МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Обґрунтування технологічного процесу виробництва зернових колосових з розробкою приводу повітряно-решітного очищення комбайна Єнісей-950»

Виконав: студент _4 курсу, групи 41-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
_Коцюруба Володимир Олегович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник доцент Ковальчук Ю.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Коцюрубі Володимиру Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Обґрунтування технологічного процесу виробництва зернових колосових з розробкою приводу повітряно-решітного очищення комбайна Єнісей-950»
керівник проекту Ковальчук Юрій Олексійович, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/129

2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: особливості технології вирощування зернових колосових культур; організація процесу збирання зернових колосових культур; машинно-тракторний парк для виробництва зернових культур

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; агротехнологія вирощування зернових колосових культур; технічне забезпечення технології вирощування зернових колосових культур; будова та принцип роботи пристрою; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 р.	
2.	Розділ 1. Аналіз механізованої технології виробництва зернових колосових	19.11.2025 р.	
3.	Розділ 2. Конструкторсько-технологічний розділ	18.12.2025 р.	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 р.	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 р.	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 р.	

Студент _____ Коцюруба В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Ковальчук Ю.О.____
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. АНАЛІЗ МЕХАНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ 5

1.1 Особливості технології вирощування зернових колосових культур 5

1.2 Організація процесу збирання зернових колосових культур 6

1.3 Машинно-тракторний парк для виробництва зернових культур 8

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 13

2.1 Агротехнологія вирощування зернових колосових культур 13

2.2 Технічне забезпечення технології вирощування зернових колосових культур 14

2.3 Засоби механізації для збирання зернових колосових культур 16

2.4 Адаптація машин до умов виконання технологічних операцій 17

2.5 Техніко-конструктивне обґрунтування запропонованого пристрою 18

2.6 Особливості конструкції елементів очищення та запропонованого пристрою 20

2.7 Особливості функціонування варіаторного вузла 26

2.8 Технічний опис і розрахунок варіаторного механізму 28

3 ОХОРОНА ПРАЦІ 33

3.1 Заходи щодо підвищення безпеки праці 33

3.2 Особливості конструкції варіатора, можливі небезпеки та правила безпечної роботи 34

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 37

4.1 Економічна оцінка конструктивної розробки 37

ВИСНОВОК 40

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 44

1. АНАЛІЗ МЕХАНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ

1.1 Особливості технології вирощування зернових колосових культур

Основною метою обробітку ґрунту є поліпшення його агрофізичних властивостей та створення умов для накопичення доступних мінеральних поживних речовин унаслідок активізації процесів розкладання органічної речовини. Розпушування ґрунту сприяє посиленню його аерації, у результаті чого підвищується вміст кисню. Це, своєю чергою, активізує мінералізацію органічних решток і забезпечує вивільнення поживних елементів, необхідних для росту й розвитку рослин.

Обробіток ґрунту виступає одним із важливих засобів підвищення ефективної родючості. Його проведення необхідне для формування більш сприятливих умов існування культурних рослин в агроценозах, які потребують пухкішого й краще структурованого ґрунту, ніж природні біоценози. Технологія вирощування пшениці, що застосовується в господарстві, передбачає виконання таких основних операцій:

Закриття вологи. Цей захід здійснюють агрегатами Т-4А + СП-24 + важка зубова борона.

Передпосівна культивація на глибину 6–8 см. Роботи виконують агрегатами Т-4А + КПС-4 + СП-8 + 8БЗСТ-1.

Сівба на глибину 5–7 см. Посів проводять за допомогою агрегату МТЗ-82 + СЗ-3,6.

Прикотковування посівів. Цей агротехнічний прийом виконують трактором МТЗ-82 у зчепленні з котками СП-8 + 3КВГ-1,4.

Культивація через два тижні після сівби. Для цього використовують 8 легких зубових борін БЗЛ-0,7, які агрегатуються з трактором МТЗ-82.

Збирання врожаю. Його проводять як прямим комбайнуванням, так і роздільним способом. Для виконання цієї операції застосовують комбайн «Єнісей-1200» з адаптерами ЖВН-6А, ЖКН-5Ш і ППК-3.

Разом із тим зазначена технологія має певні недоліки. Зокрема, не зовсім виправданим є висівання насіння на глибину 5–7 см. Доцільніше зменшити цей показник до 4–6 см, оскільки це сприятиме отриманню більш дружних і рівномірних сходів. З огляду на те, що господарство розташоване в зоні достатнього зволоження, надмірне загортання насіння не є необхідним. Кількість опадів упродовж останніх років

загалом відповідала нормі, тому рослини не відчувають істотного дефіциту вологи в початковий період росту.

У сучасному землеробстві вже давно простежується тенденція до поєднання кількох операцій в одному технологічному циклі, зокрема передпосівної культивації, сівби, одночасного внесення добрив і прикотковування. Використання комбінованих машин і агрегатів дає змогу істотно скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити негативний вплив рушійної системи тракторів на ґрунт, забезпечити якісніше розпушування колії, підвищити якість загортання насіння, а також знизити загальну енергоємність процесів обробітку ґрунту та сівби. Крім того, така технологія допомагає зменшити залежність від несприятливих погодних умов під час проведення польових робіт і забезпечує раціональніше використання енергонасичених тракторів.

Упровадження подібного підходу сприяє економії коштів господарства, проте потребує наявності сучасних комбінованих машин, відповідних агрегатів і кваліфікованих спеціалістів.

1.2 Організація процесу збирання зернових колосових культур

Як уже зазначалося раніше, збирання зернових культур у господарстві здійснюється комбайном «Єнісей-1200» як способом прямого комбайнування, так і роздільним методом. Для виконання цих робіт застосовують адаптери ЖВН-6А, ЖКН-5Ш і ППК-3. У більшості зарубіжних країн перевага надається саме прямому комбайнуванню.

Пряме комбайнування передбачає одночасне виконання кількох технологічних операцій: зрізування рослин, обмолот колосся, відокремлення зерна від соломи, очищення його від домішок, а також вилучення зерна з незернової частини врожаю — соломи й полови. Окрім традиційного зрізування, у деяких випадках можливе й очісування рослин. Усі ці операції виконуються за один прохід машини в період повної стиглості зерна.

Такий спосіб збирання доцільно застосовувати на рівномірно дозрілих, малозабур’янених, низькорослих і зріджених посівах. Перед збиранням нерівномірно дозріваючих і пізньостиглих культур, зокрема насіннєвих трав, сої чи ріпаку, зазвичай проводять десикацію рослин.

Технічна характеристика ЖКН-5Ш:

– продуктивність за годину основного часу при швидкості 7,5 км/год — 4,4

га;

- ширина захвату — 5 м;
- робоча швидкість — 8 км/год;
- транспортна швидкість — 25 км/год;
- висота зрізу — 50–950 мм;
- маса — 1710 кг.

