

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 жита з удосконаленням
конструкції подрібнювача рослинних решток КП-4,5

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

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Валько Юрій Павлович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

професор, докт. техн. наук

_____ Василь САЛО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

д. т. н., професор

_____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО

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 програма
«Агроінженерія»-----

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

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

Валько Юрія Павловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) «Механізація вирощування жита з
удосконаленням конструкції подрібнювача рослинних решток
КП-4,5»
- Керівник роботи (проекту) Сало Василь Михайлович
докт. техн. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- Строк подання роботи до захисту 01.06.2026р
- Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Удосконалення технології вирощування жита
- Графічна частина 1. Технологічна карта – А1; Операційна технологічна
карта- А-1; 3 – Коток-подрібнювач рослинних решток КП-4,5- А1;
4 – Ножовий барабан – А2х3; 5 – Вилка-А3; 6 - Деталювання –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 жита	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

_____ Валько Ю.П.
(прізвище та ініціали)

[illegible]

Зміст

№ п/п	Назва розділу, підрозділу	Стор.
1	Вступ	6
2	Аналіз типових технологій вирощування жита з визначенням шляхів її удосконалення	8
3	Операційна технологія подрібнення рослинних решток перед основним обробітком ґрунту під вирощування жита	18
3.1	Призначення операції	18
3.2	Обґрунтування складу машино – тракторного агрегату для подрібнення рослинних решток та розрахунок режимів його роботи.	18
3.3.	Розрахунок техніко-економічних показників роботи агрегату	21
3.4.	Підготовка агрегату для подрібнення рослинних решток до роботи	23
3.5.	Підготовка поля і рух агрегату в загінці	24
3.6.	Контроль якісних показників виконання технологічного процесу	26
3.7.	Розроблення операційної технологічної карти процесу подрібнення рослинних решток	27
4.	Інженерна частина	29
4.1.	Стан питання про машину, що модернізується	29
4.2.	Розрахунок механізму підіймання котка	31
4.3.	Розрахунок опорного колеса.	33
4.4.	Розрахунок підшипників ножового барабана	34
5	Охорона праці	39
5.1.	Оцінювання небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що можуть виникати під час роботи котка-подрібнювача рослинних решток	39
5.2.	Розроблення заходів щодо поліпшення умов праці та усунення небезпечних і шкідливих виробничих чинників	40
5.3.	Інструкція з охорони праці під час роботи з агрегатом, оснащеним котком-подрібнювачем	40
	Висновки	42
	Список використаних джерел	43
	Додатки	46

Вступ

Зернове виробництво належить до стратегічно важливих і водночас найбільш результативних галузей національної економіки. Сприятливі природно-кліматичні умови та високий рівень родючості ґрунтів України створюють передумови для успішного вирощування широкого спектра зернових культур і отримання якісного продовольчого зерна.

Для повного задоволення зростаючих потреб населення у продуктах харчування особливого значення набуває нарощування обсягів виробництва зерна як ключової сировини для виготовлення основного харчового продукту — хліба. Пріоритети розвитку галузі окреслені програмою «Зерно України», відповідно до якої передбачено довести середньорічний валовий збір зерна в Кіровоградській області до 2200 тис. тонн.

Водночас підкреслюється, що зростання обсягів виробництва має забезпечуватися насамперед шляхом підвищення врожайності культур. Це, у свою чергу, зумовлює посилення вимог до якості виконання всіх технологічних операцій вирощування зернових, зокрема процесів основного та поверхневого обробітку ґрунту.

Слід зазначити, що економічна ефективність виробництва значною мірою залежить від раціональної організації та результативності всіх складових загальної технології вирощування конкретної культури. Особливого значення набувають енергозберігаючі та екологічно безпечні способи обробітку ґрунту, які створюють передумови для впровадження сівби по мінімально підготовленому ґрунту або застосування технологій нульового обробітку.

					КП 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Валько Ю.П.						
Перев.		Сало В.М.						
Н.контр.		Артеменко Д.						
Затвер.		Васильковський						
					Літера			Аркуш
								Аркушів
								6
								ЦНТУ, гр. АІ -23мб-1.2

У зв'язку з цим актуалізується необхідність розроблення та широкого впровадження вітчизняних машин нового типу — подрібнювачів рослинних решток. Використання таких технічних засобів забезпечує формування мульчувального шару на поверхні ґрунту незалежно від подальшої системи обробітку, сприяє збереженню вологи та зменшує ризик вітрової й водної ерозії. Тому створення та вдосконалення конструкцій спеціалізованих машин для подрібнення післяжнивних решток, особливо після культур із грубим стеблом, є надзвичайно актуальним завданням.

У цій кваліфікаційній роботі запропоновано заходи з удосконалення технології вирощування жита на прикладі окремого господарства, а також представлено модернізовану конструкцію котка-подрібнювача КП-4,5, спрямовану на підвищення надійності роботи та покращення якості виконання технологічного процесу подрібнення рослинних решток.

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

2. Аналіз типових технологій вирощування жита з визначенням шляхів їх удосконалення

Господарська цінність та біологічні особливості жита

Жито посівне — *Secale cereale L.* — належить до родини тонконогових і є однією з традиційних зернових культур помірного кліматичного поясу. В аграрному виробництві України воно займає стабільне місце як продовольча, кормова та частково технічна культура. Його стратегічна значущість обумовлена здатністю формувати врожай у ґрунтово-кліматичних умовах, менш сприятливих для вирощування озимої пшениці, що підвищує стійкість зернового виробництва в цілому.

На відміну від більшості інших злаків, жито характеризується підвищеною екологічною пластичністю. Воно демонструє високу морозостійкість (витримує зниження температури до $-20\ldots-25$ °С за наявності снігового покриву), розвинену кореневу систему стрижнево-мочковинного типу та інтенсивне осіннє кушіння. Завдяки цьому культура здатна ефективно використовувати запаси вологи з глибших горизонтів ґрунту та формувати задовільну густоту стояння навіть за помірного забезпечення вологою [1].

Біологічна особливість жита полягає у його меншій вибагливості до родючості ґрунту. Воно може вирощуватися на дерново-підзолистих, супіщаних і легкосуглинкових ґрунтах Полісся, а також на опідзолених чорноземах Лісостепу. У степових районах культура поступається за врожайністю пшениці через дефіцит вологи, проте за умов ранніх строків сівби та достатнього осіннього розвитку здатна формувати стабільний урожай.

З господарської точки зору жито має кілька важливих переваг:

- стабільність урожайності за контрастних погодних умов;
- здатність пригнічувати бур'яни завдяки швидкому початковому росту;

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

- придатність до використання як сидеральної культури;
- менші виробничі витрати порівняно з більш інтенсивними зерновими культурами.

Зерно жита використовується для виробництва борошна, круп, спирту та комбікормів. Крім того, солома може застосовуватися як підстилковий матеріал або сировина для біоенергетики. В умовах сучасного аграрного виробництва зростає інтерес до жита як елемента екологічно орієнтованих систем землеробства, зокрема у мінімальних та нульових технологіях обробітку ґрунту.

Фізіологічні особливості культури зумовлюють підвищені вимоги до строків сівби. Надто рання сівба сприяє переростанню рослин і зниженню їх зимостійкості, тоді як запізнення зі строками призводить до недостатнього розвитку вузла кущіння перед входженням у зиму. Таким чином, оптимізація строків сівби є ключовим елементом технології вирощування.

Важливою біологічною рисою є також висока реакція культури на азотне живлення навесні. Надлишкові дози азоту можуть спричиняти вилягання посівів, що вимагає застосування регуляторів росту або вибору сортів із підвищеною стійкістю до полягання.

У сучасних умовах господарювання спостерігається тенденція до впровадження гібридних форм жита, які характеризуються підвищеним потенціалом урожайності та кращою адаптивністю до інтенсивних технологій. Разом із тим, гібридні форми потребують більш чіткої технологічної дисципліни щодо живлення та захисту рослин.

Таким чином, жито можна розглядати як культуру зі значним адаптивним потенціалом, що забезпечує стабільність зернового виробництва в регіонах із ризикованим землеробством. Його біологічні особливості визначають специфіку агротехнічних прийомів, які будуть розглянуті в наступних розділах.

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

Рациональне розміщення жита у структурі посівних площ є одним із ключових чинників реалізації його біологічного потенціалу. Завдяки відносній невибагливості до родючості ґрунту та попередників жито має ширші можливості включення у сівозміну порівняно з озимою пшеницею. Однак навіть для цієї культури недотримання принципів чергування може призводити до зниження врожайності та погіршення фітосанітарного стану посівів.

