

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 ячменю з удосконаленням
конструкції культиватора КПМ-6

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

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Розумний Ілля Миколайович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

професор, докт. техн. наук

_____ Василь САЛО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

_____ доц. Тимофій РУДЕНКО

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**

Розумного Іллі Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Механізація вирощування ячменю з
удосконаленням конструкції культиватора КІМ-6»
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 озимої пшениці
5. Графічна частина 1. Технологічна карта – А1; Операційна технологічна
карта- А-1; 3 – Культиватор причіпний універсальний КІМ-6- А0; 4 – Лапа –
А-1; 5 – Стійка лапи – А3; Гвинт – А3.

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 ярого ячменю	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

_____ Розумний Ілля Миколайович
(прізвище та ініціали)

[illegible]

Зміст

№ п/п	Назва розділу, підрозділу	Стор.
1	Вступ	6
2	Аналіз типових технологій вирощування ячменю та визначення шляхів їх удосконалення	8
3	Розробка операційної технології виконання безвідвального обробітку ґрунту	16
3.1	Агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту	16
3.2	Обґрунтування складу та розрахунок агрегату для основного безвідвального обробітку ґрунту	17
3.3.	Підготовка поля до роботи	24
3.4.	Розробка операційної технологічної карти на процес основного безвідвального обробітку ґрунту	28
4.	Інженерна частина	32
4.1.	Особливості конструкції універсального культиватора КПМ-6 та зміст його удосконалення	32
4.2.	Обґрунтування взаємного розташування робочих органів	35
4.3.	Перевірка обраного агрегату на поздовжню стійкість	39
5	Охорона праці	41
5.1.	Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів	41
5.2.	Інструкція з охорони праці під час роботи з культиватором.	42
	Загальні висновки	43
	Література	44
	Додатки	46

Вступ

Високий рівень урожайності ячменю, а також інших зернових і зернобобових культур, можна забезпечити за умови використання сучасних агротехнічних прийомів. Важливу роль у цьому відіграє раціональна структура посівних площ і правильний підбір попередників, що повинні відповідати природно-кліматичним та економічним умовам конкретного господарства.

Ячмінь є однією з найпоширеніших зернофуражних культур. Серед культур цього напрямку — ячменю, вівса та кукурудзи — саме він займає провідне місце, охоплюючи близько 65–70 % посівних площ і майже чверть загальної площі зернових культур у країні.

Зерно ячменю насамперед використовується для потреб тваринництва. Завдяки йому значною мірою задовольняються потреби господарств у концентрованих кормах, особливо на великих тваринницьких комплексах промислового типу, де застосування інших видів кормів є менш технологічним [1,2,3].

Окрім цього, останніми роками зерно ячменю все ширше використовується у харчовій промисловості для виготовлення круп та різноманітних харчових продуктів.

Серед ранніх ярих зернових культур ячмінь характеризується високим рівнем урожайності, тому його часто використовують як основну страхову культуру для пересіву озимих у разі їхнього пошкодження або загибелі внаслідок несприятливих умов перезимівлі.

					КПМ 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Розумний І.						
Перев.		Сало В.М.						
Н.контр.		Артеменко Д.						
Затвер.		Васильковський						
					Літера			Аркуш
								Аркушів
								6
								ЦНТУ, гр. АІ -23мб-1.1

У різних регіонах країни під час вирощування ячменю застосовують технології, які адаптовані до місцевих ґрунтово-кліматичних умов та особливостей конкретних господарств.

Ефективність виробництва ячменю значною мірою визначається правильною організацією виконання всіх технологічних операцій — від обробітку ґрунту до збирання врожаю. Для розв’язання цього завдання необхідно детально вивчити особливості технології вирощування культури, а також розробити рекомендації щодо вдосконалення існуючих технологічних процесів і більш раціонального використання технічних засобів, наявних у господарствах.

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

2. Аналіз типових технологій вирощування ячменю та визначення шляхів їх удосконалення

Біологічні особливості ячменю

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) є однорічною трав'янистою культурою, що належить до родини злакових (Poaceae). Це одна з найдавніших рослин, які людина почала культивувати у землеробстві. Завдяки високій екологічній пластичності та здатності адаптуватися до різноманітних ґрунтово-кліматичних умов він набув значного поширення у багатьох регіонах світу [4].

Коренева система ячменю мичкуватого типу. Вона формується із зародкових і вузлових коренів та може проникати у ґрунт на глибину приблизно до 1 м. Разом з тим її розвиток відносно слабший порівняно з деякими іншими зерновими культурами, тому рослини чутливо реагують на дефіцит вологи й елементів живлення, особливо у верхньому шарі ґрунту.

Стебло рослини являє собою порожнисту соломину, висота якої зазвичай коливається в межах 30–135 см. Воно складається з кількох міжвузлів. Листки розміщені почергово та утворені листковою піхвою і листковою пластинкою. Суцвіття представлене складним колосом, у якому формуються зернівки [5].

Залежно від кількості фертильних колосків, що розвиваються на одному членіку стрижня колоса, виділяють три основні підвиди ячменю: дворядний (*Hordeum distichum*), багаторядний (*Hordeum vulgare*) та проміжний (*Hordeum intermedium*). У практиці сільськогосподарського виробництва найчастіше вирощують дворядні та багаторядні форми. За біологічними властивостями розрізняють ярий, озимий і дворучковий типи ячменю.

Для цієї культури характерний відносно короткий період вегетації, який залежно від сорту та умов вирощування триває в середньому від 60 до 110 діб. Рослини відзначаються інтенсивним ростом на початкових фазах розвитку та достатньо високою стійкістю до посушливих умов. Однак у період кушіння та формування стебла (виходу в трубку) потреба у волозі значно зростає.

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

Господарське значення ячменю

Ячмінь належить до провідних зернових культур як у світовому, так і в українському землеробстві. За масштабами вирощування він займає одне з чільних місць серед зернових і використовується у різних сферах аграрного виробництва [6].

Зерно ячменю має високу кормову цінність і широко застосовується у тваринництві. У його складі міститься приблизно 12 % білка та понад 70 % вуглеводів, що забезпечує значну поживність. Завдяки цьому воно є важливим компонентом концентрованих кормів для сільськогосподарських тварин.

Крім кормового призначення, ячмінь має вагоме значення і для харчової промисловості. Із зерна виробляють різні види круп — перлову та ячну, а також борошно, яке використовують у хлібопекарському виробництві. Окрім цього, культура є основною сировиною для отримання солоду, що застосовується у пивоварній та спиртовій галузях.

Завдяки скоростиглості та відносній невибагливості до умов вирощування ячмінь нерідко використовують як страхову культуру для пересіву озимих у випадку їх пошкодження або загибелі. Водночас він займає важливе місце у системах сівозмін, сприяючи раціональному використанню орних земель.

Отже, ячмінь є багатофункціональною сільськогосподарською культурою, що має значну кормову, продовольчу та технічну цінність і широко застосовується в різних напрямках аграрного виробництва.

Технологічний цикл вирощування ярого ячменю

Виробничий процес вирощування ярого ячменю розпочинається з підготовки ґрунту. Його обробіток здійснюють відповідно до прийнятої системи. Під системою обробітку ґрунту розуміють сукупність агротехнічних прийомів, які виконуються у певній послідовності та спрямовані на розв'язання основних завдань землеробства з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Вибір такої системи залежить від багатьох чинників: погодних умов, стану поля та рівня його засміченості, особливостей удобрення у сівозміні, культури, під

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

яку проводиться підготовка ґрунту, попередника, а також небезпеки водної чи вітрової ерозії та забезпеченості господарства ґрунтообробною технікою і добривами. Для ярого ячменю система обробітку ґрунту передбачає виконання основного та передпосівного обробітку.

Основний обробіток ґрунту.

У більшості господарств ярий ячмінь здебільшого висівають після технічних просапних культур. Після їх збирання ґрунт, як правило, перебуває у досить ущільненому стані, містить певну кількість бур'янів та значну масу рослинних решток попередньої культури. З цієї причини поля зазвичай орють на зяб, попередньо провівши лушення стерні. У випадку, коли під час вирощування просапних культур догляд був недостатньо якісним і після збирання врожаю поле залишається сильно засміченим, лушення перед зяблевою оранкою відіграє особливо важливу роль у боротьбі з бур'янами.

Передпосівний обробіток ґрунту.

Навесні, протягом досить обмеженого часу, необхідно підготувати поле до сівби та провести посівні роботи. Основне завдання передпосівного обробітку полягає у створенні оптимальних умов для проростання насіння та подальшого росту і розвитку рослин. Підготовку ґрунту починають із ранньовесняного боронування, оскільки важливо якомога раніше сформувати на поверхні розпушений шар, який зменшує втрати вологи. Для виконання цієї операції застосовують зчіпки борін БЗСС-1 або БЗСВ-1, вибір яких залежить від стану ґрунту. У процесі боронування створюються сприятливі умови для проростання насіння бур'янів, а також частково знищуються розетки озимих та зимуючих бур'янів. Водночас обробляти надмірно вологий ґрунт не рекомендується, оскільки він не розпушується, а прилипає до робочих органів машин. Через певний час, визначений станом ґрунту, проводять передпосівну культивуацію із застосуванням парових культиваторів КПС-4 або КПСП-4.

