

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування ярої пшениці з удосконаленням
конструкції універсального чизельного культиватора

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу, групи АІ-23-1.2

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Кошельний Євгеній Вікторович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

професор, докт. техн. наук

_____Василь САЛО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

_____доц. Сергій ЛИСЕНКО

Кропивницький, 2026

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування
Рівень вищої освіти I-й, бакалавр
Галузь знань Аграрні науки та продовольство
Спеціальність Агроінженерія
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма
Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

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

Кошельного Євгенія Вікторовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування ярої пшениці
з удосконаленням конструкції універсального чизельного
культиватора

2. Керівник роботи (проекту) Сало Василь Михайлович
докт. техн. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2026р

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Удосконалення технології вирощування ярої пшениці

5. Графічна частина: 1. Технологічна карта – А1; Операційна
технологічна карта- А-1; 3 – Культиватор чизельний КЧ-4- А1; 4 – Стійка –
А-2; 5 – Деталювання – А2

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-5	Сало В.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розробка заходів з удосконалення технології вирощування ярої пшениці	01.03.25 – 15.03.25	
	Виконання технологічної частини роботи	16.03.25 – 05.04.25	
	Виконання інженерної частини роботи	06.04.25 – 25.04.25	
	Розробка та оформлення графічного матеріалу роботи	26.04.25 – 15.05.25	
	Оформлення пояснювальної записки	16.05.25 – 01.06.25	

Дата видачі завдання

« 03 » 03 2026 р.

Підпис керівника

_____ Сало В.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« 03 » 03 2026 р.

Підпис здобувача

_____ Кошельний Є.В.
(прізвище та ініціали)

[illegible]

Зміст

№ п/п	Назва розділу, підрозділу	Стор.
1	Вступ	6
2	Аналіз типових технологій вирощування ярої пшениці з визначенням шляхів її удосконалення	8
3	Операційна технологія виконання основного безвідвального обробітку ґрунту під вирощування ярої пшениці	13
3.1	Агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту	13
3.2	Обґрунтування складу та розрахунок режимів роботи агрегату для основного чизельного обробітку ґрунту	14
3.3.	Підготовка поля до роботи	20
3.4.	Розробка операційної технологічної карти на процес основного чизельного обробітку ґрунту	25
4.	Інженерна частина	27
4.1.	Стан питання про машину, що модернізується	27
4.2.	Технологічні розрахунки	30
4.3.	Розрахунок механізму переведення чизельного культиватора в транспортне положення	36
4.4.	Розрахунок на міцність стійки чизельної лапи	38
5	Охорона праці	41
5.1.	Особливості умов праці при вирощуванні ярої пшениці	41
5.2.	Розробка заходів по покращенню умов праці	42
	Висновки	44
	Література	46
	Додатки	50

Вступ

Під час виконання ґрунтообробних робіт, особливо за безвідвального способу обробітку, важливо забезпечити ефективне подрібнення ґрунтових грудок до стану, який відповідає встановленим агротехнічним нормам, а в окремих випадках — до рівня, необхідного для якісного висіву насіння звичайними рядковими сівалками [1,2,3].

Реалізація таких вимог потребує суттєвого вдосконалення існуючих технологій вирощування сільськогосподарських культур, а також оновлення та створення більш досконалих технічних засобів для обробітку ґрунту.

У ході технічного переоснащення агропромислового комплексу здійснюється розроблення сучасної сільськогосподарської техніки, призначеної для комплексної механізації виробничих процесів у рослинництві. Більшість нових машинних конструкцій спрямована на збільшення ширини захвату робочих органів і підвищення робочих швидкостей агрегатів, а також на застосування автоматизованих систем керування технологічними процесами та контролю якості виконання операцій.

За сучасних умов розвитку аграрного виробництва значно посилюються вимоги до ефективності та якості функціонування ґрунтообробної техніки, оскільки від результатів її роботи безпосередньо залежать якість сівби, польова схожість насіння, трудомісткість подальшого догляду за посівами та кінцевий рівень урожайності культур.

Водночас наявний машинно-тракторний парк сільськогосподарських підприємств потребує подальшого технічного удосконалення й адаптації до сучасних виробничих та технологічних вимог.

					КЧ 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП			
Розроб.	Кошельний							
Перев.	Сало В.М.							
Н.контр.	Артеменко Д							
Затвер.	Васильковський				ЦНТУ, гр. АІ -23мб-1.2			
					Літера			
					Аркуш			
					6			

У зв'язку з цим у бакалаврській кваліфікаційній роботі передбачено вдосконалення технологічного процесу вирощування ярої пшениці, обґрунтування оптимального складу ґрунтообробного агрегату та модернізацію конструкції важкого чизельного культиватора КЧ-4, який використовується для основного обробітку ґрунту. Для підвищення якості виконання технологічної операції запропоновано застосувати в конструкції комбінованого культиватора чизельні робочі органи у вигляді удосконалених лап із малою шириною захвату, змонтованих на С-подібних стояках, оснащених пружинними запобіжними механізмами.

Передбачається, що зміна конструкції чизельних робочих органів сприятиме підвищенню якості технологічного процесу глибокого розпушування ґрунту, створенню кращих умов для накопичення вологи в зимовий період та, як наслідок, зростанню ефективності вирощування ярої пшениці й інших сільськогосподарських культур у господарстві.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2. Аналіз типових технологій вирощування ярої пшениці з визначенням шляхів їх удосконалення

Яра пшениця (*Triticum aestivum* L.) є однорічною зерновою культурою родини тонконогових (Poaceae). Вона відзначається низкою морфо-біологічних особливостей: тривалим вегетаційним періодом (85–120 днів залежно від сорту), менш інтенсивним куцінням у порівнянні з озимою пшеницею та слабшим розвитком кореневої системи на ранніх фазах росту.

Насіння ярої пшениці здатне проростати при температурі ґрунту 1–2 °С, а молоді рослини витримують заморозки до –8...–10 °С. Для активного куціння оптимальна температура складає 10–12 °С, тоді як подальший ріст відбувається найкраще при 16–23 °С. Рослина потребує достатньої вологості, особливо під час куціння та наливання зерна: при її дефіциті коренева система розвивається слабо, а куціння зменшується. Найвищі врожаї забезпечують родючі чорноземні та каштанові ґрунти з нейтральною реакцією (рН 6–7,5) [4–6].

Яра пшениця містить більше білка та клейковини, ніж інші зернові культури, що покращує хлібопекарські властивості зерна. Тверді сорти особливо цінуються для виробництва макаронних виробів. Завдяки високій адаптивності та інтенсивному росту рослини здатні формувати врожай на рівні 30–40 ц/га і вище залежно від сорту та умов вирощування. Ця культура є важливою складовою сівозмін у багатьох регіонах, забезпечуючи продовольчі, кормові та промислові потреби.

Основні сприятливі попередники:

Бобові культури (горох, люпин, соя) – сприяють збагаченню ґрунту азотом, зменшенню забур'яненості та покращенню структури ґрунту.

Кукурудза на силос або зерно – забезпечує високу продуктивність при мінімальному внесенні гербіцидів перед сівбою пшениці.

Озимі зернові (пшениця, ячмінь) – створюють сприятливі умови для розвитку, але потребують контролю післяжнивних решток.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Такі попередники оптимізують використання вологи та поживних речовин, покращують куціння і підвищують врожайність. До небажаних попередників належать культури, які виснажують ґрунт (наприклад, деякі сорти кукурудзи без відновлення вологості), однорічні зернові з великою кількістю бур'янів та рослини, що сприяють поширенню загальних шкідників і хвороб [7–9]. Неправильний вибір попередника може знизити польову схожість зерна, ускладнити строки сівби та збільшити тиск бур'янів.

Раціональна сівозміна знижує накопичення шкідників і збудників хвороб, підвищує ефективність використання вологи, покращує родючість ґрунту завдяки бобовим і підвищує коефіцієнт використання поживних речовин, що безпосередньо впливає на стабільність і рівень врожайності ярої пшениці.

Підготовка ґрунту під сівбу може здійснюватися різними методами.

Найпоширеніший – класичний (традиційний) обробіток із повним перевертанням скиби. Він включає осінню оранку на глибину 20–27 см для перевертання ґрунту, закриття пожнивних решток та знищення бур'янів. Для цього застосовують плуги навісного або причіпного типу (ПЛН-5,35, ПЛН-3,-35, ПЛ-5, ПЩ-5,35 та ін.) [10,11]. Навесні виконують дискування дисковими боронами або дискаторами (наприклад, Дукат-Gold, Rubin) для подрібнення ґрунту та вирівнювання посівного шару.

Мінімальний обробіток передбачає скорочення кількості операцій і глибини обробітку, зберігаючи вологу та структуру ґрунту. Це може бути чизельний або безвідвальний обробіток із подальшим боронуванням стерні з використанням різних типів борін від зубових до пружинних (вітчизняні СТ-15, та БП-8, і закордонного виробництва Magnum чи FlexiCoil,) [12]. Після боронування виконують культивацію на глибину 5–10 см з використанням різних марок машин (КБМ-14,4ПС-Д, КБМ-10,8ПС, КБМ-9,6ПС-4Д), яка формує дрібну структуру ґрунту, оптимізує витрати пального та зберігає мікроорганізми.

Сучасним підходом є обробіток по мульчі (strip-till / mulch till), коли ґрунт розпушується лише у смузі висіву, а рослинні рештки залишаються між рядами. Це поєднує переваги традиційного та мінімального обробітку [13]. Для

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробітку використовують спеціальні агрегати з однорядними робочими органами.

Широкозахватні комбіновані машини (Rubin, Väderstad, Wil-Rich) дозволяють поєднати кілька операцій (подрібнення стерні, вирівнювання, культивування, боронування) в один прохід, формуючи оптимальний посівний шар.

Після основного обробітку проводять боронування пружинними або зубовими боронами, коткування для ущільнення верхнього шару та вирівнювання поверхні для якісної сівби.

Найпоширеніший спосіб сівби – рядковий (міжряддя 15–25 см), який забезпечує рівномірне розміщення насіння та точне дозування норми висіву. Для цього застосовують зернові рядкові сівалки СЗ-3,6, СЗ-5,4 (Україна) [14,15].

