

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Проект використання техніки при вирощуванні
пшениці озимої з розробкою операційної технології
збиральних робіт**

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АІС-2-23

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Кучеренко Іван Сергійович

Керівник: _____ Кабат Олег Станіславович

Рецензент: _____

ДНІПРО – 2026

Інженерно-технологічний факультет

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

EMTII

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« » 2026 p.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ СТУДЕНТУ

Кучеренку Івану Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проект використання техніки при вирощуванні пшениці озимої з розробкою операційної технології збиральних робіт

керівник роботи Кабат Олег Станіславович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи 03.06.2026.

3. Вихідні дані до роботи Дані щодо вирощування зерна пшениці в Україні, та структура зернових культур в цілому. Особливості вирощування пшениці. Патентний пошук удосконалень за обраною тематикою. Аналіз літературних джерел.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити). Проаналізувати обсяги вирощування пшениці озимої в Україні. Обґрунтувати технологію вирощування та технічні засоби для вирощування пшениці озимої. Обґрунтувати удосконалення конструкції молотильного барабану комбайну, та провести необхідні розрахунки. Розробити операційно-технологічну карту на збирання. Навести основні вимоги охорони праці при роботі з комбайном. Виконати економічне обґрунтування ефективності проекту. Загальні висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Аналіз вирощування озимої пшениці (А1) 2. План механізованого вирощування пшениці озимої (А1) 3. Комбайн ДОН-1500Б (вид загальний) (А1). 4. Молотильно-сепаруючий пристрій (складальне креслення) (А1) 5. Біло праве (А3). 6. Біло ліве (А3) 7. Вал (А3). 8. Регулювальна пластина (А4). 9. Пластина (А4). 10. Операційно-технологічна карта на збирання (А1). 11. Економічна ефективність проєкту (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Кабат О.С., професор		
нормоконтроль	Кабат О.С., професор		

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз вирощування пшениці	до 08.05.2026 р.	виконано
2	Проектування технології вирощування	до 15.05.2026 р.	виконано
3	Конструкційний	до 22.05.2026 р.	виконано
4	Операційна технологія збирання	до 26.05.2026 р.	виконано
5	Охорона праці	до 29.05.2026 р.	виконано
6	Економічна частина	до 03.06.2026 р.	виконано
7	Графічна частина	до 03.06.2026 р.	виконано

Студент

(підпис)

Кучеренко І.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кабат О.С.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кучеренко І.С. Проект використання техніки при вирощуванні пшениці озимої з розробкою операційної технології збиральних робіт / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ. Дніпро. 2026.

У дипломному проєкті проаналізовано сучасний стан вирощування пшениці озимої в Україні. Встановлено, що після початку повномасштабної війни структура посівних площ суттєво змінилася. При цьому озима пшениця зберігає важливе місце у структурі зернових: у 2024 році її площа становила близько 4,71 млн га, а у 2025 році збільшилася приблизно до 5,0 млн га. Розроблено технологічну карту вирощування пшениці озимої на площі 128 га.. Питомі витрати пального склали 56,5 кг/га. Загальні затрати праці становлять 362,51 люд.-год, або 2,30 люд.-год/га. Обґрунтовано модернізацію молотильного апарата комбайна ДОН-1500Б шляхом встановлення бил із полімерно-композитних матеріалів. Виконано інженерні розрахунки та розроблено операційно-технологічну карту прямого комбайнування. Встановлено, що продуктивність комбайна в заданих умовах становить 13,3 га/зм, питома витрата пального – 11,62 кг/га, а коефіцієнт робочих ходів – 0,93. У роботі також розглянуто вимоги охорони праці під час виконання технологічних операцій із застосуванням зернозбирального комбайна. Економічними розрахунками встановлено, що у разі використання модернізованого комбайна на насіннєвих ділянках річний економічний ефект становитиме 56556 грн, а строк окупності скорочується до 0,53 року.

Ключові слова: пшениця озима, зернозбиральний комбайн, ДОН-1500Б, молотильний апарат, травмування зерна, полімерно-композитні матеріали, біла барабана, технологічна карта, пряме комбайнування, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	<u>8</u>
 1. ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УКРАЇНІ	 <u>10</u>
1.1 Обсяги посівних площ та структура посівів сільськогосподарських культур в Україні	<u>10</u>
1.2 Структура посівних площ зернових культур	<u>13</u>
1.3 Обсяги вирощування пшениці озимої, її врожайності, валового збору та експорту	<u>15</u>
1.4 Вплив роботи молотильного апарату комбайну на травмування зерна	<u>19</u>
1.5 Обґрунтування теми дипломного проєкту	<u>22</u>
 2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ	 <u>25</u>
2.1 Огляд технологічних особливостей вирощування пшениці озимої	<u>25</u>
2.2 Аналіз факторів, що найбільше впливають на врожайність пшениці озимої	<u>28</u>
2.3 Розробка технології вирощування пшениці	<u>32</u>
 3. УДОСКОНАЛЕННЯ МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТА КОМБАЙНУ	 <u>38</u>
3.1 Патентний огляд існуючих і запропонованої конструкції	<u>38</u>
3.2 Обґрунтування прийнятої схеми удосконалення	<u>42</u>
3.3 Розрахунок технологічних параметрів	<u>44</u>
3.4 Розробка операційно-технологічної карти на виконання операції збирання	<u>46</u>
 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З КОМБАЙНОМ	 <u>53</u>

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ	<u>56</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<u>61</u>
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	<u>63</u>
ДОДАТКИ	<u>65</u>

ВСТУП

Пшениця озима є однією з найважливіших зернових культур України, яка має велике продовольче, економічне та експортне значення. Вона є основною культурою для виробництва хлібного зерна, борошна, хлібобулочних і макаронних виробів, а також займає важливе місце у формуванні експортного потенціалу аграрного сектору. Тому підвищення ефективності її вирощування, збирання та збереження якості зерна є актуальним завданням для сучасного сільськогосподарського виробництва.

За останні роки умови вирощування зернових культур в Україні суттєво змінилися. Після початку повномасштабної війни значна частина сільськогосподарських земель стала недоступною для обробітки через окупацію, бойові дії та мінування. Крім того, на роботу аграрних підприємств вплинули порушення логістики, зростання вартості пального, добрив, засобів захисту рослин і запасних частин. Унаслідок цього відбулося скорочення площ під зерновими та зернобобовими культурами: якщо у 2021 році вони займали 15,99 млн га, то у 2023–2025 рр. їх площі стабілізувалися приблизно на рівні 10–11 млн га.

Незважаючи на складні умови, пшениця озима залишається однією з головних культур у структурі зернового виробництва України. У 2024 році її площа становила близько 4,71 млн га, а у 2025 році збільшилася приблизно до 5,0 млн га. Це свідчить про поступове відновлення інтересу аграріїв до цієї культури, оскільки вона має стабільний попит, добре пристосована до природно-кліматичних умов України та є важливою для забезпечення продовольчої безпеки держави.

Ефективність вирощування пшениці озимої значною мірою залежить від правильної організації технологічного процесу. Важливими є вибір попередника, система обробітки ґрунту, сівба в оптимальні строки, внесення добрив, захист рослин, а також своєчасне і якісне збирання врожаю. Однією з найбільш відповідальних операцій у технології виробництва пшениці озимої є

збирання врожаю. На цьому етапі важливо не тільки мінімізувати втрати зерна, а й зберегти його якість. Значна частина пошкоджень зернівок виникає саме під час роботи молотильного апарату зернозбирального комбайна. Основними причинами травмування є надмірна частота обертання барабана або ротора, занадто малий зазор між барабаном і підбарабанням, нерівномірна подача хлібної маси, неправильна швидкість руху комбайна та зношені робочі органи. Для продовольчого зерна такі пошкодження знижують товарну якість, а для насіннєвого матеріалу є ще небезпечнішими, оскільки можуть погіршувати енергію проростання, схожість і рівномірність сходів.

У зв'язку з цим актуальним є пошук технічних рішень, які дозволяють зменшити травмування зерна під час обмолоту. Одним із перспективних напрямів є модернізація молотильного апарату комбайна шляхом встановлення бил із полімерно-композитних матеріалів. Такі матеріали мають кращі демпфувальні властивості порівняно з металом, тобто здатні частково поглинати енергію удару та зменшувати жорсткість контакту із зернівкою. Це дає змогу знизити кількість битого зерна, мікротріщин і прихованих пошкоджень, що особливо важливо під час збирання насіннєвої пшениці.

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності збирання пшениці озимої шляхом модернізації молотильного апарату зернозбирального комбайна із використанням бил із полімерно-композитних матеріалів.

Досягнути вказаної мети можна шляхом виконання таких завдань:

1. Виконати аналіз основних показників вирощування пшениці озимої.
2. Обґрунтувати технологію вирощування озимої пшениці.
3. Запропонувати удосконалення конструкції молотильного апарату комбайну. Розробити операційну технології збирання.
4. Навести основні вимоги охорони праці при роботі з зернозбиральними комбайнами.
5. Виконати економічну ефективність проєкту.

1. ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УКРАЇНІ

1.1 Обсяги посівних площ та структура посівів сільськогосподарських культур в Україні

Посівні площі сільськогосподарських культур є одним із основних показників, що характеризує стан аграрного виробництва країни. Для України цей показник має особливо важливе значення, оскільки аграрний сектор залишається одним із ключових напрямів економіки, забезпечує внутрішній продовольчий ринок, формує значну частину експорту та валютних надходжень. У структурі посівів традиційно найбільшу частку займають зернові, зернобобові та технічні культури, серед яких провідне місце належить пшениці, кукурудзі, соняшнику, сої та ріпаку.

До 2022 року структура посівних площ в Україні була відносно стабільною. Значні площі відводилися під зернові культури, насамперед пшеницю та кукурудзу, а також під соняшник, який протягом тривалого часу залишався однією з найприбутковіших технічних культур. У 2021 році загальна посівна площа сільськогосподарських культур в Україні становила близько 28,58 млн га, з яких 15,99 млн га припадало на зернові та зернобобові культури, а 9,24 млн га – на технічні культури [1].

Після початку повномасштабної війни структура посівів суттєво змінилася. Частина земель опинилася на тимчасово окупованих територіях або в зоні бойових дій, частина площ стала небезпечною для обробітки через мінування. Крім цього, на рішення аграріїв вплинули проблеми з логістикою, зростання вартості добрив, пального, засобів захисту рослин, а також зміна рентабельності окремих культур. Саме тому у 2022–2023 рр. спостерігалось скорочення площ під зерновими культурами та поступове збільшення інтересу до олійних культур, які часто мають вищу вартість реалізації при меншому обсязі продукції для транспортування.

За прогнозними даними Мінагрополітики, у 2023 році площі зернових та технічних культур на контрольованій Україною території оцінювалися на рівні 19,3 млн га, що було близьким до показника 2022 року – 19,8 млн га. При цьому площа зернових та зернобобових культур прогнозувалася на рівні 10,24 млн га, зокрема озимої пшениці – 4,17 млн га, кукурудзи – 3,62 млн га, ярого ячменю – 1,04 млн га. Водночас під олійні культури очікувалося збільшення площ: соняшник – 5,64 млн га, ріпак – 1,37 млн га, соя – 1,84 млн га.

У 2024 році, за оприлюдненими даними Держстату, площа зернових і зернобобових культур становила 11,14 млн га, що на 30,4 % менше порівняно з 2021 роком [2]. Водночас площа технічних культур становила 9,38 млн га, тобто була навіть дещо більшою, ніж у 2021 році. Це свідчить про помітну зміну пріоритетів у структурі посівів: частина господарств скорочувала зернову групу, але зберігала або збільшувала площі під більш рентабельними технічними культурами, насамперед соняшником, соєю та ріпаком.

Для 2025 року загальна площа посівів сільськогосподарських культур в Україні становила понад 23 млн га. Із них 11,07 млн га, або 48,1 %, мали зайняти зернові культури. Площа під олійними культурами прогнозувалася на рівні 8,89 млн га, що становить 38,7 % загальної посівної площі. У розрізі основних культур найбільші площі передбачалися під соняшник – 5,17 млн га, сою – 2,42 млн га, ріпак – 1,17 млн га, а серед зернових – під кукурудзу, площа якої мала становити 4,15 млн га.

Наведені дані (табл. 1.1) свідчать, що за останні п'ять років в Україні відбулося помітне скорочення площ під зерновими культурами порівняно з довоєнним 2021 роком [1-3]. Якщо у 2021 році зернові та зернобобові займали майже 16 млн га, то у 2023–2025 рр. їх площі стабілізувалися приблизно на рівні 10–11 млн га. Найбільше це стосувалося культур, які потребують значних витрат на добрива, сушіння, зберігання та транспортування, зокрема кукурудзи.

Таблиця 1.1 – Динаміка посівних площ основних груп культур в Україні
за 2021–2025 рр.

Рік	Зернові та зернобобові культури, млн га	Технічні / олійні культури, млн га	Коротка характеристика року
2021	15,99	9,24	Довоєнний рівень, найбільші площі під зерновими
2022	11,65	8,15	Різке скорочення через війну, окупацію та логістичні проблеми
2023	10,24	8,90	Зменшення зернової групи, зростання частки олійних
2024	11,14	9,38	Часткове відновлення зернових і висока частка технічних культур
2025	11,07	8,89	Зернові – 48,1 %, олійні – 38,7 % у структурі посівів

Водночас олійні культури зберегли сильні позиції у структурі посівів. Це пояснюється тим, що соняшник, соя та ріпак мають відносно високу рентабельність, стабільний попит на зовнішніх ринках і краще підходять для умов обмеженої логістики, оскільки забезпечують більшу вартість продукції з одиниці маси. Унаслідок цього площі під олійними культурами в останні роки наблизилися до площ під зерновими, що є однією з головних змін у структурі посівів після 2022 року.

Серед основних причин зміни структури посівів можна виділити воєнні ризики, зменшення доступної площі для обробітку, порушення логістики експорту, нестабільність цін на зерно, подорожчання виробничих ресурсів і зміну рентабельності культур. Таким чином, аграрії все частіше орієнтуються не лише на потенційну врожайність культури, а й на витрати вирощування, можливість реалізації продукції та загальну економічну доцільність.

1.2 Структура посівних площ зернових культур

Пшениця озима займає одне з провідних місць у структурі зернових культур України. Її значення пояснюється тим, що вона є основною продовольчою культурою, використовується для виробництва борошна, хлібобулочних і макаронних виробів, а також є важливою експортною позицією. У загальному виробництві пшениці в Україні саме озима форма є домінуючою, тоді як частка ярої пшениці є значно меншою.

До початку повномасштабної війни Україна мала значно більші площі під озимою пшеницею. Після 2022 року структура зернового клину змінилася під впливом воєнних ризиків, тимчасової окупації частини земель, мінування територій, зростання вартості матеріально-технічних ресурсів і зміни економічної доцільності вирощування окремих культур. Проте озима пшениця й надалі залишається однією з базових культур у зерновому виробництві країни.

Для кращого розуміння її місця у зерновій групі доцільно розглянути частку озимої пшениці у структурі посівних площ, валового збору та експорту порівняно з іншими основними зерновими культурами – кукурудзою та ячменем [2].

Таблиця 1.2 – Місце пшениці озимої у структурі зернових культур України за площею посіву

Показник	2024 рік	2025 рік
Загальна площа зернових і зернобобових культур, млн га	11,14	11,07
Площа озимої пшениці, млн га	4,71	5,0
Площа кукурудзи, млн га	3,9	4,145
Площа ярого ячменю, млн га	0,94	0,790
Площа ярої пшениці, млн га	0,20	0,223

У 2024 році посівні площі зернових і зернобобових культур становили близько 11,14 млн га. Із них озима пшениця займала приблизно 4,71 млн га, тобто понад 40 % усієї зернової групи. Це свідчить про її провідну роль у структурі посівів. Основним конкурентом за площею залишається кукурудза, площа якої у 2024 році становила близько 3,9 млн га.

У 2025 році зафіксовано збільшення площі озимої пшениці до 5,0 млн га. За таких умов її частка в структурі зернових могла зрости до близько 45 %, що підтверджує стабільно високий інтерес виробників до цієї культури.

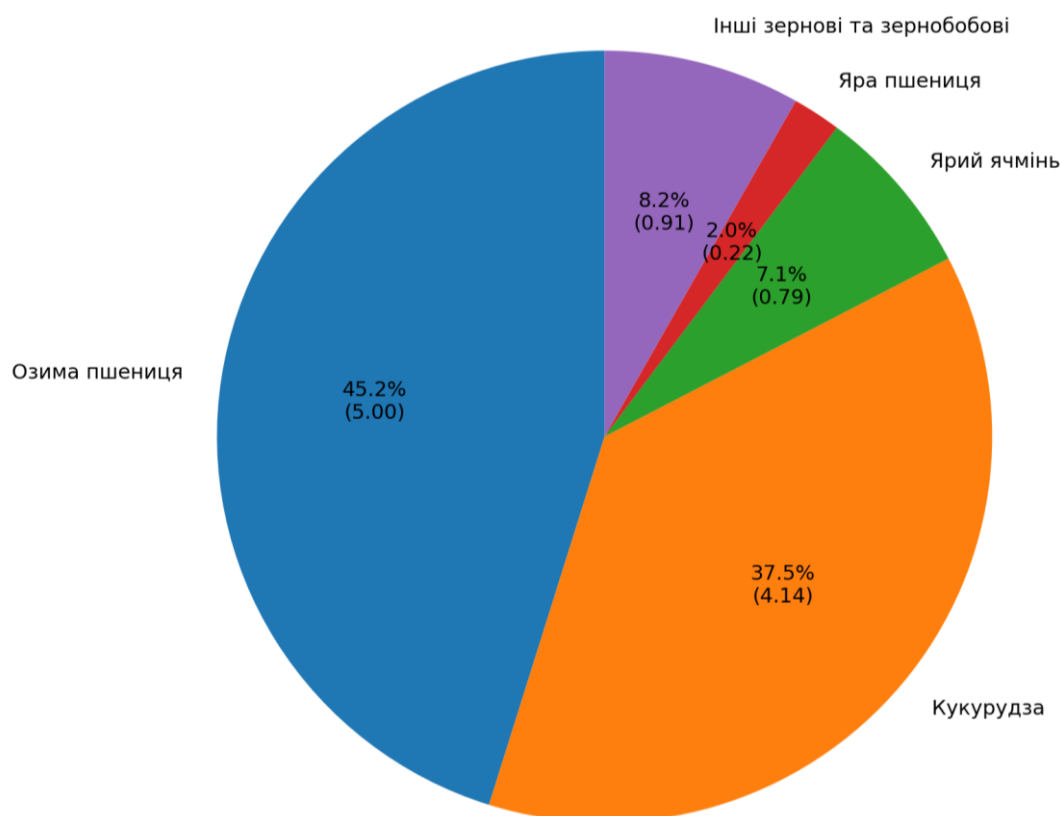


Рисунок 1.1 – Структура зернових культур України за площею посіву у 2025 р.
Джерело: розроблено автором за даними [2]

Наведені результати на 2025 рік (рис. 1.1) свідчать про посилення позицій озимої пшениці у зерновій групі. Одночасно значну частку зберігає кукурудза, а інші зернові культури формують меншу частину загальної структури.

