, встановлене на основі межі витривалості легованої сталі марки 60С2 при синусоїдальному циклі навантаження. Для даного типу термообробки металу межа витривалості становить $[\sigma_{-1}] = 328 \text{ МПа}$.

Порівняльний аналіз розрахованих значень еквівалентних напружень із допустимими інженерними межами показав, що виконується нерівність: $\sigma < 328 \text{ МПа}$. Це дозволяє зробити остаточний науково обґрунтований висновок: необхідний запас експлуатаційної міцності та надійності стояка культиватора повністю забезпечено. Конструкція здатна тривалий час протидіяти втомному руйнуванню під час роботи на важких за механічним складом ґрунтах.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведення детального динамічного та міцнісного моделювання є важливим елементом превентивного управління технологічними ризиками агрофірми.

1. Запобігання аварійним простоям: Вихід з ладу (поломка) стояка лапи під час пікових періодів весняної чи осінньої посівної кампанії призводить до зупинки всього машинно-тракторного агрегату. В умовах дефіциту агротехнічних термінів кожен день простою трансформується у прямі втрати майбутнього врожаю.

2. Оптимізація витрат на ремонтний сервіс: Використання стандартизованого високоміцного профілю зі сталі 60С2 (ГОСТ 14959-99) з розрахованим запасом витривалості суттєво знижує витрати підприємства на закупівлю запчастин та проведення зварювально-відновлювальних робіт у полі.

3. Енергоефективність: Правильний підбір співвідношення ширини (а) та товщини (h) профілю стояка забезпечує його високу жорсткість при мінімальній металомісткості. Це знижує масу машини, оптимізує тяговий опір у ґрунті та безпосередньо зменшує питому витрату дизельного палива на гектар, підвищуючи загальну конкурентоспроможність та фінансову безпеку підприємства.

4.4.2. Вибір трактора за умови забезпечення стійкості руху машинно-тракторних агрегатів

Стійкість руху агрегатів може бути порушенням: поздовжнім (в площині, яка збігається з його поздовжньою віссю) і поперечним (в площині, перпендикулярній його поздовжньої осі). Таким чином, розрізняють поздовжню і поперечну стійкість агрегату.

Порушення стійкості руху агрегатів може призвести до аварійності роботи, що виражається поворотом (найбільш істотний вид порушення стійкості); порушення керованості колісного трактора внаслідок надмірного зниження тиску на керовані колеса або надмірного навантаження; зниження надійності і довговічності цих коліс, у зв'язку з подоланням дозволених в них

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

вантажів; ковзання зі схилу або бічне ковзання.

Таким чином, вибір трактора за тяговими характеристиками для начіпних машин недостатній, необхідно забезпечити вільну роботу агрегату високого тиску з трактором, обраним з точки зору його стійкості при маневруванні з підйомом машини в транспортному положенні.