При мінімальному обробітку (No-till / mini-till) насіння висівається після легкого обробітку ґрунту або без нього, що дозволяє зберігати вологу й органічні рештки. Використовують сівалки з дисковими сошниками та контролем тиску (Great Plains 3P6000NT, Case IH Early Riser, Kinze 3000 Series No-Till, Horsch Avatar, ALCOR-10), одночасно вносячи стартову дозу мінеральних добрив [16].

Догляд за посівами ярої пшениці включає комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на забезпечення дружних сходів, контроль бур'янів, живлення рослин та захист від хвороб і шкідників у період вегетації. Основні агроприйоми включають прикочування, боронування, підживлення, обробку засобами захисту рослин та моніторинг шкідників і хвороб.

Прикочування проводиться після сівби з метою ущільнення ґрунту в зоні закладення насіння, що покращує контакт зерна з ґрунтом і зменшує випаровування вологи. Для цього застосовують кільчасто-шпорові котки, такі як ЗККШ-6 і ЗКК-6А [17–19].

Боронування є традиційним заходом для знищення бур'янів і руйнування ґрунтової кірки, виконуваним у фазах сходів і кушіння. Для поверхневого боронування використовують зубові та пружинні борони (БП-8, БЗСС-1,0, БП-10, БП-15), які ефективно контролюють бур'яни та розпушують ґрунт.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підживлення мінеральними добривами, особливо азотними, проводиться у критичні фази росту – куціння та вихід у трубку, що сприяє інтенсивному росту і формуванню продуктивних колосків. Для внесення добрив застосовують машини МВУ-0,5, МВУ-8Б та інші.

Захист посівів передбачає внесення гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів у найефективніші фази розвитку рослин. Для цього використовують штангові та причіпні обприскувачі (ОПШ-15, ОПШ-2000, ПОМ-630), які часто агрегатуються з тракторами МТЗ-80/82, ЮМЗ-6ЛА, ХТЗ-17021. Вибір техніки та операції залежить від фази розвитку рослин:

- у фазі сходів та раннього куціння – пріоритет на механічний контроль бур'янів;
- у фазі куціння – вихід у трубку – внесення підживлення і гербіцидів;
- у фазі колосіння – захист від шкідників і хвороб.

Збирання врожаю є заключним та одним із найважливіших етапів технології, що впливає на кількість і якість зерна. Найбільш поширений метод – пряме комбайнування, коли один прохід комбайна забезпечує скошування, обмолот і первинне очищення зерна. Важливо дотримуватися агрономічних строків, адже запізнення призводить до втрат і зниження якості. При нерівномірному досяганні або підвищеній вологості використовується роздільне збирання: спочатку роблять валки, після підсихання зерна – комбайнування. Оптимальна вологість для прямого комбайнування складає 16–18 % [20]. Перед збиранням визначають фізичну стиглість, вологість і рівномірність досягання зерна.

Для збору врожаю використовують самохідні зернозбиральні комбайни, які поєднують функції скошування, обмолоту і первинного очищення. Найпоширеніші іноземні моделі:

- **John Deere серії Т** – з системами автоматичного налаштування жатки і великим бункером;
- **CLAAS Lexion** – потужні комбайни з автоматизованою системою CEMOS;

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- **New Holland CR-серія** – із системою IntelliSense для адаптації роботи до умов поля;
- **Case IH Axial Flow** – роторні комбайни з високою продуктивністю [21].

Вітчизняні комбайни представлені менш продуктивними моделями, наприклад, **КЗС 9-1 «Славутич»**, які оснащуються жатками та платформами для роботи з різними культурами [22]. Після обмолоту зерно очищають і сортують за допомогою зерноочисного обладнання, такого як сепаратори та віялки (Будмонтаж «Колос», Аеромех САД), для підвищення якості перед зберіганням чи реалізацією.

Висновок.

На основі аналізу технології вирощування ярої пшениці пропонується удосконалити процес основного обробітку ґрунту, використовуючи модернізований чизельний культиватор КЧ-4 у поєднанні з важкими рубчастими котками. Модернізація передбачає обладнання культиватора сучасними чизельними робочими органами для підвищення ефективності технологічного процесу. Рекомендується також провести аналіз складу агрегатів для визначення оптимальної конфігурації, що забезпечить підвищення продуктивності, зниження витрат пального та формування умов для накопичення і тривалого збереження вологи, що загалом підвищить ефективність вирощування ярої пшениці.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

3. Операційна технологія виконання основного безвідвального обробітку ґрунту під вирощування ярої пшениці

3.1. Агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту

При використанні безполицевих ґрунтообробних знарядь, зокрема комбінованих важких культиваторів з чизельними робочими органами, висуваються наступні вимоги щодо дотримання технологічних показників:

- **Дотримання глибини обробітку.** Середнє фактичне значення глибини обробітку не повинно відхилятися від заданого більш ніж на $\pm 1,5-2$ см [23].
- **Розпушування ґрунту.** У розпушеному шарі має бути понад 75–80 % агрегатів розмірами менше 50 мм. Грудки розміром більше 75 мм та при заданій глибині обробітку більше 14 см не допускаються.
- **Гребенистість поверхні.** Показник гребенистості не повинен перевищувати 6–8 см.
- **Збереження стерні.** Особливо важливо для протиерозійного плоскорізного обробітку: після роботи на поверхні має залишатися 55–60 % рослинних решток. При використанні рядових сівалок СЗ-3,6 ці вимоги менш критичні, але в засушливих районах ефективніше застосовувати мульчування верхнього шару рослинними залишками.
- **Вміст ерозійно-небезпечних часток.** Після обробітку не повинно відбуватися збільшення часток ґрунту розміром менше 0,25 мм.
- **Підрізання бур'янів.** Воно має бути повним і забезпечувати їх ефективне знищення.
- **Суцільність обробітку.** Допустимі огріхи або пропуски в обробці ґрунту не допускаються.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

3.2. Обґрунтування складу та розрахунок режимів роботи агрегату для основного чизельного обробітку ґрунту

Результативність функціонування ґрунтообробних агрегатів значною мірою визначається раціональним поєднанням трактора із сільськогосподарською машиною для виконання конкретної технологічної операції, а також узгодженістю тягових можливостей енергетичного засобу з величиною робочого опору знаряддя, що входить до складу агрегату.

Перед вибором типу та марки трактора і комплектуванням його відповідною сільськогосподарською машиною необхідно враховувати комплекс факторів, які впливають на ефективність виконання робіт. Насамперед беруть до уваги наявність у господарстві технічних засобів і машин, придатних для реалізації запланованого технологічного процесу. Важливе значення також мають природно-виробничі умови проведення польових робіт, зокрема механічний склад і стан ґрунту, попередня культура, рельєф та конфігурація поля, його площа, довжина робочих проходів, крутість схилів та інші експлуатаційні особливості.

Вирощування ярої пшениці у господарстві передбачається на площі 143 га при довжині гонів 900 м. Ґрунти на більшості полів за механічним складом є глинистими. Попередниками виступають соняшник і гречка. Крутість схилів на окремих ділянках не перевищує 3 %.

З огляду на дефіцит вологи в ґрунті та значні витрати пального і трудових ресурсів при застосуванні традиційного полицевого обробітку, доцільним є використання безполицевих знарядь. З цією метою пропонується застосування важкого чизельного культиватора КЧ-4, обладнаного чотирма важкими рубчастими котками, що забезпечують інтенсивне розпушування верхнього шару ґрунту та часткове мульчування його рослинними рештками.

Основними робочими органами культиватора є чизельні лапи. Робоча ширина захвату агрегату становить 4 м.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Відповідно до технічної характеристики культиватора, максимальне дотримання агротехнічних вимог щодо інтенсивності кришення ґрунту досягається за робочої швидкості 9–10 км/год.

Серед тракторів тягового класу 3, з якими можливе агрегування зазначеного культиватора, у господарстві наявний лише трактор Т-150К. Для визначення найбільш ефективної передачі його використання необхідно виконати відповідні розрахунки.

Швидкість у межах 9–10 км/год трактор Т-150К забезпечує на II та III передачах. Для вибраних передач визначають тягове зусилля трактора на гаку $P_{\text{гак}}$ (кН) з урахуванням конкретних умов роботи [24,25].

$$P_{\text{гак}} = \frac{10^4 \cdot N_c \cdot i_T \cdot \eta_{\text{тр}}}{n_{\text{дв}} \cdot r} - G_{\text{тр}} \cdot (f + i) \quad (3.1)$$

де N_c – потужність двигуна ($N_c = 121,4$ кВт) [24];

i_m – передаточне число трансмісії трактора ($i_T^{\text{II}} = 52,5$; $i_T^{\text{III}} = 42,7$);

$G_{\text{тр}}$ – маса енергетичного засобу (трактора), Н ($G_{\text{тр}} = 76000$ Н);

$\eta_{\text{тр}}$ – ККД трансмісії трактора ($\eta_{\text{тр}} = 0,925$);

$n_{\text{дв}}$ – теоретична частота обертання колінчастого валу двигуна трактора, хв^{-1} ($n_{\text{дв}} = 2100 \text{ хв}^{-1}$);

r_0 – радіус ведучих коліс дотичний, який враховує прогин шин, м (згідно технічної характеристики трактора $r_0 = 0,64$ м);

F – коефіцієнт опору перекочуванню, (для необробленого поля $f = 0,191$);

i – врахування максимальної величини схилів на полі (до $i = 0,03$);

$$P_{\text{гак}}^{\text{II}} = \frac{10^4 \cdot 121,4 \cdot 52,5 \cdot 0,925}{2100 \cdot 0,64} - 76000 \cdot (0,191 + 0,03) = 26,93 \text{ кН}$$

$$P_{\text{гак}}^{\text{III}} = \frac{10^4 \cdot 121,4 \cdot 42,7 \cdot 0,925}{2100 \cdot 0,64} - 76000 \cdot (0,191 + 0,03) = 18,83 \text{ кН}$$