Загальні принципи розміщення культури

Жито належить до культур із середнім рівнем вимогливості до попередників. Найкращими попередниками вважаються:

- зайняті пари;
- багаторічні трави після першого укусу;
- зернобобові культури;
- рання картопля;
- кукурудза на силос.

Такі попередники забезпечують достатній запас вологи, відносно чисте поле від бур'янів та сприятливий агрофон для осіннього розвитку рослин. Особливо важливою є наявність оптимальної структури ґрунту та достатнього вмісту доступного азоту в осінній період.

Розміщення жита після інших зернових культур допускається, однак потребує посиленого контролю падалиці та збудників хвороб. При повторних посівах зростає ризик накопичення кореневих гнилей та ураження сніговою пліснявою, що негативно впливає на перезимівлю.

Особливості розміщення за природно-кліматичними зонами

У зоні Полісся жито традиційно займає вагоме місце у структурі посівів завдяки кращій адаптації до дерново-підзолистих ґрунтів та підвищеної кислотності. Тут воно часто використовується як культура, що стабілізує зернове виробництво.

У польових сівозмінах Полісся жито доцільно розміщувати після:

- люпину,
- картоплі,

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

- конюшини,
- кукурудзи на зелений корм.

В умовах підвищеної зволоженості важливо уникати попередників, які залишають значну кількість грубих пожнивних решток, що можуть погіршувати аерацію ґрунту та ускладнювати осіннє кущіння.

У Лісостеповій зоні жито поступається за площами озимій пшениці, однак використовується як страхова культура в господарствах із менш родючими ґрунтами або в умовах ризику осінньої посухи.

Найбільш ефективно розміщення:

- після зернобобових культур;
- після зайнятих парів;
- після кукурудзи на силос.

У цій зоні особливу увагу слід приділяти вологонакопиченню, оскільки дефіцит продуктивної вологи в орному шарі в період сівби може знижувати польову схожість.

У Степовій зоні жито використовується обмежено через підвищений ризик осінньої та весняної посухи. Проте за ранніх строків сівби та розміщення після чистого або зайнятого пару воно здатне забезпечити прийнятну врожайність.

Ключовим чинником тут є збереження вологи, тому жито доцільно розміщувати:

- після чорного пару;
- після зернобобових культур із мінімальним обробітком ґрунту;
- після ранніх просапних культур.

Недоцільним є розміщення після соняшнику через значне висушування ґрунту та ризик алелопатичної дії.

Фітосанітарне значення жита у сівозміні

Жито характеризується швидким осіннім ростом і здатністю формувати густий стеблостій, що сприяє пригніченню бур'янів. У структурі сівозміни воно може виконувати роль культури, яка зменшує засміченість поля.

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

Крім того, культура має певний фітосанітарний ефект у відношенні деяких видів нематод та збудників хвороб, однак при надмірному насиченні сівозміни зерновими може накопичувати спільні патогени.

З економічної точки зору жито доцільно включати в сівозміну:

- у господарствах із обмеженими ресурсами мінеральних добрив;
- на ґрунтах із середнім та низьким рівнем родючості;
- у системах мінімального та нульового обробітку ґрунту.

Порівняно з озимою пшеницею, жито менш вибагливе до попередника, що знижує виробничі ризики в роки з несприятливими погодними умовами.

Рациональне розміщення жита в сівозміні повинно враховувати:

зональні ґрунтово-кліматичні умови; рівень забезпечення вологою; фітосанітарний стан поля; систему обробітку ґрунту.

Гнучкість культури дозволяє використовувати її як елемент стабілізації зернового виробництва в різних агрокліматичних умовах України, однак максимальна ефективність досягається за дотримання науково обґрунтованого чергування культур.

Обробіток ґрунту.

Жито озиме відзначається високою морозостійкістю, добре розвинутою кореневою системою, що проникає в глибші горизонти ґрунту, а також відносною невибагливістю до умов вирощування. Водночас для отримання стабільно високої врожайності необхідне дотримання науково обґрунтованих агротехнологічних заходів, серед яких важливе місце займає система обробітку ґрунту [2,3].

Обробіток ґрунту під посіви жита має забезпечувати накопичення та збереження продуктивної вологи в орному й посівному шарах, формування вирівняного дрібногрудкуватого поверхневого шару на глибину загортання насіння, механічне знищення бур'янів, а також поліпшення аерації перед проведенням сівби.

Традиційна система обробітку передбачає:

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

- лушення стерні в осінній період дисковими луцильниками на глибину 8–12 см (особливо після стерньових попередників) з метою подрібнення пожнивних решток;
- основний обробіток — полицевий (оранка плугами типу ПЛН-5,35, ПН-5, ПЛН-3-35) або безполицевий (чизельне розпушення агрегатами ЧН-2,5; ЧН-3,5; ЧН-4,5; Artiglio та ін.) на глибину 22–27 см;
- передпосівний обробіток, що включає культивуацію, боронування та коткування з метою створення оптимальних умов для проростання насіння (культиватори КП-4, КПС-4; котки ККШ-6, ККЗ-6; борони БЗВ-1).

Застосування оранки забезпечує глибоке розпушення ґрунту, що сприяє кращому розвитку кореневої системи та акумулюванню вологи. Разом із тим на ґрунтах із неглибоким орним шаром або низьким рівнем родючості доцільно використовувати безплужні способи обробітку.

У південних і посушливих регіонах України пріоритет надається мінімалізації механічного впливу на ґрунт з метою збереження вологи, оскільки в липні–серпні часто спостерігається дефіцит опадів [4].

Останніми роками дедалі ширше впроваджуються сучасні технології:

- No-till (нульовий обробіток), що передбачає прямий висів без традиційного механічного обробітку, дозволяє зменшити втрати вологи та ерозійні процеси, однак потребує ефективної системи контролю бур'янів [5];
- Strip-till (смуговий обробіток), за якого ґрунт обробляється лише в зоні рядка, поєднує переваги класичної та нульової технологій, зменшуючи ущільнення міжрядь.

Рекомендована глибина основного обробітку для озимого жита становить 22–27 см і визначається попередником, типом ґрунту та кліматичними особливостями регіону. Передпосівні операції — культивуацію та боронування доцільно завершувати за 10–14 днів до початку сівби, щоб запобігти пересушуванню верхнього шару ґрунту.

Загалом система обробітку ґрунту під жито в Україні ґрунтується на поєднанні лушення, основного та передпосівного обробітку з урахуванням

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

необхідності збереження вологості, покращення структури ґрунту та створення сприятливих умов для проростання насіння. У регіонах із посушливим кліматом і на малогумусних ґрунтах усе частіше застосовують енергозберігаючі технології.

Оптимальні строки сівби озимого жита в Україні припадають переважно на вересень: у зоні Лісостепу та Полісся — орієнтовно з 15 вересня по 1 жовтня, у Степу — з 25 вересня по 10 жовтня. Насіння загортають на глибину 2–3 см, а за недостатньої вологості ґрунту — до 4–5 см. За звичайного рядкового способу сівби норма висіву становить близько 2 млн схожих насінин на гектар (приблизно 70 кг/га). У разі пізніх строків сівби або вирощування на малородючих ґрунтах норму висіву збільшують на 10–15 % [6,7,8].

Основним способом сівби жита є суцільний рядковий посів із використанням зернових сіялок. За потреби формують технологічні колії; на окремих типах ґрунтів застосовують міжряддя 27–30 см. Також практикують вузькорядний і перехресний способи. Вузькорядна та перехресна сівба забезпечують більш рівномірний розподіл площі живлення, що потенційно сприяє підвищенню врожайності. Якісно сформоване насіннєве ложе й однакова глибина загортання насіння створюють умови для дружної появи сходів і вирівняного розвитку рослин.

Перед висівом насіння зазвичай протруюють з метою захисту від ґрунтових шкідників і збудників хвороб. Хоча жито менш вибагливе до родючості ґрунту та рівня удобрення порівняно з іншими зерновими, формування рівномірних і добре розвинених посівів позитивно впливає на інтенсивність куціння та загальний рівень урожайності. В Україні для сівби жита переважно використовують зернові сіялки рядкового типу, призначені для висіву пшениці, жита й ячменю.

Догляд за посівами жита охоплює систему агротехнічних заходів, спрямованих на забезпечення повноцінного росту й розвитку рослин, зменшення втрат урожаю від бур'янів, хвороб і шкідників, а також підвищення якості зерна. Озиме жито завдяки розвиненій кореневій системі та відносній посухостійкості

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

здатне ефективно використовувати ґрунтову вологу, однак для реалізації його продуктивного потенціалу необхідне своєчасне та правильне виконання польових робіт упродовж вегетації [9,10,11].