Роздільне комбайнування відрізняється від прямого тим, що скошування та обмолот виконуються окремо. Спочатку хлібну масу скошують жатками і укладають у валки на стерню для підсушування соломи та дозрівання зерна — це перша фаза. Через 3–6 днів валки підбирають комбайнами, обладнаними підбирачами, після чого виконують обмолот і розділення зерна, соломи та полови — це друга фаза.

Таким способом збирають зернові, зернобобові, круп'яні культури та рис. Роздільне збирання є доцільним на посівах із густотою стояння не менше 300 рослин на 1 м² і довжиною стебел понад 60 см. Якщо посіви зріджені або мають коротке стебло, валки провалюються, що значно ускладнює їх підбирання. Найкращим напрямком руху збиральної техніки вважається рух упоперек напрямку проходу посівного агрегату.

При роздільному комбайнуванні збиральні роботи розпочинають раніше, ніж при прямому: у південних районах — приблизно на 5–6 днів, а в північних і сибірських — на 8–12 днів. Більш раннє збирання дає змогу зменшити втрати зерна від осипання та вибивання. Підсушена стеблова маса легше обмолочується, завдяки чому знижуються втрати зерна за молотаркою. Крім того, за зменшення вологості зерна на 5–8 % полегшується його подальша доробка на току й скорочуються витрати на досушування. Водночас використання валкових жаток підвищує матеріалоємність збирального процесу, збільшує енерговитрати та кількість проходів техніки по полю.

Зерно, зібране як прямим, так і роздільним способом, транспортують на тік, де воно проходить очищення, сушіння, сортування, після чого закладається на зберігання.

Технічна характеристика ЖВН-6А:

- ширина захвату — 6 м;
- тип різального апарата — нормальний;
- крок розміщення пальців і сегментів — 76,2 мм;
- хід ножа — 76,2 мм;
- частота обертання кривошипа приводу ножа — 506 хв$^{-1}$;

– робоча швидкість — до 9 км/год;

– транспортна швидкість — до 18 км/год.

1.3 Машинно-тракторний парк для виробництва зернових культур

Зернова сівалка СЗ-3,6. Сівалка СЗ-3,6 призначена для рядкового висіву насіння зернових культур, зокрема пшениці, жита, ячменю та вівса, а також зернобобових культур, таких як горох, квасоля, соя, сочевиця, боби, чина, нут і люпин, з одночасним внесенням мінеральних добрив.

Сівалка СЗ-3,6 (рис. 1.1) є базовою моделлю у сімействі зернових рядкових сівалок. Найдоцільніше використовувати її в односівалковому варіанті на полях площею до 40 га.



Рисунок 1.1 – Зернова сівалка СЗ-3,6

Сівалка обладнана спеціальним пристроєм, який дає змогу перекривати частину зернових висівних апаратів для формування технологічної колії під час застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Технічна характеристика сівалки СЗ-3,6

– ширина захвату — 3,6 м;

– кількість сошників — 24 шт.;

– ширина міжрядь — 15 см;

– продуктивність — 3,2–4,3 га/год;

– тип сошника — дводискові сошники та пальцьові загортачі;

– місткість насіннєвого бункера — 453 л;
– місткість тукового бункера — 212 л;
– клас агрегатування — 1,4 т.с.;
– робоча швидкість — 9–12 км/год;
– норма висіву насіння — 5–400 кг/га;
– норма внесення добрив — 25–200 кг/га.

Габаритні розміри та маса:

– довжина — 4300 мм;
– ширина — 3700 мм;
– висота — 1650 мм;
– маса — 1380 кг.

Культиватор КПС-4. Культиватор КПС-4 призначений для передпосівної підготовки ґрунту під сівбу сільськогосподарських культур, а також для догляду за парами. Машина може застосовуватися в усіх кліматичних зонах на ґрунтах різного механічного складу з твердістю до 1,6 МПа та вологістю в межах 8–30 %. Допускається використання культиватора на схилах із крутизною до 8°.

Культиватор КПС-4 (рис. 1.2) є причіпною машиною і може агрегатуватися з тракторами тягового класу 1,4–2,0. Два причіпні культиватори, з'єднані шарніром КПЦ-14.000 за допомогою зчіпки СК-8, можуть працювати в агрегаті з тракторами класу 3, такими як Т-150, Т-150К, ДТ-75. Чотири причіпні культиватори, з'єднані трьома шарнірами КПЦ-14.000 за допомогою зчіпки СП-16А, агрегатуються з тракторами класу 5, зокрема з трактором К-701.



Рисунок 1.2 – Культиватор КПС-4

Технічна характеристика культиватора КПС-4:

– тип агрегатування — причіпний;

- ширина захвату — 4 м;
- продуктивність — 4,0–4,08 га/год;
- глибина обробітку — 5–12 см;
- клас агрегатування — 1,4–2,0; 3;
- робоча швидкість — 10–12 км/год;
- транспортна швидкість — 20 км/год.

Габаритні розміри та маса:

- довжина — 4000 мм;
- ширина — 4050 мм;
- висота — 1100 мм;
- транспортна довжина — 4000 мм;
- транспортна ширина — 4050 мм;
- транспортна висота — 1100 мм;
- маса — 800 кг.

Показники якості виконання технологічного процесу обробітку ґрунту:

- підрізання бур’янів — 100 %;
- середньоквадратичне відхилення глибини обробітку — ±1,5 см;
- гребенистість поверхні поля — 20 мм;
- розпушення ґрунту (частка фракцій розміром 1–25 мм) — 80 %.

Борона БЗЛ-0,7. Основними завданнями поверхневого обробітку ґрунту є вирівнювання поверхні поля, розпушення та перемішування верхнього шару, а також знищення бур’янів. Головною метою такого обробітку є створення найбільш сприятливих умов для проведення сівби, рівномірного загортання насіння на задану глибину, одержання дружних сходів і забезпечення подальшого повноцінного росту та розвитку рослин.