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Розрахункова швидкість для обраних передачах становитиме [6,7,8]

$$v_T = 0,377 \cdot \frac{n_{дв} \cdot r_0}{i_T} \quad (3.2)$$

$$v_{Teop}^{II} = \frac{0,377 \cdot 2100 \cdot 0,64}{52,5} = 9,6 \text{ км / год}$$

$$v_{Teop}^{III} = \frac{0,377 \cdot 2100 \cdot 0,64}{42,7} = 11,8 \text{ км / год}.$$

Розрахуємо робочу швидкість агрегату для обробітку ґрунту за умови роботи при пробуксовуванні коліс трактора, км/год.

$$v_P = v_{Teop} \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) \quad (3.3)$$

де δ - коефіцієнт, що визначає ступінь пробуксовування ($\delta = 6...20\%$) [25], при роботі на полі після збирання технічних культур як і по стерні для обраного трактора $\delta = 5...10\%$ (приймаємо $\delta = 6\%$).

$$v_P^{II} = 9,6 \left(1 - \frac{6}{100} \right) = 9,02 \text{ км / год}$$

$$v_P^{III} = 11,8 \left(1 - \frac{6}{100} \right) = 11,09 \text{ км / год}$$

Згідно даних виробника та результатів експериментальних досліджень питомий тяговий опір чизельного культиватора на 1м ширини захвату при при

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

робочих швидкостях $V = 5$ км/год. іглибині обробітку 0,25 м становить $K_{o\text{ культ}} = 3,0$ кН До складу культиватора також входять додаткові робочі органи у вигляді рубчастих котків. За умови роботи, на важких ґрунтах, вони чинять додатковий питомий опір $K_{o\text{ котка}} = 0,8$ кН. Отже загальний питомий тяговий опір чизельного культиватора становитиме $K_o = 3,8$ кН

Визначимо величину питомого опору чизельного культиватора при роботі на розрахованих робочих швидкостях за формулою:

$$K_o^v = K_o \cdot [1 + 0.006(V_p^2 - V^2)] \quad (3.4)$$

$$K_o^{vII} = 3,8 \cdot [1 + 0,006(9,02^2 - 5^2)] = 5,08 \text{ кН}$$

$$K_o^{vIII} = 3,8 \cdot [1 + 0,006(11,09^2 - 5^2)] = 6,03 \text{ кН}$$

Визначимо робочий тяговий опір експериментального культиватора на різних передачах з урахуванням його конструкційної ширини захвату.

$$R_{вк} = K_o^v \cdot B \quad (3.5)$$

де B – конструктивна ширина захвату культиватора ($B = 4$ м)

$$R_{вк}^{II} = K_o^{vII} \cdot B = 5,08 \cdot 4 = 20,32 \text{ кН}$$

$$R_{вк}^{III} = K_o^{vIII} \cdot B = 6,03 \cdot 4 = 24,12 \text{ кН}$$

Розрахуємо показник ефективності використання тягового зусилля енергетичного засобу.

$$\eta_{Tp} = \frac{R_{вк}}{P_{зак}}; \quad (3.6)$$

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{Tp}^{II} = \frac{R_{\text{вк}}^{II}}{P_{\text{зак}}^{II}} = \frac{20,32}{26,93} = 0,75,4;$$

$$\eta_{Tp}^{III} = \frac{R_{\text{вк}}^{III}}{P_{\text{зак}}^{III}} = \frac{24,12}{18,83} = 1,28$$

Проаналізувавши отримані значення можна зробити висновок, що під час роботи на третій передачі потужності двигуна трактора Т-150 буде недостатньо для забезпечення ефективної роботи агрегату.

Таким чином, серед розглянутих варіантів за показниками тягового зусилля та з урахуванням робочих швидкостей, передбачених інструкцією з експлуатації ґрунтообробного знаряддя КЧ-4, найбільш доцільним є використання агрегату на другій робочій передачі. У цьому режимі забезпечується необхідна робоча швидкість 9,16 км/год, тому для подальших розрахунків і виконання технологічної операції приймається саме робота трактора на другій передачі.

Розрахуємо продуктивність агрегату за зміну, га/зм

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot B_p \cdot \vartheta_p \cdot T_p \quad (3.7)$$

де B_p – ширина захвату агрегату, робоча, м;

ϑ_p – робоча швидкість;

T_p – час зміни робочий визначають за формулою;

$$T_p = T_{\text{зм}} \cdot \tau; \quad (3.8)$$

де $T_{\text{зм}}$ - час зміни, , з урахуванням важких умов праці ($T_{\text{зм}} = 6,9 \text{ год}$);

τ – коефіцієнт використання часу зміни (для протиерозійного обробітку ґрунту $\tau = 0,85$);

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_p = 6,9 \cdot 0,85 = 5,86 \text{ год.}$$

Підставивши отримані значення, маємо

$$W_{зм}^{II} = 0,1 \cdot 4 \cdot 9,02 \cdot 5,86 = 21,14 \text{ га / зм}$$

Розрахуємо витрати палива в кілограмах на гектар:

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}; \quad (3.9)$$

де $Q_{зм}$ – маса палива, що витрачає трактор за зміну, кг/зм;

$W_{зм}$ – продуктивність ґрунтообробного агрегату за зміну, га/зм.

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z; \quad [25] \quad (3.10)$$

де Q_p, Q_x, Q_z – витрати палива за годину роботи при робочих та холостих ходах і при зупинках з працюючим двигуном відповідно, кг/год

t_x, t_z – час, який затрачається на холості ходи та зупинки з працюючим двигуном, год.

Зазвичай приймається $t_x = t_z$

$$t_x = t_z = \frac{T_{зм} - T_p}{2} \quad (3.11)$$

$$t_x = t_z = \frac{6,9 - 5,86}{2} = 0,52 \text{ год.}$$

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Відповідно з методичними рекомендаціями [25] для обраного трактора, який працює на швидкостях, що відповідають другій передачі $Q_p = 35 \text{ кг} / \text{год}$; $Q_x = 20 \text{ кг} / \text{год}$; $Q_z = 4 \text{ кг} / \text{год}$.

Підставивши значення у (3.10) отримаємо

$$Q_{3M} = 35 \cdot 5,86 + 20 \cdot 0,52 + 4 \cdot 0,52 = 217,58 \text{ кг} / \text{зм}$$

Витрати палива на гектар в кілограмах становлять:

$$Q_{ga}^{\Pi} = \frac{Q_{3M}}{W_{3M}^{\Pi}} = \frac{217,58}{21,14} = 10,29 \text{ кг} / \text{га} \quad (3.12)$$

Розрахунки свідчать про те, що обґрунтований склад ґрунтообробного агрегату до складу якого входить трактор Т-150К та модернізований чизельного культиватора, який має ширину захвату 4м здатен забезпечити вищу продуктивність з меншими витрати палива при роботі на другій передачі в порівнянні з трактором Т-150К та полицевим плугом марки ПЛН-5-35 який зазвичай використовують при виконанні оранки.

В разі тимчасового підвищення тягового опору чизельного культиватора при зміні стану ґрунту є можливість переходити на нижчу передачу.

3.3. Підготовка поля до роботи

Ефективність використання машинно-тракторних агрегатів і якість виконання технологічних процесів значною мірою залежать від рівня підготовки поля до проведення робіт. Комплекс підготовчих заходів включає очищення площі від сторонніх предметів та різноманітних перешкод, які можуть негативно впливати на роботу агрегату або ускладнювати виконання технологічної операції, а також вибір найбільш раціонального способу і напрямку руху техніки.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Під час визначення способу руху агрегату враховують специфіку виконуваного технологічного процесу, форму та розміри поля, довжину робочих гонів, а також рельєф місцевості й ступінь нахилу схилів. Обраний варіант організації руху повинен забезпечувати високу продуктивність роботи агрегату, економне використання ресурсів та повне дотримання агротехнічних вимог.

Оскільки при здійсненні основного чизельного обробітку важкими чизельними агрегатами після проходу формується суцільно оброблена смуга ґрунту шириною 4 м без утворення звальних і розвальних борозен, за таких умов найбільш доцільним є застосування човникового гінного способу руху з виконанням петльових поворотів.

3.3.1. Розрахунок ширини поворотних смуг

При гонових способах руху агрегату на краях поля передбачають поворотні смуги, призначені для виконання холостих заїздів і розворотів агрегату. Їх ширина визначається складом агрегату та типом виконуваного повороту. У разі застосування петльових поворотів ширина поворотної смуги становитиме

$$E = 3R_{min} + L_a, \quad (3.13)$$

де R_{min} – мінімальний радіус повороту трактора [25], м (для обраного трактора ($R_{min} = 5,2\text{м}$))

L_a – кінематична довжина причіпного ґрунтообробного агрегату визначається як.

$$L_a = L_{mp} + L_m, \quad (3.14)$$

де L_{mp} – довжина кінематична трактора [25] ($L_{tp} = 1,15\text{м}$);

L_m – довжина кінематична чизельного культиватора ($L_m = 3,4\text{м}$).

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_a = 1,15 + 3,4 = 4,55\text{м}$$

З урахуванням однозначних для машин параметрів, ширина поворотної смуги становитиме

$$E = 3 \cdot 5,2 + 4,55 = 20,15\text{м.}$$

Ширина даної смуги для ґрунтообробного агрегату повинна бути кратною ширині захвату робочої машини, отже приймаємо $E = 20\text{м}$, тому, що $E = K \cdot B_p$ де K – коефіцієнт, який визначає кратність

$$K = \frac{E}{B_p} = \frac{20,15}{4} = 5,03 \approx 5 \quad (3.15)$$

З заокругленням маємо

$$E = 5 \cdot 4 = 20\text{м}$$

3.3.2. Розбивання поля на загінки

Розміри загінки необхідно визначати таким чином, щоб агрегат мав можливість безперервно працювати на ній упродовж 2–3 робочих змін. Від правильно обраних параметрів загінки значною мірою залежить величина непродуктивних переміщень і холостих проходів агрегату.