Отже, у структурі зернових культур України озима пшениця займає стабільно високе місце як за площею посіву, так і за валовим збором та експортом. За посівними площами вона часто є найбільшою або однією з найбільших зернових культур, а за виробництвом поступається переважно кукурудзі.

Водночас саме озима пшениця залишається головною продовольчою культурою держави, оскільки формує основу виробництва хлібного зерна. Після 2022 року її частка в структурі зернових дещо змінилася під впливом воєнних та економічних факторів, однак у 2024–2025 роках спостерігається поступове відновлення інтересу до її вирощування. Це пояснюється стабільним попитом, важливим місцем у продовольчій безпеці та здатністю ефективно використовувати осінньо-зимові запаси вологи.

1.3 Обсяги вирощування пшениці озимої, її врожайності, валового збору та експорту

Пшениця озима залишається однією з головних зернових культур України. Вона має важливе продовольче, експортне та економічне значення. У структурі виробництва пшениці України переважає саме озима форма, тому статистичні дані по пшениці загалом можна використовувати як орієнтовну характеристику стану вирощування пшениці озимої.

Для оцінювання динаміки розвитку культури доцільно розглянути кілька основних показників: зібрану площу, урожайність, валовий збір та експорт. Саме ці дані дозволяють оцінити не тільки обсяг виробництва, а й ефективність використання посівних площ та роль культури у зовнішній торгівлі.

Найбільша площа під пшеницю озиму була відведена у 2021-2022 МР – 7,41 млн. га (табл. 1.3) [4-6]. Після початку повномастабної війни частина території стала тимчасово окупованою, тому спостерігалось загальне зниження посівний площ, в тому числі й пшениці озимої.

Таблиця 1.3 – Динаміка площ, урожайності, валового збору та експорту
пшениці в Україні за 2021/22–2025/26 МР

Рік / МР	Зібрана площа, млн га	Урожайність, т/га	Урожайність, ц/га	Валовий збір, млн т	Експорт, млн т
2021/22	7,41	4,46	44,60	33,01	18,84
2022/23	5,60	3,84	38,40	21,50	17,12
2023/24	5,01	4,59	45,90	23,00	18,58
2024/25	5,18	4,51	45,10	23,37	15,75
2025/26 (прогноз)	5,40	4,44	44,40	24,00	12,50

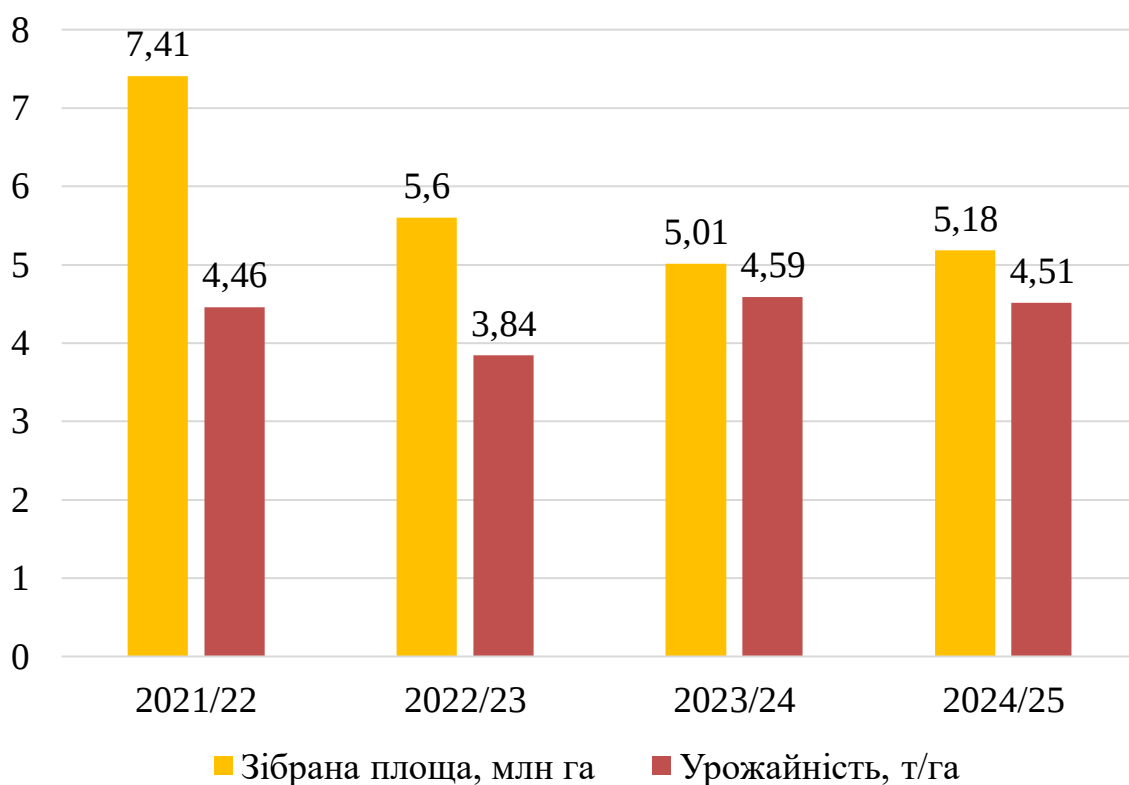


Рисунок 1.2 – Посівна площа та врожайність пшениці озимої в Україні за
2021/22–2025/26 МР

Джерело: розроблено автором за даними [2]

З рисунка 1.2 видно, що найбільший валовий збір пшениці було отримано у 2021/22 маркетинговому році – близько 33,01 млн т. Це пояснюється значною зібраною площею, яка перевищувала 7,4 млн га, та достатньо високою врожайністю. Після 2022 року площі під пшеницею різко скоротилися через війсьні дії, втрату частини сільськогосподарських угідь, мінування територій та ускладнення логістики.

У 2022/23 МР валовий збір зменшився до 21,50 млн т. [2] Однак експорт залишився на досить високому рівні – 17,12 млн т [4-6], що частково пояснюється потребою реалізації накопичених запасів і збереження значення пшениці як основної експортної культури (рис. 1.3).

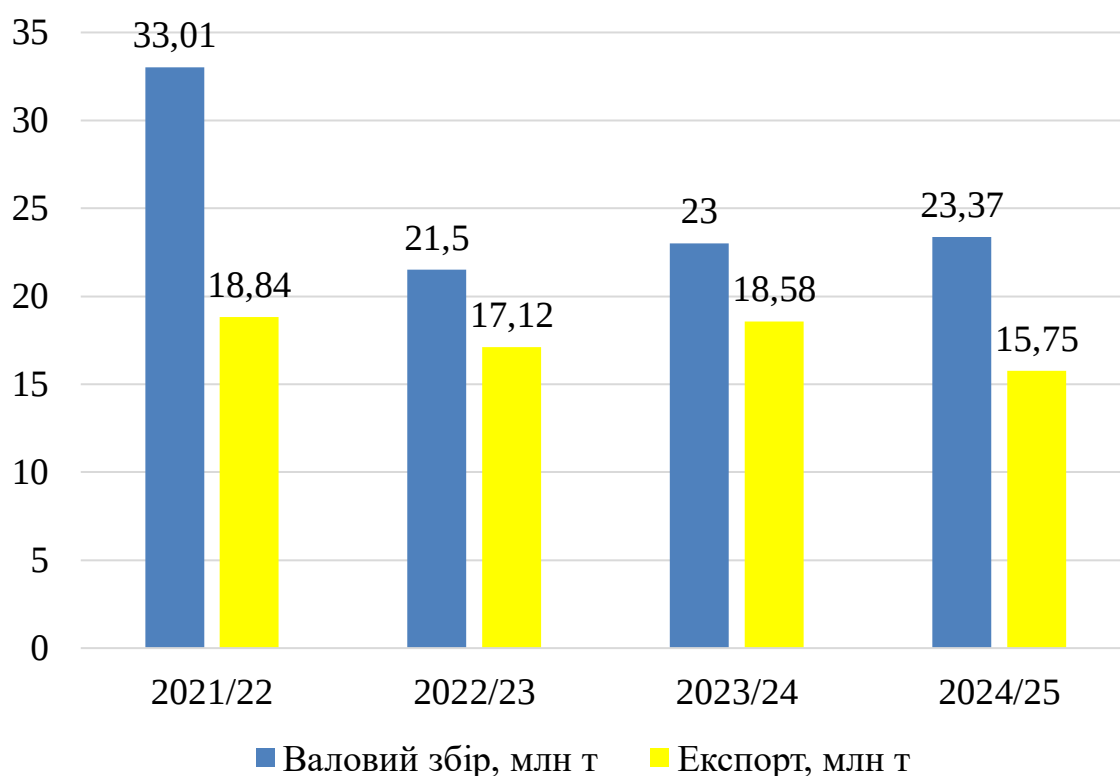


Рисунок 1.3 – Валовий збір та експорт пшениці озимої в Україні

Джерело: розроблено автором за даними [2]

У 2023/24 МР виробництво дещо відновилося до 23,00 млн т, а експорт становив 18,58 млн т. У 2024/25 МР валовий збір залишався близьким до попереднього року, проте експорт знизився до 15,6 млн т. Для 2025/26 МР

прогнозується виробництво на рівні близько 24,00 млн т та подальше зменшення експорту до 12,50 млн т.

Динаміка урожайності, наведена на рисунку 1.2, показує, що найнижчий рівень продуктивності за досліджуваний період спостерігався у 2022/23 МР – близько 3,84 т/га. На цей результат вплинули не лише погодні умови, а й скорочення технологічних витрат у багатьох господарствах. Через зростання цін на добрива, паливе та засоби захисту рослин частина аграріїв була змушена зменшувати інтенсивність технології вирощування.

У 2023/24 МР урожайність зросла до 4,59 т/га, що стало найвищим показником за розглянутий період. Це свідчить про часткову адаптацію виробників до нових умов, кращу організацію технологічних операцій та сприятливіші умови вирощування в окремих регіонах. Отже, навіть за меншої площі вирощування Україна зберігає достатньо високий рівень продуктивності пшениці.

Загалом аналіз статистики свідчить, що після різкого спаду у 2022 році виробництво пшениці поступово стабілізувалося. Разом з тим довоєнного рівня за площею та валовим збором поки що не досягнуто. Основними обмежувальними чинниками залишаються воєнні ризики, стан логістики, висока собівартість виробництва, коливання закупівельних цін і доступність матеріально-технічних ресурсів. У цих умовах особливого значення набуває удосконалення технології вирощування, зокрема якісне виконання сівби, рівномірне загортання насіння, використання енергоощадних машин і зменшення непродуктивних витрат.

За останні п'ять років структура посівних площ в Україні суттєво змінилася. Порівняно з довоєнним періодом зменшилися площі під зерновими культурами, тоді як олійні культури зберегли високі позиції завдяки кращій рентабельності та стабільному попиту. Пшениця озима, незважаючи на скорочення площ, залишається стратегічною культурою для продовольчої безпеки та експорту України.

Статистичні дані свідчать, що найбільший валовий збір пшениці було отримано у 2021/22 МР, тоді як найскладнішим для виробництва став 2022/23 МР. У наступні роки відбулося часткове відновлення урожайності та стабілізація виробництва на рівні близько 23–24 млн т. Це підтверджує важливість удосконалення технологічних прийомів вирощування, особливо операції сівби, яка безпосередньо впливає на рівномірність сходів, розвиток рослин і майбутню врожайність.

1.4 Вплив роботи молотильного апарату комбайну на травмування зерна

Під час збирання пшениці озимої одним із головних завдань є не тільки повне відокремлення зерна від колоса, а й збереження його якості. Значна частина механічних пошкоджень зерна виникає саме в процесі обмолоту, коли хлібна маса проходить через молотильний апарат комбайна. За даними фахових джерел, безпосередніми причинами травмування зерна є збиральні, очисні, сортувальні машини, транспортери та сушарки, але в середньому найбільша частка пошкоджень припадає саме на комбайн — близько 70 % від загального механічного травмування зерна [7].

Молотильний апарат комбайна виконує відокремлення зерна від колоса за рахунок ударної, стискальної та тертєвої дії барабана або ротора і підбарабання. Зернова маса потрапляє у зазор між робочими органами, де колос руйнується, зерно відділяється і проходить далі на сепарацію та очистку. Однак при надмірно інтенсивному режимі роботи молотильного апарату разом із якісним обмолотом може відбуватися пошкодження зернівок. Таке травмування буває видимим, коли зерно розбите, надколоте або має відбиті частини, і прихованим, коли зовнішньо зернівка виглядає цілою, але має мікротріщини оболонки або зародка.

Для продовольчого зерна травмування небажане через погіршення технологічних і хлібопекарських властивостей, збільшення кількості битого

зерна та зниження товарної якості партії. Для насіннєвого зерна проблема ще серйозніша, оскільки пошкодження зародка або оболонки знижує енергію проростання, лабораторну схожість і польову життєздатність насіння. У дослідженнях зазначається, що мікротравмування зерна і насіння під час збирання, післязбиральної доробки та сівби в окремі роки може сягати 50–60 % і більше, що суттєво впливає на посівні якості та майбутню врожайність [8].

Найбільший вплив на рівень пошкодження зерна мають частота обертання молотильного барабана або ротора, зазор між барабаном і підбарабанням, рівномірність подачі хлібної маси, вологість зерна, стиглість рослин і технічний стан робочих органів. Зміна режиму роботи молотильного апарата прямо впливає на рівень і обсяг травмованого зерна під час збирання [9].

Найчастіше травмування зростає при надмірній частоті обертання барабана. У цьому випадку зерно отримує сильніші удари від бичів або роторних елементів, інтенсивніше стискається і третється об підбарабання та інші частини комбайна. Надмірна швидкість обертання барабана призводить до руйнування зерна і збільшення втрат урожаю. Водночас занадто мала частота обертання може спричинити неповний обмолот колосків, збільшення втрат за молотаркою і потребу в повторному проходженні маси через домолочувальні пристрої, що також може підвищувати травмування [10].

Другим важливим чинником є зазор між барабаном і підбарабанням. Якщо зазор надто малий, зернова маса проходить через молотильний апарат із надмірним стисканням. У такому режимі підвищується кількість битого, роздавленого і тріснутого зерна. Якщо зазор надто великий, частина колосків може залишатися недомолоченою. Тому регулювання зазору повинно забезпечувати компроміс між повнотою обмолоту і мінімальним травмуванням зернівок.

Важливе значення має і вологість зерна. Надто сухе зерно стає крихкішим і легше розтріскується під дією ударів. Надто вологе зерно гірше вимолочується з колоса, тому механізатор часто змушений збільшувати частоту

обертання барабана або зменшувати зазор підбарабання, що також підвищує ризик травмування. Оптимальний режим роботи молотильного апарату потрібно підбирати залежно від фактичної вологості зерна, стану соломи, густоти хлібостою та врожайності.

Під час проходження через молотильний апарат зернівка зазнає багаторазових механічних дій. Основними є удар бичів барабана, стискання між барабаном і підбарабанням, тертя об металеві поверхні, а також зіткнення зерна з іншими зернівками, соломою та елементами комбайна. Якщо сила дії перевищує міцність зернівки, виникають тріщини оболонки, пошкодження ендосперму або зародка.

Особливо небезпечними є приховані мікропошкодження. Вони не завжди помітні при звичайному огляді, але можуть проявлятися під час зберігання або пророщування. Таке зерно інтенсивніше дихає, швидше уражується мікроорганізмами, гірше зберігається і має нижчі посівні якості. Для насіннєвого матеріалу це може призвести до зріджених сходів, нерівномірного розвитку рослин і втрати частини потенційної врожайності.

Для зменшення травмування зерна пшениці озимої потрібно правильно налаштувати молотильний апарат відповідно до конкретних умов збирання. Насамперед слід починати з рекомендованих заводом-виробником налаштувань для пшениці, а потім коригувати їх за фактичним станом зернової маси. Після перших проходів потрібно перевірити зерно в бункері, втрати за комбайном і наявність недомолочених колосків.

Якщо у бункері багато битого зерна, доцільно зменшити частоту обертання барабана або ротора та дещо збільшити зазор підбарабання. Якщо спостерігається недомолот, навпаки, потрібно поступово підвищити інтенсивність обмолоту, але без різких змін. Також важливо підтримувати рівномірну швидкість руху комбайна, щоб молотильний апарат отримував стабільну подачу хлібної маси.

Важливе значення має технічний стан комбайна. Зношені бичі, деформоване підбарабання, порушення балансування барабана або

нерівномірні зазори можуть призводити до нестабільної роботи молотарки. Це погіршує якість обмолоту та збільшує пошкодження зерна. Тому перед збиранням потрібно перевірити стан робочих органів, справність приводу, рівномірність зазорів і відсутність сторонніх предметів у молотильному просторі.

1.5 Обґрунтування теми дипломного проєкту

Разом із технологічним регулюванням перспективним напрямом зменшення травмування зерна є конструктивне удосконалення робочих органів молотильного апарата. Одним із таких рішень може бути використання бил або робочих накладок, виготовлених із полімерно-композитних матеріалів. Актуальність такого підходу пояснюється тим, що традиційні металеві била мають високу міцність і зносостійкість, однак їх робоча поверхня є досить жорсткою. При контакті зернівки з металевим билем виникає різка ударна дія, яка може спричинити мікротріщини, надколи та пошкодження зародка.

Полімерно-композитні матеріали, на відміну від металу, можуть мати кращі демпфувальні властивості. Тобто вони здатні частково поглинати енергію удару та зменшувати локальне напруження в зоні контакту із зерном. Завдяки цьому контакт зернівки з робочим органом стає менш жорстким. У результаті може зменшуватися кількість битого зерна, мікротріщин оболонки та прихованих пошкоджень зародка. Особливо важливо це при збиранні насіннєвих посівів пшениці озимої, де якість зерна має безпосередній вплив на схожість і майбутню продуктивність посівів.