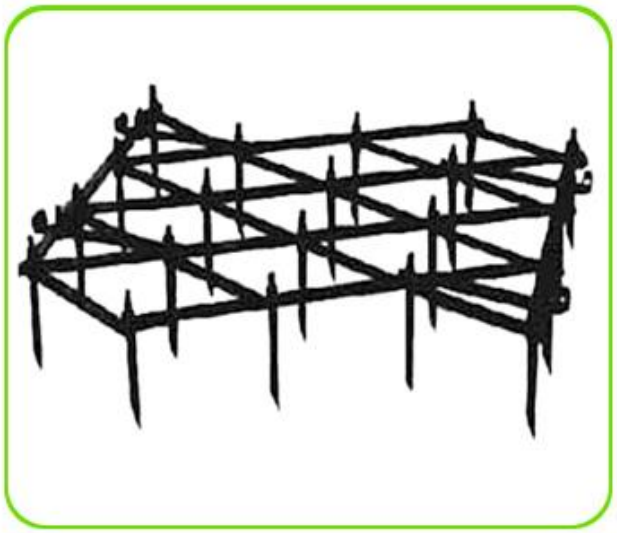


Рисунок 1.3 – Легка зубова борона

Зубові борони призначені для розпушування ґрунту на глибину 3–8 см, вирівнювання поверхні поля, руйнування кірки, що утворюється після дощу або поливу, знищення бур'янів і подрібнення грудок ґрунту.

Технічна характеристика:

– продуктивність — 1,5 га/год;
– ширина захвату — 2,2 м;
– робоча швидкість — 7 км/год;
– клас агрегатування — 0,6–0,9 т.с.

Габаритні розміри та маса:

– довжина — 1100 мм;
– ширина — 2252 мм;
– висота — 165 мм;
– маса — 46 кг;
– маса однієї борони — 14 кг.

Плуг ПЛН-5-35. Плуг ПЛН-5-35 призначений для полицевого обробітку ґрунту під зернові та технічні культури на глибину до 30 см. Його застосовують на різних типах ґрунтів, не засмічених камінням, плитняком та іншими перешкодами, за питомого опору до 0,09 МПа і твердості ґрунту до 3,0 МПа.

Робота плуга, обладнаного передплужниками, здійснюється таким чином: передплужник підрізає верхній шар ґрунту на глибину до 12 см, перевертає його й укладає на дно борозни. Після цього цей шар перекривається основним пластом, який

піднімається та обертається головним корпусом плуга. У результаті забезпечується повне й глибоке загортання бур’янів і післяжнивних решток.

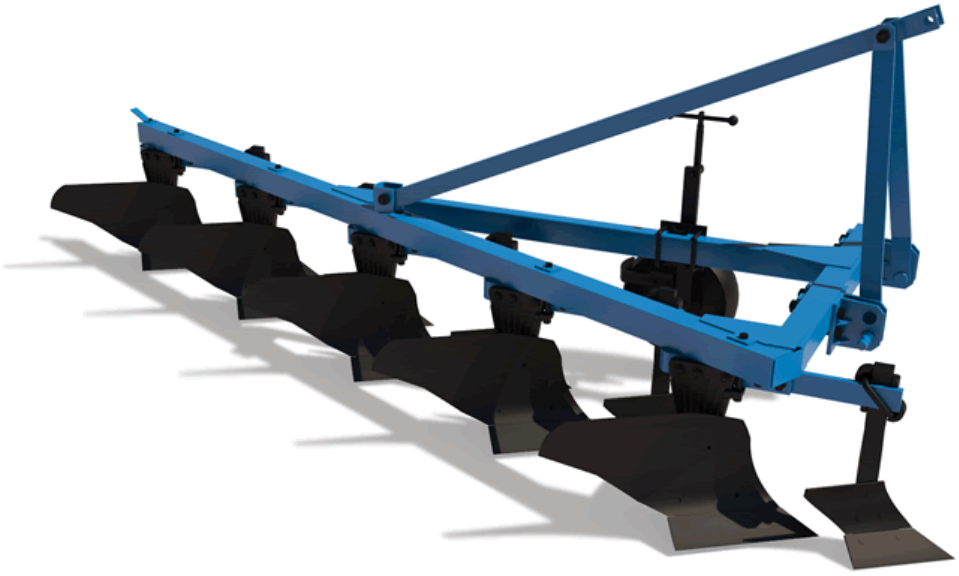


Рисунок 1.4 – Плуг ПЛН-5-35

Технічна характеристика:

- кількість корпусів — 5 шт.;
- ширина захвату — 1,75 м;
- продуктивність за 1 годину основного часу — 1,24–1,6 га/год;
- глибина обробітку — 30 см;
- глибина оранки передплужником — до 12 см;
- агрегатується з тракторами — Т-150К, Т-150, Т-4А;
- необхідна потужність трактора — 120 к. с. або 88 кВт;
- робоча швидкість руху — 7–9 км/год;
- транспортна швидкість — до 12 км/год;
- дорожній просвіт — не менше 250 мм.

Габаритні розміри:

- довжина — 4280 мм;
- ширина — 2080 мм;
- висота — 1500 мм.
- маса — 610 кг;
- строк служби — 8 років.

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Агротехнологія вирощування зернових колосових культур

Сівба є однією з найвідповідальніших і найважливіших технологічних операцій у сільському господарстві. Для успішного ведення господарства аграрним підприємствам у всі часи доводилося пристосовуватися до змін агрономічних та економічних умов. Саме тому технології, що застосовуються у виробництві, постійно вдосконалюються. Крім того, відмінності в природно-кліматичних умовах і виробничих потребах окремих регіонів сприяли формуванню кількох основних напрямів у технології сівби.

Традиційна технологія передпосівного обробітку ґрунту є ефективною там, де важливе значення має механічне знищення бур’янів. У регіонах із достатньою або підвищеною кількістю опадів така система дає можливість підсушити та прогріти ґрунт завдяки інтенсивному розпушуванню. Використання стрілчастої лапи в поєднанні з корпусом сошника розподільного типу або з розсікачем сприяє більш повному використанню поверхні ґрунту. Невелику кількість комплексних або азотних добрив можна вносити в один рядок разом із насінням, тоді як основну частину норми добрив доцільно застосовувати до сівби або після неї. Як правило, у такому варіанті посівна система комплектується навісними боронами або причіпними спіральними котками, що забезпечують вирівнювання та ущільнення ґрунту.

Мінімальна технологія та технологія прямого посіву передбачають зведення обробітку ґрунту до мінімуму й внесення повної норми добрив за один прохід під час сівби. Такий підхід є особливо доцільним у районах із недостатнім зволоженням, а також на ґрунтах, схильних до ерозійних процесів. До його переваг належать зменшення витрат пального, скорочення потреби в робочій силі та зниження кількості проходів техніки по полю завдяки поєднанню кількох операцій в одному технологічному циклі. Разом із тим запровадження цієї системи потребує врахування низки важливих чинників, серед яких необхідність застосування спеціалізованого обладнання, використання хімічних методів контролю бур’янів, а також підвищені вимоги до системи удобрення рослин.

Жодна із сучасних посівних систем не може повністю гарантувати високий урожай, оскільки значний вплив на кінцевий результат мають погодні умови, особливо після появи сходів. Водночас найбільш досконалі технології сівби дають змогу отримувати рівномірніші, сильніші та здоровіші сходи, які краще витримують

несприятливі фактори зовнішнього середовища. Це істотно підвищує ймовірність формування високого врожаю.