Важливою складовою технології є оптимізація живлення рослин. Рано навесні, після відновлення вегетації, для активізації росту листкової поверхні та стимулювання кущіння вносять азотні добрива. Фосфорні й калійні добрива застосовують переважно під основний (осінній) обробіток або навесні для зміцнення кореневої системи й підвищення стійкості рослин до стресових чинників. Для внесення добрив використовують розкидачі мінеральних добрив, трактори з передніми навісними системами, а також культиватори для їх загортання в ґрунт.

Система захисту посівів передбачає контроль бур'янів і шкідників. У ранні фази розвитку культури проводять гербіцидні обробки проти бур'янів. За появи шкідників (зокрема озимої совки, трипсів) у період формування сходів здійснюють інсектицидні обприскування. Для виконання цих операцій застосовують трактори з причіпними або штанговими обприскувачами для внесення засобів захисту рослин, часто з використанням GPS-навігації для підвищення точності обробки.

З метою запобігання вилягання у фазі виходу в трубку можуть застосовувати регулятори росту, які сприяють зміцненню стебла та підвищенню стійкості рослин до вітрових навантажень і опадів. Навесні, а також у період активної вегетації, можливе проведення легкого боронування посівів, що сприяє знищенню проростків бур'янів, покращенню аерації та збереженню вологи у верхньому шарі ґрунту [12,13].

Отже, догляд за посівами жита включає підживлення, систему захисту, регулювання ростових процесів і підтримання сприятливих умов розвитку. Використання сучасної техніки — тракторів із розкидачами добрив, культиваторами, обприскувачами — підвищує ефективність виконання технологічних операцій і сприяє зростанню врожайності та якості зерна.

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

Завершальним етапом технології вирощування є збирання врожаю. Воно передбачає визначення оптимальної стиглості зерна, вибір способу збирання та технічного забезпечення з метою мінімізації втрат. Пряме комбайнування зазвичай розпочинають за вологості зерна близько 15–20 %. Двофазний (роздільний) спосіб застосовують за підвищеної вологості — до 30–40 %, коли спочатку проводять скошування з наступним підсушуванням у валках, а потім — обмолот [14].

Серед основних ускладнень під час збирання — вилягання посівів, нерівномірне досягання зерна та несприятливі погодні умови, що можуть спричинити осипання зерна, особливо характерне для жита [15].

За однофазного способу здійснюють пряме комбайнування у фазі повної стиглості. За двофазної технології спочатку скошують рослини спеціальними жатками з формуванням валків для природного підсушування, після чого виконують обмолот. Такий підхід доцільний при високій вологості зерна або значному виляганні посівів [15,16].

Основним технічним засобом є зернозбиральний комбайн, який за один прохід виконує скошування, обмолот і первинне очищення зерна. Це дозволяє оперативно зібрати врожай із мінімальними втратами.

В Україні поширені комбайни таких серій і моделей: John Deere S Series, Case IH Axial-Flow, Claas Lexion, New Holland Agriculture CR Series, а також вітчизняні машини «Славутич», які часто використовуються у малих і середніх господарствах [17,18].

Комбайни комплектуються різними типами жаток: стандартними зерновими, валковими для роздільного збирання або стріперними, що забезпечують відбір колосків без повного зрізання стебел.

Після обмолоту зерно підлягає очищенню, сушінню та закладанню на зберігання. Для цього використовують стаціонарні чи мобільні зерносушарки, очисні машини (сепаратори) та транспортні засоби для перевезення зерна на елеватори або складські приміщення.

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

Висновок

На підставі вище викладеного та з урахуванням інформації від працівників фермерських господарств, останнім часом, при підготовці ґрунтів під вирощування зернових колосових культур після ріпаку, як попередника, лущення стерні дисковим луцильниками не забезпечує стан поверхні поля на рівні придатному до якісного загортання рослинних решток у ґрунт та проведення подальшої сівби. Має місце думка, що рештки ріпаку бажано подрібнювати спеціальними машинами – подрібнювачами, а потім здійснювати основний полицевий чи безполицевий обробіток ґрунту.

В зв'язку з цим виконаємо розрахунок сільськогосподарського агрегату для подрібнення решток ріпаку, обґрунтуємо його склад та режими роботи.

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

3. Операційна технологія подрібнення рослинних решток перед основним обробітком ґрунту під вирощування жита

3.1. . Призначення операції

За результатами аналізу технології вирощування жита встановлено потенціал підвищення ефективності виробництва шляхом застосування котка-подрібнювача для обробітку рослинних решток. Такий агрегат відзначається достатньо високою продуктивністю та забезпечує належну якість виконання технологічної операції. Подрібнення здійснюється шляхом перерізання стебел ножами, закріпленими на циліндричній поверхні котків. При цьому ножі лише частково занурюються в ґрунт, який слугує опорною поверхнею під час перерізання рослинної маси.

Застосування цього способу сприяє зменшенню енерговитрат процесу, а також скороченню втрат вологи з ґрунту, що виникали після його попереднього розпушування лушпильниками.

Окрім того, рівень урожайності жита значною мірою визначається якістю реалізації всього комплексу технологічних заходів. Забезпечити високі показники можна за умови суворого дотримання агротехнічних вимог під час виконання кожної окремої операції.

3.2. Обґрунтування складу машинно – тракторного агрегату для подрібнення рослинних решток та розрахунок режимів його роботи.

Згідно з наявними даними, у більшості фермерських господарств для виконання операції подрібнення рослинних решток найчастіше застосовують трактори двох марок, у складі агрегатів: ЮМЗ-6Л у поєднанні з КП-4,5 та МТЗ-80 з КП-4,5.

Для встановлення більш ефективного з наведених варіантів необхідно виконати відповідні розрахунки [19].

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

Робоча швидкість агрегатів, за якої можливе здійснення технологічного процесу подрібнення рослинних решток, може досягати 25 км/год [19]. Однак відповідно до технічних характеристик тракторів, що є в наявності в господарстві, забезпечення такої швидкості є неможливим. У зв'язку з цим вибір раціональних режимів роботи доцільно розпочати з оцінювання їх тягових можливостей.

За експериментальними даними виробника, тяговий опір котка-подрібнювача становить 12 кН. Використовуючи технічні характеристики тракторів, визначаємо робочі передачі, на яких може виконуватися ця операція, а також відповідні значення тягового зусилля на гаку.

Трактор МТЗ-80 здатний розвивати тягове зусилля 14 кН при швидкості 8,9 км/год на четвертій передачі

Трактор ЮМЗ-6Л забезпечує тягове зусилля 14 кН при швидкості 7,6 км/год на шостій передачі.

Далі необхідно визначити фактичне тягове зусилля з урахуванням впливу підйому місцевості.

$$P_{гак} = P_{ном.гак.} - G_{тр} \cdot j \quad (3.1)$$

де $P_{ном.гак.}$ - номінальне тягове зусилля трактора на відповідних передачах;

$G_{тр.}$ – маса трактора;

J – величина підйому ($j=0,03$).

$$P_{гак.}^{4MT3} = 14,0 - 33,4 \cdot 0,03 = 12,9 \text{ кН}$$

$$P_{гак.}^{6ЮМЗ} = 12,5 - 34,3 \cdot 0,03 = 11,5 \text{ кН}$$

Розраховуємо робочу швидкість руху агрегату з урахуванням буксування, згідно формули:

$$V_p = V_m \left(1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (3.2)$$

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

де V_m – теоретична швидкість агрегату, км/год;
 δ – коефіцієнт пробуксовування ($\delta = 6...20\%$, у нашому прикладі приймаємо $\delta=6\%$). Отже,

$$V_p^{4MT3} = 8,9 \left(1 - \frac{6}{100} \right) = 8,36 \text{ км/год},$$

$$V_p^{6ЮМЗ} = 7,6 \left(1 - \frac{6}{100} \right) = 7,14 \text{ км/год}.$$

Відомо, що зі збільшенням швидкості агрегату збільшується і його тяговий опір. Встановимо значення тягового опору котка-подрібнювача з урахуванням поправки на визначену робочу швидкість

$$K_v = K [1 + \Pi(V_p - V_0)]$$

де K опір котка-подрібнювача [19] , кН./м;

$$K_v^{4MT3} = 12 [1 + 0.02(8.36 - 5)] = 12,06 \text{ кН}$$

$$K_v^{6ЮМЗ} = 12 [1 + 0.02(7,14 - 5)] = 12,04 \text{ кН}$$

При рухові агрегату на підйом тяговий опір також збільшується.
 Розрахуємо додатковий опір на подолання підйому