До полімерно-композитних матеріалів, які можуть бути перспективними для таких елементів, належать поліаміди, поліуретани, надвисокомолекулярний поліетилен, а також полімери, армовані скловолокном, вуглецевим волокном або іншими наповнювачами. Такі матеріали можуть поєднувати достатню міцність, зносостійкість і меншу жорсткість контакту порівняно з металом. При цьому важливо, щоб матеріал витримував ударні навантаження, абразивну дію

пилу і рослинних решток, зміну температури та вологості, а також не руйнувався під час тривалої роботи.

Найбільш доцільним варіантом може бути не повна заміна металевого біла, а використання комбінованої конструкції. У такому випадку металева основа забезпечує міцність, жорсткість і надійне кріплення до барабана, а полімерно-композитна накладка виконує функцію робочої поверхні, що контактує із зерною масою. Такий підхід дозволяє поєднати переваги металу і полімерного композиту: міцність несучої частини та м'якшу дію на зерно. Крім того, заміна окремої накладки може бути простішою і дешевшою, ніж заміна всього біла.

Водночас потрібно враховувати, що використання бил із полімерно-композитних матеріалів не скасовує потреби в правильному регулюванні молотильного апарата. Якщо барабан працює з надмірною частотою, а зазор підбарабання занадто малий, травмування зерна може залишатися високим незалежно від матеріалу робочої поверхні. Тому полімерно-композитні біла слід розглядати як додатковий конструктивний засіб, який працює разом із правильними технологічними налаштуваннями комбайна.

З практичної точки зору така модернізація є актуальною для господарств, які вирощують насіннєву пшеницю або прагнуть підвищити якість товарного зерна. Зменшення частки битого та мікропошкодженого зерна дозволяє покращити якість партії, зменшити втрати під час післязбиральної доробки, підвищити стійкість зерна до зберігання та зберегти посівні властивості насіннєвого матеріалу. Особливо це важливо в умовах, коли господарства прагнуть не тільки зібрати врожай, а й отримати зерно вищої якості з меншими втратами.

Отже, робота молотильного апарату комбайна має безпосередній вплив на рівень травмування зерна пшениці озимої. Основними причинами пошкодження є надмірна частота обертання барабана або ротора, занадто малий зазор підбарабання, нерівномірна подача хлібної маси, неправильна швидкість руху комбайна та незадовільний технічний стан робочих органів. Одним із

перспективних шляхів зменшення цієї проблеми є використання бил або накладок із полімерно-композитних матеріалів, які можуть знизити жорсткість контакту зернівки з робочими органами, частково поглинути енергію удару та зменшити утворення мікропошкоджень.

Таким чином, застосування бил із полімерно-композитних матеріалів є актуальним напрямом удосконалення молотильного апарату зернозбирального комбайна. Таке рішення може бути особливо корисним для збирання насіннєвих посівів пшениці озимої, де навіть незначне травмування зерна має негативні наслідки. Поєднання правильно підібраних режимів обмолоту з використанням м'якших і більш демпфувальних робочих поверхонь дозволяє зменшити пошкодження зерна, підвищити його якість і обґрунтовує доцільність подальшої розробки та дослідження бил із ПКМ.

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності збирання пшениці озимої шляхом модернізації молотильного апарату зернозбирального комбайна із використанням бил із полімерно-композитних матеріалів.

Досягнути вказаної мети можна шляхом виконання таких завдань:

1. Виконати аналіз основних показників вирощування пшениці озимої.
2. Обґрунтувати технологію вирощування озимої пшениці.
3. Запропонувати удосконалення конструкції молотильного апарату комбайну. Розробити операційну технології збирання.
4. Навести основні вимоги охорони праці при роботі з зернозбиральними комбайнами.
5. Виконати економічну ефективність проєкту.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

2.1 Огляд технологічних особливостей вирощування пшениці озимої

Пшениця озима є однією з основних зернових культур України, тому вибір технології її вирощування має важливе значення не тільки для окремого господарства, а й для загального виробництва продовольчого зерна. В умовах України технологія вирощування пшениці формується з урахуванням ґрунтово-кліматичної зони, попередника, запасів вологи, технічного забезпечення господарства, рівня внесення добрив, можливостей захисту рослин та економічної доцільності.

У сучасних умовах в Україні застосовують кілька основних технологічних підходів до вирощування пшениці озимої: традиційну, інтенсивну, ресурсощадну, мінімальну, No-till, Strip-till, а також технології з елементами точного землеробства. Кожна з них має свої переваги, обмеження та сферу доцільного використання. Тому при виборі системи вирощування важливо враховувати не лише потенційну врожайність, а й собівартість, наявність техніки, ризики посухи, забур'яненість поля та можливість своєчасного виконання всіх операцій.

Традиційна технологія базується на класичній системі обробітку ґрунту, яка зазвичай включає лущення стерні, основний обробіток, передпосівну культивуацію, сівбу, внесення добрив та систему захисту рослин. У багатьох господарствах така технологія залишається поширеною, оскільки вона добре відома, не потребує повної перебудови машинно-тракторного парку та дозволяє отримувати стабільні результати за умови якісного виконання всіх операцій.

Основною перевагою традиційної технології є якісне загортання післяжнивних решток, знищення частини бур'янів механічним способом та створення вирівняного посівного шару. Такий підхід доцільний у господарствах, де поля засмічені бур'янами або після попередника залишається

велика кількість рослинних решток. Разом із тим традиційна технологія потребує значної кількості проходів техніки, що збільшує витрати пального, робочого часу та амортизацію машин. Крім цього, інтенсивний обробіток може сприяти втратам вологи та руйнуванню структури ґрунту.

Інтенсивна технологія спрямована на отримання максимально можливої врожайності. Вона передбачає використання високопродуктивних сортів, якісного насіння, оптимальних строків сівби, збалансованої системи удобрення, кількох фунгіцидних та інсектицидних обробок, регуляторів росту, мікродобрив і постійного контролю стану посівів.

Перевагою інтенсивної технології є можливість реалізувати генетичний потенціал сорту та отримати зерно кращої якості. Водночас її головним недоліком є висока собівартість. Вона потребує значних витрат на мінеральні добрива, засоби захисту рослин, якісне насіння, пальне та техніку. Якщо погодні умови несприятливі або ціна реалізації зерна низька, додаткові витрати можуть не окупитися.

Ресурсоощадна технологія є проміжним варіантом між традиційною та інтенсивною. Її головна мета полягає не лише в отриманні високого урожаю, а й у забезпеченні оптимального співвідношення між урожайністю, витратами та прибутком. У такій технології зменшують кількість проходів техніки, раціональніше використовують добрива, застосовують комбіновані агрегати та намагаються краще зберегти вологу в ґрунті.

Для України ресурсоощадний підхід є досить актуальним, оскільки багато господарств працюють в умовах високої вартості пального, добрив і запасних частин. Основною перевагою цієї технології є зменшення витрат пального, часу та праці. Недоліком є потреба у якісних комбінованих агрегатах, правильній організації роботи та достатньому досвіді механізаторів.

Mini-till передбачає скорочення кількості та глибини обробітків ґрунту. Замість глибокої оранки часто застосовують дискові борони, чизелі, культиватори або комбіновані агрегати. Частина рослинних решток

залишається на поверхні поля, що допомагає зменшити випаровування вологи та захистити ґрунт від ерозії.

Ця технологія добре підходить для регіонів, де важливо зберегти вологу, особливо для Степу та Лісостепу. Перевагою Mini-till є менша витрата пального, швидше проведення польових робіт і краще збереження вологи. Недоліком є те, що за недостатньої системи захисту може збільшуватись забур'яненість посівів, а поверхневий обробіток не завжди усуває ущільнення ґрунту в глибших шарах.

Технологія No-till – це технологія прямої сівби без попереднього механічного обробітку ґрунту. Насіння висівається спеціальною сівалкою безпосередньо в необроблений ґрунт, а рослинні рештки залишаються на поверхні поля. Основна ідея цієї технології полягає у збереженні ґрунтової структури, накопиченні органічної речовини, зменшенні ерозії та кращому збереженні вологи.

В умовах України No-till може бути ефективним насамперед у зонах, де є проблема дефіциту вологи та ерозії. Однак ця технологія не є універсальною для всіх господарств. До її недоліків належать висока залежність від гербіцидного захисту, потреба у спеціальній сівалці, повільний перехідний період і ризик зниження врожайності в перші роки впровадження.

Strip-till технологія є проміжною технологією між традиційним обробітком і No-till. Її суть полягає в тому, що обробляється не вся площа поля, а лише вузькі смуги, у які згодом висівається насіння. Міжряддя залишаються необробленими та вкритими рослинними рештками.

Для пшениці озимої Strip-till застосовується рідше, ніж для кукурудзи, соняшнику чи ріпаку, однак в окремих господарствах ця технологія може бути корисною. Перевагою є краща концентрація добрив у зоні розвитку кореневої системи, збереження рослинних решток у міжряддях і менші витрати порівняно з традиційною технологією. Недоліком є складність налаштування агрегатів, висока вартість техніки та потреба в точному водінні агрегату.

Технологія з елементами точного землеробства. Точне землеробство не завжди є окремою технологією вирощування, але воно може доповнювати будь-яку з перелічених систем. Його суть полягає у використанні карт полів, GPS-навігації, агрохімічного аналізу ґрунту, супутникового моніторингу, карт урожайності, диференційованого внесення добрив і змінних норм висіву.

Перевагою точного землеробства є більш раціональне використання добрив, насіння, пального і засобів захисту рослин. Воно дозволяє зменшити перевитрати ресурсів на малопродуктивних ділянках і краще забезпечити високопродуктивні зони. Недоліком є потреба у цифрових картах, програмному забезпеченні, навігації, датчиках, а також у фахівцях, які можуть правильно аналізувати дані.

Кожна технологія має не лише сильні сторони, а й певні обмеження. Наприклад, традиційна технологія є зрозумілою та добре освоєною, але потребує значних витрат пального. Інтенсивна технологія може забезпечити найвищу врожайність, однак вона вимагає великих вкладень у добрива, насіння та засоби захисту рослин. Ресурсоощадні системи, Mini-till, No-till і Strip-till дозволяють зменшити витрати та краще зберігати вологу, проте потребують якіснішої техніки, продуманої сівозміни та уважного контролю бур'янів.

Окреме місце займає точне землеробство, яке може поєднуватися з будь-якою технологією вирощування. Його перевага полягає в тому, що воно дозволяє враховувати неоднорідність поля та диференційовано використовувати ресурси. Водночас для його впровадження потрібні карти полів, навігація, програмне забезпечення та підготовлені спеціалісти.

2.2 Аналіз факторів, що найбільше впливають на врожайність пшениці озимої

Врожайність пшениці озимої формується під впливом комплексу природних, агротехнічних і організаційних факторів. Жоден із них не діє окремо: навіть високопродуктивний сорт або підвищена доза добрив не

забезпечать добрий результат, якщо порушені строки сівби, є нестача вологи або ґрунт має незадовільний фізичний стан. Тому врожайність пшениці озимої доцільно розглядати як результат взаємодії кліматичних умов, системи обробітку ґрунту, попередника, удобрення, норми висіву, строків сівби, сорту та захисту рослин.

Одним із найважливіших факторів є вологозабезпечення. Для озимої пшениці особливе значення має запас продуктивної вологи в ґрунті восени, під час весняного відновлення вегетації, виходу в трубку, колосіння та наливу зерна. У посушливих умовах пшениця значною мірою використовує вологу, накопичену в осінньо-зимовий і ранньовесняний періоди. Це пояснює, чому в умовах Півдня і Сходу України правильний обробіток ґрунту, збереження стерні, снігозатримання та мінімізація втрат вологи мають дуже велике значення.

Важливим фактором є система обробітку ґрунту. Її основне завдання полягає не лише у знищенні бур'янів, а й у створенні сприятливого водно-повітряного режиму, накопиченні та збереженні вологи, формуванні посівного ложа і забезпеченні нормального розвитку кореневої системи. Традиційна оранка забезпечує добрий обробіток орного шару, загортання післяжнивних решток і добрив, але потребує значних енергетичних витрат і може посилювати втрати вологи. Мінімальний та нульовий обробіток краще зберігають вологу, зменшують ерозійні процеси і витрати пального, проте потребують якісного контролю бур'янів, правильної сівалки і високої культури землеробства.

Не менш важливим є попередник. Найкращими попередниками для пшениці озимої є культури, після яких у ґрунті залишається достатньо вологи та поживних речовин, а поле не засмічене бур'янами. До таких попередників належать зернобобові культури, багаторічні трави, ріпак, рання картопля, зайняті пари, а в окремих зонах — кукурудза на силос. Гіршими попередниками є культури, які пізно звільняють поле або сильно висушують ґрунт. Після поганого попередника сходи пшениці часто бувають зрідженими, рослини

слабше кущаться, гірше перезимовують і формують меншу кількість продуктивних стебел.

Система удобрення має один із найсильніших впливів на врожайність і якість зерна. Пшениця озима добре реагує на внесення азоту, фосфору і калію. Азот найбільше впливає на кущення, формування продуктивного стеблостою, кількість зерен у колосі та вміст білка. Фосфор сприяє розвитку кореневої системи, підвищує зимостійкість і прискорює дозрівання. Калій покращує водний режим рослин, стійкість до посухи, хвороб і вилягання.

Водночас надмірне внесення добрив не завжди дає пропорційне підвищення врожайності. Надлишок азоту може спричиняти вилягання посівів, підвищену ураженість хворобами, затягування вегетації та збільшення виробничих витрат. Тому система удобрення має бути збалансованою і враховувати родючість ґрунту, попередник, заплановану врожайність, вологозабезпечення та результати агрохімічного аналізу.

Великий вплив має норма висіву насіння. Вона визначає густоту рослин, кількість продуктивних стебел і рівень конкуренції між рослинами. За заниженої норми висіву посіви можуть бути зрідженими, слабше конкурувати з бур'янами і формувати недостатню кількість колосків на одиниці площі. За завищеної норми рослини надмірно загущуються, сильніше конкурують за світло, вологу і поживні речовини, частіше вилягають і уражуються хворобами.

Оптимальна норма висіву залежить від сорту, строку сівби, родючості ґрунту, вологозабезпечення і технології вирощування. За ранніх строків сівби норму висіву зазвичай можна дещо зменшувати, оскільки рослини мають більше часу для осіннього кущення. За пізньої сівби, навпаки, норму часто підвищують, бо рослини не встигають добре розкущитися до зими.

Особливу роль відіграють строки сівби. Надто рання сівба може призводити до переростання рослин, підвищеного ураження хворобами та шкідниками, а також зниження зимостійкості. Надто пізня сівба небезпечна тим, що рослини входять у зиму слабкими, з недостатньо розвиненою кореневою системою і малою кількістю пагонів кущення. Оптимальний строк

сівби дає можливість рослинам сформувати 3–4 пагони до припинення осінньої вегетації, добре укорінитися і краще перезимувати.

На врожайність також впливає сортовий склад. Сучасні сорти пшениці озимої відрізняються потенціалом урожайності, зимостійкістю, посухостійкістю, стійкістю до вилягання, хвороб і якістю зерна. Проте потенціал сорту реалізується тільки за відповідної технології. Навіть якісний сорт дуже залежить від погодних і ґрунтово-кліматичних умов, тому його потрібно підбирати з урахуванням конкретної зони вирощування.

Важливим елементом технології є захист рослин. Бур'яни конкурують із пшеницею за вологу, світло і поживні речовини, особливо на ранніх етапах розвитку. Хвороби листя і колоса знижують фотосинтетичну активність рослин, погіршують налив зерна і можуть знижувати його якість. Шкідники пошкоджують кореневу систему, стебла, листки або колос, що також призводить до втрат урожаю. Тому ефективна система захисту має включати протруювання насіння, моніторинг посівів, своєчасне внесення гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів за потреби.

Окремо слід виділити стан ґрунту та якість сівби. Навіть за правильно підбраного сорту і добрив погано підготовлене посівне ложе може суттєво знизити польову схожість. Насіння має бути розміщене на однаковій глибині, у вологому шарі ґрунту, з добрим контактом із ґрунтом. Нерівномірна глибина загортання призводить до розтягнутих сходів, неоднакового розвитку рослин і нерівномірного дозрівання.

Отже, найбільший вплив на врожайність пшениці озимої мають вологозабезпечення, система удобрення, строки і норма сівби, попередник та якість обробітку ґрунту. У сучасних умовах зміни клімату особливо зростає роль технологій, які дозволяють зберігати вологу, підтримувати родючість ґрунту і зменшувати стрес для рослин.

Найвищі результати можна отримати не за рахунок одного окремого прийому, а завдяки поєднанню правильно підбраного сорту, збалансованого

удобрення, оптимальної густоти посіву, якісної сівби та своєчасного захисту рослин.

2.3 Розробка технології вирощування пшениці

Технологія вирощування пшениці озимої передбачає послідовне виконання комплексу польових робіт, які спрямовані на якісну підготовку ґрунту, створення оптимальних умов для проростання насіння, живлення рослин, захист посівів від бур'янів, хвороб і шкідників, а також своєчасне збирання врожаю.

Першою операцією після збирання попередника є лушення стерні або дискування. Ця операція виконується на глибину 8–10 см агрегатом у складі трактора ХТЗ-17021 і дискової борони БДВП-4,2 “Краснянка”. Основна мета дискування полягає в подрібненні післяжнивних решток, частковому загортанні їх у ґрунт, провокуванні проростання бур'янів і падалиці, а також зменшенні втрат вологи з верхнього шару ґрунту. Якісне виконання цієї операції створює кращі умови для подальшого основного обробітку.

Наступним етапом є оранка на глибину 25 см. Для її виконання використовується агрегат ХТЗ-17021 + плуг оборотний Kverneland 150В, 5+1 корпусів. Оранка забезпечує розпушення орного шару, загортання рослинних решток, добрив і бур'янів, а також покращує водно-повітряний режим ґрунту. Ця операція є важливою для формування сприятливого кореневмісного шару, у якому рослини пшениці зможуть нормально розвиватися восени та після відновлення весняної вегетації.

Після основного обробітку проводиться передпосівна культивування на глибину 8–10 см. Вона виконується агрегатом ХТЗ-17021 + культиватор КПС-4,2 ОАПК. Основне завдання цієї операції — вирівнювання поверхні поля, руйнування ґрунтової кірки, знищення пророслих бур'янів і підготовка якісного посівного ложа. Добре підготовлений ґрунт дає змогу розмістити насіння на однакову глибину, що сприяє дружним і рівномірним сходам.