Основною метою будь-якого товаровиробника є досягнення максимально можливого прибутку. Очевидно, що реалізація цієї мети безпосередньо пов’язана з одержанням високих урожаїв якісного зерна та збільшенням загальних обсягів виробництва.

2.2 Технічне забезпечення технології вирощування зернових колосових культур

Перехід від традиційного обробітку ґрунту до мінімальної технології та технології прямого посіву передбачає насамперед оновлення технічного забезпечення господарства. Першочергової заміни потребує сівалка СЗ-3,6, оскільки ця машина вже морально застаріла, а наявні в господарстві сівалки фактично повністю відпрацювали свій ресурс. Якісне виконання сівби вимагає, щоб глибина загортання насіння по всій площі поля, кількість насінин у рядках і відстань між ними були однаковими та відповідали встановленим агротехнічним нормам. Крім того, під час висіву насіння не повинно травмуватися. Сівалка СЗ-3,6 не забезпечує повного дотримання цих вимог, тому її заміна на сучасний посівний комплекс є цілком обґрунтованим рішенням.

Оптимальним варіантом для господарства може стати «Обь-4ЗТ» — сівалка-культиватор, що є багатофункціональним агрегатом і може використовуватися як для передпосівного обробітку ґрунту, так і безпосередньо для проведення посівних робіт. Цей комплекс агрегатується з трактором Т-150К.

«Обь-4ЗТ» призначений для виконання передпосівного обробітку ґрунту за один прохід на різних агрофонах, у тому числі по стерні, з одночасним широкосмуговим висівом насіння зернових культур, внесенням мінеральних добрив, прикотковуванням посівів і формуванням верхнього пухкого мульчувального шару (рис. 2.1). Машина також ефективно використовується для догляду за парами та під час зяблевого обробітку ґрунту на глибину до 16 см.

Порівняно із сівалками типу СЗП-3,6, посівна машина ППМ «Обь-4ЗТ» забезпечує більш сприятливі умови живлення рослин завдяки широкосмуговому розміщенню насіння, а також більш рівномірне загортання його за глибиною. У результаті це сприяє дружнішому дозріванню посівів, підвищенню врожайності, зменшенню вилягання рослин і покращенню якості зерна. Додатковими перевагами

використання цього комплексу є зниження витрат палива приблизно вдвічі, скорочення потреби в тракторах утричі, економія трудових ресурсів, захист ґрунту від водної та вітрової ерозії, а також підвищення його родючості.

Посівні ґрунтообробні машини серії «Обь» можуть додатково комплектуватися змінними плоскорізальними лапами та наральниками для чизелювання, що дає змогу здійснювати обробіток ґрунту на глибину до 25 см. Агрегатуються ці машини з тракторами тягового класу 3,0 т.



Рисунок 2.1 – Ґрунтообробна посівна машина ППМ «Обь-4ЗТ»

Технічна характеристика:

- маса — 2100 кг;
- робоча швидкість — 7–11 км/год;
- ширина смуги розсіву — 18–20 см;
- продуктивність — 1,8–2,9 га/год;
- глибина загортання насіння — 4–8 см.

ОН-1100/12. Під час вирощування зернових культур за мінімальною технологією, поряд із численними перевагами, виникає і певна проблема — посилення забур’яненості посівів, унаслідок чого боротьбу з бур’янами доводиться здійснювати із застосуванням хімічних засобів.

Обприскувач ОН-1100/12 призначений для хімічного захисту польових культур від шкідників, хвороб і бур’янів, а також для внесення рідких добрив.

У конструкції машини застосовано новий принцип малооб’ємного

високопродуктивного обприскування, що базується на використанні електричних обертових розпилювачів. Такі розпилювачі забезпечують формування однорідних крапель оптимального розміру та щільності, що підвищує ефективність обробки.

Робочі штанги конструктивно виконані так, що переведення агрегату з транспортного положення в робоче і навпаки може легко виконувати один працівник. Керування всіма електричними елементами обприскувача — насосом і електродвигунами розпилювальних головок — об'єднане в єдиний блок, а пульт управління розміщений у кабіні водія-оператора. Живлення здійснюється від бортової мережі автомобіля або трактора напругою 12 В.

Система керування побудована максимально просто: спочатку вмикаються розпилювальні головки обох штанг, а через 4–5 секунд, після досягнення тарілками робочих обертів, подається живлення на насос, що подає робочу рідину. Насос є відцентровим, з електроприводом від бортової мережі, тому немає потреби підключати його до вала відбору потужності транспортного засобу.

В агрегаті передбачено подвійну очистку робочої рідини: під час заливання в бак рідина проходить через дрібнопористу синтетичну тканину, а тверді домішки додатково затримуються розбірним фільтром, установленим перед подаючим насосом. У транспортному положенні обприскувач має компактні габарити, що дозволяє йому пересуватися дорогами загального користування. Машина агрегатується у навісному варіанті з тракторами тягового класу 1,4 т. с.

Технічна характеристика ОН-1100/12:

- розмах штанги — 12 м;
- витрата робочої рідини — 10–30 л/га;
- місткість основного бака — 1100 л;
- робоча швидкість — 10–15 км/год;
- клас агрегатування — 1,4 т. с.;
- продуктивність — 170–200 га/день;
- ресурс системи — 3000 год.

2.3 Засоби механізації для збирання зернових колосових культур

Збирання врожаю доцільно доручити комбайну «Єнісей-950», оскільки за своїми технічними та експлуатаційними характеристиками він істотно перевершує свого попередника — «Єнісей-1200». Порівняльна оцінка цих машин свідчить, що модель

«Єнісей-950» є більш сучасною, продуктивною та ефективною в роботі, що робить її більш придатною для використання в умовах господарства.

Таблиця 2.1 – Основні відмінності комбайнів «Єнісей-1200» та «Єнісей-950»

Технічні характеристики	Одиниця виміру	Єнісей-1200	Єнісей-950
Кількість молотильних барабанів	шт.	2	1
Ширина молотілки	мм	1200	1200
Число клавіш соломотрясу	шт.	4	4
Довжина клавіш соломотрясу	мм	2820	3660
Площа соломотрясу	$м^2$	3,5	4,4
Площа очищення	$м^2$	3,16	3,5
Місткість бункера для зерна	$м^3$	4,5	5,0
Номінальна потужність двигуна	л.с.	145	185

2.4 Адаптація машин до умов виконання технологічних операцій

Під час експлуатації зернозбиральних комбайнів необхідно застосовувати найбільш раціональні прийоми роботи, виконувати оптимальні регулювання з урахуванням умов збирання та особливостей культури, що збирається, а також своєчасно проводити всі операції, потрібні для підтримання машини у справному стані. Заправлення мастильними матеріалами та змащування слід здійснювати відповідно до таблиць і схем мащення.