За умови застосування човникового способу руху з петльовими поворотами основним фактором, який впливає на вибір розмірів загінок, є загальна тривалість виконання технологічної операції. Для підвищення ефективності робіт часто передбачається одночасне використання кількох однотипних або близьких за функціональним призначенням машин. З урахуванням цього поле поділяють на відповідні загінки, параметри яких забезпечують найбільш раціональну та продуктивну роботу агрегатів. В нашому випадку розмір загінки розрахуємо за формулою:

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = \frac{10^4 \cdot (2..3)W_{зм}}{L}, \quad (3.16)$$

де $W_{зм}$ –продуктивність агрегату змінна. З попередніх розрахунків $W_{зм} = 21,14\text{га/зм}$;

L – довжина гону, м; $L = 900\text{м}$

$$C = \frac{10^4 \cdot 2 \cdot 21,14}{900} = 469,7\text{м}$$

Параметри загінки повинні відповідати робочій ширині захвату культиватора, що забезпечує раціональну організацію технологічного процесу та ефективне використання агрегату. З цією метою необхідно визначити кількість проходів агрегату, потрібних для обробітку однієї загінки

$$n = \frac{C}{B_p} = \frac{469,7}{4} = 117,4 \quad (3.17)$$

Необхідну кількість загінок визначимо за формулою

$$n_z = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C}, \quad (3.18)$$

де F – площа поля (середня площа полів на яких планується вирощувати яру пшеницю становить $F = 80\text{га}$);

L – довжина гону (поля за напрямком руху агрегату) ($L = 900\text{м}$);

C – ширина загінки з (3.15) ($C = 469,7\text{м}$)

$$n_z = \frac{10^4 \cdot 80}{900 \cdot 469,7} = 1,89\text{шт}$$

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Отже, в даному випадку поле доцільно розділити на дві рівні частини і ширина загінки такому випадку становитиме

$$C = C_{\pi}/2 = 888/2 = 444 \text{ м.} \quad (3.19)$$

де C_{π} – ширина поля.

Розрахуємо необхідну кількість проходів ґрунтообробного агрегату необхідну для того, щоб обробити одну загінку.

$$n = \frac{C}{B_p} = \frac{444}{4} = 100$$

Приймаємо 100 проходів.

3.4. Розробка операційної технологічної карти на процес основного чизельного обробітку ґрунту

Ефективність виробництва продукції рослинництва значною мірою залежить від раціональної організації виробничих процесів, максимально повного використання технічних можливостей машинно-тракторних агрегатів та якісного виконання окремих технологічних операцій.

Операційна технологічна карта являє собою впорядкований комплекс організаційно-технологічних положень і вимог, що визначають послідовність та умови виконання виробничих робіт. У ній встановлюються порядок підготовки поля і агрегату до роботи, умови проведення технологічної операції та агротехнічні вимоги до її виконання, спосіб руху агрегату і робочий швидкісний режим, показники продуктивності, норми витрат пально-мастильних матеріалів, а також методи контролю якості виконання технологічного процесу.

Крім того, карта містить такі розрахункові показники, як тривалість одного робочого циклу, робоча довжина загінки, технічна продуктивність за цикл, кількість циклів протягом зміни та змінні витрати пального.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для обчислення тривалості одного циклу використовують відповідну формулу [24,25].

$$T_{\text{ц}} = \frac{12L_p}{10^2 \cdot \vartheta_p} + 2t, \quad (3.20)$$

де L_p – робоча довжина загінки, м;

ϑ_p - робоча швидкість агрегату, км/год;

t – час на поворот у в кінці загінки, хв ($t = 1,5$)

$$L_p = L - 2E, \quad (3.21)$$

де L – довжина загінки, м ($L = 900$);

E – ширина поворотної смуги, м ($E = 20$)

Тоді робоча довжина загінки становить

$$L_p = 900 - 2 \cdot 20 = 860 \text{ м}$$

Відповідно (3.18)

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 860}{100 \cdot 9,02} + 2 \cdot 1,5 = 14,4 \text{ хв} \approx 0,24 \text{ год}$$

Тоді продуктивність одного циклу визначимо як, га/ц

$$W_{\text{ц}} = 0,1B_p \cdot \upsilon_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau \quad (3.22)$$

Підставивши дані отримані з попередніх розрахунків маємо

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 4 \cdot 9,02 \cdot 0,24 \cdot 0,85 = 0,73 \text{ га/ц}$$

Загальна кількість циклів, які виконає агрегат за зміну розраховується як

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}} = \frac{21,14}{0,7} = 30,2\text{ц} / \text{зм}. \quad (3.23)$$

3.4.1. Контроль основних показників якості виконання чизельного безполицевого обробітку ґрунту

До основних критеріїв оцінювання якості безвідвального обробітку ґрунту належать глибина розпушування, інтенсивність кришення ґрунтових агрегатів, ступінь гребенистості поверхні поля, якість підрізання бур'янів, суцільність виконання обробітку та інші технологічні показники.

Глибину розпушування контролюють за допомогою мірної лінійки-стержня, виконуючи заміри по діагоналі обробленої ділянки. Кількість повторних вимірювань повинна становити від 15 до 25. Допустиме відхилення середньої фактичної глибини від установленого значення допускається в межах $\pm 1,5\text{--}2$ см. Якщо вимірювання проводять безпосередньо після проходу агрегату, отримане середнє значення коригують шляхом зменшення на 20 %, а після природного осідання ґрунту — на 10 %. Нерівномірність глибини обробітку не повинна перевищувати 15–20 %.

Оцінювання ступеня кришення ґрунту здійснюють методом ситового аналізу на всю глибину обробітку. Із відібраної проби розпушеного ґрунту певного об'єму за допомогою сита з отворами діаметром 50 мм відокремлюють фракції розміром менше та більше 50 мм. Надалі визначають їх масу або об'єм і встановлюють відсоткове співвідношення кожної фракції до загальної маси чи об'єму дослідної проби.

Ступінь гребенистості поверхні поля визначають за допомогою профіломіра або рейки довжиною 2 м, виконуючи вимірювання через кожні 10 см. Рейку накладають на поверхню поля 10–12 разів, після чого значення висоти гребенів і глибини западин заносять до журналу спостережень. Середнє значення зазначених параметрів не повинно перевищувати 6–8 см.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Збереження рослинних решток на поверхні поля визначають за відповідною методикою. До початку проведення обробітку по діагоналі поля 10–15 разів установлюють рамку розміром 1×1 м. У межах окресленої площі збирають усі рослинні рештки, зважують їх та визначають середню масу. Після завершення обробітку аналогічні дії повторюють. На основі співвідношення середніх значень маси визначають відсоток стерні та рослинних залишків, що збереглися на поверхні поля після обробітку відносно їх початкової кількості.

Повноту підрізання бур'янів встановлюють шляхом вибіркового обстеження визначених ділянок поля. Для цього підраховують загальну кількість бур'янів та кількість рослин, які залишилися непідрізнаними. За наявності таких рослин визначають їх частку у відсотках від загальної кількості. Відповідно до агротехнічних вимог непідрізані бур'яни не допускаються.

Суцільність виконання обробітку й відсутність огріхів оцінюють візуальним способом. Наявність пропусків або необроблених смуг на полі є недопустимою.

На основі проведених розрахунків та виконаних техніко-технологічних обґрунтувань складається операційна технологічна карта, що наведена у графічній частині кваліфікаційної роботи.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

4. Інженерна частина

4.1. Стан питання про машину, що модернізується

4.1.1. Особливості конструкції універсального чизельного культиватора та зміст його удосконалення

Аналіз ґрунтово-кліматичних умов господарювання та особливостей змісту технологій вирощування більшості провідних сільськогосподарських культур показує, що в більшості випадків ключовим чинником, який обмежує отримання високих урожаїв, є дефіцит вологи в ґрунті. На думку багатьох дослідників, одним із можливих шляхів хоча б часткового розв'язання цієї проблеми є відновлення застосування чизельного основного обробітку. Такий спосіб забезпечує інтенсивне глибоке розпушування ґрунту, мульчування його верхнього шару подрібненими рослинними рештками, створює сприятливі умови для зменшення проявів вітрової та водної ерозії, а також сприяє накопиченню вологи в осінньо-зимовий період і її збереженню протягом усього вегетаційного періоду сільськогосподарських культур.

Технічною базою для проектування чизельного ґрунтообробного агрегату обрано експериментальний важкий комбінований культиватор, основними робочими елементами якого є лапи, закріплені на жорстких стійках. Дослідження його конструктивних особливостей дає підстави вважати можливим оснащення машини чизельними робочими органами, встановленими на пружинних стійках (рис. 4.1).

Чизельні робочі органи значної маси, укомплектовані лаповими наральниками та долотами, здатні проникати у щільні підповерхневі горизонти ґрунту та руйнувати плужну підшову, що покращує інфільтрацію вологи в глибші шари. Монтаж нових робочих органів може здійснюватися шляхом їх кріплення до поперечних пустотілих брусів рами болтовими з'єднаннями через спеціальні накладки. Для забезпечення оптимальної схеми розміщення чизельних лап виникає потреба частково перемістити опорні колеса разом із

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

механізмами регулювання глибини обробітку, а також внести певні зміни до конструкції рами агрегату, оскільки робоча ширина базових і запропонованих органів істотно відрізняється.

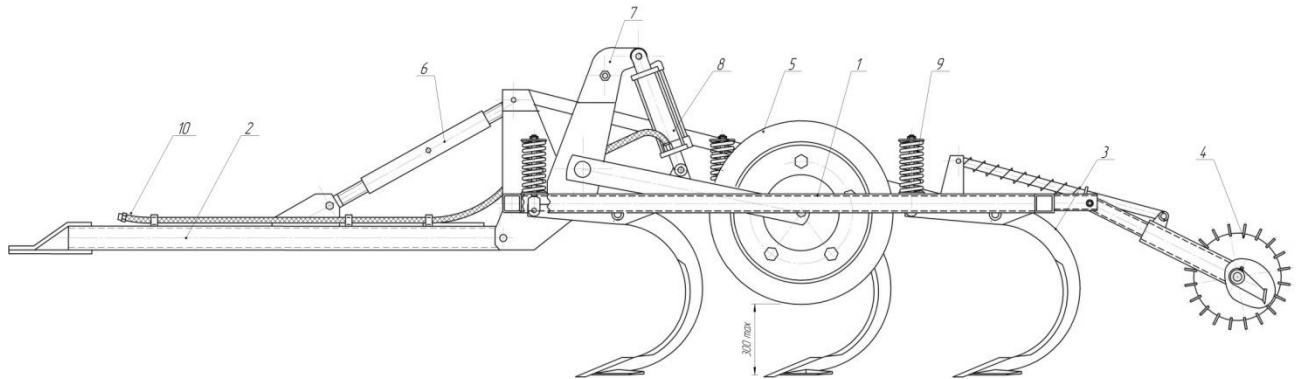


Рис.4.1. Схема експериментального чизельного культиватора.