Однією з найвідповідальніших операцій є сівба пшениці озимої. Вона проводиться в оптимальні строки агрегатом ХТЗ-17021 + зернова сівалка Great Plains 3S-3000 з шириною захвату 9,14 м. Норма висіву насіння становить 232 кг/га. Під час сівби важливо забезпечити рівномірне розміщення насіння по площі та глибині, добрий контакт насіння з ґрунтом і дотримання встановленої норми висіву. Від якості сівби значною мірою залежить густота стояння рослин, рівномірність розвитку посівів, перезимівля та майбутня врожайність.

Після відновлення весняної вегетації проводиться перше підживлення аміачною селітрою у нормі 100 кг/га. Для цієї операції використовується агрегат МТЗ-82.1 + розкидач мінеральних добрив Amazone ZA-M 3000. Весняне підживлення забезпечує рослини доступним азотом у період активного відновлення росту, сприяє кущенню, формуванню продуктивного стеблостою та підвищенню потенціалу врожайності.

У фазі кущення виконується обприскування посівів гербіцидом і регулятором росту. У технологічній карті передбачено застосування препаратів Дербі 0,6 л/га та Модус 0,2 л/га. Операція виконується агрегатом МТЗ-82.1 + обприскувач ОП-2000-18. Гербіцидний захист дає змогу зменшити конкуренцію бур'янів за вологу, світло і поживні речовини, а регулятор росту сприяє підвищенню стійкості посівів до вилягання.

Також у фазі кущення проводиться друге азотне підживлення аміачною селітрою у нормі 200 кг/га. Ця операція має важливе значення для формування достатньої кількості продуктивних пагонів і подальшого розвитку рослин. Азот у цей період активно впливає на інтенсивність росту, закладання елементів продуктивності та формування майбутнього колоса.

У період появи першого міжвузля проводиться фунгіцидний захист посівів із застосуванням препаратів Рекс Дуо 0,4 л/га, Фалькон 0,6 л/га та сульфату магнію 3 кг/га. Ця операція спрямована на захист листового апарату від хвороб, покращення фізіологічного стану рослин і підтримання активного фотосинтезу. Збереження здорового листя в цей період є важливим для подальшого наливу зерна.

Через сім днів після попередньої операції передбачено ще одне підживлення аміачною селітрою у нормі 100 кг/га. Воно дозволяє підтримати рослини в період інтенсивного росту та забезпечити їх азотом перед виходом у наступні фази розвитку. Таке дробне внесення азотних добрив є більш ефективним, оскільки дає змогу краще узгодити живлення рослин із їх потребами протягом вегетації.

У фазі прапорцевого листа проводиться чергове обприскування посівів із застосуванням препаратів Солігор 1 л/га, Стакато 1,5 л/га та сульфату магнію 3 кг/га. Цей етап захисту є особливо важливим, оскільки прапорцевий лист значною мірою забезпечує налив зерна. Захист його від хвороб і шкідників дозволяє зберегти фотосинтетичну активність рослин і позитивно впливає на масу зерна.

На початку фази прапорцевого листа також виконується чергове азотне підживлення аміачною селітрою у нормі 100 кг/га. Його метою є підтримання рослин у період формування колоса та підготовки до цвітіння. Це підживлення може позитивно впливати не тільки на урожайність, а й на якісні показники зерна, зокрема вміст білка.

У фазі цвітіння проводиться заключне фунгіцидне обприскування препаратом Тілмор 1 л/га. Ця операція спрямована на захист колоса від хвороб, особливо в період, коли рослини є дуже чутливими до ураження. Своєчасний захист у фазі цвітіння дозволяє зменшити втрати врожаю і покращити якість зерна.

Завершальною операцією технологічної карти є збирання врожаю пшениці озимої. Воно проводиться у період повної стиглості зерна комбайном ДОН-1500Б із зерною жаткою ЖВН-6. Запланована урожайність становить 6,2 т/га, а валовий збір із площі 128 га – 793,6 т. Основним завданням під час збирання є виконання роботи в оптимальні строки з мінімальними втратами зерна та збереженням його якості.

Для виконання основного обробітку ґрунту під пшеницю озиму приймаємо машинно-тракторний агрегат у складі трактора ХТЗ-17021 та

оборотного плуга Kverneland 150B 5+1. Оранка проводиться на площі 128 га на глибину 25 см. За даними технологічної карти змінний виробіток агрегату становить 26,9 га/зм, а нормативна витрата дизельного пального приймається на рівні 20,0 л/га.

Оскільки оранка належить до звичайних польових робіт, тривалість однієї зміни приймаємо 7 год. За умови двозмінної організації роботи тривалість виконання операції протягом доби становить 14 год.

Годинний виробіток показує, яку площу агрегат може обробити за одну годину чистого робочого часу. Його визначаємо діленням змінного виробітку на тривалість зміни:

$$W_{год} = \frac{W_{зм}}{T_{зм}} \quad (2.1)$$

де $W_{год}$ – виробіток агрегату за годину, га/год; $W_{зм}$ – виробіток МТА за зміну, га/зм; $T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$W_{год} = \frac{26,9}{7} = 3,84 \text{ га/год.}$$

Отже, за одну годину роботи агрегат ХТЗ-17021 + Kverneland 150B може виконати оранку приблизно на площі 3,84 га.

Добовий виробіток використовується для оцінювання можливості виконання операції у встановлений агротехнічний строк. За двозмінної роботи тривалість виконання звичайних польових операцій протягом доби приймаємо 14 год:

$$W_{доб} = W_{год} \cdot T_{доб}, \quad (2.2)$$

де $T_{доб}$ – тривалість роботи агрегату протягом доби, год.

$$W_{доб} = 3,84 \cdot 14 = 53,8 \text{ га/добу.}$$

Таким чином, протягом однієї доби один агрегат може виконати оранку орієнтовно на площі 53,8 га.

Кількість агрегатів визначаємо з урахуванням загальної площі, добового виробітку одного агрегату та допустимого агротехнічного строку виконання оранки:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p}, \quad (2.3)$$

де n – необхідна кількість МТА, од.; Q – загальна площа виконання операції, га; D_p – строк проведення операції, діб.

$$n = \frac{128}{53,8 \cdot 10} = 0,24 \text{ од.}$$

Оскільки у виробничих умовах неможливо використати частину агрегату, приймаємо один машинно-тракторний агрегат. Отже, для виконання оранки на площі 128 га у задані строки достатньо одного агрегату ХТЗ-17021 + Kverneland 150B.

Під час оранки питома витрата дизельного пального становить 16,6 кг/га.

Загальну потребу в дизельному пальному визначаємо множенням питомої витрати на площу, на якій виконується операція:

$$G = 16,6 \cdot 128 = 2124,8 \text{ кг.}$$

Отже, для виконання оранки на площі 128 га потрібно приблизно 2124,8 кг дизельного пального.

Питомі затрати робочого часу визначаємо за кількістю працівників, які безпосередньо зайняті на виконанні операції, та годинним виробітком агрегату. Для оранки приймаємо одного механізатора, допоміжний персонал не залучається:

$$z_n = \frac{1}{3,84} = 0,26 \text{ люд-год/га}$$

Сумарні затрати праці на весь обсяг оранки визначаємо як добуток питомих затрат праці на площу виконання операції:

$$z_n = 0,26 \cdot 128 = 33,31 \text{ люд-год.}$$

Таким чином, загальні затрати праці на оранку площі 128 га становлять близько 33,31 люд.-год.

Кількість нормо-змін показує, скільки змін необхідно для виконання всього обсягу робіт одним агрегатом. Її розраховуємо за формулою:

$$H_{зм} = \frac{Q}{T_{зм} \cdot W_{зод}} = \frac{Q}{W_{зм}}, \quad (2.4)$$

При виконанні оранки маємо:

$$H_{зм} = \frac{128}{26,9} = 4,76 \text{ нормо-змін}$$

Отже, для проведення оранки на площі 128 га потрібно 4,76 нормо-змін.

За вказаною методикою виконуємо розрахунки і для інших операцій при вирощуванні пшениці, а одержані результати формуємо в додатку А.

Висновки до розділу. За результатами розробленої технологічної карти вирощування пшениці озимої передбачено виконання робіт на площі 128 га із запланованою врожайністю 6,2 т/га. За таких умов очікуваний валовий збір зерна становить 793,6 т, що свідчить про достатньо високий рівень продуктивності культури. Загальна витрата палива на виконання всіх технологічних операцій складає 8601,6 л, а питомі витрати пального – 56,5 кг/га. Основна частина цих витрат припадає на найбільш енергоємні операції: основний обробіток ґрунту, передпосівну підготовку, сівбу та збирання врожаю. Загальні затрати праці становлять 362,51 люд.-год, а питомі затрати праці – 2,30 люд.-год/га.

Отже, запропонована технологічна карта дозволяє організувати вирощування пшениці озимої з дотриманням основних агротехнічних вимог, забезпечити своєчасне виконання польових робіт і отримати запланований валовий збір зерна при прийнятному рівні витрат палива та праці.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТА КОМБАЙНУ

3.1 Патентний огляд існуючих і запропонованої конструкції

Під час виконання дипломного проєкту було проведено патентний пошук конструкцій, які можуть бути використані для покращення роботи молотильного апарата.

За авторським свідоцтвом №1052193 запропоновано конструкцію, що зменшує забивання молотильного апарата під час збирання високостеблових і вологих культур. Для цього на роторі розміщені відрізки бичів: у зоні обмолоту вони мають ребристу поверхню, а в зоні сепарації — гладку.

Бичі в спіралях зони обмолоту виконані з ділянок із різним напрямком рифів і розташовані у шаховому порядку відносно суміжних спіралей. На рис. 3.1 подано загальний вигляд апарата, а на рис. 3.2 — розгортку поверхні ротора.

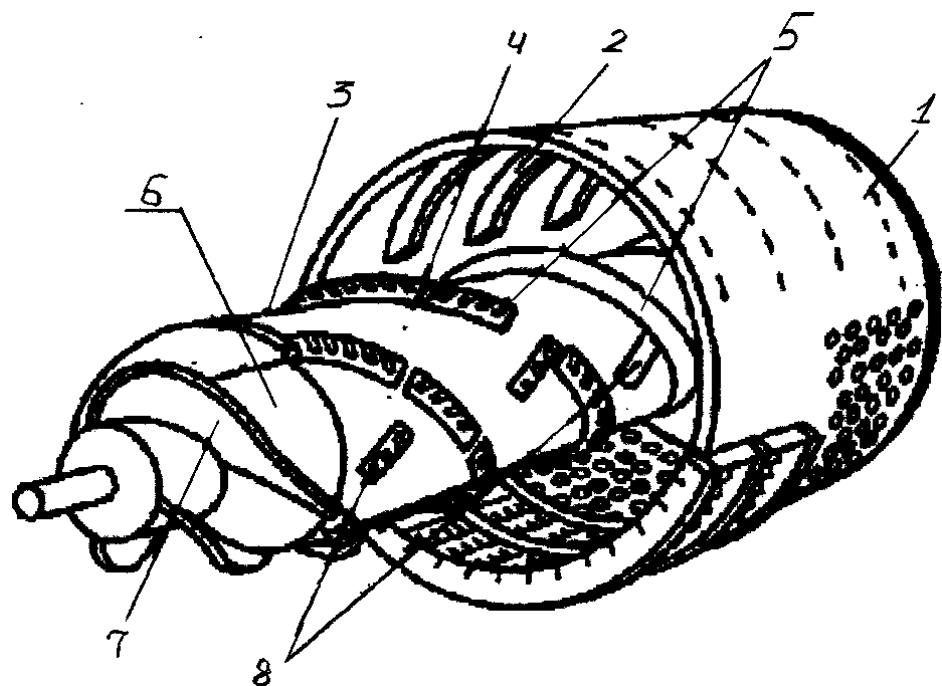


Рисунок 3.1 – Роторний молотильно-сепаруючий механізм

Молотильно-сепаруючий механізм має перфорований циліндричний кожух 1 з напрямними ребрами 2 та ротор 3, розміщений усередині. Ротор виконаний у вигляді порожнистого циліндра 4 з бичами 5. У зоні обмолоту бичі ребристі, а в зоні сепарації – гладкі. Передня частина ротора 3 має форму зрізаного конуса 6, на якому закріплені спіральні лопаті 7. На циліндрі 4 встановлено відрізки бичів 8, розташовані по спіралях зворотного напрямку відносно основних бичів 5. У зоні обмолоту вони рифлені, а в зоні сепарації — гладкі. Рифлені бичі 5 складаються з окремих відрізків 9 із різним напрямом рифів.

Під час роботи лопаті 7 захоплюють стеблову масу та подають її в зазор між кожухом 1 і ротором 3. Далі бичі 5, взаємодіючи з напрямними ребрами 2, переміщують масу в зону сепарації.

Відрізки бичів 8 частково змінюють напрям руху стебел. Завдяки такій протилежній дії маса інтенсивніше перемішується, не збивається у грудки і менше забиває ротор.

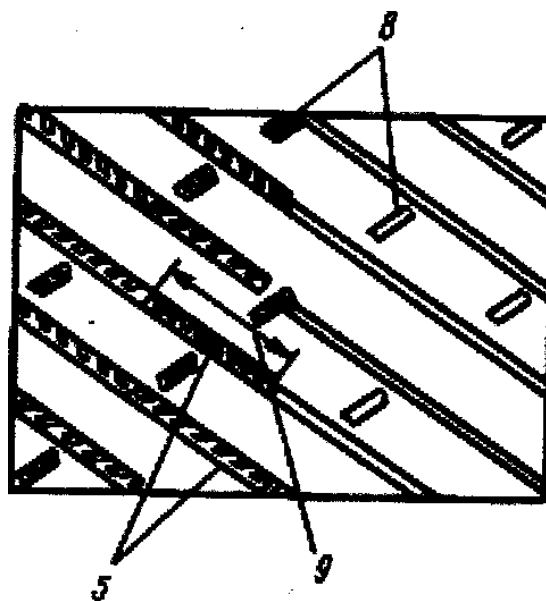


Рисунок 3.2 – Розгортка поверхні ротора

За авторським свідоцтвом №1011075 описано молотильний барабан з еластичними елементами між бичами. Таке рішення спрямоване на зменшення

травмування зерна та забезпечення повнішого вимолоту. Еластичні елементи виконані у вигляді набору петлеподібних пластин.

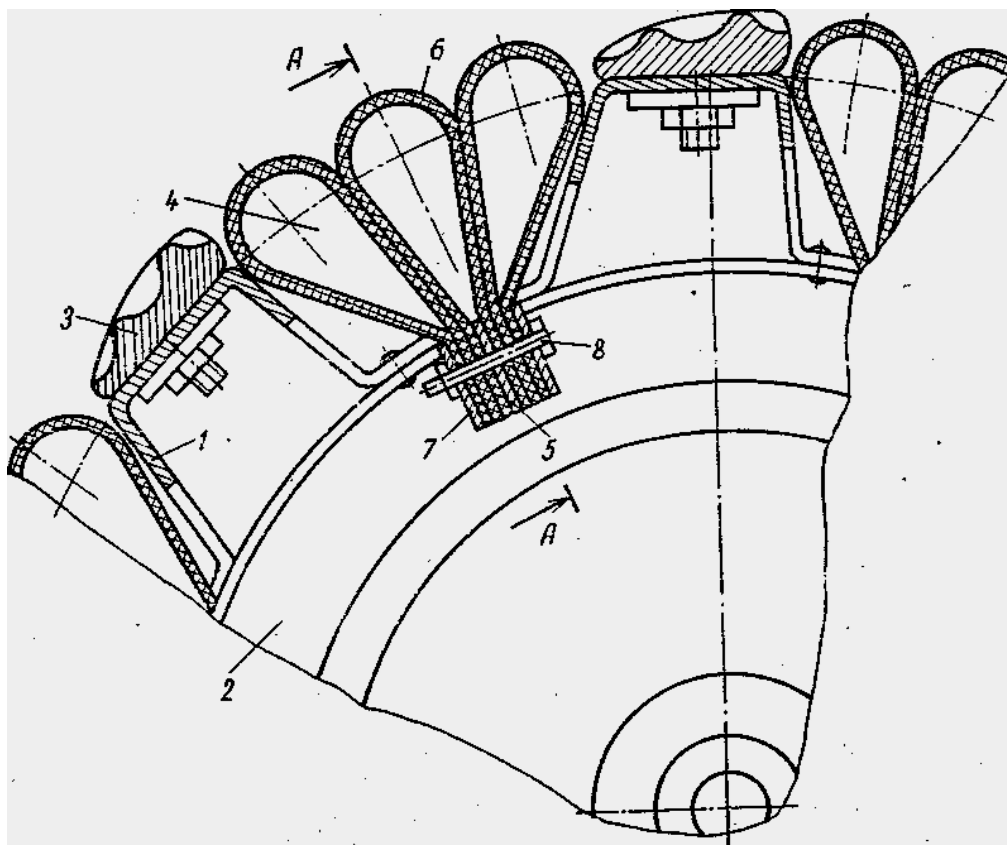


Рисунок 3.3 – Молотильний барабан (поперечний розріз)

Винахід належить до сільськогосподарського машинобудування і може застосовуватись для обмолоту зернових культур.

На рис. 3.3 показано поперечний розріз молотильного барабана. Він має підбичники 1, закріплені на дисках 2, рифлені бичі 3 та знімні елементи 4. Ці елементи складаються з металевої основи 5 і петлеподібних еластичних пластин 6, які кріпляться притискними планками 7 та болтами 8. До дисків 2 вони приєднуються болтами 9.

Під час обмолоту перший удар по колосу сприймає еластична пластина 6. Завдяки цьому дія на зерно стає м'якшою, що знижує його пошкодження і зменшує втрати від недомолоту.

Ще одне технічне рішення за авторським свідоцтвом №1026703 спрямоване на покращення сепарації зерна. Суть рішення полягає у збільшенні поперечного переміщення вороху за рахунок послідовного встановлення груп

бичів з однаковим напрямком рифів, причому в кожній групі передбачено не менше двох бичів.

Цей винахід також належить до сільськогосподарського машинобудування і використовується в зернозбиральних комбайнах.

На рис. 3.4 зображено загальний вигляд молотильного пристрою.