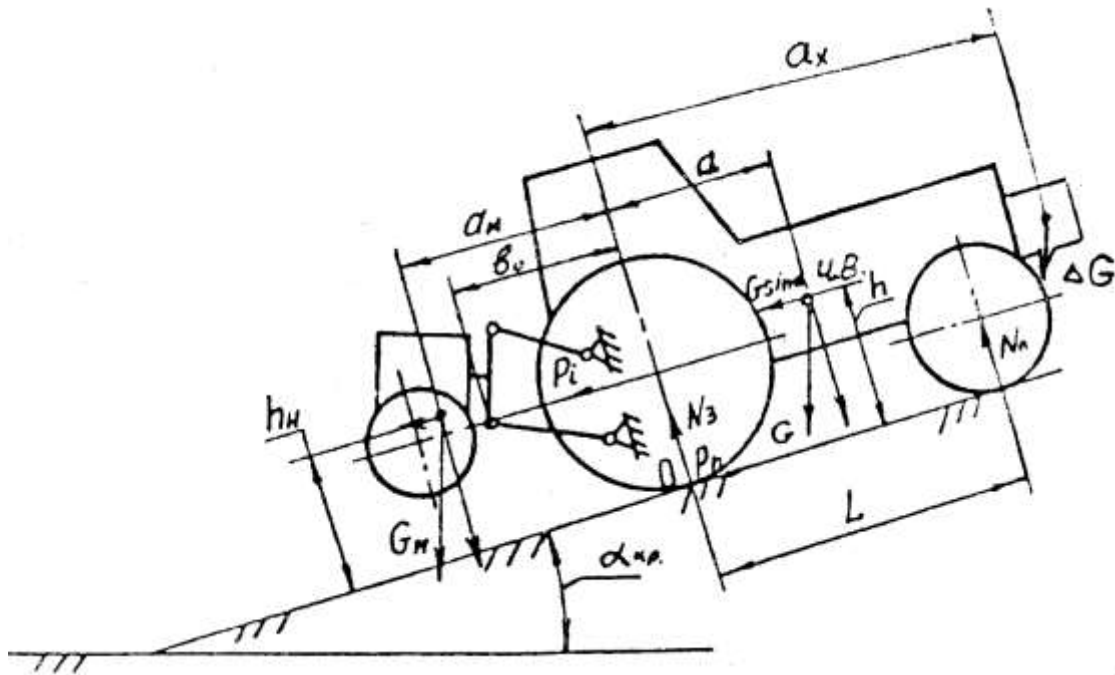


Рис. 4.7. Розрахункова схема агрегату

Вибір трактора із умов повздовжньої стійкості агрегату. Найбільш нестійким агрегатом у повздовжній площині і буде агрегат з начіпною машиною в транспортному положенні при русі на підйом.

Стійкість агрегатів з колісними тракторами оцінюється коефіцієнтом запасу у повздовжньої стійкості X .

$$X_H = G_H \cdot a_H / G \cdot a$$

де G_H – сила ваги начіпної машини, 1.28 кН,

a_H – повздовжня координата центру ваги начіпної машини

У трактора МТЗ-80 – сила = 36 кН.

$$X_H = 1.28 \cdot 1.78 / 36 \cdot 0.724 = 0.046$$

Із розрахунка видно, що на перед трактора не потрібно встановлювати додаткові вантажи.

Навантаження на передні колеса трактора

$$N_n = (G \cdot a + \Delta G a_x - G_H a_H - (G + \Delta G + G_H) f \cdot r_K) / L$$

$$N_n = (36 \cdot 0.724 - 1.28 \cdot 1.78 - 0.2 \cdot 0.73) / 2.37 = 9.97$$

Навантаження на задні колеса трактора

$$N_3 = G + \Delta G + G_H - N_n$$

$$N_3 = 36 + 1.28 - 9.97 = 27.31$$

де f – коефіцієнт перекошування,

r_K - радіус кочення ведучих коліс трактора,

L - повздовжня база трактора.

Розрахуємо критичний кут нахилу схилу, на якому може працювати агрегат, та ступінь використання тяги трактора ($K = P_{\text{п}}/3 = P_{\text{т}}$ або $K = P_{\text{с}}/P_{\text{т}}$)

$$K = 14.8/15 = 0.98$$

Критичний кут нахилу:

$$\text{tga}_{\text{кр}} = \text{tga}_{\text{гран}} (1 - X_H) / (1 + \&H) - f$$

де $a_{\text{кр}}$ – критичний кут нахилу схилу, град

$$\text{tga}_{\text{гран}} = a/h$$

$$\text{tga}_{\text{гран}} = 0.724/0.821 = 0.88$$

де a , h – відповідно горизонтальна та вертикальна координата центру ваги трактора (м), $a = 0.724$, $h = 0.821$

X_H – коефіцієнт повздовжньої стійкості – 0,046

$$\&H = G_H / G = 1.28/36 = 0.035$$

$$\text{де } \text{tga}_{\text{кр}} = (0.88(1 - 0.046) / (1 + 0.035)) - 0.2 = 0.61$$

$$a_{\text{кр}} = 31.4 \text{ град}$$

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Нормативно-правове регулювання охорони праці та під пожежної безпеки час експлуатації машинно-тракторних агрегатів

Фундаментальною передумовою для мінімізації виробничого травматизму, усунення аварійних ситуацій та забезпечення належного рівня фінансово-економічної безпеки суб'єкта агробізнесу є глибоке знання механізаторами конструктивних особливостей сільськогосподарських машин. Кожен робітник зобов'язаний досконало володіти правилами безпечної експлуатації закріпленого обладнання.

До виконання робіт, пов'язаних із керуванням тракторною технікою, залучаються виключно особи, які досягли вісімнадцятирічного віку. Обов'язковою умовою є проходження ними спеціалізованого професійно-технічного навчання, успішне складання кваліфікаційних іспитів та наявність офіційного посвідчення встановленого зразка, що підтверджує право на керування транспортними засобами відповідної категорії.

Охорона праці в рослинництві вимагає безперервного моніторингу справності всіх вузлів і механізмів. Технічний сервіс трактора (включаючи періодичне відновлення мастильного шару) має виконуватися у суворій відповідності до регламентованої карти-схеми змащування. Щодня, перед виїздом у поле та запуском силової установки, тракторист зобов'язаний ретельно очистити моторний відсік, радіаторні решітки та інші конструктивні блоки від пилу, налиплого бруду та сухих рослинних решток.