R_i – додатковий опір на подолання підйому, кН./м;

$$R_i = G_{rk} \cdot i \quad (3.3)$$

де G_r – маса котка КП-4,5 – 30,5 кН,

i - величина підйому (3 град).

$$R_i^{KP} = 30,5 \cdot 0,03 = 0,915 \text{ кН}$$

$$R_k^{4MT3} = 12,06 + 0,915 = 12,975 \text{ кН}$$

$$R_k^{6ЮМЗ} = 12,04 + 0,915 = 12,955 \text{ кН}$$

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

Встановимо завантаження трактора, визначивши коефіцієнт використання його тягового зусилля на різних передачах

$$K_{m.з.} = R_k / P_{гак} \quad (3.4)$$

де, R_k – тяговий опір культиватора;

$P_{гак}$ – тягове зусилля на гаку трактора з урахуванням підйому

$$K_{4 \text{ м.з.}}^{MT3} = 12,975 / 14 = 0,926$$

$$K_{6 \text{ м.з.}}^{ЮМЗ} = 12,955 / 14 = 0,925$$

Отже, тягове зусилля тракторів є достатнім для виконання технологічного процесу. З урахуванням того, що в розрахунки був закладений максимальний тяговий опір котка то можна припустити можливість використання агрегатів з трактором МТЗ на 4-й передачі та агрегату з трактором ЮМЗ на 6-й передачі

Для подальшого аналізу і встановлення більш ефективного варіанту продовжимо порівнюватимемо агрегати на встановлених швидкісних режимах роботи: на робочій швидкості 8,36 км/год, та 7,14 км/год відповідно

3.3. Розрахунок техніко-економічних показників роботи агрегату

Змінну продуктивність визначають за формулою

$$W_{зм} = 0,1 B_p V_p T_p, \quad (3.5)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату

$$B_p = B_k \beta \quad (3.6)$$

B_k – конструкційна ширина захвату котка-подрібнювача

β – коефіцієнт використання ширини захвату агрегату

(рекомендоване значення $\beta = 0,98 \dots 1,0$)

$$B_{кп-4,5} = 4,5 \text{ м}$$

$$B_p = 4,5 \cdot 1 = 4,5 \text{ м}$$

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

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год.

T_p – робочий час зміни

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau \quad (3.7)$$

де $T_{зм}$ – чистий час зміни ($T_{зм} = 7$ год).

τ - коефіцієнт використання часу зміни, Запропонований коток характеризується високою надійністю в роботі, то коефіцієнт використання часу зміни для даного варіанту може становити - 0,85

$$T_{pMT3} = 7 \cdot 0,85 = 5,95 \text{ год}$$

$$T_{pЮМЗ} = 7 \cdot 0,85 = 5,95 \text{ год.}$$

$$W_{зм}^{MT3} = 0,1 \cdot 4,5 \cdot 8,3 \cdot 5,95 = 22,22 \text{ га/зм}$$

$$W_{зм}^{ЮМЗ} = 0,1 \cdot 4,5 \cdot 7,14 \cdot 5,95 = 19,11 \text{ га/зм}$$

Розрахуємо витрати палива в кг/га.

$$Q_k = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}, \quad (3.8)$$

де $Q_{зм}$ – витрати палива трактором за зміну, кг

$$Q_{зм} = Q_p T_p + Q_x t_x + Q_3 t_3, \quad (3.9)$$

де Q_p ; Q_x ; Q_3 – відповідно годинна витрата палива за час робочих та холостих ходів і на зупинках з працюючим двигуном

t_x і t_3 – час затрачений на холості ходи та зупинки з працюючим двигуном, год

Згідно [19] для трактора МТЗ $Q_p=15,4\text{кг}$; $Q_x = 9,7\text{кг}$; $Q_3 = 1,9\text{кг.}$, а для ЮМЗ $Q_p=12,0\text{кг}$; $Q_x = 7,5\text{кг}$; $Q_3 = 1,48\text{кг}$

$$\text{для обох тракторів } t_x = t_3 = \frac{T_{зм} - T_p}{2} \quad t_x = t_3 = \frac{7 - 5,95}{2} = 0,525 \quad (3.10)$$

Тоді

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

$$Q_{\text{га}}^{\text{МТЗ}} = \frac{15,4 \cdot 5,95 + 9,7 \cdot 0,525 + 1,9 \cdot 0,525}{22,22} = 4,38 \text{ кг/га}$$

$$Q_{\text{га}}^{\text{ЮМЗ}} = \frac{12,0 \cdot 5,95 + 7,5 \cdot 0,525 + 1,48 \cdot 0,525}{19,11} = 3,98 \text{ кг/га}$$

Згідно розрахунків, при роботі агрегату на базі трактора МТЗ при більших витратах пального на 0,4 кг/га, його продуктивність є вища на 3,11 га/зм.

Витрати пального за зміну вибраних варіантів становитимуть:

для МТЗ $Q_{\text{зм}}^{\text{МТЗ}} = Q_{\text{га}}^{\text{МТЗ}} W_{\text{зм}}^{\text{МТЗ}} = 4,38 \cdot 22,22 = 97,32 \text{ кг/зм}$

для ЮМЗ $Q_{\text{зм}}^{\text{ЮМЗ}} = Q_{\text{га}}^{\text{ЮМЗ}} W_{\text{зм}}^{\text{ЮМЗ}} = 3,98 \cdot 19,11 = 76,05 \text{ кг/зм}$

Затрати часу на виконання операції подрібнення рослинних решток на площі в 100 га для агрегату з МТЗ-80 становитимуть 31,5 люд/год, а для ЮМЗ-6Л - 36,6 люд/год, тобто на 5,1 люд/год більше. З точки зору керівника фермерського господарства затрати на пальне для трактора МТЗ будуть значно вищими ніж оплата праці в обсязі 5,1 люд/год.

Отже для подрібнення рослинних решток на поверхні поля обираємо агрегат у складі трактора ЮМЗ-6Л + котка – подрібнювача КП-4,5.

3.4. Підготовка агрегату для подрібнення рослинних решток до роботи

Підготовка агрегату до роботи передбачає перевірку технічного стану котка-подрібнювача, трактора і за необхідності, усунення виявлених недоліків. Для забезпечення якісної роботи агрегату на полі необхідно виконати попереднє налагодження як самого трактора так і котка-подрібнювача рослинних решток.

Підготовка трактора до роботи включає виконання ряду вимог:

- при плануванні робіт на підйомах необхідно на передні лонжерони трактора на кронштейнах навішувати баластні грузи;

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

- тиск в шинах коліс трактора повинен бути для передніх 0,16...0,17 МПа, для задніх коліс – 0,23МПа;

При підготовці котка до роботи необхідно виконати ряд основних операцій:

- з'єднати коток з причіпним пристроєм трактора і зафіксувати зуб, який повинен вийти через отвір замка за площину стінки, шплінтом, для запобігання непередбачуваного роз'єднання при роботі агрегату. При цьому вісь центра котка-подрібнювача повинна співпадати з віссю трактора;

- обов'язково перевірити справність, стан заточки та закріплення ножів;

- перевірити наявність мастила в корпусах підшипників кріплення ножових барабанів до основної рами котка.

- перевірити справність транспортних механізмів і опорних коліс, тиск в шинах має становити 0,17...0,18 мПа.

3.5. Підготовка поля і рух агрегату в загінці.

Підготовка поля передбачає його огляд для встановлення напрямку руху агрегату, розмічення поворотних смуг.

Час початку роботи визначає агроном в залежності від стану поверхні поля і рослинних решток на його поверхні. Величина перекриття при суміжних проходах задається залежить від технічного стану котка - подрібнювача та особливостей його переміщення в загінці. Залежно від складу агрегату і виду поворотів розраховується ширина поворотних смуг. Для агрегату, що розглядається рекомендований човниковий рух у загінці з петльовими поворотами

Для даного способу руху орієнтовну величину поворотних смуг визначимо за формулою:

$$E = 3R_{\min} + L_a \quad (3,11)$$

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту, м;

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

L_a – кінематична довжина вибраного агрегату, м;

$$R_{\min} = 1,7B \quad (3.12)$$

$$R_{\min} = 1,7 \cdot 4,5 = 7,65 \text{ м.}$$

$$L_a = L_{\text{тр}} + L_3 + L_M \quad (3.13)$$

$L_{\text{тр}}$ – кінематична довжина трактора, м ;

L_3 – кінематична довжина зчіпки, м;

L_M – кінематична довжина котка-подрібнювача, м.