Сівба.

Отримання високих урожаїв значною мірою залежить від якості посівного матеріалу та рівня його підготовки. Для висіву доцільно використовувати

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

крупне та вирівняне насіння, яке характеризується підвищеною енергією проростання. Таке насіння забезпечує дружні сходи і сприяє кращому розвитку рослин.

Підготовка насіннєвого матеріалу включає очищення, сортування, протруювання та повітряно-теплову обробку. Насіння ярого ячменю може бути джерелом збудників різних захворювань, що негативно впливають на врожайність і якість зерна. Тому після очищення та сортування його обов'язково протруюють. Залежно від локалізації патогенів застосовують хімічне протруювання із використанням машин типу ПС-10, ПСШ-5, ПК-10 або інших аналогічних машин.

Ярий ячмінь належить до культур ранніх строків сівби. Визначаючи оптимальний час висіву, враховують погодні умови поточної весни та особливості конкретного поля. Ранні строки сівби сприяють формуванню крупнішого зерна, а також зменшують пошкодження сходів шкідниками. Найсприятливішою для проростання насіння є температура ґрунту на глибині загортання близько 9 –11 °С. Сходи здатні витримувати короточасні весняні похолодання та слабкі заморозки.

Найбільш ефективними способами висіву ярого ячменю вважаються вузькорядний і перехресний [2,3,4]. При вузькорядному способі ширина міжрядь становить до 10 см, а відстань між насінинами в рядку — приблизно 3–4 см. Це забезпечує рівномірніше розміщення рослин і покращує умови їх живлення. Перехресний спосіб передбачає висів насіння у двох взаємно перпендикулярних напрямках, що також сприяє більш рівномірному розподілу рослин на площі. У більшості господарств посів проводять рядковими зерновими сівалками СЗ-3,6 або СЗ-5,4 чи інших сівалок аналогічного призначення із шириною міжрядь 15 см.

Глибина загортання насіння визначається як відстань від поверхні ґрунту до нижньої частини зернини у вертикальній площині. Зазвичай насіння загортають на глибину 5–6 см, проте за умов пересихання верхнього шару

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

грунту її збільшують до 7–8 см. Оскільки зерно ячменю поглинає вологу досить повільно, його необхідно висівати у добре зволожений ґрунт.

Для підвищення рівномірності польової схожості насіння важливо забезпечити його загортання на однакову глибину та контролювати рівномірність і стабільність висіву. Дотримання цих вимог сприяє формуванню дружних і вирівняних сходів.

Післяпосівний обробіток ґрунту та догляд за посівами.

З метою отримання рівномірних сходів після сівби часто застосовують прикочування ґрунту кільчасто-шпоровими котками ККШ-6 або кільчасто-зубчастими ККЗ-6, інколи з подальшим легким боронуванням. Проте в практиці господарств ці операції виконують не завжди. Проведення легкого боронування сприяє руйнуванню ґрунтової кірки, розпушує верхній шар ґрунту, покращує аерацію кореневої системи рослин і частково знищує бур'яни. У разі значного засмічення посівів для боротьби з бур'янами також застосовують хімічні засоби захисту рослин.

Збирання врожаю та його облік.

Перед початком жнив проводять підготовку збиральної техніки, перевіряють і регулюють робочі вузли комбайнів, а також проводять інструктаж працівників щодо вимог техніки безпеки, пожежної безпеки та охорони праці. Комбайни й інші машини, задіяні у процесі збирання, обов'язково забезпечують засобами пожежогасіння.

Підготовчі роботи на полях перед збиранням урожаю передбачають поліпшення під'їзних і польових доріг, визначення оптимального способу руху збиральних агрегатів, облаштування поворотних смуг, поділ площ на загінки, виконання прокосів між ними та обкошування країв поля. Крім того, здійснюють протипожежне розорювання між загінками. Приблизно за десять днів до початку жнив проводять огляд посівів, під час якого оцінюють їхній стан та визначають умови проведення збирання. Великі перешкоди, які неможливо усунути, обкошують, щоб вони не створювали перешкод для роботи техніки.

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

Особливо важливим є правильний вибір способу комбайнування. Залежно від умов застосовують пряме або роздільне збирання. Раціональне використання кожного з цих способів потребує врахування конкретних умов поля та стану посівів, оскільки бездумне застосування одного способу на великих площах може призвести до значних втрат урожаю.

Роздільний спосіб збирання найчастіше використовують на засмічених посівах або там, де зерно легко обсипається. Скошування у цьому випадку проводять у фазі середньої воскової стиглості зерна. Висота стерні при двофазному способі становить приблизно 15–18 см [7,8]. Скошені рослини укладають у валки, розміщуючи їх поперек напрямку посіву. Після дозрівання зерна та підсихання рослинної маси валки підбирають комбайнами для обмолоту. Підбір валків слід здійснювати не пізніше ніж через два–три дні після їх формування. Швидкість руху комбайна під час підбирання і обмолоту валків не повинна перевищувати 6 км/год.

Під час збирання незернової частини врожаю втрати не повинні перевищувати 6 %. Допустимі втрати соломи і полови під час скиртування становлять не більше 2 %, а рівень забруднення — до 1 %. Для запобігання псуванню соломи її вологість під час скиртування має бути не вищою за 20 %. Бажано, щоб прибирання соломи з поля здійснювалося одночасно зі збиранням зерна, при цьому слід уникати зайвих проходів техніки по полю. Облік урожайності проводять шляхом зважування зерна, яке надходить з поля на тік. Слід зазначити, що останніми роками незернову частину врожаю часто не заготовляють: соломі або подрібнюють і заробляють у ґрунт, або, в окремих випадках, спалюють безпосередньо на полях, що є законодавчо заборонено.

Первинна обробка та зберігання продукції.

Своєчасне проведення післязбиральної доробки зерна дозволяє зберегти високі посівні якості насіннєвого матеріалу. Для видалення домішок, насіння бур'янів та пошкоджених зерен здійснюють очищення, а для отримання вирівняного, крупного і повноцінного насіння основної культури — сортування.

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

Післязбиральну обробку зазвичай проводять на механізованих токах, починаючи з очищення зерна. Для цього використовують повітряно-очисні машини. Після очищення насіння підсушують у спеціальних зерносушарках або на відкритих токах до досягнення кондиційної вологості.

Якісне очищення та сортування зерна дає змогу отримати високоякісний насіннєвий матеріал і значно підвищує ефективність виробництва.

Зберігання насіннєвого матеріалу приділяють особливу увагу, оскільки порушення умов зберігання може призвести до зниження або втрати його посівних властивостей.

Перед надходженням зерна нового врожаю зерносклади ретельно готують. Після проведення ремонтних робіт та очищення приміщень здійснюють їх дезінфекцію, застосовуючи вапняково-керосинову емульсію або розчин каустичної соди. Для запобігання пошкодженню зерна комірними шкідниками, зокрема амбарним довгоносом, амбарним кліщем, хлібним пильщиком та іншими, використовують сірку або спеціальні інсектицидні препарати. З метою боротьби з гризунами застосовують відповідні родентициди, зокрема препарати на основі миш'яку чи вуглекислого барію.

У зерноскладі закладають насіння з вологістю не більше 14–14,5 %. Надмірно вологе зерно створює сприятливі умови для розвитку пліснявих грибів і розмноження комірних шкідників. Під час зберігання також дотримуються встановлених вимог до висоти насипу: у холодний період вона не повинна перевищувати приблизно 2,5 м, а в теплу пору року — близько 2 м.

У процесі зберігання систематично контролюють температуру зернової маси, її вологість і ступінь ураження шкідниками. Якщо спостерігається підвищення температури зерна, приміщення негайно провітрюють, а зерно за потреби додатково пропускають через зерноочисні машини.

Слід зазначити, що на сучасному етапі виробництво зерна ячменю в господарствах Кіровоградської області часто здійснюється із застосуванням мінімальної кількості технологічних операцій, що загалом сприяє підвищенню економічної ефективності та рентабельності виробництва.

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

Водночас за умов використання традиційних полицевих способів основного обробітку ґрунту виникає значна потреба в енергетичних ресурсах. Зменшити ці витрати можливо шляхом переходу на безвідвальний ґрунтозахисний обробіток із застосуванням відповідних агрегатів. Крім того, з огляду на кліматичні особливості регіону, для якого характерний дефіцит ґрунтової вологи, такий спосіб обробітку може бути більш доцільним і ефективним.