Перед виїздом у поле комбайн потрібно налаштувати залежно від виду культури та конкретних умов збирання, зокрема з урахуванням вологості, ступеня вилягання, засміченості посівів, висоти стеблостою тощо. Надалі, під час переїзду з одного поля на інше, ці налаштування необхідно уточнювати. Для цього спочатку оглядають поле і, відповідно до стану посівів, вибирають найдоцільнішу висоту зрізу, встановлюючи її перестановкою башмаків. Після цього регулюють зазори підбарабання, задають необхідне відкриття жалюзійних решіт, визначають кут нахилу подовжувача грохота. Орієнтовно встановлюють частоту обертання барабанів, вентилятора системи очищення та мотовила, виконуючи ці налаштування при ввімкненій молотарці. У подальшому оберти зазначених робочих органів коригують безпосередньо в процесі роботи.

Напрямок руху комбайна слід визначати залежно від способу збирання. У разі прямого комбайнування необхідно рухатися так, щоб нескошена частина поля залишалася праворуч, а загальний напрямок вилягання стебел був приблизно під кутом 45° до траєкторії руху машини. Під час підбирання валків слід забезпечити таке положення, щоб підбирач захоплював стебла з боку колеса.

Швидкість руху необхідно добирати так, щоб комбайн забезпечував найбільшу можливу продуктивність за умови високої якості збирання, тобто з одержанням чистого зерна, мінімальними втратами та найменшим рівнем його пошкодження.

Під час збирання полеглих або переплутаних хлібів швидкість руху агрегату потрібно зменшувати незалежно від фактичного завантаження комбайна. Для поліпшення якості збирання та підвищення ефективності роботи доцільно обирати такий напрямок руху, щоб уникати тривалої роботи вздовж напрямку вилягання посівів, поперек борозен або за сильного попутного вітру.

Щоб запобігти втратам зерна через незрізані колоски під час збирання короткостеблових посівів, хлібів на неякісно зораних площах, а також при підбиранні валків на підвищеній швидкості, рух комбайна бажано організовувати переважно вздовж борозен. Такі втрати можуть також збільшуватися під час виконання поворотів, особливо на гострих кутах, тому маневрувати слід обережно, уникаючи різких змін напряму.

Перед початком роботи комбайна після зупинки в загінці необхідно дати можливість машині повністю пропустити через молотарку і жатку хлібну масу, що залишилася всередині.

Під час роботи на культурах із підвищеною вологістю та значною засміченістю слід періодично очищати молотильний апарат. Для забезпечення безперебійної роботи елеваторів потрібно регулярно перевіряти та очищати внутрішні поверхні нижніх і верхніх кришок від налиплої рослинної маси.

Як перед початком роботи, так і в процесі експлуатації необхідно ретельно контролювати технічний стан машини.

2.5 Техніко-конструктивне обґрунтування запропонованого пристрою

Конструкторська розробка, запропонована в межах цього дипломного проєкту, зумовлена недосконалістю конструкції повітряно-решітної очистки, яка використовується в існуючих вітчизняних зернозбиральних машинах.

Повітряно-решітні системи очищення, як правило, оснащуються двома плоскими жалюзійними решетами, що здійснюють зворотно-коливальний рух в одному або двох станах, а також пристроєм для вловлювання необмолочених колосків.

У повітряно-решітних очистках вітчизняних зернозбиральних комбайнів дрібний зерновий ворох сепарується за рахунок його підкидання та обдування на початку першого жалюзійного решета, після чого поділ за розмірами здійснюється на другому жалюзійному решеті під дією похилого повітряного потоку. У зарубіжних зернозбиральних машинах розділення дрібного зернового вороху за фракціями відбувається вже на першому і другому решетах при їх обдуванні повітряним потоком, а в окремих конструкціях очищення додатково застосовується попереднє збагачення вороху шляхом продування його на перепадах або спеціальних каскадах.

У системах очищення використовують вентилятори різних типів: відцентрові, осьові та діаметральні, які працюють у поєднанні з повітропроводами, дефлекторами та регульованими напрямними щитками у вихідному каналі вентилятора.

Необхідність підвищення пропускної здатності робочих органів зернозбиральних комбайнів пояснюється прагненням зберегти їх сучасну продуктивність і водночас зменшити втрати зерна в умовах постійного зростання врожайності зернових культур. Проте збільшення пропускної здатності лише шляхом нарощування габаритів машин і площі сепарувальних поверхонь практично неможливе через дорожні, вагові та інші суттєві обмеження. У попередні роки підвищення пропускної здатності комбайнів досягалося переважно завдяки частковому вдосконаленню технологічного процесу молотильно-сепарувальних пристроїв, а також зростанню енергонасиченості машин унаслідок підвищення потужності двигунів. Подальше зростання ефективності можливе лише на основі інтенсифікації роботи окремих вузлів, зокрема повітряно-решітної очистки, або завдяки впровадженню більш досконалих принципів обмолоту та сепарації зернового вороху.

Питоме навантаження на 1 м² повітряно-решітної очистки зернозбиральних комбайнів досягає 3 кг/с і більше, причому вміст соломистих домішок у дрібному зерновому воросі може становити 40–50 % і навіть перевищувати цей рівень.

Товщина ущільненого шару дрібного зернового вороху, який переміщується по грохоту до першого жалюзійного решета, може досягати 300 мм.

Оскільки аеродинамічний опір такого товстого шару вороху в зоні повітряно-решітної очистки є значним, видалення полови та легких домішок похилим повітряним потоком, що створюється вентилятором, без додаткового впливу стає практично неможливим.

Зі збільшенням питомого навантаження на перше жалюзійне решето повітряний потік зміщується до його кінцевої частини, що негативно впливає на процес поділу й сепарації вороху. Починаючи з певної межі подачі дрібного зернового вороху на решето, коли його шар уже недостатньо розпушується дією повітряного потоку та коливаннями решета, втрати зерна за очисткою різко зростають.

Аналітичні технологічні розрахунки повітряно-решітної очистки зводяться переважно до визначення за спеціальними алгоритмами окремих числових показників якості її роботи в конкретних умовах на основі вихідних даних щодо фізико-механічних властивостей дрібного зернового вороху. Геометричні параметри очистки, розташування решіт і характер руху повітряних потоків у відповідних каналах доцільно визначати на реальних зразках або їх фізичних моделях, оскільки аналітичне розв’язання таких завдань у межах вищого навчального закладу є практично неможливим.