В нашому випадку агрегат не має зчіпки, тоді

$$L_a = L_{\text{тр}} + L_M \quad (3.14)$$

$$L_a = 0,94 + 2,3 = 3,24 \text{ м.}$$

$$E = 3 \cdot 7,65 + 3,24 = 26,19 \text{ м.}$$

Доцільно щоб ширина поворотної смуги була кратною ширині захвату робочої машини, щоб при її обробі агрегат проходив ціле число разів.

$$E = k B_p, \quad (3.15)$$

$$\text{де } k = \frac{E}{B_p} \quad (3.16)$$

заокругливши до цілого числа

$$k = \frac{26,19}{4,5} = 5,82 \approx 6$$

отримуємо

$$E = 6 \cdot 4,5 = 27 \text{ м.}$$

Визначаємо довжину робочого ходу:

$$L_p = L - 2E \quad (3.17)$$

$$L_p = 900 - 2 \cdot 27 = 846 \text{ м}$$

Поворотні смуги по краях загінок для зручності роботи зазвичай відмічають контрольними борознами.

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

Розбивання поля на загінки.

Оптимальну ширину загінки призначають кратною ширині захвату агрегату

$$C = \frac{10^4 \cdot (2...3) \cdot W_{зм}}{L}, \quad (3.18)$$

де $W_{зм}$ - змінна продуктивність, га/ зм. (згідно розрахунку 19,11 га/зм);

L- довжина загінки, м, (згідно завдання 900м);

(2..3) – тривалість роботи в загінці, змін

$$C = \frac{10^4 \cdot 2 \cdot 19,11}{900} = 424,6 м,$$

Бажано, щоб величина загінки була кратною ширині захвату агрегату. Враховуючи ширину поля в 850м, приймаємо ширину загінки рівну 425м, за таких умов отримуємо дві загінки шириною 450 м. Ширина загінки є кратною ширині захвату агрегату.

3.6. Контроль якісних показників виконання технологічного процесу

Якість виконання технологічної операції має відповідати встановленим агротехнічним нормам, що передбачають контроль певних показників як у процесі роботи, так і, за необхідності, після її завершення. Одним із ключових показників є ступінь подрібнення рослинних решток.

Ступінь подрібнення визначають таким чином: по діагоналі поля встановлюють рамку розміром 1×1 м і збирають усі рослинні рештки, що знаходяться в межах цієї площі. Після цього вимірюють їхні розміри. Вважається, що якість подрібнення відповідає вимогам, якщо частка решток довжиною до 20 см становить не менше 85 %.

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

3.7. Розроблення операційної технологічної карти процесу подрібнення рослинних решток

В операційній технологічній карті відображають: умови виконання робіт і агротехнічні вимоги, порядок підготовки агрегату та поля, спосіб руху агрегату і рекомендований швидкісний режим, показники продуктивності та витрати палива, а також методи контролю якості виконання операції.

Крім того, у карті наводять такі розрахункові параметри, як тривалість одного робочого циклу, робочу довжину загінки, технічну продуктивність за цикл, кількість циклів протягом зміни та змінні витрати пального.

Тривалість одного циклу визначають за відповідною формулою [19].

$$T_{\text{ц}} = \frac{12L_p}{10^2 \cdot \vartheta_p} + 2t, \quad (3.19)$$

де L_p – робоча довжина загінки, м; ($L_p = 846\text{м}$)

ϑ_p – робоча швидкість агрегата, км/год; ($7,14\text{км/год}$)

t – час повороту в кінці загінки, хв ($t = 1,5\text{хв}$)

E – ширина поворотної смуги, м ($E = 27\text{ м}$)

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 846}{100 \cdot 7,14} + 2 \cdot 1,5 = 17,21\text{хв} \approx 0,28\text{год}$$

Технічна продуктивність одного циклу становить, га/ц

$$W_{\text{ц}} = 0,1B_p \cdot v_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau \quad (3.20)$$

На підставі обґрунтованих вище значень, маємо

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 4,5 \cdot 7,14 \cdot 0,28 \cdot 0,85 = 0,78\text{ га/ц}$$

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

Кількість циклів у технологічному процесі за зміну

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}} = \frac{19,11}{0,78} = 24,5\text{ц} / \text{зм}. \quad (3.21)$$

Результати проведених розрахунків наведені в операційній технологічній карті на процес подрібнення рослинних решток (графічна частина роботи). Також, враховуючи обґрунтований складі агрегату для подрібнення рослинних решток – трактор ЮМЗ-6Л + КП-4,5, а також режими його роботи, витрати палива, затрати праці та продуктивність, пропонуємо для використання в фермерських господарствах удосконалену технологічну карту, яка представлена в графічній частині роботи.

Запропоновані зміни в технології вирощування жита дозволять зменшити загальні витрати пального на 40 кг на 100 га площі, порівняно з альтернативним варіантом агрегату у складі трактора МТЗ-80 + КП-4,5, але при цьому знизиться продуктивність на 3,11 га/зм і відповідно підвищаться затрати праці на 5,1 люд-год на 100га..

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

4. Інженерна частина

4.1. Стан питання про машину, що модернізується

4.1.1. Особливості конструкції котка-подрібнювача рослинних решток та зміст його удосконалення

Аналіз функціонування котків-подрібнювачів рослинних решток свідчить про їх високу конструкційну надійність, високу продуктивність, роботу без залучення приводу від ВВП, досить ефективну якість перебивання рослинних решток не залежно від їх розташування відносно рядків рослин попередників.

Однак основним недоліком таких машин, у плані виконання технологічного процесу, залишається негативне явище забивання міжножового простору рослинними рештками, що вимагає частих зупинок агрегату та очищення ножових барабанів, що призводить до низької надійності виконання технологічного процесу в цілому.

З метою усунення даного недоліку пропонується модернізувати конструкцію ножового барабана, суть якої полягає у тому, щоб сусідні ножі мали можливість самостійно очищатися від частинок подрібнених стебел. Суть защемлення частинок рослин між ножами полягає у наявності двох опор, функції яких виконують ножі, а затискання частинок між ними забезпечує опора різання – ґрунт. Є очевидним, що для того, щоб затиснуті між ножами частинки рослин могли випасти потрібно збільшити відстань між боковими площинами ножів. Конструкційно виконати дану задачу без значного ускладнення вузла чи втрати конструкційної надійності досить важко.

Одним із варіантів вирішення даної задачі є надання ножам можливості часткового відхилення від радіального розташування під дією маси самого ножового барабана при контактів з ґрунтом.

Для цього пропонується відмовитися від жорсткого кріплення ножів до планок на поверхні циліндра, а встановлювати їх отворами на напрямляючи і утримувати у радіальному положенні завдяки пружина відповідної потужності.

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

За таких умов ножі зможуть відхилятися на незначний кут тільки в одну, протилежну напрямку руху сторону на короткий проміжок часу, достатній для випадання затиснутих частинок стебел рослин (рис.4.1.).

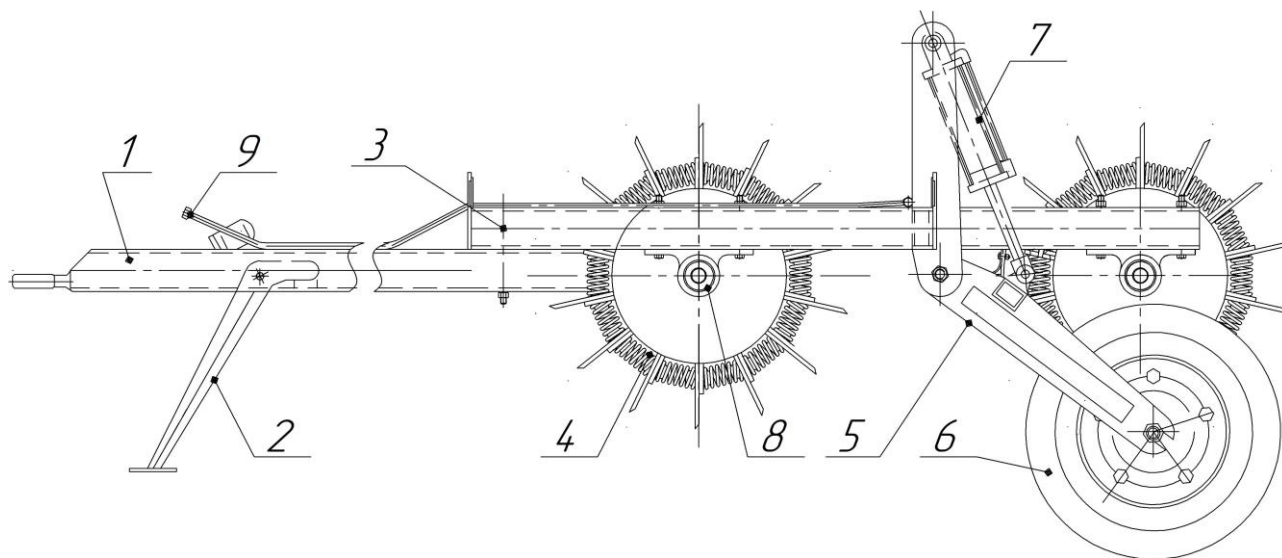


Рис.4.1. Вигляд збоку удосконаленої конструкції котка – подрібнювача рослинних решток КП-4,5.