На основі проведеного аналізу технологічних процесів вирощування ярого ячменю запропоновано замінити енергоємний полицевий основний обробіток ґрунту на безполицевий плоскорізний. Для цього пропонується використовувати модернізований комбінований важкий культиватор КПМ-6, створений на базі культиватора КПМ-4. Основна конструктивна відмінність полягає у зміні ширини захвату культиваторних лап: у базовій моделі вона становить 420 мм, тоді як у модернізованому варіанті — 330 мм. Такі параметри робочих органів забезпечують більш інтенсивне кришення ґрунту, що має важливе значення для накопичення вологи в осінньо-зимовий період.

Додатково агрегат обладнано боронами з плоскими зубами та тупим кутом входження у ґрунт, що дозволяє ефективно розпушувати поверхневий шар без забивання рослинними рештками. Використання такої техніки сприятиме підвищенню продуктивності праці, поліпшенню якості виконання технологічних операцій, зменшенню витрат пального, а також створенню сприятливих умов для накопичення і збереження вологи у ґрунті. У результаті це може забезпечити зростання загальної ефективності вирощування ярого ячменю.

Висновок

На основі проведеного аналізу технологічних операцій вирощування ярого ячменю пропонуємо вдосконалити процес основного обробітку ґрунту шляхом застосування модернізованого важкого комбінованого культиватора КПМ-6. Для реалізації цього рішення передбачається внесення конструкційних змін до машини, спрямованих на підвищення надійності виконання технологічного

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

процесу за існуючих умов експлуатації. Зокрема, культиватор пропонується обладнати важкими культиваторними лапами із шириною захвату 330 мм.

Крім того, доцільним є проведення аналізу та техніко-економічного обґрунтування раціонального складу машинно-тракторного агрегату для виконання зазначеної операції. Це дасть можливість визначити найбільш ефективний засіб агрегування та забезпечити оптимальні умови роботи техніки. Усі запропоновані заходи спрямовані на підвищення продуктивності праці, зменшення витрат пального, створення сприятливих умов для накопичення та збереження вологи в ґрунті, що в підсумку сприятиме зростанню загальної ефективності вирощування ярого ячменю.

3. Розробка операційної технології виконання безвідвального обробітку ґрунту

3.1. Агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту

До роботи безполицевих ґрунтообробних знарядь, зокрема важких культиваторів, висувається ряд агротехнічних вимог щодо основних показників якості виконання технологічного процесу [9].

1. Дотримання заданої глибини обробітку ґрунту. Середнє значення фактичної глибини обробітку не повинно відхилятися від установленної більше ніж на $\pm 1,5-2$ см.
2. Якість кришення ґрунту. У розпушеному шарі ґрунту частка грудок розміром до 50 мм повинна становити не менше 75–80 %. Наявність грудок розміром понад 75 мм при глибині обробітку більше 14 см не допускається.
3. Гребенистість поверхні поля. Нерівності поверхні після обробітку не повинні перевищувати 6–8 см.
4. Збереження рослинних решток. Після виконання обробітку на поверхні поля може залишатися приблизно 55–60 % стерні та інших рослинних решток.

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

5. Вміст ерозійно-небезпечних часток ґрунту. Кількість частинок розміром менше 0,25 мм після обробітку не повинна збільшуватися, оскільки їх надлишок може сприяти розвитку ерозійних процесів.
6. Підрізання бур'янів. Робочі органи повинні забезпечувати повне підрізання бур'янів по всій ширині захвату.
7. Суцільність обробітку. Поява необроблених ділянок або пропусків на полі не допускається.

Слід зазначити, що вимога щодо збереження значної кількості стерні була сформована передусім для ґрунтообробних знарядь, призначених для боротьби з вітровою ерозією. В умовах Степової зони України більш доцільним є формування мульчованого шару з рослинних решток на поверхні ґрунту. Такий підхід сприяє зменшенню випаровування вологи та покращує водний режим ґрунту. Ефективність мульчування підвищується за умови зменшення ширини захвату плоскорізних робочих органів. Саме тому як основні робочі органи пропонується використовувати важкі культиваторні лапи із шириною захвату 33 см.

3.2. Обґрунтування складу та розрахунок агрегату для основного безвідвального обробітку ґрунту

Ефективність використання машинно-тракторних агрегатів значною мірою визначається правильністю поєднання трактора з робочою сільськогосподарською машиною для виконання конкретної технологічної операції, а також оптимальним співвідношенням тягових можливостей трактора і робочого опору агрегатованого знаряддя [10]. Тому перед вибором типу і марки трактора та відповідної сільськогосподарської машини необхідно враховувати низку чинників. До основних із них належать: наявність у господарстві енергетичних засобів і техніки, придатної для виконання необхідних робіт; природно-кліматичні умови проведення технологічної

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

операції, зокрема механічний склад ґрунту, попередник культури, стан поверхні поля, його конфігурація, довжина гонів, величина схилів тощо.

Відповідно до традиційної поширеної польової сівозміни ярий ячмінь у господарствах, згідно даних управління АПК в Кіровоградській області, вирощують на полях середньою площею 90–130 га, при цьому довжина гонів не перевищує 1100 м.. За механічним складом ґрунти більшості полів представлені важкими суглинками. Основним попередником виступають ранньостиглі гібриди соняшнику, а на окремих площах — соя. Крутизна схилів на окремих ділянках не перевищує 3 %.

З огляду на порівняно невисоку фактичну врожайність ярого ячменю, а також результати аналізу причин, які ускладнюють повне дотримання технології вирощування і пов'язані з використанням традиційних способів обробітку, пропонується застосувати безполицеві ґрунтообробні знаряддя. Зокрема, для підготовки ґрунту передбачається використання експериментального важкого комбінованого культиватора КПМ-6 [11].

Згідно з технічною характеристикою цього агрегату, найкраще виконання агротехнічних вимог за показником інтенсивності кришення ґрунту досягається при робочій швидкості в межах 7–12 км/год. Передбачається, що ґрунтообробна машина з шириною захвату 6м буде чинити значний тяговий опір,

Тому для її агрегування необхідно розглядати варіанти енергонасичених тракторів, серед наявних у багатьох господарствах ще є трактори марки Т-150К та К-701.

З метою визначення доцільності використання як енергетичного засобу даних тракторів, а також встановлення найбільш ефективної передачі їх роботи, необхідно виконати відповідні інженерні розрахунки. Це дозволить обґрунтувати оптимальний склад машинно-тракторного агрегату та режими його роботи для виконання даного технологічного процесу.

Так, швидкість наближену до 10 км/год. трактор Т-150К може забезпечувати на II і III передачах, а трактор К-701 на III і IV передачах.

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

Для вказаних передач визначимо тягові зусилля тракторів Т-150К та К-701 на гаку $P_{\text{гак}}(\text{кН})$ з урахуванням відповідних умов [10,12,13].

$$P_{\text{зак}} = \frac{10^4 \cdot N_e \cdot i_m \cdot \eta_{\text{мр}}}{n_{\text{об}} \cdot r} - G_{\text{мр}} \cdot (f + i) \quad (3.1)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна - $N_e = 121,4 \text{ кВт}$ для Т-150К та $198,6 \text{ кВт}$ для К-701;

i_T - передаточне число трансмісії - $i_T^2 = 52,5$; $i_T^3 = 42,7$ для Т-150К та $i_T^3 = 50,0$; $i_T^4 = 42,5$ для К-701;

$\eta_{\text{тр}}$ - механічний ККД трансмісії - $\eta_{\text{тр}} = 0,92$ та $\eta_{\text{тр}} = 0,92$ відповідно;

$n_{\text{дв}}$ – номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, хв^{-1} - $n_{\text{дв}} = 2100 \text{ хв}^{-1}$ для Т-150К та $n_{\text{дв}} = 1900 \text{ хв}^{-1}$ для К-701;

r_0 – дотичний радіус ведучих коліс, м (з технічної характеристики та з урахуванням прогину шин - $r_0 = 0,64\text{м}$ та $r_0 = 0,825$ відповідно;

$G_{\text{тр}}$ – маса трактора, Н - $G_{\text{тр}} = 76000 \text{ Н}$ трактора Т-150К, $G_{\text{тр}} = 122600 \text{ Н}$ для К-701;

F - коефіцієнт опору коченню – рекомендоване значення $f = 0,19$ та $f = 0,2$ відповідно