1- основна рама; 2 – причіп; 3 – чизельна лапа; 4 – рубчастий коток;
5 – опорне пневматичне колесо; 6 – гвинтова телескопічна тяга;
7 – кронштейн кріплення гідроциліндра; 8 – гідроциліндр; 9 – натискна пружина чизельної лапи; 10 – гідросистема культиватора.

До комплектації даного комбінованого агрегату можуть додатково включатися допоміжні робочі органи — борони різних конструкцій, дискові або рубчасті котки тощо, які сприятимуть формуванню поверхневого шару ґрунту з дрібногрудкуватою структурою відповідно до встановлених агротехнічних вимог.

Згідно з нормативними вимогами, після виконання основного обробітку розмір ґрунтових грудок на поверхні поля не повинен перевищувати 50 мм щонайменше у 80 % від їх загального об'єму.

4.1.2. Аналіз призначення та конструкції чизельного культиватора, що пропонується до використання

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Чизельний культиватор призначений для глибокого розпушування ґрунтів середнього та важкого механічного складу за відсутності кам'янистих включень у весняний і осінній періоди, а також для часткового загортання в ґрунт органічних і мінеральних добрив.

Основні технічні характеристики та конструктивні особливості агрегату:

- агрегат призначений для роботи з тракторами тягових класів 3–5 і приєднується за причіпною схемою;
- експлуатація допускається на схилах із крутістю до 8° за умови, що вологість ґрунту не перевищує 26 %, а його твердість становить не більше 3,5 МПа;
- конструкція машини рамного типу передбачає трирядне рівномірне розташування робочих органів;
- до складу агрегату входять рама, ходова система, причіпний пристрій (сниця), стояки для встановлення чизельних робочих органів, а також, за необхідності, додаткове обладнання — зубові борони, котки та інші елементи.

Рама культиватора являє собою зварну конструкцію, виготовлену з порожнистих металевих брусів. З'єднання агрегату з трактором здійснюється через сницю, обладнану домкратом і гвинтовим механізмом, призначеним для регулювання висоти її розташування. Для підвищення безпеки експлуатації передбачено запобіжний ланцюг, який утримує агрегат у разі аварійного від'єднання від трактора.

Транспортна ширина культиватора становить менше 4,4 м, що забезпечує можливість безпечного транспортування дорогами загального користування. Переведення машини з робочого положення у транспортне та у зворотному напрямку здійснюється безпосередньо з кабіни трактора за допомогою його гідравлічної системи.

Регулювання глибини обробітку виконується встановленням упорних коробів на штоки гідроциліндрів механізму опорних коліс.

Чизельні робочі органи виконані у вигляді стрілчастих лап із шириною захвату 210 мм, які закріплені на С-подібних стояках. Конструкцією передбачено пружинний запобіжний механізм та індивідуальне кріплення

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кожного робочого органа, що забезпечує якісне розпушування ґрунту на задану глибину.

Додаткові робочі органи призначені для остаточного подрібнення ґрунту після проходу чизельних лап і розташовані позаду них по всій ширині захвату агрегату. У стандартній комплектації застосовуються рубчасті котки. Конструкція агрегату дозволяє регулювати силу тиску котків на поверхню ґрунту за допомогою натискних штанг, оснащених пружинами.

Під час комплектування та підготовки агрегату до роботи ступінь натиску додаткових робочих органів установлюють відповідно до фізико-механічного стану ґрунту.

Технічна характеристика чизельного культиватора

Продуктивність культиватора за 1 год. Основного

часу, га/г , до 3,8

Робоча швидкість руху агрегату км/год, до 10

Глибина обробітку ґрунту, см, до 25

Коефіцієнт використання робочого часу зміни 0,80

Кількість обслуговуючого персоналу, люд 1

Гарантований термін експлуатації (крім лап), місяців 24

Строк служби, років 8

Середній наробіток на відмову, год 40

Щозмінний оперативний час технічного обслуговування, год 0,15

Маса культиватора, кг 1450

Дорожній просвіт, мм 300

Транспортна швидкість, км/год 20

4.2. Технологічні розрахунки

4.2.1. Технологічний розрахунок лапи чизельного робочого органа.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умови функціонування лапи чизельного робочого органа істотно відрізняються від режиму роботи традиційних культиваторних лап. Чизельний обробіток здійснюється на глибинах, що перевищують 20–25 см. На таких горизонтах кількість рослинних решток значно менша порівняно з поверхневими шарами ґрунту.

Однак у процесі заглиблення лапи до встановленої глибини вона, подібно до звичайних культиваторних лап, протягом короткого часу взаємодіє з кореневими рештками. Зокрема, під час проходження через шар ґрунту на глибині близько 10 см робочий орган тимчасово контактує з кореневими системами бур'янів та культур-попередників.

При цьому на корінь бур'янів діє сила R , яка дорівнює силі зминання ґрунту бур'яниною. Цю силу розкладають на тангенціальну T , що діє вздовж леза, та нормальну N сили, тобто $T=R\cos\gamma$; $N=R\sin\gamma$ [26].

Під дією тангенціальної сили T бур'ян може ковзати по лезу в тому випадку, коли сила $T > F$,

Де F - сила тертя рослини бур'яну по лезу

$$F = fN,$$

де $f = \operatorname{tg}\varphi$ – коефіцієнт, що характеризує тертя бур'яну по лезу

Підставивши у рівняння значення T і N , одержимо:

$$R\cos\gamma > R\sin\gamma \operatorname{tg}\varphi \quad \text{або} \quad \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) > \operatorname{tg}\varphi \quad (4.1)$$

Тоді $\gamma < 90^\circ - \varphi$

За експериментальними даними [26] кут тертя бур'яну по лезу рекомендовано приймати $\varphi = 45^\circ$, тоді $\gamma < 45^\circ$ (в більшості випадків використовують наближене типове значення $\gamma = 32^\circ 30'$)

Кут кришення дорівнює сумі кутів: $\beta_0 = \iota + \varepsilon$ (рис.4.2),

Де ι – кут загострення крил лапи, ε – затилочний кут.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$\beta_0 = 18^0 + 10^0 = 28^0$$

При значенні кута кришення більшому за 25^0 , загострення леза здійснюють знизу. За таких умов $\beta_0 = \beta$. [26]. В нашому випадку кут кришення $\beta \leq 25^0$.

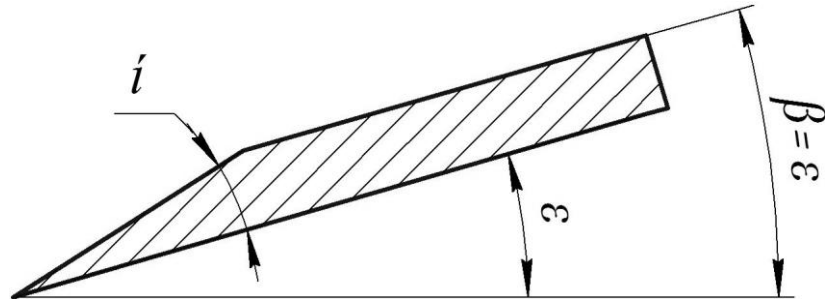


Рис. 4.2. Поперечний перетин крила лапи в робочому положенні.

Кут підймання грудей лапи α залежить від значень кутів γ та β , і визначається їх тригонометричними співвідношеннями (рис. 4.3), (4.2):

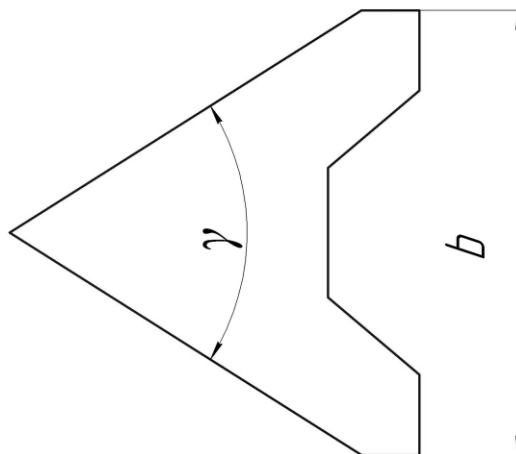
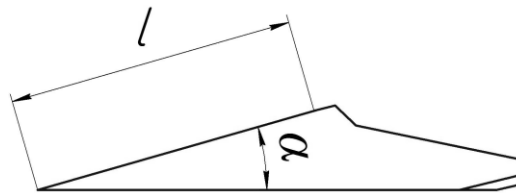


Рис.4.3. Схема стрілкової лапи без хвостовика.

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \gamma \quad (4.2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 28^{\circ} \cdot \sin 32^{\circ} 30' \quad (4.3)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0.53 \cdot 0.54 = 0.2862 \rightarrow \alpha = 16^{\circ} \quad (4.4)$$

Товщину матеріалу, з якого виготовляється лапа, визначають залежно від її конструкційної ширини B , ширини крила $b = B/2$, заданої глибини обробітку ґрунту h_0 , типу ґрунту, а також механічних характеристик сталі, що використовується для виготовлення робочого органа.

Для практичних розрахунків рекомендовано визначати товщину лапи за емпіричною залежністю: $S = 0,02B$

$$S \leq 0,02 \cdot 210 = 4,8 \text{ мм.}$$

Враховуючи умови роботи - лапа працюватиме на значних глибинах ґрунтів з підвищеною щільністю та її призначення приймаємо товщину матеріалу лапи 10 мм і передбачаємо її виготовленні з сталі марки 65Г.