Проведення вогневих або зварювальних відновлювальних робіт безпосередньо у польових умовах несе підвищену загрозу займання. Перед їх початком агроагрегат повністю звільняють від соломи, пожнивних залишків та легкозаймистих елементів. Робоче місце в радіусі виконання зварювання обов'язково комплектується первинними засобами ліквідації вогню: містким резервуаром із водою та спеціальним ящиком, наповненим сухим піском.

Для забезпечення протипожежного захисту виробничих бригад, складських приміщень та польових станів агрофірми формується нормативний резерв засобів гасіння (табл. 5.1).

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відомість матеріально-технічного забезпечення первинними засобами
пожежогасіння у підрозділах господарства

№ п/п	Найменування засобів протипожежного захисту та інвентарю	Модифікація / Технічні параметри	Необхідна кількість (од.)
1	Вогнегасники вуглекислотні переносні	ОУ-2	12
2	Вогнегасники вуглекислотні промислові	ОУ-5	14
3	Спеціалізовані металеві ящики із сухим піском	місткість 0,5 м ³	4
4	Напірний протипожежний рукав	текстильний / прогумований	4
5	Комплексний пожежний щит із набором шанцевого інструменту	стандартна комплектація	3

Виконання будь-яких слюсарно-ремонтних операцій, монтажних робіт, регулювання параметрів або змащування рухомих деталей дозволяється проводити виключно після повної зупинки двигуна, вимкнення вала відбору потужності (ВВП) та дочекавшись остаточного припинення інерційного руху всіх елементів машини.

Для проведення поточного сервісу механізатор має бути забезпечений індивідуальним технологічним комплектом справного інструменту. Категорично забороняється:

Користуватися гайковими ключами, чий зів не збігається з лінійними розмірами граней гайки (наявний люфт);

Встановлювати металеві прокладки, клини або сторонні предмети між робочим зівом ключа та кріпильним елементом;

Подовжувати плече важеля гайкового ключа шляхом насаджування додаткових труб, оскільки це призводить до зриву різьби або руйнування інструменту і травмування рук.

5.2. Технологічні вимоги безпеки під час агрегування та роботи з культиваторами

Процес з'єднання причіпних або навісних ґрунтообробних машин із тяговим енергетичним засобом належить до операцій із підвищеною небезпекою. Тракторист повинен підводити тягач до зчіпного пристрою машини заднім ходом, плавно, без ривкових рухів, встановивши мінімальну частоту обертання колінчастого вала.

Під час маневрування водій зобов'язаний безперервно тримати в полі зору робітника, який здійснює фіксацію пальців або замка автозчіпки. При цьому оператор техніки не має права знімати ногу з педалі зчеплення для миттєвої зупинки агрегату у разі виникнення небезпеки.

Перед початком технологічного процесу суцільної або міжрядної культивації проводиться детальний огляд конструкції для виявлення та усунення прихованих дефектів. Особливу обережність слід проявляти під час заміни та регулювання положення лап культиватора, щоб уникнути порізів об гострі леза різальних елементів.

Якщо під час руху по полю відбувається забивання робочих органів зубових борін бур'янами чи соломою, їх очищення здійснюють виключно після зупинки за допомогою спеціальної металевої державки, оснащеної захисним гачком. Виконувати цю операцію голими руками або під час руху агрегату суворо заборонено.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ВИСНОВКИ

В роботі проведено аналіз існуючих технологій вирощування люцерни, її місце в сівозміні. Розроблена технологічна карта.

Досліджена операційна технологія виконання обробітку ґрунту для вирощування люцерни. Приведені основні етапи підготовки поля до роботи та проектування операційно-технологічної карти.

В інженерній частині був проведений огляд конструкторських особливостей лап культиватора, а також визначені напрями модернізації конструкції лап для розпушування ґрунту, для подальшого висіву дрібного насіння люцерни. Були зроблені технологічні, кінематичні і силові розрахунки культиватора.