I - коефіцієнт максимальної величини підйому схилів на полі (згідно характеристики полів $i = 0,03$)

$$P_{\text{закТ-150}}^{\text{II}} = \frac{10^4 \cdot 121,4 \cdot 52,5 \cdot 0,92}{2100 \cdot 0,64} - 76000 \cdot (0,19 + 0,03) = 26,90 \text{ кН}$$

$$P_{\text{закТ-150}}^{\text{III}} = \frac{10^4 \cdot 121,4 \cdot 42,7 \cdot 0,92}{2100 \cdot 0,64} - 76000 \cdot (0,19 + 0,03) = 18,8 \text{ кН}$$

$$P_{\text{зак,К-701}}^{\text{III}} = \frac{10^4 \cdot 198,6 \cdot 50,0 \cdot 0,92}{1900 \cdot 0,825} - 122600 \cdot (0,05 + 0,03) = 48,49 \text{ кН}$$

$$P_{\text{зак,К-701}}^{\text{IV}} = \frac{10^4 \cdot 198,6 \cdot 42,5 \cdot 0,92}{1800 \cdot 0,825} - 122600 \cdot (0,05 + 0,03) = 39,746 \text{ кН}$$

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

Визначаємо теоретичну швидкість для обраних передач

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

$$v_{mT-150}^{II} = \frac{0,377 \cdot 2100 \cdot 0,64}{52,5} = 9,65 \text{ км / год}$$

$$v_{mT-150}^{III} = \frac{0,377 \cdot 2100 \cdot 0,64}{42,7} = 11,86 \text{ км / год}.$$

$$v_{m.K-701}^{III} = \frac{0,377 \cdot 1900 \cdot 0,825}{50,0} = 11,81 \text{ км / год}.$$

$$v_{m,K-701}^{IV} = \frac{0,377 \cdot 1900 \cdot 0,825}{42,5} = 13,9 \text{ км / год}.$$

Розрахуємо робочу швидкість руху агрегатів з врахуванням пробуксовування коліс трактора, км/год.

$$v_p = v_T \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) \quad (3.3)$$

де δ - коефіцієнт пробуксовування (згідно [10] $\delta = 6...20\%$), при роботі на стерні для тракторів Т-150К та К-701 $\delta = 5...10\%$ (приймаємо $\delta = 8\%$).

Для трактора Т-150К

$$v_{pT-150}^{II} = 9,65 \left(1 - \frac{8}{100} \right) = 8,88 \text{ км / год}.$$

$$v_{pT-150}^{III} = 11,86 \left(1 - \frac{8}{100} \right) = 10,9 \text{ км / год}.$$

Для трактора К 701

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

$$v_{p,K-701}^{III} = 11,81 \left(1 - \frac{8}{100} \right) = 10,8 \text{ км / год}.$$

$$v_{p,K-701}^{IV} = 13,9 \left(1 - \frac{8}{100} \right) = 12,7 \text{ км / год}.$$

За даними експериментальних досліджень [11] максимальний питомий тяговий опір комбінованого культиватора КПМ-6 з додатковими робочими органами у вигляді зубових борін з плоскими зубами на 1м ширини захвату при глибині обробітку 0,20м становить $K_o = 5,0$ кН при робочій швидкості $V=5$ км/год.

Величину питомого опору при збільшенні робочої швидкості визначимо за формулою:

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

$$K_{oT-150}^{v,II} = 5,0 \cdot \left[1 + 0.006(8.88^2 - 5^2) \right] = 6,61 \text{ кН}$$

$$K_{oT-150}^{v,III} = 5,0 \cdot \left[1 + 0.006(10,9^2 - 5^2) \right] = 7,81 \text{ кН}$$

$$K_{o,K-701}^{v,III} = 5,0 \cdot \left[1 + 0.006(10,8^2 - 5^2) \right] = 7,74 \text{ кН}$$

$$K_{o,K-701}^{v,IV} = 5,0 \cdot \left[1 + 0.006(12,7^2 - 5^2) \right] = 9,1 \text{ кН}$$

Визначимо робочий опір культиватора КПМ-6 з урахуванням його конструкційної ширини захвату.

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

де B – конструкційна ширина захвату ґрунтообробного агрегату, м, $B = 6$ м

Для трактора Т-150К при роботі на відповідних передачах

$$R_{вк}^{II} = K_o^{v,II} \cdot B = 6,61 \cdot 6 = 39,66 \text{ кН}$$

$$R_{вк}^{III} = K_o^{v,III} \cdot B = 7,81 \cdot 6 = 46,86 \text{ кН}$$

Для трактора К-701

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

$$R_{\text{вк}}^{\text{III}} = K_o^{\text{III}} \cdot B = 7,74 \cdot 6 = 46,44 \text{ кН}$$

$$R_{\text{вк}}^{\text{IV}} = K_o^{\text{IV}} \cdot B = 9,1 \cdot 6 = 54,6 \text{ кН}$$

Наведені розрахунки свідчать, що з розглянутих варіантів, за тяговим зусиллям та при швидкостях передбачених в інструкції по експлуатації культиватора КПМ-6 працездатним є варіант з використанням трактора К-701 при експлуатації його на третій робочій передачі. При цьому він буде здатен забезпечувати робочу швидкість $v_{p,K-701}^{\text{III}} = 10,8 \text{ км/год}$

Розрахуємо значення коефіцієнта використання тягового зусилля трактора.

$$\eta_{\text{тз}} = \frac{R_{\text{вк}}}{P_{\text{гак}}}; \quad (3.6)$$

$$\eta_{\text{тз}}^{\text{II}} = \frac{R_{\text{вк}}^{\text{III}}}{P_{\text{гак}}^{\text{III}}} = \frac{46,44}{48,49} = 0,95;$$

Визначимо змінну продуктивність, га/зм

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

де B_p – робоча ширина захвату агрегату, м; бм;

v_p – робоча швидкість, 10,8 км/год;

T_p – робочий час зміни;

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

де $T_{\text{зм}}$ - повний час зміни, ($T_{\text{зм}} = 7 \text{ год}$);

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

τ – коефіцієнт використання часу зміни (для ґрунтообробних агрегатів
рекомендовано $\tau = 0,86$);

$$T_p = 7 \cdot 0,86 = 6,02 \text{ год.}$$

За таних умов

$$W_{3M, K-701}^{III} = 0,1 \cdot 6 \cdot 10,8 \cdot 6,02 = 40,49 \text{ га / зм}$$

Розрахунок витрат палива в кг/га визначаємо за формулою [10,13]:

$$Q_{га} = \frac{Q_{3M}}{W_{3M}}; \quad (3.9)$$

де Q_{3M} – змінні витрати палива, кг/зм;

$$Q_{3M} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z; \quad (3.10)$$

де Q_p, Q_x, Q_z - витрати палива за годину відповідно під час робочих і холостих ходів та на зупинках з працюючим двигуном, кг/год

t_x, t_z - час який затрачають на холості ходи та зупинки з працюючим двигуном, год.

В більшості випадків рекомендовано приймати $t_x = t_z$

$$t_x = t_z = \frac{T_{3M} - T_p}{2} \quad (3.11)$$

$$t_x = t_z = \frac{7 - 6,02}{2} = 0,49 \text{ год.}$$

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

Згідно з [10] для тракторів марки К - 701, при роботі на третій передачі $Q_p = 36 \text{ кг} / \text{год}$; на холостих ходах і зупинках з працюючим двигуном $Q_x = 23,1 \text{ кг} / \text{год}$; $\vec{Q}_3 = 6,7 \text{ кг} / \text{год}$.

Отже, загальні змінні витрати палива становлять

$$Q_{3M} = 36 \cdot 6,02 + 23,1 \cdot 0,49 + 6,7 \cdot 0,49 = 231,2 \text{ кг} / \text{зм}$$

Тоді витрати палива в кг/га становитимуть:

$$Q_{ga} = \frac{Q_{3M}}{W_{3M}^{\Pi}} = \frac{231,2}{40,49} = 5,71 \text{ кг} / \text{га}$$

Згідно проведених розрахунків встановлено, що ґрунтообробний агрегат у складі трактора К - 701 і важкого комбінованого культиватора КПМ-6 з шириною захвату 6м має більшу продуктивність і менші витрати палива на третій передачі, порівняно з тракторами, які традиційно використовують при виконанні оранки ґрунту. При цьому є можливість у разі непередбаченого тимчасового підвищення тягового опору культиватора працювати на другій передачі.

3.3. Підготовка поля до роботи

Підготовка поля перед виконанням польових робіт передбачає очищення його від різноманітних перешкод, що можуть негативно впливати на якість функціонування машинно-тракторного агрегату. Крім того, на цьому етапі визначають оптимальний напрямок і спосіб пересування агрегату по полю. Під час вибору способу руху враховують характер технологічної операції, конфігурацію ділянки, довжину гонів, а також наявність і крутизну схилів. Обраний варіант організації руху повинен сприяти досягненню максимальної продуктивності та економічності роботи агрегату і водночас забезпечувати повне виконання встановлених агротехнічних вимог.

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

З огляду на те, що під час проведення основного безполицевого обробітку ґрунту із застосуванням важких комбінованих культиваторів після проходу агрегату формується вирівняна смуга обробленого ґрунту без звальних і розвальних борозен завширшки близько 6 м, найбільш доцільним є використання гонового човникового способу руху з петльовими поворотами.