Отже, теоретично можна розглядати зміну конструкції каналів руху повітря, установлення додаткових рухомих дефлекторів або заслінок, однак фактичне обґрунтування подібних рішень потребуватиме проведення спеціальних експериментальних досліджень.

Саме тому найбільш доцільним напрямом модернізації очистки комбайна є розширення діапазону регулювання частоти обертання вентилятора, оскільки це дасть змогу усунути скупчення вороху, яке утворюється на початку першого решета.

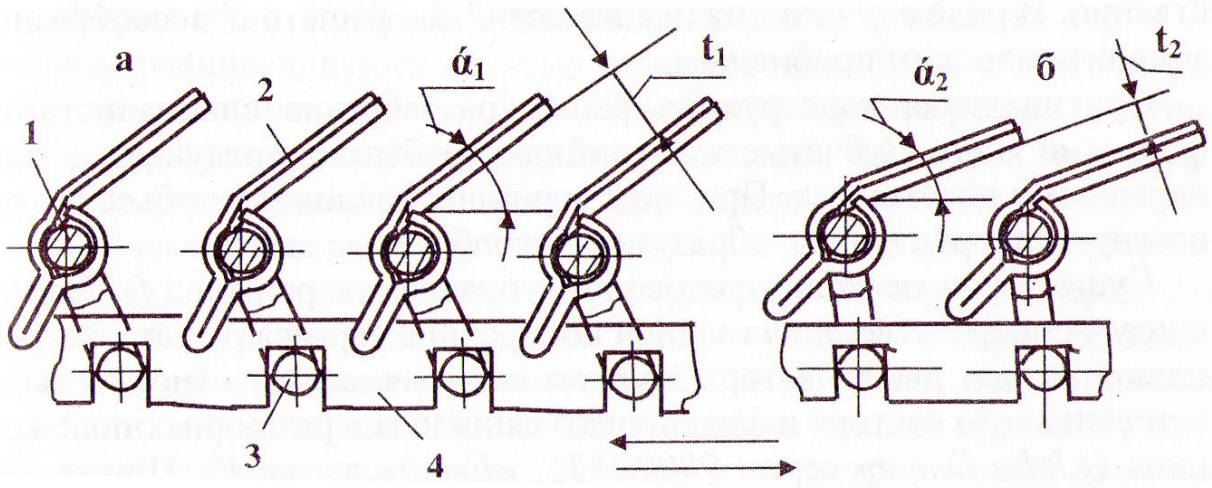
2.6 Особливості конструкції елементів очищення та запропонованого пристрою

Транспортна дошка. Цей елемент має найбільш стабільне конструктивне виконання. Відмінності, притаманні комбайнам різних виробників і модифікацій, здебільшого зводяться до розмірів, які визначаються потужністю машини та її компонувальною схемою. Суттєво вирізняється лише транспортна дошка комбайнів серії TS фірми New Holland. Для компенсації сповзання вороху вниз по схилу під час роботи на похилих ділянках у машинах цієї серії перегородки (2, рис. …) можна

встановлювати під кутом до напрямку руху, зміщуючи їх задні кінці в поперечному напрямку.

Для полегшення очищення рифленої поверхні транспортної дошки від налиплого бруду та сирих рослинних залишків фірма Sampo Rosenlew передбачає у своїх комбайнах можливість демонтажу її поздовжніх секцій — попарно або поодинці. Для виконання цієї операції з боку подовжувача верхнього решета секцію зачіплюють спеціальним ключем із довгою ручкою і витягують назад, переміщуючи її пазами каркаса транспортної дошки після попереднього розстопорення. У комбайні Mega фірми Claas також передбачено можливість зняття для очищення половини транспортної дошки, тобто трьох поздовжніх секцій.

Решета. У системах очищення зернозбиральних комбайнів застосовують як плоскі пробивні, так і жалюзійні решета. Основу жалюзійного решета становить каркас (рис. 2.2) прямокутної форми, який поздовжніми ребрами (8) поділено на смуги завширшки 220–250 мм.



а — жалюзі відкриті на кут $\alpha_1 = 40°$;

б — жалюзі відкриті на кут $\alpha_2 = 20°$;

1 — вісь жалюзі; 2 — гребінка жалюзі; 3 — петля; 4 — рейка.

Рисунок 2.2 – Принцип дії жалюзійного решета зернозбирального комбайна:

У отворах несівних елементів каркаса встановлено поперечні осі жалюзі, які можуть вільно повертатися. Вони виконані у вигляді круглих прутків діаметром близько 4 мм. На цих осях за допомогою контактного зварювання закріплюються штамповані гребінки з оцинкованого металу товщиною 0,4–0,5 мм. Довжина кожної гребінки

відповідає ширині смуги між сусідніми парами поздовжніх ребер каркаса. При цьому жалюзі решета можуть мати або однакові зубці, розташовані в поздовжніх рядах, або чергуватися за кроком і розмірами зубців, як це реалізовано в комбайнах заводу Ростсільмаш. У такому випадку так зване «хвильове» решето забезпечує більш рівномірний розподіл повітряного потоку по всій своїй поверхні.

У середній частині вісь жалюзі має відігнуту донизу петлю. Петлі всіх жалюзі входять у прорізи поздовжньої рейки, переміщенням якої можна одночасно змінювати кут нахилу всіх гребінок. Якщо рейку зміщувати назад, відбувається поворот осей за годинниковою стрілкою, унаслідок чого кут установлення гребінок зменшується. Одночасно зменшується і ширина щілини, призначеної для проходження зерна. Ступінь відкриття жалюзі в межах від 0° до 45° встановлюють залежно від культури, що обмолочується. Наприклад, при збиранні зернових культур жалюзі верхнього решета відкривають на 14–17 мм, а нижнього — на 8–10 мм. Для бобових культур відкриття верхнього решета збільшують у 1,4–1,5 раза, а нижнього — у 1,8–2,0 раза. Під час збирання насінників трав, навпаки, жалюзі верхнього і нижнього решета прикривають відповідно до кута 10–12° і 4–7°. У деяких випадках нижнє жалюзійне решето доцільно замінити плоским пробивним.

Оригінальну конструкцію решіт було розроблено спеціалістами компанії Fendt. У ній зубчасті жалюзійні гребінки чергуються з поперечними пластинами, а вершини нахилених зубців різко відгинаються вперед і вниз, утворюючи гачкоподібні виступи.

Існує кілька способів керування рейкою. Досить часто в нижній частині, безпосередньо на задній поперечині каркаса решета, установлюють важіль на осі, який може повертатися відносно нерухомого сектора та фіксуватися в різних положеннях. Така схема використовується, зокрема, на комбайнах John Deere серії 9000 WTS та Fendt серії E. Під час повороту важеля рейка переміщується в порожнині, утвореній ребрами та кожухом, герметичність якої запобігає потраплянню полови та порушенню роботи регулювального механізму.