Розглянуті заходи по охороні праці, зокрема з пожежної безпеки.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г., Мартишко В.М. та ін. Курсові роботи. Навчальне видання до виконання курсових робіт з дисципліни "Сільськогосподарські машини" Київ: НУБіПУ, 2006. 134с.
2. Векленко Юрій Зелений щит ґрунтів України: роль люцерни в сівозміні і технологія вирощування <https://superagronom.com/articles/716-zeleniy-schit-gruntiv-ukrayini-rol-lyutserni-v-sivozmini-i-tehnologiya-viroschuvannya>
3. [Весняно-польові роботи: яких вимог з охорони праці дотримуватися, щоб уникнути нещасних випадків - Охорона праці і пожежна безпека \(oprpb.com.ua\)](http://oprpb.com.ua)
4. Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські машини. 6-е вид. Київ: Урожай, 2005. 498 с.
5. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / [Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
6. Головчук А.Ф., Марченко В.І., Орлов В.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Машини сільськогосподарські. Київ: Грамота, 2005. 575с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1; Ч.1: Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: ОКО, 2001. 444с.
8. Машини для обробітку ґрунту і сівби. За ред. Кравчука В.І. та МельникаЮ.Ф. Дослідницьке, 2009. 288с.
9. Марченко В., Гузь М., Паар Й. Механізація та технології обробки ґрунту. Практичний посібник Agroexpert. 2019. 200 с. <https://agroexpert.ua/10691-2/>
10. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Сало В.М., Лещенко С.М., ЛузанП.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. Х.: Мачулін, 2016. 244 с.:
11. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Укл.: Д.І. Петренко, С.М. Лещенко, В.М. Сало, О.М. Васильковський, О.В. Бевз, С.О. Магопєць. Кропивницький :

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ЦНТУ, 2022. 99 с.

12. Проектування технологічних процесів у рослинництві : навчальний посібник / С. М. Бондар, І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій ; за ред. І. І. Мельника. Ніжин : АСПЕКТ Поліграф, 2005. 192 с.

13. Смакота Ярослав Люцерна: технологія вирощування *agroapp* 2024 <https://agroapp.com.ua/uk/blog/lyucerna-texnologiya-viroshhuvannya/>

14. Сисоліна І., Зюзь В., Усатенко О. Механізація вирощування кормових культур: проблеми і перспективи. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції»*. Кропивницький: ЦНТУ. 2026. С.29-30.

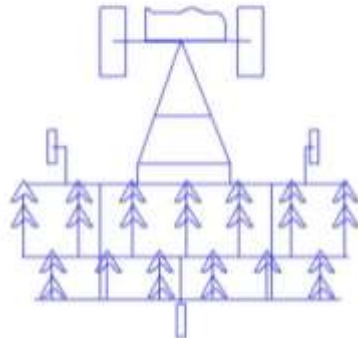
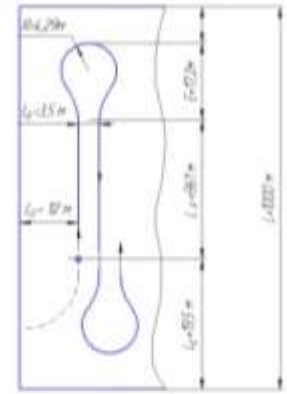
15. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. „Машини та обладн. с.-г. вир-ва” / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва. Київ: Урожай, 2001. 384 с.: іл.

16. Сорт має значення: як обрати правильну люцерну для вашого регіону України *Agro Plus* <https://sap.lutsk.ua/sort-mae-znachennya>

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

Операційна карта на розпушування ґрунту

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи	Площа загальна – 100 га; Довжина гонів – 1000 м; Величина підйому – до 3°.	Схема поля 
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор Т-150К, навісний агрегат ГРН-3,9 Робоча ширина захвату – 3,9 м; мінімальний радіус повороту – 4,41 м; кінематична довжина агрегату – 6,7 м. Підготовка агрегату: 1. Провести щозмінний технічний огляд трактора та ґрунтарозпушувача 2. Перевірити робочі органи ґрунтарозпушувача 3. Провести регулювання ґрунтарозпушувача	
Підготовка поля	Перед початком робіт оглянути поле, виявлені перешкоди усунути. Ширина поворотної смуги – 19,5 м, оптимальна ширина загінки – 87,7 м. Кількість загінки – 5	Схема руху одного циклу 
Спосіб руху	Спосіб руху – гоний, човником	
Швидкість руху	Робоча передача – III; враховуючи буксування, робоча швидкість – $V_p=9,68$ км/год.	
Показники організації процесу	1. Тривалість циклу – 15 хв. 2. Технічна продуктивність за цикл – 0,81 га/цикл. 3. Змінна продуктивність агрегату – 22,73 га/зм. 4. Кількість циклів за зміну – 28 цикл./зм. 5. Витрати палива за зміну – 93,6 кг/зм.	R – радіус повороту L_p – робочий хід L_q – ширина об'їзду L – довжина гонів E – поворотна смуга L_z – відстань між волнами
Контроль за якістю	1. Виконати 15 замірів глибини оранки по діагоналі загінки. Відхилення середнього значення глибини не повинно перебільшувати ± 1 см.	