3.3.1. Розрахунок ширини поворотних смуг

У разі застосування гонового способу пересування агрегату по краях поля необхідно передбачати спеціальні ділянки для виконання холостих заїздів і розворотів техніки. Ширина таких поворотних смуг визначається складом машинно-тракторного агрегату, а також типом виконуваних поворотів. У даному випадку, коли використовуються петльові повороти, ширина поворотної смуги становитиме [10]

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

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту трактора, м (для трактора К - 701 $R_{\min} = 5,2\text{м}$)

L_a – кінематична довжина ґрунтообробного агрегату.

Для причіпного ґрунтообробного агрегату

$$L_a = L_{\text{тр}} + L_{\text{м}}$$

де $L_{\text{тр}}$ – кінематична довжина трактора (для К-701, $L_{\text{тр}} = 1,63\text{м}$);

$L_{\text{м}}$ – кінематична довжина культиватора ($L_{\text{м}} = 3,95\text{м}$).

$$L_a = 1,63 + 3,95 = 5,58\text{м}$$

Тоді розрахункова ширина поворотної смуги становитиме

$$E = 3 \cdot 5,2 + 5,58 = 21,18\text{м}.$$

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

З урахуванням того, що ширина поворотної смуги повинна бути співрозмірною з шириною захвату культиватора, то приймаємо $E = 24\text{м}$, так як

$$E = K \cdot B_p$$

де K – число кратності

$$K = \frac{E}{B_p} = \frac{24,18}{6} = 3,53 \approx 4$$

Після заокруглення отримуємо

$$E = 6 \cdot 4 = 24\text{м}$$

3.3.2. Розбивання поля на загінки

На величину загінки у випадку застосування човникового способу руху агрегатів із петльовими поворотами переважно впливає загальна тривалість виконання польових робіт. Розміри загінки визначають таким чином, щоб агрегат міг безперервно працювати на відведеній ділянці протягом приблизно 2–3 робочих змін. Правильно підібрані параметри загінки сприяють скороченню довжини холостих переїздів техніки, а також зменшенню кількості звальних і розвальних борозен, що утворюються під час роботи полицевих плугів.

Крім того, для підвищення ефективності виконання технологічного процесу може одночасно використовуватися кілька однотипних або подібних за функціональним призначенням машин. Для забезпечення їх раціональної роботи поле поділяють на відповідні загінки з оптимальними параметрами.

У нашому випадку величину загінки визначають за такою формулою:

$$C = \frac{10^4 \cdot (2..3)W_{зм}}{L}, \quad (3.14)$$

де $W_{зм}$ – змінна продуктивність агрегату.

$$W_{зм} = 40,49 \text{ га/зм}$$

L – довжина гону, м, усереднене значення $L = 1100\text{м}$

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

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 40,49}{1100} = 1104_m$$

Розміри загінки необхідно узгодити з робочою шириною культиватора. Для цього розрахуємо кількість проходів ґрунтообробного агрегату при обробітку однієї загінки.

$$n = \frac{C}{B_p} = \frac{1104}{6} = 184 \quad (3.15)$$

Приймаємо $n = 184$ проходи

Кількість загінок визначимо за формулою

$$n_z = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C}, \quad (3.16)$$

де F – загальна площа поля (усереднене значення $F = 95$ га);

L – довжина гону ($L = 1100$ м);

C – ширина загінки ($C = 1104$ м)

$$n_z = \frac{10^4 \cdot 95}{1104 \cdot 1100} = 0,78_{шт}$$

Отже, розбивати поле на загінки немає потреби, так як при отриманих показниках виконання технологічного процесу поле розмірами 1100 x 863 м буде оброблене одним агрегатом менше ніж за одну зміну.

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

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

Результативність виробництва продукції рослинництва значною мірою визначається раціональною організацією виробничих процесів, максимально можливим використанням технічного потенціалу машинно-тракторних агрегатів та правильним виконанням кожної технологічної операції. Операційна технологічна карта є системою регламентованих технологічних положень і вимог, що встановлюють чітку послідовність і порядок здійснення виробничих операцій.

У такій карті наводяться основні параметри виконання роботи: характеристика умов праці та агротехнічні вимоги, порядок підготовки машинно-тракторного агрегату і поля до проведення операції, обраний спосіб руху агрегату та рекомендований швидкісний режим. Також у ній визначаються показники продуктивності агрегату, норми витрат пального та методи контролю якості виконання технологічного процесу. Окрім цього, зазначаються додаткові розрахункові показники, зокрема тривалість одного виробничого циклу, робоча довжина загінки, технічна продуктивність агрегату за цикл, кількість циклів, що виконуються протягом зміни, а також витрати пального за зміну.

Для розрахунку тривалості одного циклу використовують таку формулу [10]:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12L_p}{10^2 \cdot \vartheta_p} + 2t, \quad (3.17)$$

де L_p – довжина робочої частини загінки, м;

ϑ_p – робоча швидкість агрегату, км/год, 10,8 км/год;

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

$$L_p = L - 2E, \quad (3.18)$$

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

де L – загальна довжина загінки, м ($L = 1100$);

E – ширина поворотної смуги, м ($E = 24$)

Тоді робоча довжина загінки становить

$$L_p = 1100 - (2 \cdot 24) = 1052 \text{ м},$$

а тривалість циклу

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 1052}{100 \cdot 10,8} + 2 \cdot 1,5 = 14,7 \text{ хв} \approx 0,24 \text{ год}.$$

Технічна продуктивність агрегату за один цикл становить, га/ц

$$W_{\text{ц}} = 0,1 B_p \cdot v_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau \quad (3.19)$$

Підставивши значення складових, B_p , v_p , $T_{\text{ц}}$, τ , отриманих за результатами попередніх розрахунків маємо

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 6 \cdot 10,8 \cdot 0,24 \cdot 0,86 = 1,34 \text{ га/ц}$$

Загальна кількість циклів за зміну

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}} = \frac{40,49}{1,34} = 30,21 \text{ ц / зм}. \quad (3.20)$$

3.4.1. Контроль основних показників якості виконання основного безвідвального обробітку ґрунту.

Глибину обробітку ґрунту визначають за допомогою вимірювальної лінійки-стержня, виконуючи вимірювання по діагоналі обробленої ділянки поля. Кількість повторних вимірювань повинна становити приблизно 15–25 разів.

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

Допустиме відхилення середнього фактичного значення глибини від встановленої норми обробітку допускається в межах $\pm 1,5-2$ см. Якщо вимірювання проводять відразу після обробітку ґрунту, отримане середнє значення глибини зменшують на 20 %, а після природного ущільнення ґрунту — на 10 %. Нерівномірність глибини обробітку допускається в межах 15–20 % [9].

Ступінь подрібнення ґрунту визначають методом ситового аналізу на глибині виконаного обробітку. Для цього з розпушеного шару відбирають зразок ґрунту певного об'єму і просіюють його через сито з отворами діаметром 50 мм. У результаті відокремлюють ґрунтові агрегати розміром менше 50 мм і більше 50 мм, після чого їх масу або об'єм співвідносять із загальною масою чи об'ємом відібраного зразка та визначають відсоткове співвідношення кожної фракції.

Гребенистість поверхні після обробітку оцінюють за допомогою профіломіра або двометрової планки, виконуючи вимірювання через кожні 10 см. Планку накладають на поверхню поля приблизно 10–12 разів. Отримані значення висоти гребенів і глибини западин фіксують у журналі спостережень. Середній показник висоти гребенів та глибини западин не повинен перевищувати 6–8 см.

Повноту підрізання бур'янів встановлюють шляхом послідовного вилучення рослин із ґрунту на визначеній обліковій площі. При цьому підраховують загальну кількість бур'янів та кількість тих рослин, що залишилися непідрізаними після виконання обробітку. За наявності таких рослин визначають їх частку у відсотках від загальної кількості. За агротехнічними вимогами непідрізаних бур'янів бути не повинно.

Суцільність обробітку ґрунту та наявність пропусків оцінюють візуальним методом. Поява огріхів під час виконання цієї технологічної операції не допускається.

На підставі виконаних розрахунків і відповідних обґрунтувань складаємо операційну технологічну карту, що наведена в ілюстраційних матеріалах роботи.

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

Висновки

Перехід від відвального способу обробітку ґрунту до безвідвального дав змогу підвищити продуктивність праці на 25,6 га за зміну, скоротити витрати праці на 89,48 люд.-год., а також зменшити витрати пального на 5,84 ц на кожні 100 га площі. Відповідні зміни в технології вирощування ярого ячменю відображені у технологічній карті (див. ілюстраційний матеріал).