Практично усі типи стрілчастих лап культиваторів кріплять до стійок і вони є змінними деталями. Це дозволяє, за необхідності, легко виконувати заміну одного типу лап на інший, а також при зношуванні і затупленні швидко знімати їх для заточування. Для кріплення лап обираємо стійки C подібної форми жорсткого типу.

Під час проектування лапи за вихідні параметри приймають конструктивну ширину B , кут розхилу крил 2γ , кут кришення ґрунту β , кут загострення леза i , ширину крил b_1 та b_2 , товщину листової сталі S , а також радіуси заокруглення у зонах вигину робочої поверхні лапи, які визначають кривизну її грудей.

Одним із важливих конструктивних параметрів є довжина прямолінійної верхньої частини лапи, від якої значною мірою залежать умови взаємодії робочого органа з ґрунтом та якість виконання технологічного процесу.

$$\ell = e_1 \cdot \sin \beta / \sin \alpha \quad (4.5)$$

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L=60 \cdot \sin 28^{\circ} / \sin 16^{\circ} = 101 \text{ мм}$$

Взаємне розташування лап на рамі культиватора має бути таким, щоб відбувалося накопичення між сусідніми лапами бур'яну та ґрунту. При цьому, обробіток ґрунту має відбуватися без пропусків.

Відстані між сусідніми лапами в одному ряду та між рядами вибирають з урахуванням поширення зон деформації ґрунту в результаті дії на нього поверхні лап культиватора.

Відстань між рядами лап L_p визначають як:

$$L_p \geq l_3 + L \quad (4.6)$$

де L – виліт лапи.

$$L = r_0 (1 - \sin \alpha) + l \cdot \cos \alpha \quad (4.7)$$

r_0 – радіус кривизни хвостовика лапи. В даному випадку функції хвостовика буде виконувати стійка, радіус кривизни якої становить згідно з кресленням 290 мм.

$$L = 290 (1 - 0.28) + 101 \cdot 0.96 = 305$$

$$l_3 = h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (4.8)$$

Де φ – кут тертя ґрунту по металу.

Тоді

$$L_p \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + L \quad (4.9)$$

$$L_p \geq 250 \cdot \operatorname{tg}(16^{\circ} + 45^{\circ}) + 305 = 756 \text{ мм}$$

Приймаємо відстань між рядами лап по напрямку руху $L_p = 830$ мм

На величину перекриття C між лапами впливає умова забезпечення повного підрізання бур'янів (рис.4.4):

$$C = L_p \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (4.10)$$

де δ - можливий максимальний кут відхилення лап культиватора при роботі в полі від прямої лінії. Рекомендоване значення $\delta = 8^{\circ}$.

$$C = 830 \cdot \operatorname{tg} 8^{\circ} = 116 \text{ мм}$$

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Але для чизельних робочих органів поняття перекриття не використовується так як технологічна ширина їх захвату значно перевищує конструкційну.

Орієнтовна відстань P між лапами в одному ряду, при якій вони забезпечують суцільний обробіток ґрунту становить

$$P \geq B + 2h_0 \cdot \operatorname{tg}(\omega/2) \quad (4.11)$$

$$P \geq 210 + 2 \cdot 250 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ) = 443 \text{ мм}$$

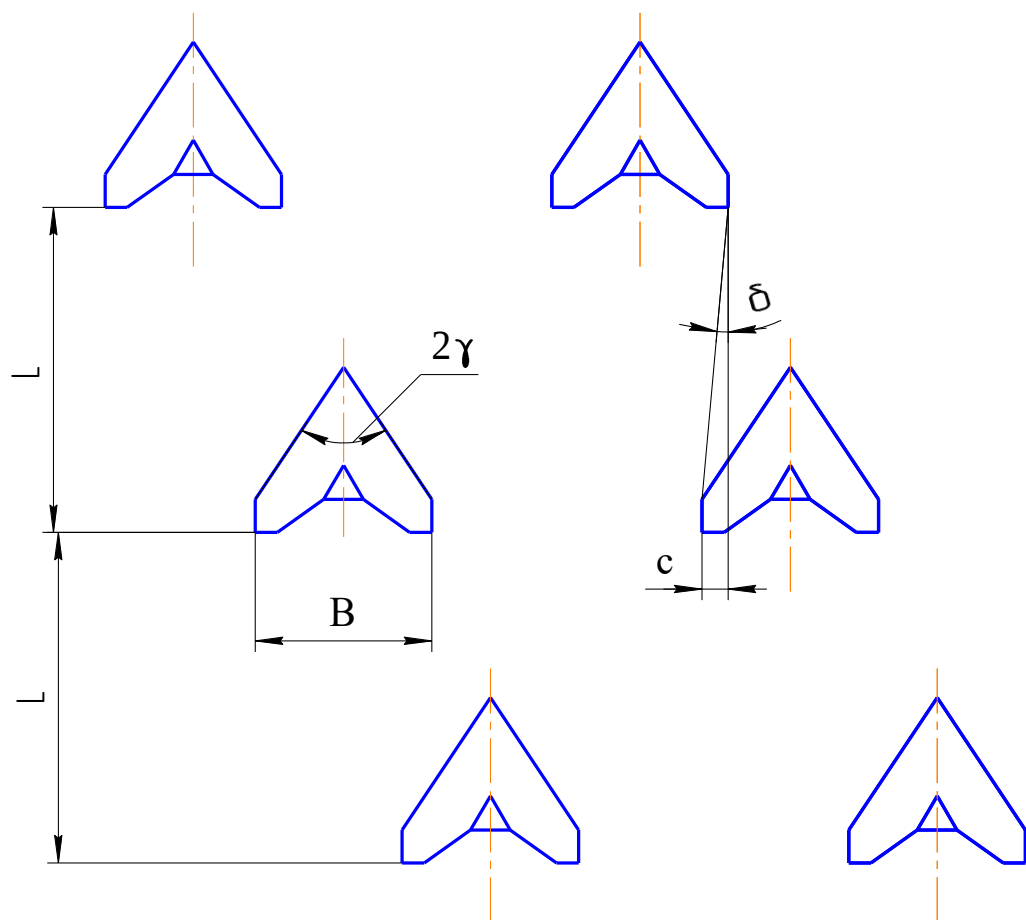


Рис. 4.4. Трьохрядне розташування розпушувальних робочих органів на чизельному культиваторі

З конструкційних та технологічних міркувань, а також з урахуванням розташування робочих органів у три ряди, відстань між робочими органами одного ряду приймаємо рівною $P = 630\text{мм}$

4.3. Розрахунок механізму переведення чизельного культиватора в транспортне положення.

Задача даного розрахунку зводиться до вибору гідроциліндра здатного виглибити робочі органи культиватора і припідняти його над поверхнею ґрунту на певну, конструкційно передбачену висоту. Для цього потрібно визначити зусилля, яке при цьому діятиме на шток гідроциліндра.

Для початку визначаємо реакції на опорних колесах та серзі причепа з використанням схеми (рис. 4.5) [27].

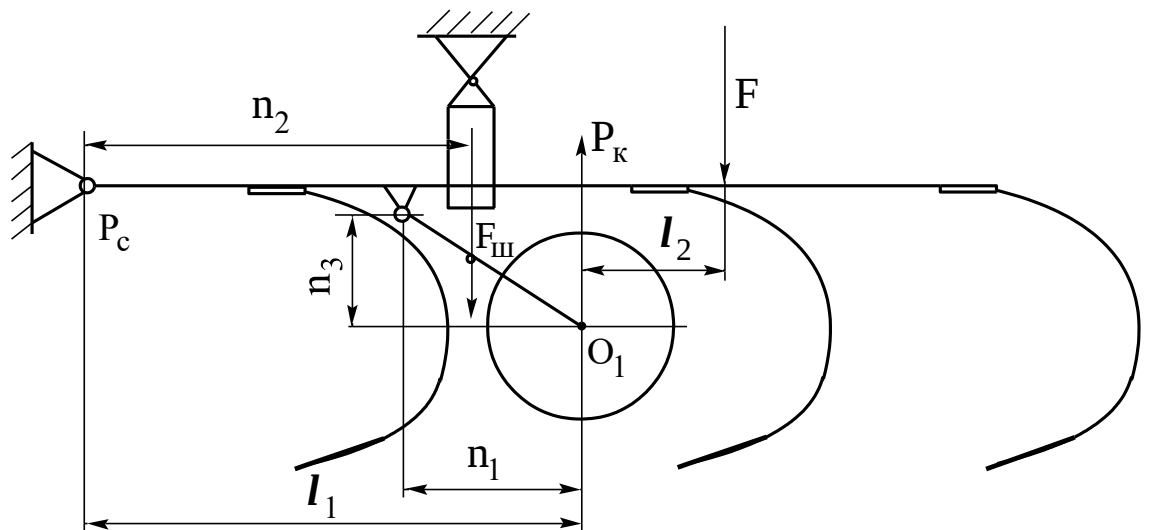


Рис. 4.5. Схема для розрахунку механізму піднімання чизельного культиватора

Рівнодіючу всіх сил, що діють на культиватор визначають як [26]

$$F = G + Q + Q_1 \quad (4.12)$$

де G - маса чизельного культиватора;

Q – маса ґрунту, який знаходиться над робочими органами;

Q_1 – зусилля, яке необхідно затратити на відділення шару ґрунту у горизонтальній площині.

Маса ґрунту, який знаходиться над робочими органами дорівнює

$$Q = a \cdot v^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha \gamma \cdot q \cdot n / 2 \quad (4.13)$$

де a - глибина ходу лап – 0,25м;

v – конструктивна ширина захвату однієї розпушувальної лапи;

n – кількість лап на культиваторі;

q – об’ємна маса ґрунту.