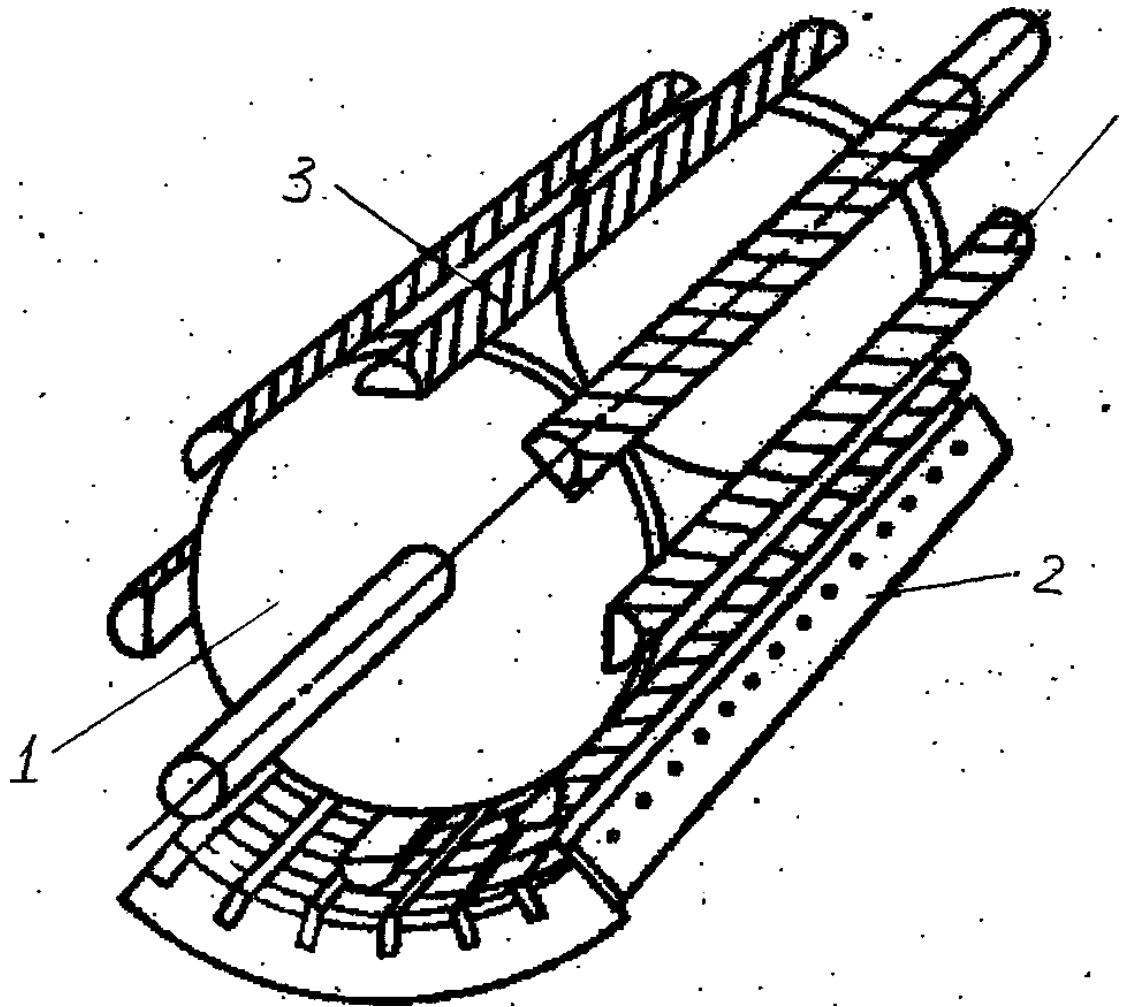


Рисунок 3.4 – Молотильний апарат

Пристрій складається з барабана 1 і деки 2. По колу барабана встановлені бичі 3 та 4 з лівим і правим напрямком рифів. Окремі бичі об'єднані в групи за напрямком рифлення.

Під час роботи ворох захоплюється бичами 3 і 4 та протягується по деці 2. За рахунок рифів маса зміщується вздовж осі барабана. Чим більше бичів з однаковим нахилом встановлено послідовно, тим активніше переміщується

ворох. Це забезпечує рівномірніший розподіл матеріалу по робочій поверхні та покращує обмолот і сепарацію зерна.

Доцільно також розглянути використання полімерно-композитних матеріалів для окремих робочих елементів, оскільки вони можуть зменшити ударну дію на зерно та підвищити зносостійкість деталей.

Після патентного огляду для модернізації серійної машини прийнято рішення використати технічне рішення за авторським свідоцтвом № 74677.

3.2 Обґрунтування прийнятої схеми удосконалення

Зернозбиральний комбайн РСМ-10 «Дон-1500Б» включає жатку, молотарку, подрібнювач соломи або копнувач, зерновий бункер об'ємом 6 м³, кабіну з органами керування, двигун СМД-31А, ходову частину, трансмісію, приводи робочих органів, гідросистеми та систему контролю.

Жатка складається з мотовила, різального апарата, шнека, платформи, подільників, бітера, приставки, башмаків і приводних механізмів. Із молотаркою вона з'єднується похилою камерою.

До основних вузлів молотарки належать молотильний барабан, підбарабання, відбійний бітер, соломотряс, стрясна дошка, верхнє і нижнє решета, подовжувач решета, вентилятор, зерновий і колосовий шнеки, домолочувальний пристрій та елеватори.

В основу винаходу за авторським свідоцтвом № 74677 покладено завдання покращити процес вимолоту зерна та зменшити його травмування. Це пропонується досягти завдяки використанню бичів ребристого профілю, виготовлених зі зносостійкого полімерного композиційного матеріалу (рис. 3.5).

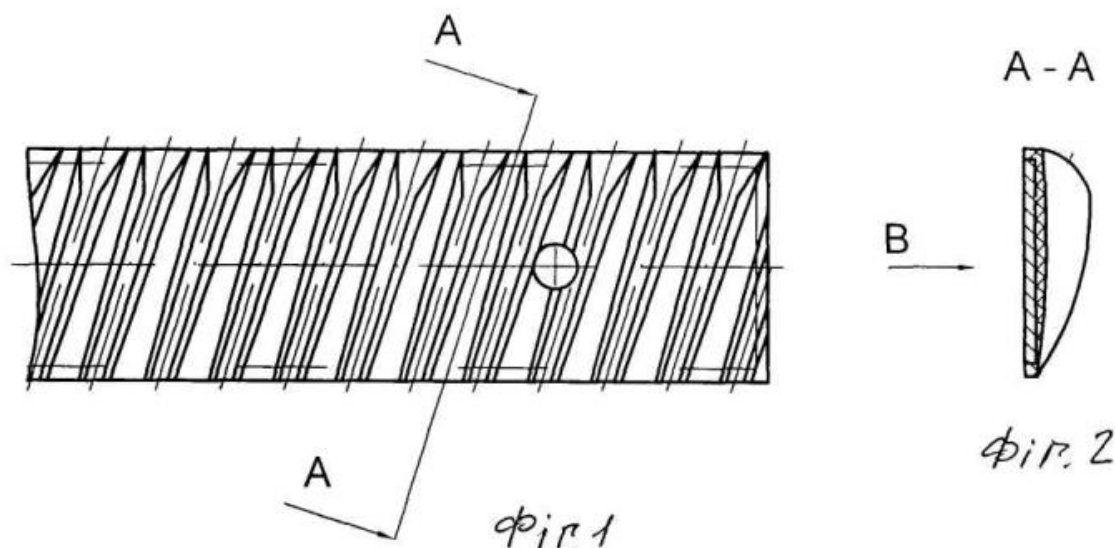


Рисунок 3.5 – Робочий орган за авторським свідоцтвом № 74677

Еластичний бич 1 армований металевою пластиною 2, яка розміщена на відстані 0,3–1,0 мм від основи (рис. 3.5). Крім отворів 3, призначених для кріплення бича до барабана, пластина має два ряди технологічних отворів 4. Вони забезпечують більш надійне з'єднання металевої основи з полімерною частиною.

Як армувальний елемент застосовували металеві пластини зі сталі Ст. 3. Це дає можливість зменшити витрати більш дорогої сталі 65Г. Як полімерну частину використовували еластичний композиційний матеріал ВПА-6-20. Отримання такої композиції можливе методом екструзії, а подальша її переробка виконується відповідно до прийнятої технології.

На його основі передбачається удосконалити молотильний апарат комбайна РСМ-10 «Дон-1500Б».

Мета модернізації – зменшити травмування та зерна. Таке удосконалення є важливим для господарств, які вирощують насіннєве зерно. У цьому випадку пошкодження і втрати зерна особливо небажані, адже його собівартість вища. Попарне розміщення бичів дає змогу зменшити втрати за молотильним пристроєм і стабілізувати процес обмолоту.

Для попереднього налаштування бильного апарата приймаємо такі вихідні дані: культура – пшениця; урожайність – 62 ц/га коефіцієнт соломистості –

$\lambda_c=1,5\%$; вологість маси – $\omega_0=16\%$; подача маси – $q = 8$ кг/с ; об'ємна маса сухої соломи - $\gamma_c= 250$ кг/м³; ширина жатки $B_{ж}=6$ м ; ККД привода – $\eta = 0,83$; лінійна швидкість барабана – $v_6=30$ м/с.

3.3 Розрахунок технологічних параметрів

До основних технологічних параметрів молотильного апарата належать: - зазори між барабаном і підбарабанням; кут охоплення барабана декою; відстань між пластинами підбарабання та їх товщина; кут між робочими поверхнями штифта і пластини; кількість каскадів на пластині; довжина штифтів на бичі; кількість штифтів на бичі.

Зазори між рифлями бича і пластинами підбарабання приймаємо такими, як у серійних молотильних апаратів: максимальний на вході – 16 мм; мінімальний на виході – 2 мм.

Система регулювання залишається аналогічною серійній конструкції.

Кут охоплення підбарабання приймаємо таким, як у молотарці комбайна «Дон-1500Б», тобто 130° . Відстань між пластинами підбарабання приймаємо 10 мм, як у комбайна «Дон-1500Б».

Щоб посилити процес обмолоту, у зазорі між барабаном і підбарабанням створюються зони з різною густиною вороху. Такі перепади полегшують виділення зерна і взаємне переміщення частин маси, тому робочу поверхню пластин виконують каскадною.

Під час руху вороху під дією сили N виникає сила тертя F :

$$F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi = Nf, \quad (3.1)$$

де f - коефіцієнт тертя вороха об пластину, яка перешкоджає руху.

Повинна виконуватися умова, що $T > F$, але $T = N \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

Отже, повинна виконуватись умова:

$$N \cdot \operatorname{tg} \alpha > N \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ тобто } \alpha > \varphi.$$

Кут тертя вороху об метал залежить від фізико-механічних властивостей матеріалів і знаходиться в межах $\varphi = 20...30^\circ$ (тж $\varphi = 0.25...0.45$). Отже кут α повинен бути більшим за 30° .

Приймаємо значення кута α змінним, для того щоб поверхня пластини була плавно криволінійна.

Максимальне значення $< \alpha$ одразу після проходу вершини каскаду ($a_{\min}$) і дорівнює приблизно 130° , потім α різко, але плавно знижується до 90° в місці $a_{\max}$ і далі повільно і плавно знижується до $\alpha = 1.5 \varphi = 1.5 \cdot 30^\circ = 45^\circ$ в місці підходу до вершини каскаду ($a_{\min}$).

Від градієнту звуження кута α залежить форма робочої поверхні і довжини каскаду.

Визначимо мінімальну довжину каскаду на пластині. Мінімальна довжина каскаду визначається мінімальним значенням кута α ($\alpha = \varphi$). В цьому випадку каскади будуть мати слідуєчий вигляд:

$$\beta = 360 \cdot l / \pi \cdot D_\delta, \quad (3.2)$$

де D_δ - діаметр барабану.

Тоді кут барабана, який охоплює каскад мінімальної довжини, дорівнюватиме:

$$\beta = 360 \cdot a_{\max} \cdot \operatorname{tg} \varphi / \pi \cdot D_\delta = 360 \cdot 16 \cdot 0.45 / 3.14 \cdot 800 = 2^\circ.$$

Для забезпечення надійного переміщення вороху з невеликим зусиллям приймаємо $\beta = 30^\circ$. Тоді кількість каскадів визначатиметься як

$$Z = \alpha / \beta, \quad (3.3)$$

де α - кут обхвату барабану пластиною $\alpha = 120^\circ$,

Отже, $Z = 120/30 = 4$ каскади.

Довжину штифтів на бичі визначаємо за формулою:

$$\alpha = a_{\max} + h + \Delta a, \quad (3.4)$$

де $a_{\max}$ - максимальний зазор, мм;

h - висота пластини, мм.

З конструктивних міркувань приймаємо $h = 10$ мм.

Δa - перекриття штифтом висоти пластин, $\Delta a = 2$ мм.

Тоді: $\alpha = 16 + 10 + 2 = 28$ мм.

Кількість штифтів на бичі визначаємо за формулою:

$$n_{шт} = n_{пл} + 1, \quad (3.5)$$

де $n_{пл}$ - кількість пластин в підбарабанні;

$$n_{пл} = B - 2e^1 - a / a + e, \quad (3.6)$$

де B - ширина підбарабання, $B = 1500$ мм;

e^1 - товщина бокової, $e^1 = 10$ мм;

e - товщина пластин, $e = 4$ мм;

a - відстань між пластинами, $a = 10$ мм.

Тоді: $n_{пл} = 1500 - 2 \cdot 10 - 10 / 10 + 4 = 105$,

$n_{шт} = 105 + 1 = 106$.

3.4 Розробка операційно-технологічної карти на виконання операції збирання

За агротехнічними вимогами врожай зернових бажано зібрати за 10 днів. Після цього втрати від осипання можуть зростати приблизно на 2% щодня, тому збирання потрібно організувати так, щоб скоротити простої і звести втрати продукції до мінімуму.

Характеристика умов роботи. Умови роботи: тип ґрунту – чорнозем звичайний; агрофон – поле стиглої озимої пшениці; похил місцевості – 3%. Розміри ділянки: довжина $l = 1100$ м, ширина 690 м, площа 76 га. Урожайність зерна – 6,2 т/га.

Агротехнічні вимоги. Під час збирання зернових культур необхідно організувати роботу так, щоб урожай був зібраний своєчасно, з найменшими можливими втратами та без погіршення якості зерна. Важливо не тільки зберегти його посівні, продовольчі й кормові властивості, а й виконати

збирання з раціональними затратами праці, пального та коштів. Крім того, після проходу комбайна поле має залишатися у стані, придатному для подальшого обробітку і вирощування наступних культур у сівозміні.

Збирання колосових культур потрібно завершити в оптимальні строки, які за агротехнічними вимогами не повинні перевищувати 10 днів. Озиму пшеницю починають збирати тоді, коли зерно перебуває у фазі воскової стиглості, а його вологість становить приблизно 14–20%. При цьому втрати зерна за жаткою не мають бути більшими ніж 1%, а частка подрібненого зерна допускається на рівні 1...1,5%. Чистота зернової маси в бункері комбайна повинна становити не менше 96%. Втрати соломи під час роботи допускаються в межах 5–10%.

Підбір і розрахунок складу агрегату. Для виконання прямого комбайнування приймаємо зернозбиральний комбайн ДОН-1500Б. Розрахунок проводимо для таких умов роботи: коефіцієнт солomистості становить 1,5; вологість хлібної маси – $W = 16\%$; робоча ширина захвату жатки – 6 м; похил поля – 3%.

Визначаємо допустиму пропускну здатність:

$$q_{\partial} = q_e \cdot [1 - 0,03 \cdot (W_{\phi} - 15)], \quad (3.7)$$

де q_{∂} – пропускну здатність яка залежить від врожайності та солomистості, кг/с.

$$q_{\partial} = 8 \cdot (1 - 0,03 \cdot (16 - 15)) = 7,76 \text{ кг/с.}$$

В залежності від цього маємо:

$$q_{\partial} = 0,6 \cdot q_i \left(1 + \frac{1}{\delta_e}\right), \quad (3.8)$$

де q_i – пропускну спроможність молотарки, кг/с.

$$q_{\mu} = d_1 \cdot q_e \left(1 + \epsilon_1 \frac{\varphi_3 \cdot 4}{4}\right), \quad (3.9)$$

де d_1 – коефіцієнт, що характеризує здатність певної зернової культури до обмолоту; для культур, які легко відокремлюють зерно, його приймають на відповідному нормативному рівні., $d_1 = 1$;

q_e – нормативне значення пропускної здатності, кг/с, $q_e = 8$ кг/с;

ϕ_1 – коефіцієнт, який враховує тип молотильного пристрою, комбайн ДОН-1500Б – однобарабанний, $\phi_1 = 0,3$.

$$q_n = 8 \cdot (1 + 0,3 \frac{6,2 - 4}{4}) = 9,3 \text{ кг/с}$$

$$q_g = 0,6 \cdot 9,3 \cdot (1 + \frac{1}{1,5}) = 9,3 \text{ кг/с.}$$

Робоча швидкість комбайна з врахуванням пропускної здатності визначаємо так:

$$V_{pnz} = \frac{36 \cdot q_d}{B_k \cdot \xi_g \cdot U_3 (1 + \delta_c)}, \quad (3.10)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату, м;

ξ_g – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату, $\xi_g = 0,96$.

$$V_{pnz} = \frac{36 \cdot 9,3}{6 \cdot 0,96 \cdot 4(1 + 1,5)} = 4,85 \text{ км/год.}$$

Необхідна потужність двигуна для роботи комбайна із швидкістю V_{pnz} дорівнюватиме:

$$N_e = \frac{R_m \cdot V_{pnz}}{3,6 \eta_m \cdot \eta_\delta \cdot \eta_{pn}} + \frac{N_{nt} \cdot q_d + N_{\phi n_{xx}} + N_{\phi n_{\text{дон}}}}{\eta_{\phi n}}, \quad (3.11)$$

де R_m – опір переміщення комбайна, кН;

η_m – ККД трансмісії, $\eta_m = 0,85$;

η_δ – коефіцієнт, що враховує буксування,

$\eta_\delta = 0,97$;

η_{pn} – коефіцієнт, в -трати в пердачі, $\eta_{pn} = 0,95$;

N_{nm} – затрати на технологічний процес, кВт/(кг/с), $N_{nm} = 8$ кВт;

$N_{вен_{xx}}$ – затрати на ХХ, кВт, $N_{вен_{xx}} = 16$ кВт;

$N_{вен_{дон}}$ – витрати на допмеханізми, кВт, $N_{вен_{дон}} = 3$ кВт; $\eta_{вен}$ - ККД

передач, $\eta_{вен} = 0,95$.