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

4. Інженерна частина

4.1. Особливості конструкції універсального культиватора КПМ-6 та зміст його удосконалення

Культиватор призначений для розпушування ґрунту в осінній і весняний періоди під час виконання основного та поверхневого обробітку, а також, за потреби, для загортання в ґрунт мінеральних добрив.

Агрегат працює у поєднанні з тракторами тягового класу 3–5 і приєднується до них причіпним способом. Його можна використовувати на полях із нахилом до 8° на ґрунтах, вологість яких не перевищує 27 %, а твердість становить до 3,5 МПа. Причіпний культиватор має рамну конструкцію, у якій робочі органи розміщені у три ряди з рівномірним інтервалом.

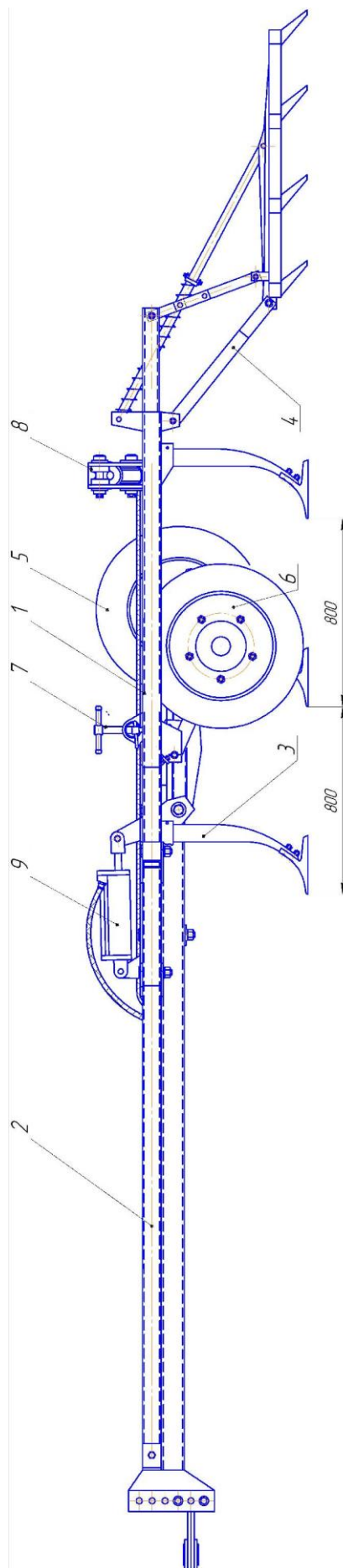
Культиватор (рис. 4.1) складається з таких основних елементів: рами (1), причіпного пристрою — сніці (2), важких культиваторних лап, установлених на жорстких стійках (3), а також борін із плоскими зубами та тупим кутом входження в ґрунт (4). Борони кріпляться до рами за допомогою кронштейнів і притискаються до поверхні ґрунту спеціальними штангами.

Глибину обробітку регулюють гвинтовим механізмом (7) шляхом зміни положення опорних коліс (5 і 6). Переведення машини з робочого положення у транспортне здійснюється передачею зусилля від гідроциліндра (9) до кронштейнів вилок опорних коліс (5). Піднімання та опускання бічних секцій під час транспортування культиватора дорогами загального користування виконується за допомогою гідроциліндра (8). Гідросистема культиватора отримує мастило під тиском від гідравлічної системи трактора.

Рама культиватора являє собою зварну конструкцію, виготовлену з порожнистих брусів.

Приєднання культиватора до трактора здійснюється за допомогою сніці. На ній встановлено шарнір, положення якого може змінюватися у вертикальній площині. Це забезпечує можливість агрегування машини з тракторами різних марок і тягових класів, для яких характерна різна висота розташування серги.

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



1 – Рамa, 2 – Причіп, 3 – Важки культиваторні лапи, 4 – Борони з плоскими зубами, 5 – Опорні колеса центральної секції, 6 – Опорні колеса секції, 7 – Механізм регулювання глибини обробітку ґрунту центральної секції, 8 – Гідроциліндр підіймання секції, 9 – Гідроциліндр передення культиватора з робочого в транспортне положення і напалки

Рис. 4.1. Культиватор універсальний комбінований КПМ-6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КПМ 00.000.ПЗ

Арк.

33

Страхувальний ланцюг, розташований на сніці, призначений для запобігання небезпечним наслідкам у разі аварійного від'єднання культиватора від трактора.

Транспортна ширина культиватора становить менше ніж 4,4 м, що забезпечує можливість його безпечного перевезення дорогами загального користування. Переведення машини з робочого положення у транспортне та назад здійснюється безпосередньо з робочого місця тракториста за допомогою гідравлічної системи трактора.

Механізм регулювання глибини ходу виконаний у вигляді гвинтової пари. Під час закручування або відкручування гвинта змінюється положення колеса відносно рами. Один повний оберт гвинта забезпечує зміну глибини обробітку ґрунту приблизно на 15 мм.

Основними робочими органами є стрілчасті лапи із шириною захвату 420 мм. Вони мають індивідуальне кріплення і забезпечують розпушування ґрунту на задану глибину.

Додатковими робочими органами виступають зубові борони, призначені для подрібнення ґрунту, попередньо розпушеного лапами. Вони встановлюються позаду лап і розміщуються по всій ширині захвату культиватора.

Конструктивне виконання кронштейнів рами дає змогу встановлювати на культиватор різні типи борін. Залежно від навантаження, що припадає на один зуб, борони поділяють на важкі, середні та легкі (посівні). Зуби борін можуть бути прямими — із квадратним, круглим, овальним або прямокутним перетином, а також лапчастими чи зігнутими з пружинними стійками.

Зуб із квадратним поперечним перетином має скошений кінець. Якщо зуби встановлені так, що скіс спрямований у бік руху агрегату, глибина обробітку буде більшою, ніж у випадку їх розміщення зі скосом у протилежному напрямку.

Під час підготовки агрегату до роботи тип борін підбирають залежно від стану ґрунту. Для розпушування щільних і запливаючих ґрунтів застосовують

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

важкі борони. Під час комплектування агрегату бажано використовувати борони однієї марки.

При використанні звичайних зубових борін перевіряють довжину зубів у кожній ланці. Для цього ланку встановлюють на рівну поверхню і переконуються, що зазор між кінцями зубів і площиною майданчика не перевищує 10 мм. Зуби меншої довжини підлягають заміні. Зуби зі скошеними кінцями повинні бути орієнтовані однаково, тобто скосом в один бік. Якщо кількість борін парна, їх розміщують симетрично відносно центра бруса культиватора.

Борони приєднують до культиватора за допомогою кронштейнів. Під час роботи всі зуби повинні заглиблюватися в ґрунт на однакову глибину. Якщо передні зуби працюють мілкіше, ніж задні, необхідно зменшити тиск на борони з боку натискних штанг.

З огляду на те, що останнім часом у багатьох агропромислових підприємствах машинно-тракторний парк поповнюється енергонасиченими тракторами тягового класу 5, виникає потреба у більш ефективному їх використанні. Для цього доцільно збільшувати ширину захвату ґрунтообробних машин. Одночасно, з метою накопичення вологи в зимовий період, необхідно забезпечити більш інтенсивне подрібнення ґрунту. Досягти цього пропонується шляхом оснащення культиватора важкими культиваторними лапами із шириною захвату 33 см.

Для реалізації зазначеного завдання передбачається розроблення нової схеми розміщення робочих органів їх конструкцію та відкорегувати конструкцію рами для їх встановлення.

4.2. Обґрунтування взаємного розташування робочих органів

З урахуванням важких умов роботи культиватора в осінній період, коли на поверхні поля знаходяться рештки рослин попередників, лапи для розпушення ґрунту доцільно розташовувати у три ряди.

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

Оптимальна відстань між рядами [14,15]

$$L = v / \operatorname{tg}[90^\circ - (\gamma + \varphi^1)] \quad (4.1)$$

де γ – півкута розхилу лез лапи;

φ^1 – кут тертя ґрунту по лезу, приймаємо $\varphi^1 \approx 30^\circ$;

v – ширина лапи, см, $v=33$ см.

Кут розхилу лез лапи має велике значення для якості роботи, яку виконує лапа.

Схема взаємодії леза лапи з коренем бур'яну представлена на рис.4.2.