1 – причіп; 2 – підпірка; 3 – основна рама; 4 – передні ножові барабани;
5 – вилка механізму переведення котка в транспортне положення;
6 – гідравлічний циліндр; 7 – задній ножовий барабан; 8 – корпуси підшипників кріплення ножових барабанів.

При виконанні умови, що даний коток буде працювати на староорних ґрунтах і вирівняній поверхні поля можна використовувати жорстку рамну конструкцію 3 на якій в підшипникових вузлах 8 закріплюється три барабани з плоскими ножами 4 (Рис. 4.1)

При цьому в першому ряду розміщується два роторні барабани, а в другому - один. Конструкційна величина перекриття ширини захвату передніх барабанів заднім становить 50 мм. Ширина захвату одного ножового барабана 1500 мм, діаметр барабана по краю лез 875мм. Ширина ножової полоси 150мм. Ножі змінні і притискаються до упорів на циліндричній поверхні барабана

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

пружинами. Причіп 1 прикріплюється до основної рами 3 жорстко болтами. Для переведення котка в транспортне положення призначені два механізми, до складу яких входять опорні колеса 6 та гідравлічні циліндри 7 шарнірно з'єднані з кронштейнами рами. Штоки гідроциліндрів через перемичку 5 на вилках підкочують колеса під основну раму і підіймають всю конструкцію. Коток здатний працювати на швидкостях до 25 км/год. Основним недоліком такої конструкції є її конструкційна ширина – 4,5м при якій забороняється транспортування по дорогах загального призначення. Але з урахуванням того, що транспортування котка на великі відстані по дорогах загального призначення не передбачається, то цим недоліком можна в якійсь мірі знехтувати, так як основні поля більшості середніх фермерських господарств і сусідніх підприємств розташовані таким чином, що між ними є достатня кількість ґрунтових доріг для виробничого сполучення.

4.2. . Розрахунок механізму підіймання котка

Проведення розрахунків на міцність окремих вузлів та елементів конструкції не можливе без значень сил, що діють на них. Тому для визначення реакції на колесах та серзі причепа скористаємося схемою сил (Рис.4.2)

Знаючи максимальну масу котка-подрібнювача G та місце її прикладення, розраховуємо реакції на колесах та серзі причепа [20,21]

$$P_c = G \cdot (l_2 - l_1) / l_2 \quad (4.1)$$

$$R_k = G \cdot l_1 / l_2 \quad (4.2)$$

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

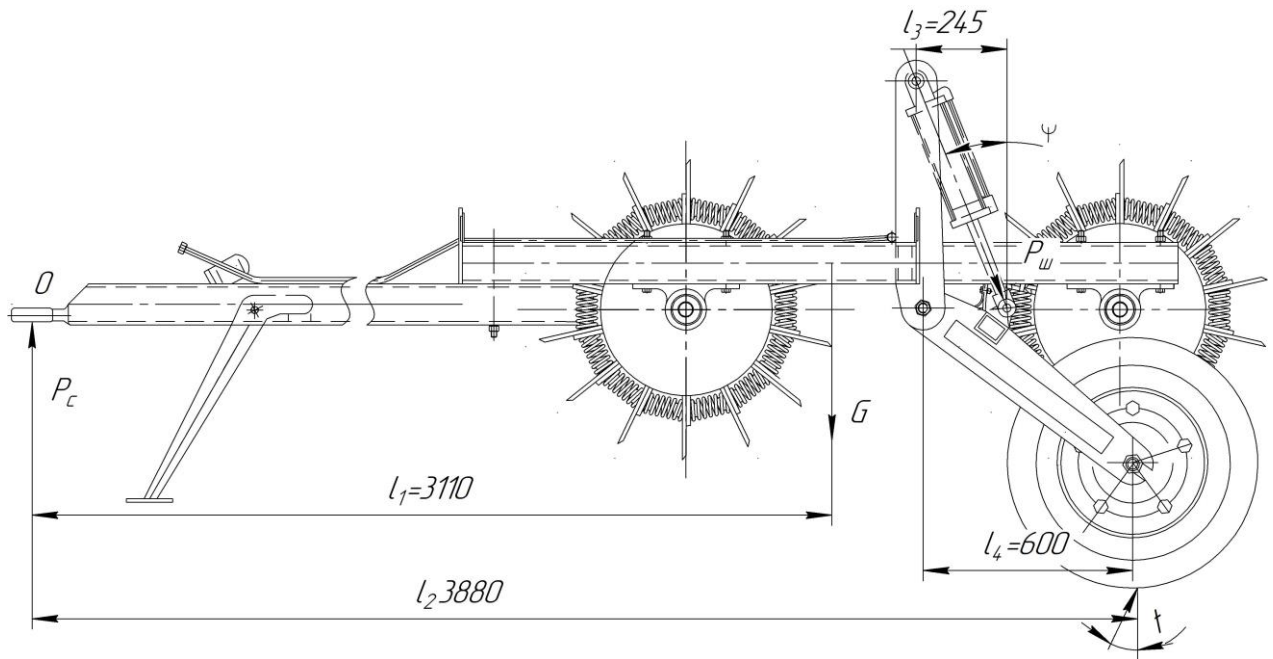


Рис.4.2. Схема для визначення сил, які діють у механізмі переведення котка з робочого в транспортне положення

Взявши довжину плечей з креслень загального вигляду, та значення маси культиватора $G=30500\text{Н}$. і підставивши ці значення в (4.1,4.2) отримаємо,

$$P_c = 30500 (3880-3110)/3880 = 6053 \text{ Н}$$

$$R_k = 30500 \cdot 3110/3880 = 24447 \text{ Н}$$

Визначимо зусилля, що діє вздовж штока гідроциліндра при переведенні культиватора з робочого стану в транспортний і навпаки скориставшись наступними формулами.

$$F_{\text{ш}} \cdot \cos\psi \cdot l_3 = (R_k - G_k) \cdot \cos f \cdot l_4$$

$$F_{\text{ш}} = (R_k - G_k) \cdot \cos f \cdot l_4 / \cos\psi \cdot l_3 \quad (4.3)$$

де G_k – вага двох коліс $G_k=1400\text{Н}$;

f – коефіцієнт опору ґрунту перекочуванню колеса (рекомендоване значення $f = 0,40$)

ψ – кут під яким діє шток гідроциліндра відносно вертикальної вісі.

Підставивши значення, отримаємо

$$F_{ш} = (24447 - 1400) \cdot 0.4 \cdot 60 / 0,93 \cdot 24,5 = 24275 \text{ Н}$$

Конструкція котка передбачає встановлення двох механізмів переведення машини в транспортне положення, тому працюватиме два гідроциліндри і відповідно, зусилля, яке приходить на один циліндр становить 12137 Н.

За отриманим значенням $F_{ш}$ обираємо для підймання котка-подрібнювача гідроциліндр Ц-100х200 з зусиллям виштовхування штока 37000 Н.

Запас зусилля на виштовхування складає

$$\Delta = 37000 / 12137 = 3,08$$

Такого запасу зусилля достатньо для надійної роботи механізму переведення котка-подрібнювача з робочого в транспортне положення.

4.3 Розрахунок опорного колеса

Щоб визначити основні параметри опорного колеса необхідно знати, які навантаження на нього передаються від маси машини та сил, які діючих на робочі органи. Розподіл навантаження між самими колесами залежить від їх взаємного розташування. В нашому випадку можна припустити, що зусилля між колесами розділено рівномірно на дві частини.

При розміщенні коліс на машині також звертають увагу на забезпечення необхідної стійкості машини та рівномірний розподіл між опорами.

					КП 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Також відомо, що коли рівнодіюча сил маси машини та робочого опору проходить через нижню точку причепу, то реакція на колесах буде дорівнювати нулю, а коли лінія дії сили, що діє на робочі органи, проходить вище точки причепу та реакція на колесах може значно збільшитися.