Опір руху комбайна отримаємо:

$$R_m = 16,25 \text{ кН},$$

$$N_e = 27,95 + 85,34 = 113,3 \text{ кВт}.$$

Потужність двигуна комбайна становить 173 кВт. Тому $N_e \leq N_{ен}$, тобто потужність двигуна достатня для роботи зі швидкістю $V_{пнз}$.

Підготовка агрегату до роботи. «Перед прямим комбайнуванням комбайн необхідно відрегулювати. Між днищем жатки і спіралями шнека встановлюють зазор 10–15 мм, а між кінцями пальців і днищем – 15–20 мм. Якщо маса забивається, ці зазори трохи збільшують. Козирки відбивачів позаду шнека регулюють так, щоб зазор між ними і спіралями був мінімальним, але не більше 10 мм. Під час збирання полеглих хлібів мотовило опускають і виносять перед різальним апаратом, а під час збирання прямостоячих – піднімають і наближають до нього. Потрібну висоту зрізу встановлюють за допомогою системи копіювання» [15].

Підготовка поля. Підготовка поля включає вибір напрямку та способу руху комбайна, розбивку поля на загінки, виконання обкосів і прокосів.

Якість організації руху оцінюють коефіцієнтом робочих ходів, який визначають за формулою:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.12)$$

де L_p – робоча довжина поля, м;

L_x – середня довжина холостого ходу, м.

Робота агрегату в загінці. «Під час однофазного збирання комбайн має рухатися зі швидкістю, яка забезпечує оптимальну подачу маси в молотарку. Занижена швидкість зменшує продуктивність і недовантажує молотарку, а надмірна – може спричинити втрати зерна» [15].

Робочий час зміни при загінковому способі руху визначаємо за формулою:

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{техн} + T_{пз} + T_{\phi} + T_{пер})}{1 + \tau_{нов}},$$

де $T_{техн}$ – час на ТО, дорівнює 0,56...0,77 год;

$T_{пз}$ – час на виконання щоденного ТО, дорівнює $T_{пз} = 0,56$ год;

T_{ϕ} – час на фізіологічними причинами, знаходиться в межах $(0,03...0,05) \cdot T_{зм} = 0,04 \cdot 7 = 0,28$ год;

$T_{пер}$ – час на переїзди з ділянки на ділянку, год, $T_{пер} = 0,5$ год.

$$\tau_{нов} = \frac{1 - \phi}{\phi} = \frac{1 - 0,93}{0,93} = 0,075;$$

$$T_p = \frac{7 - (0,56 + 0,56 + 0,28 + 0,5)}{1 + 0,075} = 4,74 \text{ год.}$$

Коефіцієнт використання робочого часу становить:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зн}} = \frac{4,74}{7} = 0,68.$$

Продуктивність комбайна ДОН-1500Б при загінковому способі руху визначаємо за формулою:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_n \cdot \xi_v \cdot V_{пз} \cdot T_{зн} \cdot \tau,$$

де τ – коефіцієнт використання часу.

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 6 \cdot 0,96 \cdot 4,85 \cdot 7 \cdot 0,68 = 13,3 \text{ га/зм}$$

Контроль якості роботи. Під час перевірки роботи комбайна в першу чергу звертають увагу на те, чи не пошкоджується зерно. Згідно з

агротехнічними вимогами, кількість подрібненого зерна не повинна бути більшою ніж 2%.

Чистоту зерна в бункері зазвичай перевіряють візуально. У зерновій масі не має бути колосків або їх залишків, а домішок полови повинно бути якомога менше. Під час контрольного обмолоту також визначають, скільки в урожайній масі припадає на зерно і скільки — на соломку та інші незернові частини. Це потрібно для правильного вибору робочої швидкості комбайна, щоб молотарка не була ні перевантажена, ні недовантажена.

Охорона праці. Працювати на зернозбиральному комбайні можуть тільки механізатори, які пройшли навчання та інструктаж.

Забороняється виконувати будь-які роботи під машиною, якщо вона піднята лише гідравлікою. Під час руху комбайна не можна проводити регулювання, чистити робочі органи або усувати поломки. Заміна ножів, пасів, ланцюгів, а також технічне обслуговування виконуються тільки після повної зупинки комбайна і вимкнення двигуна.

Якщо забивається шнек, молотильний барабан, елеватор чи інший робочий орган, очищення потрібно проводити тільки спеціальними пристроями і з дотриманням правил безпеки. Під час вивантаження зерна не можна проштовхувати його в бункері ногами. Для безпечної роботи всі працівники повинні добре розуміти, які небезпеки можуть виникати під час роботи комбайна і до чого може призвести порушення правил безпеки.

Висновки. Отже, для роботи молотильного апарата під час обмолоту пшениці врожайністю 62 ц/га і подачі маси 8 кг/с потрібно підвести потужність 113,3 кВт. Процес виділення зерна є одним із найбільш енергоємних під час збирання зернових культур.

У розділі розглянуто кілька конструктивних рішень для підвищення ефективності зернозбиральних комбайнів, обґрунтовано модернізацію молотильного апарата ДОН-1500Б та розраховано операційно-технологічну карту прямого комбайнування.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З КОМБАЙНОМ

Збирання пшениці озимої зернозбиральним комбайном є дуже важливою операцією, яка потребує уважності та дотримання правил безпеки. Комбайн під час роботи має багато рухомих частин: жатку, шнеки, приводи, молотильний апарат, подрібнювач соломи та інші механізми. Крім того, робота часто виконується в умовах спеки, пилу, шуму та постійного руху техніки по полю. Тому охорона праці під час збирання зернових має велике значення як для безпеки механізатора, так і для нормальної роботи всієї збиральної ланки.

Організацію роботи зернозбирального комбайна потрібно проводити з урахуванням вимог Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві, затверджених наказом Мінсоцполітики України від 29.08.2018 № 1240, а також правил пожежної безпеки. Згідно з цими вимогами, під час роботи на комбайні можуть перебувати тільки комбайнер і, за потреби, помічник комбайнера. Стороннім людям заборонено знаходитися на комбайні або поруч із його робочими органами, оскільки це може призвести до травмування [16].

Перед початком збирання комбайнер повинен пройти інструктаж з охорони праці та перевірити технічний стан машини. Насамперед потрібно оглянути гальма, рульове керування, світлову і звукову сигналізацію, стан жатки, пасових і ланцюгових передач, захисних кожухів, вивантажувального шнека та інших механізмів. Якщо на комбайні відсутні захисні огороження або є серйозні несправності, працювати на ньому не можна.

Також перед виїздом у поле потрібно перевірити наявність аптечки, справного вогнегасника, інструментів, засобів зв'язку та пристроїв для очищення робочих органів. Особливо важливо очистити двигун, вихлопну систему, місця біля підшипників і приводів від пилу, соломи та полови. Під час жнив такі залишки можуть швидко загорітися, тому пожежна безпека має бути під постійним контролем. Комбайн обов'язково повинен мати первинні засоби

пожежогасіння, а поле бажано розбивати на загінки та підготовлювати протипожежні смуги [17].

Під час роботи в полі комбайнер повинен уважно стежити за робочою зоною, особливо перед жаткою та біля вивантажувального шнека. Не можна допускати, щоб люди підходили близько до комбайна під час його руху або роботи робочих органів. Категорично забороняється очищати жатку, шнек, похилу камеру чи інші механізми при працюючому двигуні. Усі забивання, регулювання або огляд потрібно виконувати тільки після повної зупинки комбайна, вимкнення робочих органів і двигуна.

Під час збирання пшениці озимої заборонено перевозити людей на комбайні, у бункері, на підніжках, площадках, причепах або автомобілях, які працюють разом із комбайном. Також не можна перебувати в кузові автомобіля чи причепа під час вивантаження зерна. Це небезпечно, тому що зерно подається великим потоком, а поруч працює вивантажувальний шнек і рухається техніка [16].

Під час вивантаження зерна комбайнер і водій автомобіля повинні діяти узгоджено. Транспортний засіб має під'їжджати до комбайна плавно, без різких маневрів. Водій повинен дотримуватися безпечної відстані, а комбайнер — слідувати за положенням вивантажувального шнека. Не варто вивантажувати зерно під час різких поворотів або на дуже нерівних ділянках поля, бо це може призвести до зіткнення техніки чи пошкодження шнека.

Особливо обережно потрібно працювати на поворотах, розворотних смугах і схилах. Комбайн має велику масу та габарити, тому різкі маневри або висока швидкість можуть бути небезпечними. На поворотах швидкість руху потрібно зменшувати, а жатку піднімати. Під час переїзду дорогами жатку необхідно переводити в транспортне положення або перевозити на спеціальному візку.

Комбайнер повинен працювати у справному спецодязі та зручному взутті. За потреби використовують рукавиці, захисні окуляри або респіратор, особливо під час очищення комбайна від пилу та рослинних решток. Одяг не повинен

мати вільних частин, які можуть зачепитися за рухомі механізми. У кабіні також потрібно підтримувати порядок, щоб зайві речі не заважали керуванню.

Під час технічного обслуговування комбайна потрібно бути уважним при роботі з інструментом, паливом, мастилами та акумуляторною батареєю. Заправляти комбайн паливом можна тільки при вимкненому двигуні. Біля місця заправки не можна палити або користуватися відкритим вогнем. Якщо паливо чи мастило пролилося, його потрібно одразу витерти, щоб уникнути загоряння.

Якщо під час роботи з'явився сторонній шум, сильна вібрація, запах горілого, дим або інші ознаки несправності, комбайнер повинен одразу зупинити агрегат, вимкнути робочі органи та двигун. Після цього потрібно встановити причину несправності й повідомити відповідальну особу. У разі загоряння необхідно використати вогнегасник, відвести людей на безпечну відстань і за потреби викликати пожежну службу.

Отже, безпечна робота зернозбирального комбайна під час збирання пшениці озимої залежить від справності машини, уважності комбайнера та правильної організації робіт. Дотримання правил охорони праці допомагає уникнути травм, пожеж, пошкодження техніки та забезпечує нормальне проведення збиральної кампанії.

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Модернізація молотильного барабана комбайна ДОН-1500Б передбачає встановлення бил із полімерно-композиційних матеріалів. Основний ефект від такого рішення полягає у більш м'якій взаємодії робочих органів із зерновою масою. За рахунок цього зменшується травмування та пошкодження зерна пшениці озимої з 2,0 до 1,5 %.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку

Показник	Позначення	Одиниця виміру	Значення
Площа вирощування пшениці озимої	F	га	128
Урожайність зерна	У	т/га	6,2
Пошкодження зерна до модернізації	П _б	%	2,0
Пошкодження зерна після модернізації	П _м	%	1,5
Зменшення пошкодження зерна	ΔП	%	0,5
Ціна реалізації зерна пшениці	Ц	грн/т	8000
Кількість бил на молотильному барабані	n	шт.	10
Орієнтовна вартість одного композитного бича	Ц _б	грн	2500
Витрати на монтаж і кріплення	С _м	грн	5000
Загальні капітальні витрати на модернізацію	К	грн	30000
Термін служби композитних бил	Т	роки	3
Витрати на технічне обслуговування	С _{то}	% від К	3

Валовий збір зерна визначаємо за формулою:

$$Q = F \cdot U, \quad (5.1)$$

де F - площа вирощування, га; U - урожайність зерна, т/га.

Враховуючи дані технологічної карти маємо:

$$Q = 128 \cdot 6,2 = 793,6 \text{ т.}$$

Отже, з площі 128 га отримуємо 793,6 т зерна пшениці озимої.

Зниження рівня пошкодження зерна після встановлення композитних бил становить:

$$\Delta\P = \Pi_6 - \Pi_m, \quad (5.2)$$

$$\Delta\P = 2,0 - 1,5 = 0,5 \text{ \%}.$$

Тобто завдяки модернізації частка пошкодженого зерна зменшується на 0,5 відсоткового пункту.

Кількість зерна, яке додатково зберігається завдяки меншому травмуванню, визначаємо за формулою:

$$Q_d = Q \cdot \Delta\P / 100, \quad (5.3)$$

$$Q_d = 793,6 \cdot 0,5 / 100 = 3,968 \text{ т.}$$

Отже, модернізація дає змогу зберегти від пошкодження близько 3,97 т зерна.

Додатковий дохід від зменшення пошкодження зерна визначаємо за формулою:

$$D_d = Q_d \cdot C, \quad (5.4)$$

де C - ціна реалізації зерна, грн/т.

$$D_d = 3,968 \cdot 8000 = 31744 \text{ грн.}$$

У випадку застосування на ділянках із вирощуванням еліти для подальшого продажу насіннєвого матеріалу, маємо:

$$D_{d.\text{нас}} = 3,968 \cdot 17000 = 67456 \text{ грн.}$$

Отже, додатковий дохід становить 31744 грн, при вирощуванні звичайної пшениці озимої та при вирощування еліти на першу репродукцію – 67456 грн.

Загальні витрати на встановлення композитних бил визначаємо за формулою:

$$K = n \cdot C_b + C_m, \quad (5.5)$$

$$K = 10 \cdot 2500 + 5000 = 30000 \text{ грн.}$$

Отже, загальна вартість модернізації молотильного барабана становить 30000 грн.

Річні амортизаційні відрахування визначаємо з урахуванням терміну служби композитних бил 3 роки:

$$A = K / T, \quad (5.6)$$

$$A = 30000 / 3 = 10000 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування приймаємо на рівні 3 % від вартості модернізації:

$$C_{\text{то}} = K \cdot 0,03,$$

$$C_{\text{то}} = 30000 \cdot 0,03 = 900 \text{ грн.}$$

Загальні річні витрати становлять:

$$B_p = A + C_{\text{то}}, \quad (5.7)$$

$$B_p = 10000 + 900 = 10900 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект визначаємо, як різницю між додатковим доходом та річними витратами, пов'язаними з модернізацією для ввох випадків вирощування, звичайного зерна та насіннєвого матеріалу:

$$E_p = D_d - B_p, \quad (5.8)$$

$$E_p = 31744 - 10900 = 20844 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{р. нас.}} = 67458 - 10900 = 56556 \text{ грн.}$$

Отже, річний економічний ефект від встановлення композитних бил становить 20844 грн при вирощуванні звичайного зерна пшениці озимої та 56556 грн, за умови застосування комбайну на насіннєвих ділянках.

Економічний ефект у розрахунку на 1 га визначаємо за формулою:

$$E_{\text{га}} = E_p / F, \quad (5.9)$$

Визначаємо для двох варіантів вирощування:

$$E_{\text{га}} = 20844 / 128 = 162,8 \text{ грн/га.}$$

$$E_{\text{га. нас.}} = 56556 / 128 = 441,8 \text{ грн/га.}$$

Строк окупності визначаємо за чистим річним економічним ефектом:

$$\text{Ток} = K / E_p, \quad (5.10)$$

Для варіантів звичайного вирощування зерна та насіннєвого матеріалу маємо:

$$T_{\text{ок}} = 30000 / 20844 = 1,44 \text{ року.}$$

$$T_{\text{ок. нас.}} = 30000 / 56556 = 0,53 \text{ року.}$$

Узагальнені результати розрахунків наведено в табл. 5.2

Таблиця 5.2 – Загальні результати економічної ефективності модернізації

Показник	Одиниця виміру	Продовольче (фуражне) зерно пшениці	Насіннєве зерно пшениці
Площа вирощування	га	128	128
Урожайність зерна	т/га	6,2	6,2
Валовий збір зерна	т	793,6	793,6
Пошкодження зерна до модернізації	%	2,0	2,0
Пошкодження зерна після модернізації	%	1,5	1,5
Зменшення пошкодження зерна	%	0,5	0,5
Кількість зерна, збереженого від пошкодження	т	3,968	3,968
Ціна реалізації зерна	грн/т	8000	17000
Додатковий дохід від зменшення пошкодження зерна	грн	31744	67456
Загальні капітальні витрати на модернізацію	грн	30000	30000
Термін служби композитних бил	роки	3	3
Річні амортизаційні відрахування	грн	10000	10000
Витрати на технічне обслуговування	грн	900	900
Загальні річні витрати на модернізацію	грн	10900	10900
Річний економічний ефект	грн	20844	56556
Економічний ефект на 1 га	грн/га	162,8	441,8
Строк окупності модернізації	роки	1,44	0,53

Висновок до розділу. За площі вирощування пшениці озимої 128 га та урожайності 6,2 т/га валовий збір зерна становить 793,6 т. Завдяки встановленню композитних бил на молотильний барабан комбайна ДОН-1500Б пошкодження зерна зменшується з 2,0 до 1,5 %, що дозволяє додатково зберегти близько 3,97 т зерна. При збиранні продовольчого зерна пшениці озимої річний економічний ефект становить 20844 грн, а строк окупності – 1,44 року. Якщо ж модернізований комбайн використовується на насінневих ділянках, ефективність значно зростає: річний економічний ефект становить 56556 грн, а строк окупності скорочується до 0,53 року. Це пояснюється вищою вартістю насіннєвого матеріалу, тому зменшення травмування зерна має більший економічний результат.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що після початку повномасштабної війни структура посівних площ в Україні суттєво змінилася. Якщо у 2021 році зернові та зернобобові культури займали 15,99 млн га, то у 2023-2025 рр. їх площі стабілізувалися приблизно на рівні 10–11 млн га. При цьому, озима пшениця залишається однією з головних зернових культур України. У 2024 році її площа становила близько 4,71 млн га, а у 2025 році збільшилася приблизно до 5,0 млн га. Це свідчить про поступове відновлення інтересу аграріїв до цієї культури, незважаючи на воєнні та економічні ризики. Аналіз динаміки виробництва показав, що найбільший валовий збір пшениці було отримано у 2021/22 МР – 33,01 млн т. Встановлено, що значна частина пошкоджень зерна виникає під час роботи молотильного апарату комбайна. Основними причинами травмування є надмірна частота обертання барабана або ротора, малий зазор між барабаном і підбарабанням, нерівномірна подача хлібної маси, неправильна швидкість руху комбайна та зношені робочі органи. Для насіннєвої пшениці такі пошкодження є особливо небезпечними, оскільки вони знижують енергію проростання, схожість і рівномірність сходів. Перспективним напрямом зменшення травмування зерна є використання бил або накладок із полімерно-композитних матеріалів.