Для спрощення регулювання решіт поворотний важіль із сектором може додатково оснащуватися електричним виконавчим механізмом, як у комбайнах MF 7200 Cerea та Fendt 8300/8300 AL. У такому разі ступінь відкриття жалюзі можна задавати та контролювати безпосередньо з кабіни оператора. У деяких комбайнах механізми регулювання винесені на зовнішній бік боковини молотарки в її задній частині. За такої

конструкції або важелі керування з'єднуються з рейками решіт поперечними тягами та двоплечими важелями, як у комбайнах сімейства «Єнісей», або рейка переміщується гвинтовим механізмом, поєднаним із маховичком на боковині молотарки через відкриту конічну передачу, як у машинах заводу Ростсільмаш.

Під час роботи на схилі ворох нерівномірно перерозподіляється по поверхні решета в поперечному напрямку. У результаті частина площі залишається вільною від вороху, через що в цих зонах знижується опір проходженню повітряного потоку від вентилятора. Відповідно, повітря починає переважно проходити через відкриті ділянки поверхні, а ділянки, завантажені ворохом, обдуваються слабше. Через це різко зростає кількість домішок, що потрапляють у зерновий бункер.

Проблему поліпшення роботи системи очищення на схилах вирішують кількома способами. Більшість виробників, зокрема John Deere, Fendt, Massey Ferguson, Deutz-Fahr, застосовують поперечне вирівнювання корпусу комбайна шляхом вертикального переміщення відповідного ведучого колеса за допомогою спеціальних гідроциліндрів. Компанія New Holland встановила на комбайнах серії TS самовирівнювальну систему очищення, здатну стабільно працювати на схилах крутістю до 23 %. У такій системі верхнє решето складається з чотирьох незалежних поздовжніх секцій із індивідуальною маятниковою підвіскою. При нахилі комбайна секції автоматично зберігають горизонтальне положення свого поперечного профілю, унаслідок чого суцільна поверхня решета набуває ступінчастої форми. Кожна з цих секцій має власний механізм регулювання ступеня відкриття жалюзі. На задніх кінцях секцій верхнього решета встановлено пальцьові гребінки — конструктивний елемент, який не використовується в комбайнах інших виробників.

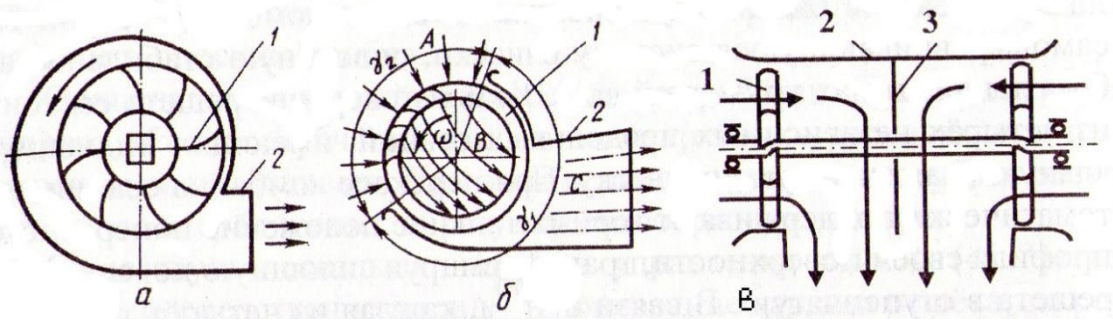
Оригінальне технічне рішення запропонувала також фірма Claas. Під час роботи комбайна Mega на схилі гідравлічний механізм додатково надає решету поперечних коливань, інтенсивність яких залежить від крутизни схилу. Надійна робота такої системи очищення забезпечується на схилах до 20 %. При цьому конструкцією передбачено можливість демонтажу половини решета, тобто трьох поздовжніх секцій, для очищення або ремонту.

Подовжувач верхнього решета. Найчастіше він являє собою додаткове жалюзійне решето, довжина якого становить 15–25 % довжини верхнього решета. Жалюзі подовжувача мають окреме регулювання, незалежне від жалюзі основного

верхнього решета. У деяких конструкціях передбачено також зміну кута встановлення самого подовжувача.

Жалюзі подовжувача можуть бути аналогічними за конструкцією жалюзі решіт, як у комбайнах MF 3640/5650, Mega та інших, або ж суттєво відрізнятися. Наприклад, у комбайнах заводу Ростсільмаш подовжувач оснащується двома типами жалюзі з окремим регулюванням кожної групи: на початку встановлено зубчасті гребінки, а в кінці — плоскі похилі пластини. У комбайнах компанії Fendt замість складного чергування зубчастих гребінок і пластин, характерного для жалюзі решіт, подовжувач має набір звичайних поперечних зубчастих гребінок. У комбайнах серії Optima 2000 фірми Sampo Rosenlew поверхня подовжувача має пробивні отвори з витяжкою та відгинанням підрубаних пластин угору, за аналогією до решітчастих поверхонь клавіш соломотряса.

Вентилятор. У системах очищення зернозбиральних комбайнів застосовують три основні типи вентиляторів: радіальні (відцентрові), діаметральні та осьові.



1 — робоче колесо; 2 — кожух; 3 — поперечна перегородка.

Рисунок 2.3 – Схеми радіального (а), діаметрального (б) та осьового (в) вентиляторів

Відцентровий вентилятор (рис. 2.3, а) складається з робочого колеса, розміщеного в кожусі, бокові стінки якого мають вікна для забору повітря. Потрапляючи в зону осі обертання колеса, частинки повітря взаємодіють із лопатями, що обертаються, набувають значної швидкості й під дією відцентрових сил починають переміщуватися в радіальному напрямку, ковзаючи по поверхні лопатей. Після сходження з краю лопаті повітря, завдяки інерції та підпору наступних порцій, продовжує рух у бік вихідного отвору спіралеподібного кожуха.

Лопаті робочого колеса можуть бути прямими або криволінійними. Крім того, їх робочі поверхні можуть бути відхилені назад або вперед відносно напрямку обертання.

Лопаті, загнуті вперед, створюють вищий тиск, тоді як криволінійні забезпечують вищий коефіцієнт корисної дії вентилятора. Однак у системах очищення зернозбиральних комбайнів найчастіше застосовують вентилятори середнього та низького тиску з прямолінійними лопатями, відхиленими назад.