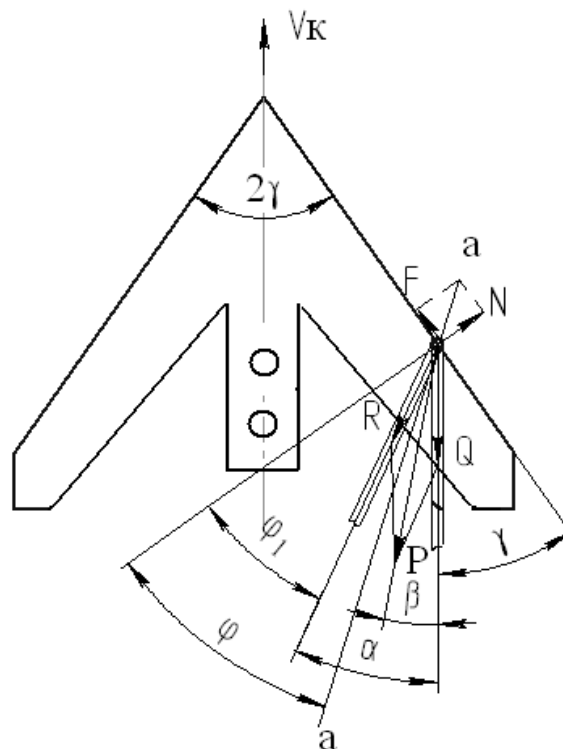


Рис. 4.2 – Схема взаємодії леза лапи з коренем бур'яну

Та частинка кореня, яка стикається з лезом, знаходиться під дією основних сил R та Q і незначною лобовою силою, яка забезпечує ковзання кореня по лезу. Ковзання стає можливим, якщо рівнодіюча сила P складових R та Q проходить поза межами кута φ тертя кореня об лезо лапи.

Вектор сили Q утворює з лезом лапи кут γ .

Крайнім станом дії сили P є стан, коли сила P орієнтована по лінії $a - a$, тобто

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$\gamma = 90^\circ - (\varphi + \beta) \quad (4.2)$$

де β – кут між напрямком дії рівнодіючої сили та напрямком руху лапи.
Припустимо, що $R = Q$, тоді

$$\beta = \alpha/2 \quad (4.3)$$

де α – кут між векторами сил R та Q .
При крайньому стані дії сили R

$$\beta = \varphi - \varphi^1, \text{ тоді } \gamma = 90^\circ - (2\varphi - \varphi^1) \quad (4.4)$$

де φ^1 – кут внутрішнього тертя ґрунту, приймаємо рекомендоване значення $\varphi^1 = 30^\circ$

Лінія $a - a$ є межею дії кута тертя φ . Таким чином, для забезпечення процесу різання з ковзанням необхідне виконання умови

$$\gamma \leq 90^\circ - (2\varphi - 30^\circ) \quad (4.5)$$

Кут тертя бур'яну об лезо лапи, з дослідних умов, становить $\varphi = 45^\circ$, тоді

$$\gamma \leq 90^\circ - (2 \cdot 45^\circ - 30^\circ) = 30^\circ \quad (4.6)$$

$$\text{або } 2\gamma = 60^\circ$$

Зменшення кута 2γ призводить до збільшення кількості лап на культиваторі, а збільшення – до нависання рослинних решток на крилах лапи.

Тому, з метою зниження тягового опору та зменшення ймовірності забивання культиватора рослинними рештками, та з урахуванням експериментальних даних щодо роботи подібних за призначенням

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

культиваторів, приймаємо для культиватора, що модернізуємо, стандартну ширину лапи $B = 330$ мм.

Визначаємо раціональну відстань між рядами лап по напрямку руху

$$L = 330 / \operatorname{tg}[90^\circ - (30^\circ + 30^\circ)] = 578,9 \text{ мм або } 0,578 \text{ м}$$

З конструктивних міркувань, з урахуванням розташування лап у три ряди, приймаємо

$$L = 800 \text{ мм. (рис. 4.3)}$$

Розрахуємо необхідне перекриття між лапами за формулою

$$C = L \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (4.7)$$

де δ – максимальний кут випадкового відхилення культиватора від напрямку руху, приймаємо рекомендоване значення $\delta = 4^\circ$

тоді

$$C = 0,8 \cdot \operatorname{tg} 4^\circ \approx 0,05 \text{ м} = 50 \text{ мм}$$

Розрахуємо загальну кількість робочих органів на культиваторі

$$n = (B - c) / (b - c) \quad (4.8)$$

Підставивши відомі значення, отримуємо

$$n = (6000 - 50) / (330 - 50) = 21,25$$

З урахуванням конструктивних особливостей розташування робочих органів на рамі культиватора приймаємо $n = 23$

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

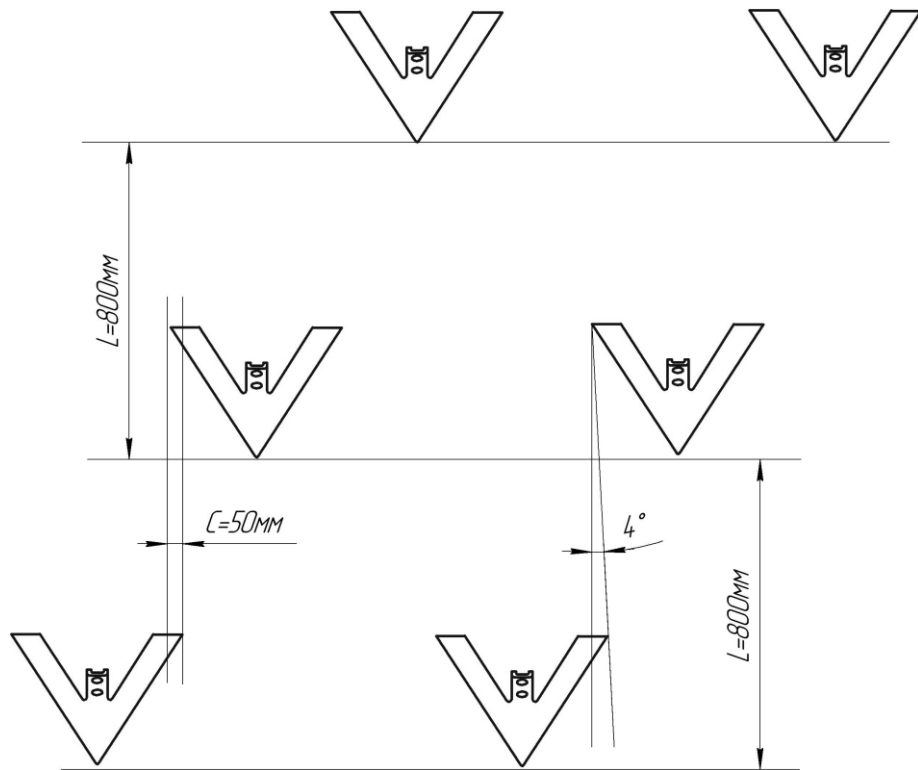


Рис. 4.3 – Схема розташування лап у три ряди на культиваторі для суцільного обробітку ґрунту

4.3. Перевірка обраного агрегату на поздовжню стійкість

Під час проектування нових машин уже на початкових етапах необхідно забезпечувати узгодження між продуктивністю агрегату, способом його агрегування та потужністю трактора [14,15]. Саме спосіб агрегування і потужність енергетичного засобу значною мірою визначають конструктивну побудову машини, а також економічну ефективність використання агрегату.

Окрім цього, важливо забезпечити безпечність роботи агрегату, яка значною мірою залежить від його стійкості. Під стійкістю розуміють здатність машини протистояти зовнішнім силам, що можуть викликати відхилення від стану рівноваги. Порушення нормального рівноважного положення машини, яке може призвести до аварійних ситуацій, проявляється у вигляді перекидання, сповзання або бокового заносу, втрати керованості колісного ходу внаслідок надмірного зменшення тиску на керовані колеса або їх перевантаження, а також

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

у зниженні надійності та довговічності коліс, осей і шин через перевищення допустимих навантажень.

Стійкість колісних машин залежить від ряду конструктивних і експлуатаційних чинників, зокрема від колісної бази, ширини колії, розташування центра мас, зчеплення коліс із ґрунтом, стану поверхні ґрунту та нахилу рельєфу поля або дороги. Порушення стійкості машинно-тракторного агрегату може відбуватися як у поздовжньому, так і в поперечному напрямку.

Поздовжня стійкість машинно-тракторного агрегату переважно визначається умовою можливого перекидання трактора. Таке перекидання у поздовжній площині може виникати під час руху агрегату на підйом або на спуск. Розглянемо умову перекидання колісного трактора марки К-701, агрегатованого з причіпним культиватором КПМ-6, який рухається вгору по схилу під кутом α до горизонтальної площини (рис. 4.4.).