За результатами розробленої технологічної карти вирощування пшениці озимої передбачено виконання робіт на площі 128 га із запланованою врожайністю 6,2 т/га. За таких умов очікуваний валовий збір зерна становить 793,6 т, що свідчить про достатньо високий рівень продуктивності культури. Загальна витрата палива на виконання всіх технологічних операцій складає 8601,6 л, а питомі витрати пального – 56,5 кг/га. Основна частина цих витрат припадає на найбільш енергоємні операції: основний обробіток ґрунту, передпосівну підготовку, сівбу та збирання врожаю. Загальні затрати праці становлять 362,51 люд.-год, а питомі затрати праці – 2,30 люд.-год/га.

Для роботи молотильного апарата під час обмолоту пшениці врожайністю 62 ц/га і подачі маси 8 кг/с потрібно підвести потужність 113,3 кВт. Процес виділення зерна є одним із найбільш енергоємних під час збирання зернових культур. Розглянуто кілька конструктивних рішень для підвищення ефективності зернозбиральних комбайнів, обґрунтовано модернізацію молотильного апарата ДОН-1500Б для мінімізації пошкоджень зерна шляхом встановлення бил із композитних матеріалів. Виконані інженерні розрахунки. Розроблено операційно-технологічну карту прямого комбайнування. Встановлено, що продуктивність комбайну в заданих умовах буде становити 13,3 га/зм, питома витрата пального складає 11,62 кг/га. Визначено, що коефіцієнт робочих ходів для обраного способу руху складає 0,93, що вказує на правильну організацію руху комбайну на полі.

Розглянуто вимоги охорони праці при проведенні технологічних операцій із застосуванням зернозбирального комбайну.

Завдяки встановленню композитних бил на молотильний барабан комбайна ДОН-1500Б пошкодження зерна зменшується на 0,5 %, що дозволяє додатково зберегти близько 3,97 т зерна. При збиранні продовольчого зерна пшениці озимої річний економічний ефект становить 20844 грн, а строк окупності – 1,44 року. Якщо ж модернізований комбайн використовується на насіннєвих ділянках, ефективність значно зростає: річний економічний ефект становить 56556 грн, а строк окупності скорочується до 0,53 року. Це пояснюється вищою вартістю насіннєвого матеріалу, тому зменшення травмування зерна має більший економічний результат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агробізнес зменшив посіви на 16 % від 2021 року: дані населення часткові. URL: <https://skilky-skilky.info/ahrobiznes-zmenshyv-posivy-na-16-vid-2021-roku-dani-naselennia-chastkovi/>
2. Державна служба статистики України. <https://stat.gov.ua>
3. У 2025/26 роках площі під зерновими та олійними культурами в Україні майже зрівняються. URL: <https://superagronom.com/news/20663-u-2025-26-rokah-ploschi-pid-zernovimi-ta-oliynimi-kulturami-v-ukrayini-mayje-zrivnyayutsya>
4. Ukraine Wheat Area Harvested, Production, Yield and Exports. URL: <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=wheat&country=ua&graph=area-harvested>
5. USDA FAS. Ukraine: Grain and Feed Quarterly / Annual reports. URL: <https://apps.fas.usda.gov/>
6. Reuters. Ukraine 2025 wheat crop seen rising on larger sowing area. URL: <https://www.reuters.com/markets/commodities/ukraine-2025-wheat-crop-seen-rising-larger-sowing-area-minister-says-2024-11-19/>
7. Механічне травмування зерна після збирання. https://agroexpert.ua/mekhanichne-travmuвання-zerna-pislia-zbyrannia/?utm_source
8. Derevianko, D., Sukmaniuk, E., Chychylyuk, S., & Derevianko, O. (2019). TECHNICAL MEANS INFLUENCE ON DENSITY, INJURY AND QUALITY OF GRAIN SEEDS. *Scientific Horizons*, 23(10), 64-71. [10.33249/2663-2144-2019-83-10-64-71](https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-83-10-64-71)
9. Під час збирання рівень пошкоджень зерна залежить від режиму роботи молотильного апарата. https://agrotimes.ua/agronomiya/pid-chas-zbyrannya-riven-poshkodzhen-zerna-zalezhyt-vid-rezhymu-roboty-molotyl'nogo-aparata/?utm_source

10. Неправильне налаштування молотильного апарата призводить до значних втрат врожаю. https://agrotimes.ua/tehnika/nepravilne-nalashtuvannya-molotilnogo-aparata-prizvodit-do-znachnih-vtrat-vrozhayu/?utm_source

11. Фактори впливу на виробництво озимої пшениці в Україні. Propozitsiya. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tehnolohiyi-vyroshchuvannya/factory-vplyvu-na-vyrobnytstvo-ozymoyi-pshenytsi-v-ukrayini>

12. FAO. Soil and crop management for improved water productivity. URL: <https://www.fao.org/4/i0007e/i0007e05.pdf>

13. Продуктивність пшениці озимої залежно від системи удобрення. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/69%282%29/9.pdf>

14. Вплив строків сівби та норм висіву на продуктивність пшениці озимої. Вісник ПДАУ. URL: <https://journals.pdau.edu.ua/visnyk/article/view/2110>

15. Адаптивність і продуктивність сортів пшениці озимої. Plant Varieties Studying and Protection. URL: <https://journal.sops.gov.ua/article/view/273989>

16. Кобець А. С. Ільченко В. Ю., Бутенко В. Г. та ін. Дипломне проектування з машиновикористання у рослинництві. ДДАУ. Дніпропетровськ. 2007. 288 с.

17. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві : затв. наказом Міністерства соціальної політики України від 29 серпня 2018 р. № 1240. URL: <https://pro-op.com.ua/article/892-pravila-okhoroni-pratsi-u-silskogospodarskomu-virobnitstvi>.

18. Пам'ятка з охорони праці щодо дотримання вимог безпеки при проведенні зернозбиральних робіт. Пологівська районна державна адміністрація : вебсайт. URL: <https://pologyrda.gov.ua/pam-yatka-z-okhoroni-pratsi-shchodo-dotrimannya-vimog-bezpeki-pri-provedenni-zernozbiralnikh-robit-2.html>

ДОДАТКИ

Додаток А – План механізованого вирощування на площі 128 га пшениці озимої

№ з/п	Операції	Агрогемінні виміри	Одиниці виміру	Обсяг роботи	Строки виконання			Склад агрегату			Кількість с.-г. машин	Виріток			Потрібно для виконання			Витрати палива, кг		Затрати праці, люд-год/га		Кількість нормо-змін
					Календарні	Тривалість, днів	Тривалість роботи за добу, год	Трактор	Зміна	С.-г. машина		За годину	За зміну	За добу	Агрегати	Тракторів	додаєткових працівників	За нормою	На весь обсяг	На одиницю роботи	На весь обсяг	
1	Лущення стерні (дискування)	8–10 см	га	128	01–05.08	5	14	ХТЗ-17021		БДВП-4,2 «Краснянка»	1	3,84	26,90	53,80	1	2		7,06	903,04	0,26	33,3	4,76
2	Оранка	25–27 см	га	128	01–10.10	10	14	ХТЗ-17021		kverneland 1508, 5+1 корпусів	1	3,84	26,90	53,80	1	2		16,60	2124,80	0,26	33,3	4,76
3	Передпосівний обробіток ґрунту	8–10 см	га	128	01–10.10	10	14	ХТЗ-17021		КПС-4,2 ОАПК	1	3,84	26,90	53,80	1	2		4,98	637,44	0,26	33,3	4,76
4	Сівба пшениці озимої	232 кг/га	га	128	10–15.10	5	14	ХТЗ-17021		Great Plains 35-3000	1	3,94	27,60	55,20	1	2	2	4,57	584,32	0,51	64,9	4,64
5	Внесення аміачної селітри	100 кг/га	га	128	березень	3	12	МТЗ-82.1		Amazone ZA-M 3000	1	23,03	138,20	276,40	1	2		1,49	191,23	0,04	5,6	0,79
6	Обприскування посівів (Дербі 0,6 л/га + Модус 0,2 л/га)		га	128	фаза кущення	3	12	МТЗ-82.1		ОП-2000-18	1	19,20	115,20	230,40	1	2		1,25	159,36	0,05	6,7	0,95
7	Внесення аміачної селітри	200 кг/га	га	128	фаза кущення	3	12	МТЗ-82.1		Amazone ZA-M 3000	1	23,03	138,20	276,40	1	2		1,49	191,23	0,04	5,6	0,79
8	Обприскування посівів (Рекс Дуо 0,4 л/га + Фалькон 0,6 л/га + сульфат магнію 3 кг/га)	120 л/га	га	128	перше міжвузля	3	12	МТЗ-82.1		ОП-2000-18	1	19,20	115,20	230,40	1	2		1,25	159,36	0,05	6,7	0,95
9	Внесення аміачної селітри	100 кг/га	га	128	через 7 днів	2	12	МТЗ-82.1		Amazone ZA-M 3000	1	23,03	138,20	276,40	1	2		1,49	191,23	0,04	5,6	0,79
10	Обприскування посівів (Солігор 1 л/га + Станато 1,5 л/га + сульфат магнію 3 кг/га)	120 л/га	га	128	прапорцевий лист	3	12	МТЗ-82.1		ОП-2000-18	1	19,20	115,20	230,40	1	2		1,25	159,36	0,05	6,7	0,95
11	Внесення аміачної селітри	100 кг/га	га	128	прапорцевий лист	3	12	МТЗ-82.1		Amazone ZA-M 3000	1	23,03	138,20	276,40	1	2		1,49	191,23	0,04	5,6	0,79
12	Обприскування посівів (Тілмор 1 л/га)	120 л/га	га	128	цвітіння	3	12	МТЗ-82.1		ОП-2000-18	1	19,20	115,20	230,40	1	2		1,25	159,36	0,05	6,7	0,95
13	Збирання врожаю	6,2 т/га	га	128	20–30.07	10	14	ДОН-1500Б			1	1,90	13,30	26,60	1	2		11,62	1487,36	0,53	67,4	9,62
14	Перевезення зерна	4 км	т	793,6	20–30.07	10	14	Камаз-5511			1	9,75	68,3	136,5	2	4		0,72	571,392	0,10	81,4	11,63
Всього																		56,50	7710,72	2,30	362,51	47,15

Додаток Б – Презентація до дипломного проєкту

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

**Проект використання техніки при вирощуванні пшениці озимої з
розробкою операційної технології збиральних робіт**

Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент групи АІС-2-23

Кучеренко Іван Сергійович

Керівник: д.т.н., професор

Кабат Олег Станіславович

ДНІПРО 2026

Продовження додатку Б

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності збирання пшениці озимої шляхом модернізації молотильного апарату зернозбирального комбайна із використанням бил із полімерно-композитних матеріалів.

Досягнути вказаної мети можна шляхом виконання таких завдань:

1. Виконати аналіз основних показників вирощування пшениці озимої.
2. Обґрунтувати технологію вирощування озимої пшениці.
3. Запропонувати удосконалення конструкції молотильного апарату комбайну. Розробити операційну технології збирання.
4. Навести основні вимоги охорони праці при роботі з зернозбиральними комбайнами.
5. Виконати економічну ефективність проєкту.

Продовження додатку Б

Таблиця 1 - Динаміка посівних площ основних груп культур в Україні за 2021-2025 рр.

Рік	Зернові та зернобобові культури, млн га	Технічні / олійні культури, млн га	Коротка характеристика року
2021	15,99	9,24	Довосний рівень, найбільші площі під зерновими
2022	11,65	8,15	Різне скорочення через війну, окупацію та логістичні проблеми
2023	10,24	8,90	Зменшення зернової групи, зростання частки олійних
2024	11,14	9,38	Часткове відновлення зернових і висока частка технічних культур
2025	11,07	8,89	Зернові – 48,1 %, олійні – 38,7 % у структурі посівів

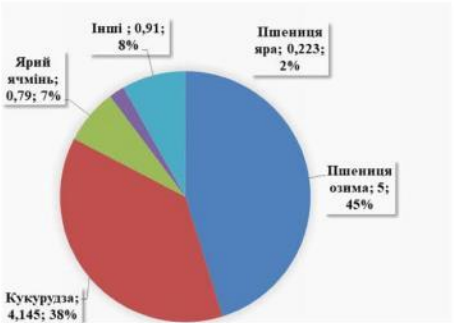


Рис. 1 - Структура зернових культур України за площею посіву у 2025 р.

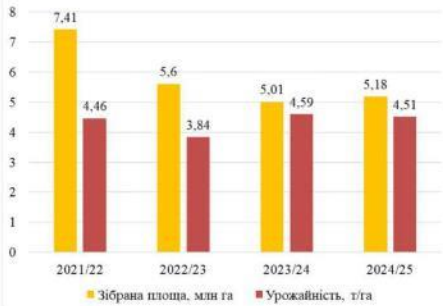


Рис. 2 - Посівна площа та врожайність пшениці озимої в Україні за 2021/22-2025/26 МР

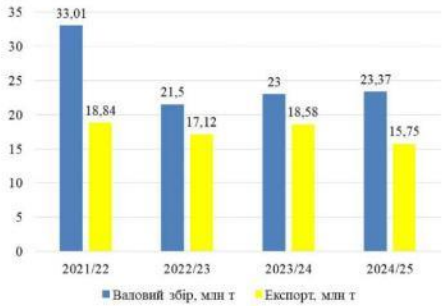


Рис. 3 - Валовий збір та експорт пшениці озимої в Україні

48 20 010 000 000 ГР			
№ 1001	Платіж	№ 01	Валовий збір
Аналіз виробничих витрат			
Витрати на посів	Витрати на обробку	Витрати на збір	Витрати на експорт
Витрати на збір	Витрати на експорт	Витрати на збір	Витрати на експорт
ДДАЕУ, АС-2-23			

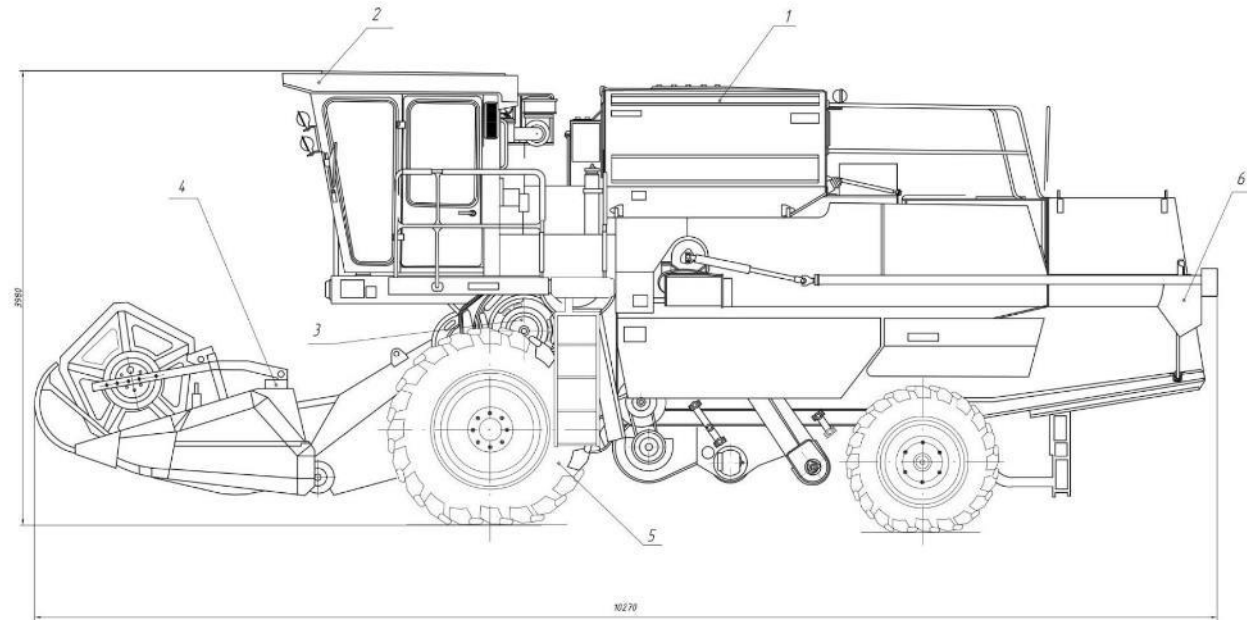
Продовження додатку Б

План механізованого вирощування пшениці озимої на площі 128 га

№ з/п	Операції	Агротехнічні показники	Одиниця виміру	Обсяг роботи	Строки виконання			Склад агрегату			Кількість с.-с. машин	Виробіток			Потрібно для виконання		Витрати палива, кг		Витрати праці, люд.-год/га		Кількість нормо-змін	
					Місяць	Тривалість, днів	Тривалість роботи на день, год	Транспор	Зелена	С.-с. машина		За гектар	За зайву	За день	Агрегати	Тракторів	додаткових працівників	За нормою	На весь обсяг	На одиницю роботи		На весь обсяг
1	Лущення стерні (дискування)	8-10 см	га	128	01-05.08	5	14	ХТЗ-17021	БДВТ-4.2 «Крас-чумах»		1	3,84	26,90	53,80	1	2		7,06	903,04	0,26	33,3	4,76
2	Оранка	25-27 см	га	128	01-10.10	10	14	ХТЗ-17021	Kverneland 150B, 5+1 корпусів		1	3,84	26,90	53,80	1	2		16,60	2124,80	0,26	33,3	4,76
3	Передпосівний обробіток ґрунту	8-10 см	га	128	01-10.10	10	14	ХТЗ-17021	КПС-4.2 ОАПК		1	3,84	26,90	53,80	1	2		4,98	637,44	0,26	33,3	4,76
4	Сіялка пшениці озимої	232 кг/га	га	128	10-15.10	5	14	ХТЗ-17021	Great Plains 35-3000		1	3,94	27,60	55,20	1	2	2	4,57	584,32	0,51	64,9	4,64
5	Внесення азотної селітри	100 кг/га	га	128	березень	3	12	МТЗ-82.1	Amazona ZA-M 3000		1	23,03	138,20	276,40	1	2		1,49	191,23	0,04	5,6	0,79
6	Обприскування посівів (Дербі 0,5 л/га + Модаус 0,2 л/га)		га	128	фаза кущення	3	12	МТЗ-82.1	ОП-2000-18		1	19,20	115,20	230,40	1	2		1,25	159,36	0,05	6,7	0,95
7	Внесення азотної селітри	200 кг/га	га	128	фаза кущення	3	12	МТЗ-82.1	Amazona ZA-M 3000		1	23,03	138,20	276,40	1	2		1,49	191,23	0,04	5,6	0,79
8	Обприскування посівів (Ренк Дуо 0,4 л/га + Фалікон 0,6 л/га + сульфат магнею 3 кг/га)	120 л/га	га	128	перше кінжуля	3	12	МТЗ-82.1	ОП-2000-18		1	19,20	115,20	230,40	1	2		1,25	159,36	0,05	6,7	0,95
9	Внесення азотної селітри	100 кг/га	га	128	через 7 днів	2	12	МТЗ-82.1	Amazona ZA-M 3000		1	23,03	138,20	276,40	1	2		1,49	191,23	0,04	5,6	0,79
10	Обприскування посівів (Солістор 1 л/га + Стакто 1,5 л/га + сульфат магнею 3 кг/га)	120 л/га	га	128	пригородковий лист	3	12	МТЗ-82.1	ОП-2000-18		1	19,20	115,20	230,40	1	2		1,25	159,36	0,05	6,7	0,95
11	Внесення азотної селітри	100 кг/га	га	128	пригородковий лист	3	12	МТЗ-82.1	Amazona ZA-M 3000		1	23,03	138,20	276,40	1	2		1,49	191,23	0,04	5,6	0,79
12	Обприскування посівів (Тіутор 1 л/га)	120 л/га	га	128	цвітіння	3	12	МТЗ-82.1	ОП-2000-18		1	19,20	115,20	230,40	1	2		1,25	159,36	0,05	6,7	0,95
13	Збирання врожаю	6,2 т/га	га	128	20-30.07	10	14	ДОН-1500Б		1	1,90	11,30	26,60	1	2		11,62	1487,36	0,53	67,4	9,62	
14	Перевезення зерна	4 км	т	793,6	20-30.07	10	14	КамАЗ-5511		1	9,75	68,3	136,5	2	4		0,72	571,392	0,10	81,4	11,63	
Всього																		56,50	7710,72	2,30	362,51	47,15

			48 ДП 010 000 000 ТК		
Зм. (кварт.)	Квартал	Рік	План механізованого вирощування пшениці озимої		
Розробл.	Затверджен.	Підпис	ДП	Рік	Назва
Затверджен.	Затверджен.	Підпис	ДП	Рік	Назва
З. Кучерук (підп.)			ДДАЕУ, АС -2-23		
Затверджен.					