Вважають, що зусилля, яке необхідно затратити для відділення шару ґрунту від загального масиву приблизно дорівнює масі даного ґрунту

$$Q \approx Q_1$$

Тоді

$$F = G + 2(a \cdot v^2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha \gamma \cdot q \cdot n / 2) \quad (4.14)$$

Після підставлення необхідних значень, маємо

$$F = 1450 + 2 (0,25 \cdot 0,21^2 \cdot 1,38 \cdot 1000 \cdot 19 / 2) = 1739 \text{ кг} = 17390 \text{ Н}$$

Скориставшись отриманим значенням рівнодіючої F , визначимо реакції на колесах P_k та серзі P_c причепа за формулами

$$P_k = F(l_1 + l_2) / l_1 \quad (4.15)$$

$$P_c = F \cdot l_2 / l_1 \quad (4.16)$$

Значення довжини плечей, визначимо з креслення загального вигляду культиватора (див. додаток) і отримаємо

$$P_k = 17390 (3000 + 522) / 3000 = 20415 \text{ Н}$$

$$P_c = 17390 \cdot 522 / 3000 = 20651 \text{ Н}$$

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо зусилля, яке повинен формувати гідроциліндр на його штокові для переведення чизельного культиватора в транспортне положення

$$F_{\text{ш}} = [(P_{\text{к}} - G_{\text{к}}) \cdot n_1 - P_{\text{к}} \cdot f \cdot n_3] / n_2 \quad (4.17)$$

де $G_{\text{к}}$ – маса двох опорних коліс;

f – коефіцієнт опору пневматичного колеса перекочуванню, рекомендоване значення $f = 0,15$

Тоді отримаємо

$$F_{\text{ш}} = [(20415 - 1400) \cdot 0,85 - 20415 \cdot 0,15 \cdot 0,26] / 0,45 = 34215 \text{ Н}$$

За отриманим значенням $F_{\text{ш}}$ обираємо гідроциліндр марки Ц-75, для якого зусилля на штокові при виштовхування становить 37000 Н

Так як конструкція культиватора передбачає встановлення двох гідроциліндрів безпосередньо над опорними колесами, то запас міцності складає

$$\Delta = \frac{37000 \cdot 2}{34215} = 2,1,$$

якого достатньо для надійної роботи чизельного культиватора.

4.4. Розрахунок на міцність стійки чизельної лапи

Стійку лапи розрахуємо на згин.

Зусилля, яке діє на чизельну лапу в роботі R_{zx} (рис. 4.6) при розрахунках перетинустійки слід подвоїти, щоб урахувати нерівномірність навантаження [26].

$$M_3 = 2 \cdot R_{\text{zx}} \cdot H^1 \quad (4.18)$$

де - $R_{\text{zx}} = R_{\text{x}} / \cos \alpha$ або

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$R_{zx} = q \cdot B / n \cdot \cos \alpha \quad (4.19)$$

де - R_x – горизонтальна складова рівнодіючої сили R_{zx} ;

α – кут нахилу даної рівнодіючої до горизонту, який рекомендовано приймати рівним 10° ;

q – питомий опір чизельного культиватора без додаткових робочих органів. Згідно попередніх розрахунків $q = 320 \text{ кг/м}$;

B – конструктивна ширина культиватора, м, $B=4\text{м}$

n – загальна кількість чизельних лап на культиваторі.

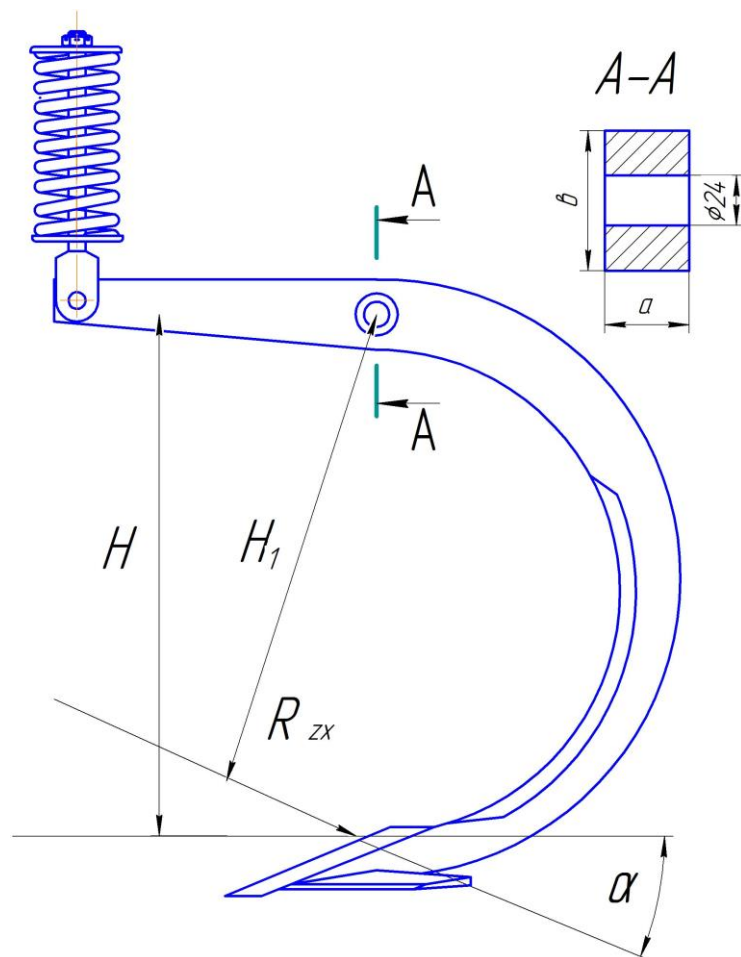


Рис.4.6. Схема для розрахунку стійки чизельної лапи

Перетворивши формулу (4.18) отримуємо

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$M_3 = (q \cdot B / n \cdot \cos \alpha) \cdot 2 \cdot H^1 \quad (4.20)$$

Підставляємо наявні значення і розраховуємо

$$M_3 = (550 \cdot 4 / 19 \cdot \cos \alpha) \cdot 2 \cdot 0,62 = 153,2 \text{ кг м} = 1532 \text{ Нм}$$

Знаходимо необхідну площу перетину W стійки, враховуючи, що її виготовляють з матеріалу Ст 5 Гпс з, для якої $\sigma = 1600 \text{ кг/см}^2$.

$$W = M_3 / \sigma = 153,2 \cdot 10^2 / 1600 = 9,57 \text{ см}^3 \quad (4.21)$$

Якщо прийняти ширину стійки 3 см, то її довжина становитиме

$$a = 6W / b^2 = 6 \cdot 9,57 / 3^2 = 6,38 \text{ см}$$

З урахуванням форми небезпечного поперечного перетину додаємо до довжини перетину значення діаметру отвору – 24 мм.

Тоді $a = 6,38 + 2,4 = 8,78 \text{ см}$

Враховуючи те, що до стійки навколо отвору в даному перетині приварюються дві направляючих втулки, завдяки яким міцність перетину збільшується, то можна прийняти стандартне значення поперечного перетину

$$a \times b = 30 \times 80 \text{ мм.}$$

5. Охорона праці

5.1. Особливості умов праці при вирощуванні ярої пшениці.

При виробництві ярої пшениці основний обсяг технологічних операцій припадає на весняно-літній період. У цей час працівники зазнають впливу несприятливих мікрокліматичних чинників, насамперед підвищеної температури та вологості повітря. Перегрівання організму в умовах високих температур може спричиняти загальну слабкість і головний біль, а продуктивність праці зменшується в середньому на 10–15 %. За відносної вологості повітря 70–90 % виконання робіт ускладнюється, що може призвести до зниження працездатності майже на третину [28].

До шкідливих виробничих факторів також належать підвищена запиленість, шум і вібрація. Надмірна концентрація пилу в робочій зоні негативно впливає на органи дихання, легені та слизові оболонки очей. Шум, який виникає під час роботи тракторів і сільськогосподарських машин, викликає втому, знижує слухову чутливість і негативно позначається на нервовій системі. Інтенсивний шум ускладнює визначення відстані й часу, перешкоджає сприйняттю кольорових сигналів, зменшує продуктивність праці на 5–12 % і підвищує ризик травматизму. Вібрація, подібно до шуму, також чинить шкідливий вплив на організм людини і за тривалої дії може стати причиною розвитку вібраційної хвороби.

Суттєвий вплив на стан працівників справляють і фізіологічні навантаження, пов'язані з виконанням як динамічної, так і статичної роботи.

У процесі вирощування ярої пшениці здійснюється комплекс операцій, передбачених технологічною картою. Розглянемо основні вимоги охорони праці під час виконання окремих робіт.

Перед початком виконання ґрунтообробних робіт здійснюють перевірку технічного стану та комплектності ґрунтообробних агрегатів, контролюють надійність різьбових з'єднань і, за необхідності, підтягують кріплення робочих

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

органів. Для проведення регулювальних операцій або заміни робочих елементів чизельний культиватор установлюють на рівному майданчику, що забезпечує зручність налаштування та підвищує безпеку праці.

До початку польових робіт поле обов'язково обстежують і, у разі потреби, виконують підготовчі заходи: засипають вибоїни, вирівнюють канави та усувають інші нерівності. Біля ярів, крутих схилів та перешкод, які неможливо ліквідувати, встановлюють попереджувальні знаки безпеки.

Перед проведенням посівних робіт працівники повинні пройти обов'язковий інструктаж з охорони праці та техніки безпеки. Під час роботи необхідно користуватися засобами індивідуального захисту — захисними окулярами, рукавицями та респіраторами, які запобігають потраплянню пилу до органів дихання й очей.

Перед початком збирання врожаю комбайнер після отримання виробничого завдання та проходження інструктажу зобов'язаний ознайомитися зі схемою руху агрегату, вивчити особливості рельєфу поля та визначити місця виконання поворотів. До керування зернозбиральним комбайном допускаються лише працівники, офіційно закріплені за відповідною машиною наказом по господарству.

Під час роботи в загінці комбайнер повинен постійно стежити за тим, щоб на обертові елементи жатки не намотувалися рослинні рештки та стебла, оскільки внаслідок тертя це може призвести до займання. Очищення робочих органів необхідно виконувати лише у рукавицях і за допомогою спеціального гачка.

Під час вивантаження зерна забороняється перебування людей у кузові транспортного засобу або під вивантажувальним шнеком комбайна. У разі виникнення грози виконання робіт слід негайно припинити, заглушити двигун та відійти від машини на безпечну відстань не менше 15 м.