При проектуванні коліс, при відомому навантаженні, обираємо ширину обода [20,21]

$$B \geq \frac{P_k}{G_0} \quad (4.4)$$

де G_0 – допустимий питомий тиск на сантиметр ширини обода, який для стерні дорівнює 45 кг/см;

P_k – навантаження на опорне колесо $P_k=1213.7$ кгс;

k – коефіцієнт, що враховує тиску коліс (для ґрунтообробних машин 3-4.)

Підставивши значення, отримаємо

$$B \geq 12137/45=270\text{мм}$$

Після цього визначимо діаметр колеса

$$D = (P_k / B \cdot k)^2 \quad (4.5)$$

Підставивши значення, отримаємо

$$D = (12137 / 270 \cdot 4)^2 = 112,3\text{мм}$$

Урахуванням того, що перевантаження на колеса будуть тимчасовими обираємо шину 12-16 моделі Л-163 БЦ з розмірами $B = 325\text{мм}$, $D = 930\text{мм}$, з навантаженням 19000Н (1900 кг) [21].

4.4. Розрахунок підшипників ножового барабана

Силовий розрахунок вала ножового барабана виконаємо за умови максимального зусилля, яке він може витримати.

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

Конструкційна маса ножового барабана становить 850 кг, але в робочому положенні він додатково сприймає частину маси рамної конструкції, опорних коліс і їх механізмів та з урахуванням можливих тимчасових перевантажень припускаємо, що навантаження на нього буде складати 15000 Н.

Для побудови епюри моментів згину знаходимо реакції опор в точках А і В (Рис. 4.3)[20]:

$$\sum M_a = 0; \quad P \cdot l_1 - R_b \cdot l = 0;$$

звідки:

$$R_b = \frac{P \cdot l_1}{l} = \frac{15000 \cdot 750}{1500} = 7500 \text{ Н}$$

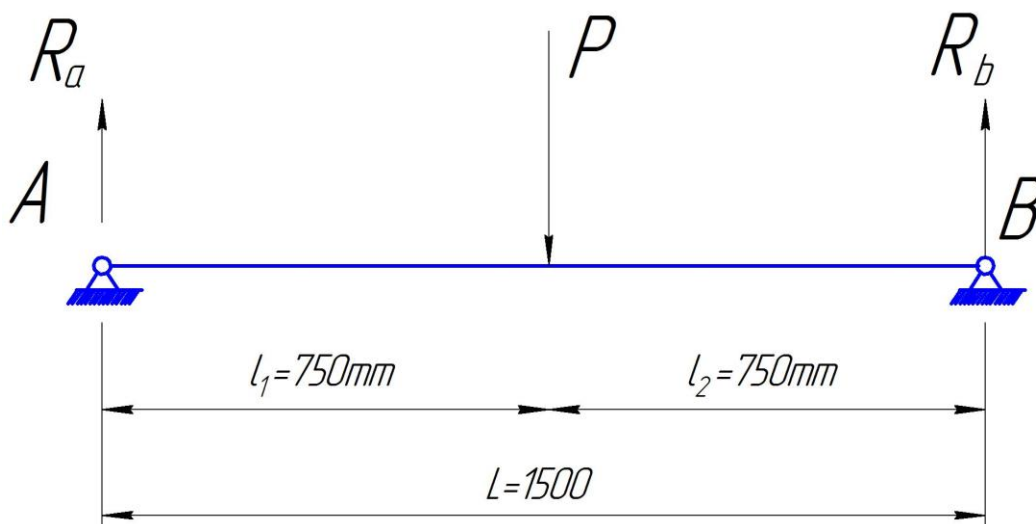


Рис. 4.3. Схема навантаження вала ножового барабана.

$$\sum M_b = 0; \quad P \cdot l_2 - R_a \cdot l = 0;$$

Звідки

$$R_a = \frac{P \cdot l_2}{l} = \frac{15000 \cdot 750}{1500} = 7500 \text{ Н}$$

Перевіряємо правильність розрахунків:

$$P - R_a - R_b = 0;$$

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

$$15000-7500-7500=0.$$

Таким чином, розрахунки виконані вірно.

Побудуємо епюру згинаючого моменту.

$$M_3 = P \cdot l_1 = 15000 \cdot 0,75 = 11250 \text{ Нм}$$

Визначимо мінімальний діаметр вала для небезпечного перетину:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_3}{0,1 \cdot [\sigma]_3}}, \quad (4.6)$$

Рекомендований матеріал для вала Сталь 45, для якої $[\sigma]_3 = 100 \text{ кг/мм}^2$.

$$d = \sqrt[3]{\frac{11250 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 1000}} = 48,2 \text{ мм}$$

З урахуванням того, що перевантаження при роботі будуть незначними, приймаємо під підшипником вал діаметром 50 мм.

$$\text{Тоді } \sigma = \frac{M_3}{W} \leq [\sigma]_3 \quad (4.7)$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 50^3 = 1250 \text{ мм}^3.$$

$$\Sigma = 11250/1250 = 9 \text{ кг/мм}^2 < [\sigma]_3 = 100 \text{ кг/мм}^2.$$

Розрахуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$n = [\sigma] / \sigma = 100/9 = 11,1$$

Запасу міцності достатньо для надійної роботи ножового барабана.

За отриманими даними назначаємо підшипник кочення 1210 з наступними параметрами:

- внутрішній діаметр $d = 50 \text{ мм}$;
- зовнішній діаметр $D = 90 \text{ мм}$;

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

- ширина $B = 24$ мм;
- статична вантажопідйомність $C = 19300$ Н.

З попередніх розрахунків знаходимо необхідну вантажопідйомність

$$C = P \cdot (n \cdot h)^{0,3} \quad (4.8)$$

де $P = R_A = R_B = 7500$ Н

n – кількість обертів барабана, з попередніх розрахунків $n = 2,0 \text{ с}^{-1}$ або $n = 120 \text{ хв}^{-1}$

h – розрахункова довговічність роботи, годин.

Для котка-подрібнювача ресурс складає 7 років. Нормативний показник для котків складає 150 годин у рік. Тоді $h = 1050$ годин [20,20].

Підставивши отримані значення, маємо:

$$C_p = 7500 (150 \cdot 1050)^{0,3} = 18119 \text{ Н}$$

Визначаємо коефіцієнт запасу

$$n = \frac{C}{C_p} = \frac{19300}{18119} = 1.06$$

Запасу надійності вибраного підшипника повинно бути достатньо для якісної роботи котків.

Висновки по розділу

Використання для виконання операцій подрібнення рослинних решток удосконаленого котка-подрібнювача повинно сприяти підвищенню надійності виконання технологічного процесу його інтенсивності, продуктивності праці та покращення якості подальшого обробітку ґрунту залюбим із відомих способів.

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

Проведені силові та енергетичні розрахунки, а також розрахунки на міцність підтверджують можливу працездатність конструкції експериментального котка-подрібнювача. Все це може забезпечити економічний ефект у споживача знаряддя за рахунок підвищення продуктивності процесу подрібнення та більш якісного обробітку ґрунту.

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

5. Охорона праці

5.1. Оцінювання небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що можуть виникати під час роботи котка-подрібнювача рослинних решток

Під час експлуатації агрегату, оснащеного модернізованим котком-подрібнювачем рослинних решток, на обслуговуючий персонал можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори різної природи.

Фактори фізичного характеру:

- переміщення агрегату з котком-подрібнювачем у процесі роботи;
- підвищені показники запиленості та загазованості повітря в робочій зоні, надмірні рівні шуму, вібрації, статичної електрики, а також надмірна яскравість освітлення;
- відхилення від нормативних значень температури поверхонь обладнання й матеріалів, температури повітря, його вологості та рухливості;
- недостатній рівень природного освітлення або його повна відсутність;
- незадовільна освітленість робочого простору;
- знижена контрастність зорового сприйняття, наявність прямої та відбитої сліпучої дії світла;
- наявність гострих крайок, виступаючих елементів робочих органів, задирок і шорстких поверхонь.

Фактори хімічного характеру:

- вплив відпрацьованих газів двигуна;
- підвищена концентрація пилу, зокрема з вмістом діоксиду кремнію (SiO_2) тощо.

Фактори психофізіологічного характеру:

- значні фізичні навантаження (як статичні, так і динамічні);
- нервово-психічне напруження, зумовлене монотонністю праці та виробничими перевантаженнями.

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

5.2. Розроблення заходів щодо поліпшення умов праці та усунення небезпечних і шкідливих виробничих чинників

З метою створення безпечних умов праці в господарстві необхідно здійснити паспортизацію земельних угідь із зазначенням крутизни поздовжніх і поперечних схилів, меж ділянок, наявних перешкод, потенційно небезпечних зон тощо.