Продовження додатку Б

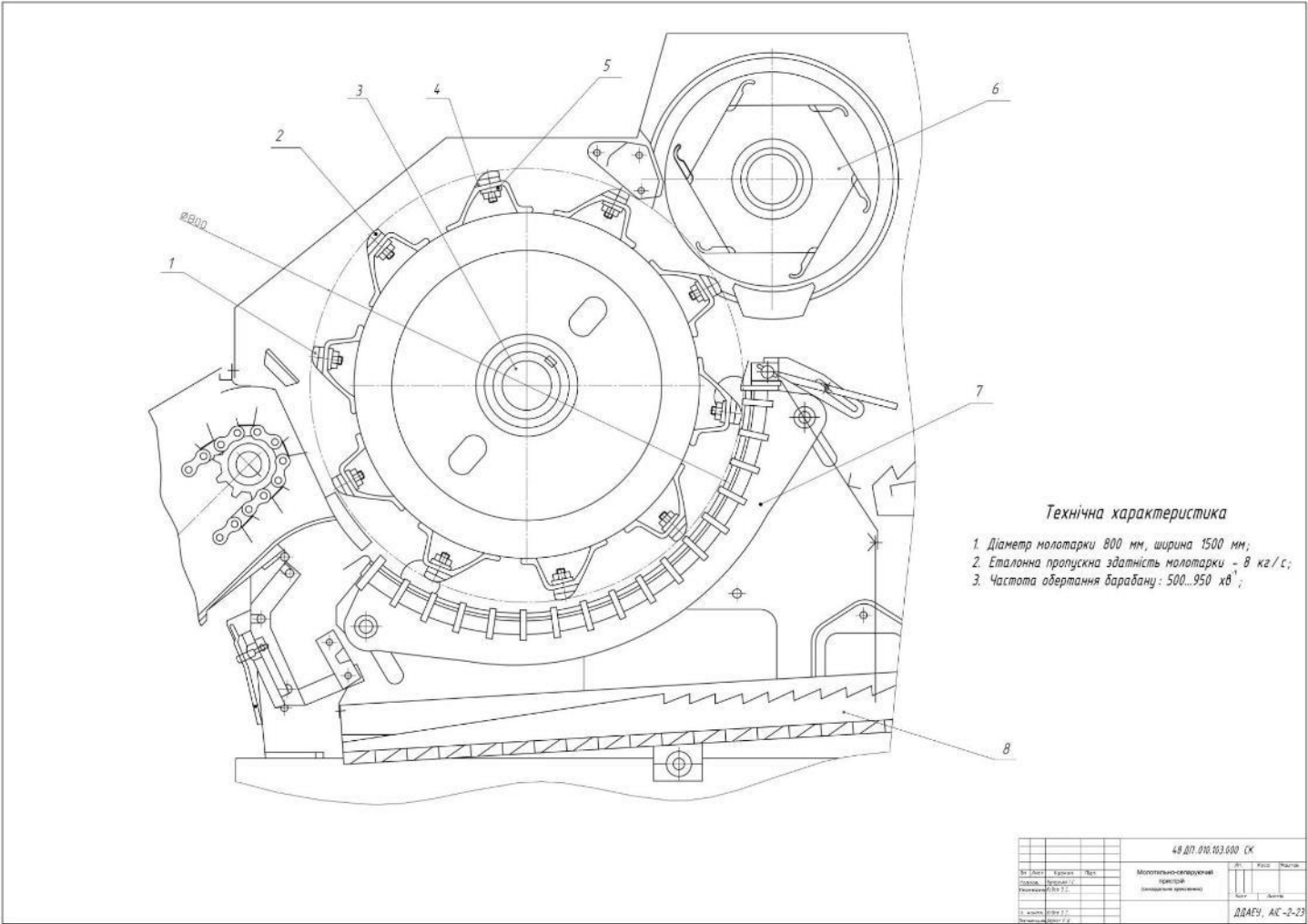


Технічна характеристика комбайну

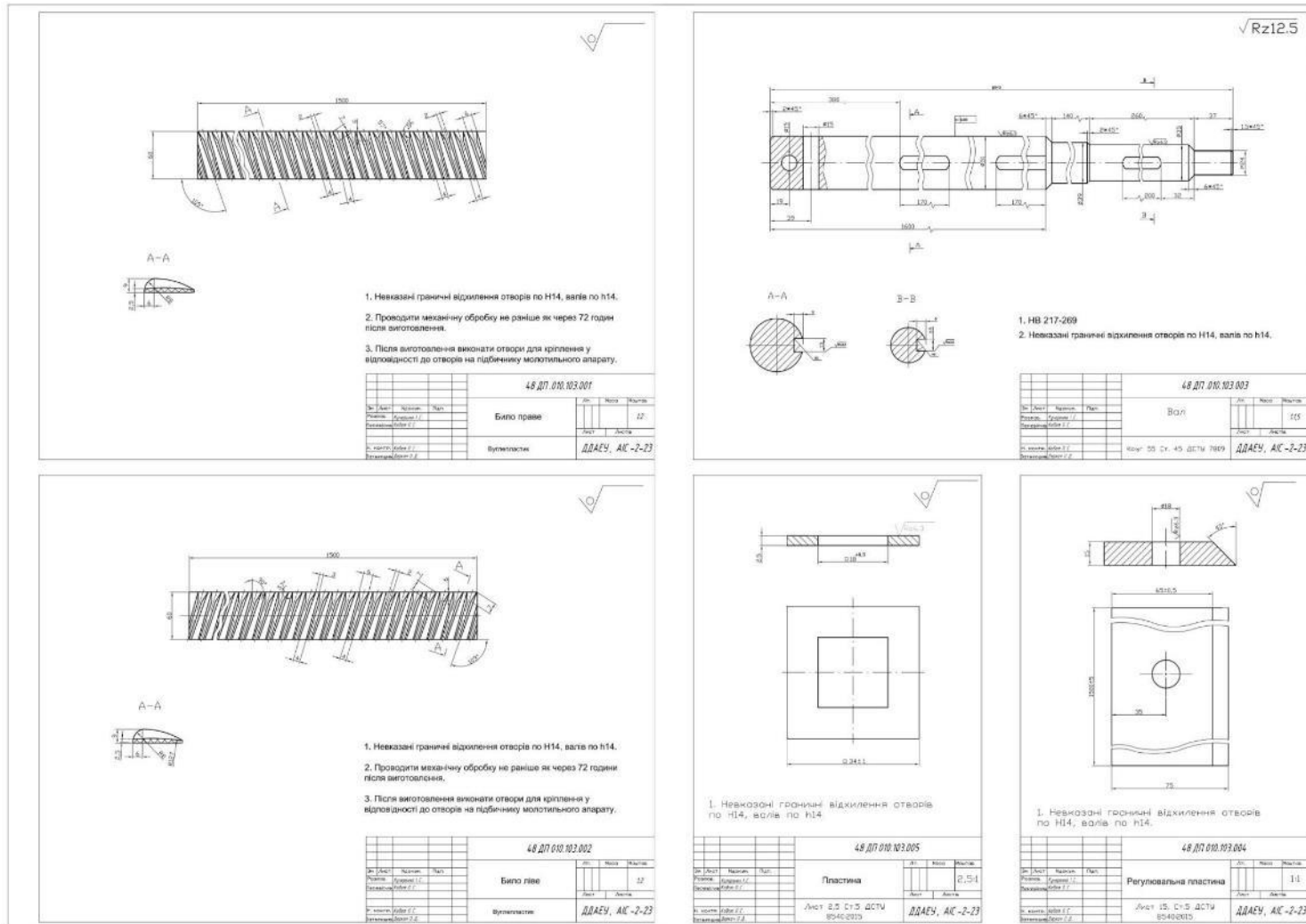
1. Діаметр молотильного барабана 800 мм, ширина 1500 мм;
2. Еталонна пропускна здатність молотарки – 8 кг/с;
3. Ширина захвату жатки 6 м;
4. Потужність двигуна 173 кВт;
5. Продуктивність двивантажного шнеку 2,5 т/хв;
6. Об'єм бункера – 6 м³.

				48 ДП 010 100 000 ВЗ			
ДП	Авст	Надзем	Вел	Комбайн ДП-15000			
Розробник: ДП-15000				Виробник: ДП-15000			
Виконавець: ДП-15000				ДП-15000			
В. Коваленко				ДДАЕУ, АС-2-23			
В. Коваленко				ДДАЕУ, АС-2-23			

Продовження додатку Б



Продовження додатку Б



<u>1. Характеристика умов роботи.</u> Тип ґрунту – чорнозем змичаний, агрофон – поле спільного ячменю, поглиблення – 3%. Розміри ділянки: довжина $l = 1100$ м і ширина 690 м. Площа ділянки – 76 га. Урожайність зерна 6,2 т/га.	<u>9. Підготовка поля.</u> Приймаємо спосіб руку з чергуванням складів, при якому коефіцієнт робочих ходів складає $\varphi = \frac{1077}{1077 + 77,2} = 0,93$ де 1077 – робоча довжина загони, м; 77,2 – середня довжина холостого ходу, м. Для роботи комбайна у полі за прийнятним способом руку оптимальна ширина загони складає 150 м.
<u>2. Агroteхнічні вимоги.</u> Забезпечити повний збір усього біологічного урожаю за умов збереження його високіх посівних, продуктивних і кормових властивостей, з оптимальними затратами праці і коштів. Тривалість збирання зернових колосових культур не повинна перевищувати 10 днів. До скошування ячменю приступати у фазі воскової спіло-сти: зерно повинно мати вологість 14-20%. Допустимі втрати за комбайном: за жаткою (однофазний спосіб) – 1%; добування зерна допускати-ся 1%; чистою у бункері повинно бути не менше 96%.	<u>6. Робота комбайна на полі</u> Відміна продуктивності комбайна складає $W = 13,3$ га. Гектарна витрата палива 15,54 л / га.
<u>3. Підбір і розташування складів зберігати.</u> Обираємо агрегат: комбайн ДОН-1500Б, коефіцієнт сполучистості $\delta_r = 1,5$; вологість хлібної маси $W = 16\%$; ширина захвату комбайна 6 м; поглиблення 3%. Максимально допустима робоча швидкість у заданих умовах: $V_{\text{доп}} = 4,85 \text{ км/год}$ $N_k = 113,3 \text{ кВт} < N_{\text{доп}} = 173 \text{ кВт.}$	<u>7. Контроль якості роботи.</u> Кількість підбіреного зерна не повинно перевищувати 2%. Чистоту бункерного зерна у виробничих умовах оцінюють візуально. Зерно не повинно бути колосисте та їх частин, засмічення зерна половиною повинно бути незначним. Під час контрольного обмолоту доцільно також визначити співвідношення ваги зерна і маси незерної частини вразю на даному полі.
<u>4. Підготовка агрегату до роботи.</u> При підготовці комбайна до прямого комбайнування, виконуються наступні регулювання роботи. Між дисчем жатки і спіраллями шнека встановлюють зазор 10-15 мм, а між кінцями пальців і дисчем – 15-20 мм. Якщо під час роботи хлібна маса забивається між шнеком і дисчем, ці зазори доводять збільшувати. Козирки відбійного лотушу шнека регулюють так, щоб між ними та спіраллями шнека був мінімальний зазор, але не більшим ніж 10 мм. При збиранні пшениць хліби мотомово повинно бути опущені і знаходитись перед рухом апаратом. При збиранні примокопних хлібів – підняти і нахилити до руку-ного апарату. Потрібну висоту зрізу жатки встановлюють за допомогою електричної системи регулювання.	<u>8. Скоєння ґрунту.</u> До роботи на агрегатах допускати навічені за спеціальною програмою і проінструктовані механізатори. Виконувати роботи під машинами, піднятими за допомогою гідромеханізмів забороняється. Під час руку агрегату забороняється виконувати будь-які розв'язування, усувати несправності, очисити робочі оранки. Усунення несправностей, зміну кінців, пасів, ланцюгів, опарядів технічного обслуговування виконують тільки при зупиненому двигуні. Видаляти масу при збиранні робочого оранки (шнека, молотильного барабана, елеватора, лотуш) можна лише за допомогою спеціальних пристроїв із дотриманням інших вимог безпеки. Для запобігання травматизму на зернозбиральних комбайнах необхідно, щоб усі працівники були добре проінформовані про існуючі небезпечні фактори й можливі наслідки в разі недотримання відповідних правил безпеки.

[illegible]

Продовження додатку Б

Економічна ефективність проєкту

Показник	Одиниця виміру	Продовольче (фуражне) зерно пшениці	Насіннєве зерно пшениці
Площа вирощування	га	128	128
Урожайність зерна	т/га	6,2	6,2
Валовий збір зерна	т	793,6	793,6
Пошкодження зерна до модернізації	%	2,0	2,0
Пошкодження зерна після модернізації	%	1,5	1,5
Зменшення пошкодження зерна	%	0,5	0,5
Кількість зерна, збереженого від пошкодження	т	3,968	3,968
Ціна реалізації зерна	грн/т	8000	17000
Додатковий дохід від зменшення пошкодження зерна	грн	31744	67456
Загальні капітальні витрати на модернізацію	грн	30000	30000
Термін служби композитних бил	роки	3	3
Річні амортизаційні відрахування	грн	10000	10000
Витрати на технічне обслуговування	грн	900	900
Загальні річні витрати на модернізацію	грн	10900	10900
Річний економічний ефект	грн	20844	56556
Економічний ефект на 1 га	грн/га	162,8	441,8
Строк окупності модернізації	роки	1,44	0,53

				48 810 000 000 ₴			
№	Акт	Назва	Вартість	Економічна ефективність проєкту			
Розробник	Держпродспецслужба	Держпродспецслужба	Держпродспецслужба	Акт	Вартість	Назва	Вартість
В. Мельник	Держпродспецслужба	Держпродспецслужба	Держпродспецслужба	Держпродспецслужба	Держпродспецслужба	Держпродспецслужба	Держпродспецслужба

Продовження додатку Б

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що після початку повномасштабної війни структура посівних площ в Україні суттєво змінилася. При цьому, озима пшениця залишається однією з головних зернових культур України. У 2024 році її площа становила близько 4,71 млн га, а у 2025 році збільшилася приблизно до 5,0 млн га. Це свідчить про поступове відновлення інтересу аграріїв до цієї культури, незважаючи на воєнні та економічні ризики. Аналіз динаміки виробництва показав, що найбільший валовий збір пшениці було отримано у 2021/22 МР – 33,01 млн т

За результатами розробленої технологічної карти вирощування пшениці озимої передбачено виконання робіт на площі 128 га із запланованою врожайністю 6,2 т/га. За таких умов очікуваний валовий збір зерна становить 793,6 т, що свідчить про достатньо високий рівень продуктивності культури. Загальна витрата палива на виконання всіх технологічних операцій складає 8601,6 л, а питомі витрати пального – 56,5 кг/га. Основна частина цих витрат припадає на найбільш енергоємні операції: основний обробіток ґрунту, передпосівну підготовку, сівбу та збирання врожаю. Загальні затрати праці становлять 362,51 люд.-год, а питомі затрати праці – 2,30 люд.-год/га.

Розглянуто кілька конструктивних рішень для підвищення ефективності зернозбиральних комбайнів, обґрунтовано модернізацію молотильного апарата ДОН-1500Б для мінімізації пошкоджень зерна шляхом встановлення бил із композитних матеріалів. Виконані інженерні розрахунки. Розроблено операційно-технологічну карту прямого комбайнування. Встановлено, що продуктивність комбайну в заданих умовах буде становити 13,3 га/зм, питома витрата пального складає 11,62 кг/га. Визначено, що коефіцієнт робочих ходів для обраного способу руху складає 0,93, що вказує на правильну організацію руху комбайну на полі.

Розглянуто вимоги охорони праці при проведенні технологічних операцій із застосуванням зернозбирального комбайну.

Завдяки встановленню композитних бил на молотильний барабан комбайна ДОН-1500Б пошкодження зерна зменшується на 0,5 %, що дозволяє додатково зберегти близько 3,97 т зерна. При збиранні продовольчого зерна пшениці озимої річний економічний ефект становить 20844 грн, а строк окупності – 1,44 року. Якщо ж модернізований комбайн використовується на насінневих ділянках, ефективність значно зростає: річний економічний ефект становить **56556 грн**, а строк окупності скорочується до 0,53 року. Це пояснюється вищою вартістю насінневого матеріалу, тому зменшення травмування зерна має більший економічний результат.