Перед початком роботи в темний час доби перевіряють справність і надійність кріплення електрообладнання. Заправлення комбайна паливом рекомендується проводити у світлий час доби; у разі вимушеної нічної заправки

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

слід використовувати переносну електролампку або освітлення від іншого комбайна.

5.2. Розробка заходів по покращенню умов праці.

З метою захисту механізатора від шкідливого впливу агрегату передбачено комплекс заходів, що мінімізують дію пилу та відпрацьованих газів. Для цього в кабіні трактора встановлено пилевідокремлювач, який здійснює очищення повітря.

Для зменшення рівня вібрації кабіну змонтовано на гумових амортизаторах. Захист очей оператора від прямих сонячних променів забезпечується наявністю протисонячного козирка.

Агрегат укомплектований футляром для розміщення аптечки першої медичної допомоги, термосом для питної води місткістю 3 л, регульованим дзеркалом заднього огляду та пристроєм для закріплення верхнього одягу механізатора. Рівень зовнішнього шуму під час роботи машини не перевищує допустимого значення 85 дБА.

Конструктивне компонування вузлів і механізмів чизельного культиватора забезпечує достатню оглядовість під час виконання технологічних операцій та транспортування агрегату, зокрема: робочої зони в межах огляду оператора;

- елементів конструкції (зокрема переднього колеса) та орієнтирів руху (лінії обробленої ділянки поля);
- робочих органів, що потребують візуального контролю під час обробітку ґрунту;
- складових частин трактора і чизельного культиватора, призначених для їх з'єднання.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Удосконалення технології вирощування ярої пшениці передбачало застосування під час виконання основного безвідвального обробітку ґрунту конструктивно модернізованого чизельного культиватора КЧ-4. Це дало змогу підвищити продуктивність ґрунтообробного агрегату, скоротити сумарні витрати пального на виконання операції та зменшити затрати праці.

Запропоновані зміни в технології вирощування ярої пшениці обґрунтовані відповідними інженерно-технологічними розрахунками, які стосуються вибору складу машинно-тракторного агрегату, його комплектування та раціональних режимів його роботи. На основі проведеного аналізу розроблено удосконалену технологічну карту на вирощування ярої пшениці, а також операційну технологічну карту виконання основного чизельного обробітку ґрунту.

У ході модернізації комбінованого культиватора здійснено низку конструктивних удосконалень. Під час використання агрегату для основного осіннього чизельного безвідвального обробітку з метою підготовки ґрунту до весняної сівби ярої пшениці за певних ґрунтово-кліматичних умов, особливо на важких глинистих ґрунтах, виникає потреба створити сприятливі умови для накопичення вологи в зимовий період. Це передбачає забезпечення встановлених агротехнічними вимогами показників кришення ґрунту та його обробітку на глибину 25–30 см.

Для досягнення зазначених параметрів базові робочі органи були замінені на чизельні з наральниками у вигляді лап малої ширини захвату, змонтованих на пружинних стійках. Додатково кожен робочий орган оснащено пружинним запобіжним пристроєм, що унеможливорює деформацію стійок у разі короткочасного контакту з твердими сторонніми предметами в ґрунті.

В інженерному розділі наведено технологічні розрахунки, виконано силовий аналіз механізму переведення чизельного культиватора в транспортне положення, а також проведено перевірочні розрахунки на міцність. Отримані

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

результати підтвердили працездатність конструкції та відповідність її показників міцності й надійності експлуатаційним вимогам.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано умови праці під час вирощування ярої пшениці та запропоновано комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпечної експлуатації сільськогосподарського агрегату.

Література

1. Науково-обґрунтована система ведення агропромислового виробництва в Кіровоградській області. / ISBM966-383-042-5. Кіровоградський інститут АПВ УААН, 2005, 265 с.

2. Гречкосій В.Д. Комплексна механізація виробництва зерна. – К.: Урожай, 1991. – 213 с.

3. Інтенсивні технології вирощування зернових і технічних культур / Під ред. А.І.Зінченко і І.М. Карасюка. – К.: Вища школа. Головне вид-во, 1988. – 327 с.

4. Біологічні особливості ярої пшениці // AGROScience.com.ua. URL: <https://agrosience.com.ua/plant/biologichni-osoblyvosti-yaroi-pshenytsi> (дата звернення: 02.2026).

5. Яра пшениця для сівби та пересівання // Agronomy.com.ua. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/zernovi-kultury/1458-yara-pshenytsia-dlia-sivby-ta-peresivannia.html> (дата звернення: 02.2026).

6. Морфобіологічні та екологічні особливості ярої пшениці // Бібліотека BukLib.net. URL: <https://buklib.net/books/30124/> (дата звернення: 02.2026).

7. Степанець, В. П. Раціональна сівозміна та її вплив на врожайність зернових культур / В. П. Степанець // Агроекологія. — 2020. — № 4. — С. 45-51. URL: <https://agroecology.org.ua/articles/rajonalna-sivozmina-i-vpliv-na-vrozhajnist> (дата звернення: 02.2026).

8. Тарасенко, І. І. Біологічні основи сівозмін у сучасному землеробстві / І. І. Тарасенко // Зернові та олійні культури. — 2018. — Т. 7, № 2. — С. 78-84.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

URL: <https://grainoil.org.ua/archive/2018/2/tarassenko-biol-osnovy-sivozmin> (дата звернення: 02.2026).

9. Білецький, М. О. Сівозміна у системах землеробства / М. О. Білецький // Землеробство України. — 2019. — № 3. — С. 12-20.

URL: <https://agronomyukraine.com.ua/sivozmina-u-systemah-zemlerobstva> (дата звернення: 02.2026).

10. Обробіток ґрунту під сівбу ярих культур // Propozitsiya.com. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya-tekhnika-dlya-obrobitku-gruntu/obrobitok-gruntu-pid-sivbu-yarykh> (дата звернення: 02.2026).

11. Сівба ярових культур у 2025 році: технології та оптимальні строки // Agrimatco.ua. URL: <https://agrimatco.ua/news/sivba-yarovikh-kultur-u-2025-rotsi-tekhnologii-ta-optimalni-stroki> (дата звернення: 02.2026).

12. Підготовка ґрунту до сівби машинами Väderstad Wil-Rich // Agronom.com.ua. URL: <https://www.agronom.com.ua/pidgotovka-gruntu-do-sivby-mashynamy-vaderstad-wil-rich> (дата звернення: 02.2026).

13. Методи обробітку ґрунту // KWS.com. URL: <https://www.kws.com/ua/uk/agroservis/sivba/obrobitok-gruntu/metody-obrobitku-gruntu/> (дата звернення: 02.2026).

14. Технологія сівби зернових культур / Т. І. Петренко // Агрономія: практичний журнал. — 2023. — № 5.

URL: <https://agronomjournal.com.ua/tehnologiya-sivby-zernovykh-kultur> (дата звернення: 02.2026).

15. Сівба зернових культур: види та техніка / В. М. Іванов // Сільське господарство. — 2021. — № 12.

URL: <https://agroportal.ua/articles/sivba-zernovykh-kultur-vydy-ta-tekhnika> (дата звернення: 02.2026).

16. No-till, strip-till та інші технології сівби / АгроЕксперт // Аграрний портал.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

URL: <https://agroexpert.ua/no-till-strip-till-i-inshi-tehnolohii-sivby> (дата звернення: 02.2026).

17. Догляд за посівами ярої пшениці // Agrosience.com.ua. — URL: <https://agrosience.com.ua/plant/34-doglyad-posivamy-yaroi-pshenytsi> (дата звернення: 02.2026).

18. Рекомендації по весняно-польових роботах: догляд за посівами // Національна академія аграрних наук України. — PDF-документ. — URL: https://krliman.gov.ua/upload/editor/rekomendacii-vesnyano-polovi-roboti-2021_rekomendatsiyi1.pdf (дата звернення: 02.2026).

19. Технологічні операції при вирощуванні ярої пшениці // Propozitsiya.com (загальні агротехнічні принципи — застосовуються аналогічно догляду). — URL: <https://propozitsiya.com/articles/yara-pshenytsya-vesnyanyu-tsykl-robit> (дата звернення: 02.2026).

20. Збирання врожаю ярої пшениці // AGROScience.com.ua. — URL: <https://agrosience.com.ua/plant/zbyrannya-vrozhayu-yaroi-pshenytsi> (дата звернення: 02.2026).

21. Popular brands and models of harvesters in Ukraine in the 2023 season // BAS.ua. — URL: <https://bas.ua/en/posts/category/news/popular-brands-and-models-of-harvesters-in-ukraine-in-the-2023-season> (дата звернення: 02.2026).

22. Машини для збирання зернових культур та технічні засоби // Думич В. В., Клап Я. А., Машини для збирання зернових та технічних культур: навчальний посібник. — URL: <https://vpu36balin.km.ua/wp-content/uploads/2025/05/машини-для-збирання-зернових-та-технічних-культур-за-редакцією-кравчука.pdf> (дата звернення: 02.2026).

23. О. Гайденок. Основні агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту та сівби. / Механізація АПК / Вівторок, 11 серпня 2020 15:15. Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/18415-osnovni-ahrotekhnichni-vymohy-do-obrobitku-gruntu-ta-sivby.html>

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

24. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машино-тракторного парку в рослинництві: Підручник.– К. Вища шк., 1995.– 237 с.

25. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу „Механізація, електрифікація, автоматизація сільськогосподарського виробництва”, „Експлуатація машинно-тракторного парку” для студентів спеціальності – 7.130102 – Агрономія / Укл: П.Г.Лузан, І.М.Осипов, В.М.Сало, С.М.Мороз.-Кіровоград КДТУ. 1999. – 44с.

26. Проектування сільськогосподарських машин. Навчально-методичний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін. – Кам'янець-подільський: ФОП Сисин О.В.,2010. – 640 с.ISBN 978-611-539-016-8

27. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник / В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 560 с.

28. Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві. - К.: "Урожай", 1991.

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ДОДАТКИ

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КЧ 00.000.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		