Поля, призначені для роботи машинно-тракторних агрегатів, мають бути завчасно підготовлені, а саме:

- очищені від каміння, із засипаними ямами та усуненими іншими перешкодами;
- позначені віхами біля великих каменів, розмитих місць та інших небезпечних об'єктів;
- розподілені на загінки;
- забезпечені відбитими поворотними смугами. Під час виконання робіт на схилах або поблизу ярів ширина поворотної смуги повинна бути не меншою за подвоєний мінімальний радіус розвороту агрегату;
- експлуатація агрегатів на невідготовлених полях забороняється;
- визначені та позначені місця для відпочинку працівників.

Ділянки, відведені для короткочасного відпочинку й приймання їжі, повинні позначатися добре помітними віхами заввишки 2,6–3,0 м, а в темний час доби — освітлюватися ліхтарями. Такі місця слід обладнати вагончиками, наметами або навісами та забезпечити захистом від блискавок. Розміщення зон відпочинку в межах охоронних зон ліній електропередач (ЛЕП) не допускається.

Підготовчі роботи на полях перед використанням сільськогосподарської техніки повинні проводитися виключно у світлу пору доби. Перед початком робіт на ділянках, над якими проходять повітряні ЛЕП, спеціалізовані організації мають перевірити величину провисання проводів. Відстань від

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

найвищої точки агрегату до електропроводів по вертикалі повинна відповідати вимогам «Правил охорони електричних мереж».

Для мінімізації впливу пилу та відпрацьованих газів у кабіні трактора необхідно встановити пиловідокремлювач, що забезпечує очищення повітря та захист механізатора.

Агрегат повинен бути оснащений футляром для аптечки першої допомоги, термосом для питної води об'ємом 3 л, регульованим дзеркалом заднього виду та пристроєм для фіксації верхнього одягу механізатора.

Конструктивне розміщення вузлів котка-подрібнювача має забезпечувати достатню оглядовість під час роботи і транспортування [22], зокрема:

- робочого простору в межах зони огляду;
- елементів трактора та орієнтирів руху агрегату;
- робочих органів, що потребують візуального контролю під час подрібнення рослинних решток;
- вузлів з'єднання трактора з котком-подрібнювачем.

5.3. Інструкція з охорони праці під час роботи з агрегатом, оснащеним котком-подрібнювачем

Перевезення котка-подрібнювача на значні відстані або дорогами з незадовільним покриттям слід здійснювати автомобільним транспортом із обов'язковим надійним кріпленням обладнання.

Перебування людей на котку-подрібнювачі під час транспортування чи роботи забороняється.

Не рекомендується здійснювати транспортування в темний час доби або за умов недостатньої видимості.

Перед початком роботи необхідно перевірити надійність з'єднання трактора з котком-подрібнювачем.

Під час виконання робіт у зонах із підвищеною запиленістю обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту органів дихання.

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

Висновки

На підставі проведеного аналізу поширених технологій вирощування жита запропоноване їх удосконалення, яке полягає у використанні для подрібнення рослинних решток на поверхні поля модернізованого котка-подрібнювача замість дискового луцильника. Проведений порівняльний аналіз ефективності використання даної робочої машини в агрегаті з різними енергетичними засобами дозволив рекомендувати для виконання зазначеної операції сільськогосподарський агрегат у складі трактора ЮМЗ-6Л та модернізованого котка-подрібнювача рослинних решток.

Проведені енергетичні, силові та міцнісні розрахунки підтверджують можливу працездатність модернізованої конструкції котка-подрібнювача.

В розділі охорони праці представлені заходи спрямовані на забезпечення безпечних умов праці та експлуатації модернізованої машини..

Всі запропоновані заходи сукупно мають забезпечити економічний ефект при вирощуванні жита завдяки підвищенню продуктивності праці, якості та надійності виконання технологічного процесу підготовки поверхні поля під подальший обробіток ґрунту та економії 40 кг пального на 100 га при виборі запропонованого складу агрегату для виконання зазначеної операції.

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

Список використаних джерел

1. Технологія вирощування озимого жита на 2026. *AgroExp.com.ua*. 2025. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyrashchivaniya-ozimoy-rzhi> (дата звернення: 2026-02-17).
2. Технологія вирощування озимого жита: обробіток ґрунту та добрива. *SuperAgronom.com*. URL: <https://superagronom.com/articles/378-jito-ozime-tehnologiya-viroschuvannya-obrobitok-gruntu-dobriva-nasinnya-zahist-ta-zbirannya> (дата звернення: 2026-02-17).
3. Матус Р. Р. Обробіток ґрунту під жито залежно від попередників і природних умов. *Dniprovskiy DKA*. 2023. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/8205/1/1.pdf> (дата звернення: 2026-02-17).
4. Обробіток ґрунту під озимі культури в посушливих умовах Степу. *Agronomy.com.ua*. 2021. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/608-obrobitok-gruntu-pid-ozymi-kultury-v-posushlyvykh-umovakh-stepu.html> (дата звернення: 2026-02-17).
5. No-till farming. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/No-till_farming (дата звернення: 2026-02-17).
6. AGROScience.COM.UA. Сівба, догляд за посівами та збирання озимого жита — агротехнічний опис процесу сівби. [Сівба озимого жита \(AGROScience\)](#)
7. SuperAgronom.com. Озиме жито: технологія вирощування, обробіток ґрунту, насіння та захист рослин — опис агротехніки. [Озиме жито: технологія вирощування](#)
8. Посів жита — KWS SAAT SE & Co. KGaA. Інформація про сівбу жита: строки, глибина загортання тощо. [Посів жита — KWS SAAT](#)
9. Сівба, догляд за посівами та збирання озимого жита. *AgroScience.COM.UA*. URL: <https://agrosience.com.ua/plant/33-sivba-doglyad-posivamy-ta-zbyrannya-ozymogo-zhyta> (дата звернення: 2026-02-17).

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

10. Стратегія роботи з посівами озимої пшениці та гібридного жита весною. KWS.com. URL: <https://www.kws.com/ua/uk/novyny-ta-podiyi/novyny/novyny-zernovykh-kultur/ukrayinske-zhyto-tsina-zrosla-zrostut-i-ploshchi/index-2.html> (дата звернення: 2026-02-17).
11. Технологія вирощування гібридного жита. KWS SAAT SE & Co. KGaA. URL: <https://www.kws.com/ua/uk/produkty/hibryдне-zhyto/tehnologiya-vyroshchuvannya-gibrydnogo-zhyta> (дата звернення: 2026-02-17).
12. Захист рослин жита. KWS SAAT SE & Co. KGaA. URL: <https://www.kws.com/ua/uk/agroservis/vyroshchuvannya-roslyn/zahyst-roslyn/zhyto> (дата звернення: 2026-02-17).
13. Догляд за посівами озимого жита, агротехніка. Міністерство аграрної політики України (Kharkiv). URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/16557/1/Systema_vedennia_sils_koho_hospodarstva_Kharkivskoi_oblasti.pdf (дата звернення: 2026-02-17).
14. Особливості збирання сільськогосподарських культур. Agronomy.com.ua. URL: <https://www.agronomy.com.ua/statti/2437-osoblyvosti-zbyrannia-silskohospodarskykh-kultur.html> (дата звернення: 2026-02-17).
15. Рекомендації сільгоспвиробникам. Особливості збирання і зберігання врожаю зернових культур... Kramatorska міська рада. URL: <https://krm.gov.ua/rekomendatsiyi-silgospyrobnykam-osoblyvosti-zbyrannia-i-zberigannya-vrozhayu-silskogospodarskyh-kultur-z-nasinnytskyh-dilyanok> (дата звернення: 2026-02-17).
16. Збирання зернових культур: способи, терміни і техніка. Speedinfo.com.ua. URL: <https://speedinfo.com.ua/hroshi/zbirannya-zernovikh-kultur-sposobi-termini-i-tehnika.html> (дата звернення: 2026-02-17).
17. Popular brands and models of harvesters in Ukraine. BAS.ua. URL: <https://bas.ua/en/posts/category/news/popular-brands-and-models-of-harvesters-in-ukraine-in-the-2023-season> (дата звернення: 2026-02-17).

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

18. Case IH axial-flow combines. *Wikipedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Case IH axial-flow combines](https://en.wikipedia.org/wiki/Case_IH_axial-flow_combines) (дата звернення: 2026-02-17).
19. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу «Механізація, електрифікація, автоматизація сільськогосподарського виробництва», розділ «Експлуатація Машино-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.
20. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко. К.: Вища школа, 1993. 655 с.
- 21.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
- 22.Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві.- К.: "Урожай", 1991.

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

Д О Д А Т К И

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