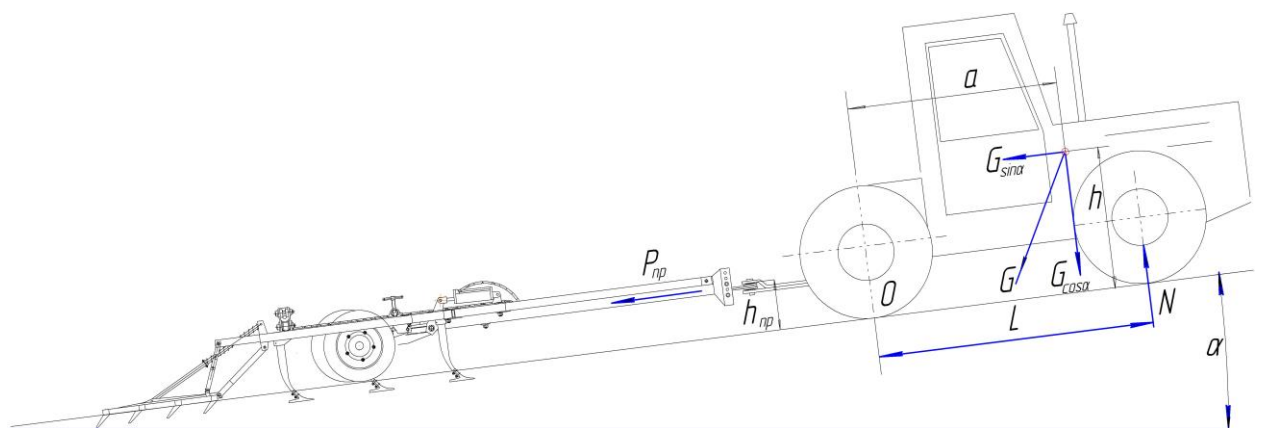


Рис. 4.4. Схема для визначення сил, які діють на колісний трактор, при рухові на підйом з причіпною ґрунтообробною машиною.

Перекидання трактора в складі представленого ґрунтообробного агрегату найбільш ймовірне відносно точки O . Складемо рівняння моментів усіх сил відносно даної точки O

$$NL = G \cdot a \cdot \cos \alpha - G \cdot h \cdot \sin \alpha - P_{кр} \cdot h_{кр} \quad (4.9)$$

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

де N – реакція ґрунту на керовані колеса, Н;

L – поздовжня база трактора, м (3,2м) [10];

G – маса трактора, Н (131000Н);

a, h – координати центра маси трактора, м ($a = 1,82, h = 0,966$ м) [14];

α - кут підйому схилу до горизонту, град $\alpha = 4^\circ$;

$P_{кр}$ - сила тяги на крюкові трактора, Н, (45000 н);

$h_{кр}$ - висота розташування шарніра кріплення снічі культиватора до серьги трактора, м (0,7м).

Порушення стійкості колісного трактора відбувається при певному критичному кутові схилу, який визначають за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha_{кр} = \left(G^2 a \cdot h - P_{кр} \cdot h_{кр} \sqrt{G^2 \cdot (h^2 + a^2) - P_{кр}^2 \cdot h_{кр}^2} \right) / (G^2 \cdot h^2 - P_{кр}^2 \cdot h_{кр}^2) \quad (4.10)$$

Підставивши необхідні значення, отримаємо значення даного кута

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_{кр} &= \left(131000^2 \cdot 1,82 \cdot 0,966 - 45000 \cdot 0,7 \sqrt{131000^2 \cdot (0,966^2 + 1,82^2) - 45000^2 \cdot 0,7^2} \right) / \\ &/ (131000^2 \cdot 0,966^2 - 45000^2 \cdot 0,7^2) = 0,1227 \\ \alpha_{кр} &= 7^\circ \end{aligned}$$

Враховуючи те, що максимальні схили, які можуть зустрічатися в межах роботи агрегату не перевищують 3 град., то стійкість ходу агрегату в поздовжній площині забезпечена.

5. Охорона праці

5.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Під час експлуатації модернізованого культиватора можуть виникати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які становлять загрозу для обслуговуючого персоналу. До них належать:

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- наявність рухомих і обертових частин та механізмів (механізм піднімання і опускання культиватора, а також переміщення самого машинно-тракторного агрегату);
- можливість виникнення небезпечної ситуації під час переведення культиватора з робочого положення у транспортне;
- підвищена запиленість у зоні роботи механізатора;
- наявність гострих кромek і шорстких поверхонь окремих деталей машини (зокрема кільчасто-шпорових котків, елементів рами тощо);
- забивання робочих органів ґрунтом;
- виконання технічного обслуговування із застосуванням паливно-мастильних матеріалів;
- можливість виникнення пожежонебезпечних ситуацій.

5.2. Інструкція з охорони праці під час роботи з культиватором

Під час експлуатації культиватора з метою запобігання нещасним випадкам забороняється [16]:

- здійснювати рух агрегату зі швидкістю понад 15 км/год;
- залишати культиватор у піднятому положенні;
- проводити ремонтні роботи, змащування, підтягування кріпильних елементів або очищення робочих органів під час руху агрегату чи при працюючому двигуні трактора;
- перебувати стороннім особам поблизу культиватора під час регулювання механізму гідропідйомника або переведення машини у транспортне положення;
- транспортувати культиватор у темний час доби без наявності світловідбивачів.

Усі роботи, пов'язані з технічним обслуговуванням і ремонтом, необхідно виконувати лише тоді, коли культиватор відчеплений від трактора або опущений на поверхню ґрунту, а двигун трактора повністю зупинений.

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

Під час далеких переїздів слід застосовувати транспортний пристрій. Якщо транспортування здійснюється дорогами незадовільної якості або через містки, швидкість руху агрегату не повинна перевищувати 5 км/год.

Для того щоб один механізатор міг безпечно виконувати переведення культиватора з робочого положення у транспортне і навпаки, перед агрегуванням необхідно правильно відрегулювати начіпний пристрій трактора відповідно до рекомендацій, наведених в інструкції з експлуатації.

Щоб запобігти самовільному опусканню культиватора під час транспортних переїздів, начіпну систему трактора слід зафіксувати у транспортному положенні спеціальним механічним фіксатором.

Загальні висновки

Удосконалення технології вирощування ярого ячменю, яке передбачає запровадження іншого способу основного обробітку ґрунту на основі обґрунтованого складу та режимів роботи ґрунтообробного агрегату в складі трактора К-701 та універсального культиватора КПМ-6, відкриває можливість підвищення загальної ефективності виробництва у фермерських господарствах центральних регіонів країни. Використання культиватора для суцільного обробітку ґрунту повинно сприяти здешевленню сільськогосподарської продукції за рахунок скорочення витрат пального, витрат праці, збільшення продуктивності праці та покращання якості обробітку ґрунту. Це досягається за рахунок встановлення важких культиваторних лап шириною захвату 33 см та використання в якості засобу агрегування трактора К-701.

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

Література

1. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій, О.М. Погорілець, І.І. Ревенко та ін.; за ред. В.Д. Гречкосія.— 2-е вид. Перероб. і доп.— К.: Урожай, 1991.— 400 с.
2. Кириченко В. В. Рослинництво. Київ : Урожай, 2019. 640 с.
3. Шевніков М. Я. Технології вирощування зернових культур. Полтава : ФОП Говоров, 2020. 420 с.
4. Технології та технологічні проекти вирощування основних сільськогосподарських культур : навч. посіб. Житомир : ЖНАЕУ, 2022. 320 с
5. Харлінський В. В. Вплив мінеральних добрив на формування урожаю ячменю ярого : магістерська робота. Львів : ЛНУП, 2024. 92 с.
6. Біоекологічні особливості ячменю посівного. AgroBusiness. URL: <https://agro-business.com.ua> (дата звернення: 07.03.2026).
7. Рекомендації сільгоспвиробникам. Особливості збирання і зберігання врожаю зернових культур... *Kramatorska міська рада*. URL: <https://krm.gov.ua/rekomendatsiyi-silgospvirobnykam-osoblyvosti-zbyrannya-i-zberigannya-vrozhayu-silskogospodarskyh-kultur-z-nasinnyskyh-dilyanok> (дата звернення: 2026-02-17).
8. Збирання зернових культур: способи, терміни і техніка. *Speedinfo.com.ua*. URL: <https://speedinfo.com.ua/hroshi/zbirannya-zernovikh-kultur-sposobi-termini-i-tekhnika.html> (дата звернення: 2026-02-17).
9. О. Гайденко. Основні агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту та сівби. / Механізація АПК / Вікторок, 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>
10. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу «Механізація, електрифікація, автоматизація сільськогосподарського виробництва», розділ «Експлуатація Машино-тракторного парку» для студентів

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

спеціальності -7.130102 – «Агрономія»/Укл.: П.Г.Лузан, І.М.Осипов, В.М.Сало, С.М.Мороз. – Кіровоград. КДТУ, 1999.-44с.

11. Культиватори причіпні універсальні КПМ-4-6. Будова та Інструкція по експлуатації. Кіровоград, КОД, 2010. 30 с.

12. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В.І. Пастухова. Харків: Веста, 2001. 343 с.

13. 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.

14. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч.закл. із спец. „Машини та обладнання с.-г. вир-ва”/За ред. М.І.Черновола. К.: Урожай, 2001.-384с.

15. 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

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

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

ДОДАТКИ

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