Найпоширенішим є варіант, коли робоче колесо такого вентилятора має шість лопатей, як це реалізовано в комбайнах заводу Ростсільмаш, а також у моделях MF 7200 Cerea і Fendt 8300/8350 AL. Водночас використовуються й багатолопатеві колеса зі складним профілем криволінійних лопатей, наприклад у комбайнах Mega фірми Claas, де передбачено 16 лопатей. Якщо лопатей замало, можуть виникати зони завихрення та розриви повітряного потоку, а при надмірній їх кількості збільшуються втрати на тертя в міжлопатевих каналах. Проблему стабільності напору по всій ширині очистки вирішують шляхом заміни одного суцільного робочого колеса кількома вужчими колесами, установленими на спільному валу, із забезпеченням додаткової площі для забору повітря між їх торцями. Так, у комбайні John Deere 9000 WTS використовується чотирисекційний вентилятор, а в комбайні Mega — трисекційний.

Більш радикальним способом забезпечення рівномірності повітряного потоку є застосування діаметральних вентиляторів (рис. 2.3, б). Колесо з великою кількістю криволінійних лопатей, загнутих у бік обертання, захоплює повітря через радіальне вікно й проштовхує його в центральну порожнисту частину. Під дією підпору та відцентрових сил повітря повторно витісняється на периферію колеса і вдруге потрапляє на лопаті з діаметрально протилежного боку. Унаслідок подвійної дії лопатей повітряний потік у вихідному каналі набуває більшої та рівномірнішої швидкості, ніж у радіальних вентиляторів.

Діаметральні вентилятори мають менші габарити порівняно з радіальними, однак характеризуються вищою енергоємністю. Найширше вони застосовуються в комбайнах аксіально-роторного типу, таких як Challenger 660, MF 9000, Case 2388. Разом із тим є приклади їх успішного використання і в комбайнах із поперечно-потоковою молотаркою, зокрема MF 3640/5650 та Deutz-Fahr 5650–5690.

Осьові вентилятори (рис. 2.3, в) у зернозбиральних комбайнах застосовують значно рідше. На сьогодні вони встановлюються, зокрема, на комбайн «Єнісей-950». Два осьові робочі колеса нагнітають повітря в центральну частину кожуха, де потік, взаємодіючи з поперечною перегородкою, повертає на 90° і далі спрямовується в

повітряні канали системи очищення. Коефіцієнт корисної дії осьових вентиляторів вищий, ніж у відцентрових і діаметральних, проте їх стабільна робота можлива лише за високої точності виготовлення корпусів і робочих коліс. Зазор між ними не повинен перевищувати 0,2–0,3 % зовнішнього діаметра колеса. Своєрідним поєднанням осьового та відцентрового типів є вентилятор Dual-Flo компанії John Deere.

Незалежно від конструкції вентилятора інтенсивність повітряного потоку, як правило, регулюють шляхом зміни частоти обертання робочого колеса. Наприклад, у комбайнах сімейства «Єнісей» частота обертання вала вентилятора змінюється в межах 634–1852 хв$^{-1}$, у комбайнах заводу Ростсільмаш — 340–1185 хв$^{-1}$, а в комбайні Case 2388, оснащеному діаметральним вентилятором, — 450–1250 хв$^{-1}$.

Регулювання здійснюється за допомогою стандартного клинопасового варіатора з гідравлічним керуванням. Виконавчий механізм варіатора може бути виконаний і у вигляді гвинта, який обертається вручну, як у комбайнах сімейства «Єнісей», або аналогічного гвинта, що приводиться в дію електродвигуном, як у більшості сучасних машин. В обох випадках регулювання виконується безпосередньо з робочого місця комбайнера.

Істотним недоліком наявного варіатора комбайна «Єнісей-950» є спосіб його регулювання — механічний і до того ж ручний. Для зміни параметрів необхідно зупиняти контрпривід, після чого комбайнеру доводиться виходити з кабіни, контролювати втрати зерна за комбайном і чистоту зерна в бункері, а вже потім виконувати налаштування ведучого шківа варіатора в бік збільшення або зменшення частоти обертання вала вентилятора. Складність і тривалість такого регулювання призводять до того, що оператор, один раз установивши певну частоту обертання вентилятора, надалі зазвичай уникає повторного налаштування. У підсумку це негативно позначається як на якості зерна, так і на загальній якості збирання врожаю.

Саме тому доцільно запропонувати впровадження датчиків втрат і бортового комп’ютера, а параметри приводу вентилятора та його робочого діапазону мають бути додатково розраховані й обґрунтовані нижче.

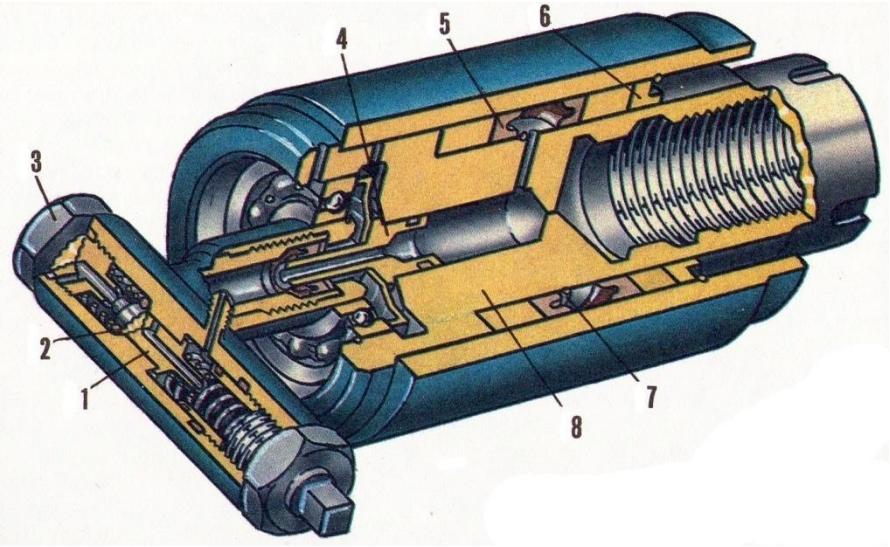
2.7 Особливості функціонування варіаторного вузла

Зерно, що сходить із системи очищення та соломотряса, фіксується п’єзоелектричними датчиками, сигнали від яких надходять на розташований позаду модуль контролю втрат. Цей модуль, у свою чергу, передає імпульс на бортовий

комп’ютер, який обробляє інформацію з усіх датчиків. На основі закладених програм і алгоритмів комп’ютер формує керувальний сигнал для виконавчого ланцюга, до складу якого входять електрогідравлічний розподільник і гідроциліндр, установлений на варіаторному вузлі вентилятора. Залежно від показників датчиків втрат швидкість обертання веденого шківа автоматично збільшується або зменшується.

Принцип роботи клинопасового варіатора з дистанційним керуванням ґрунтується на синхронній зміні робочих діаметрів ведучого та веденого шківів у процесі їх обертання за допомогою гідроциліндра (рис. 2.4).

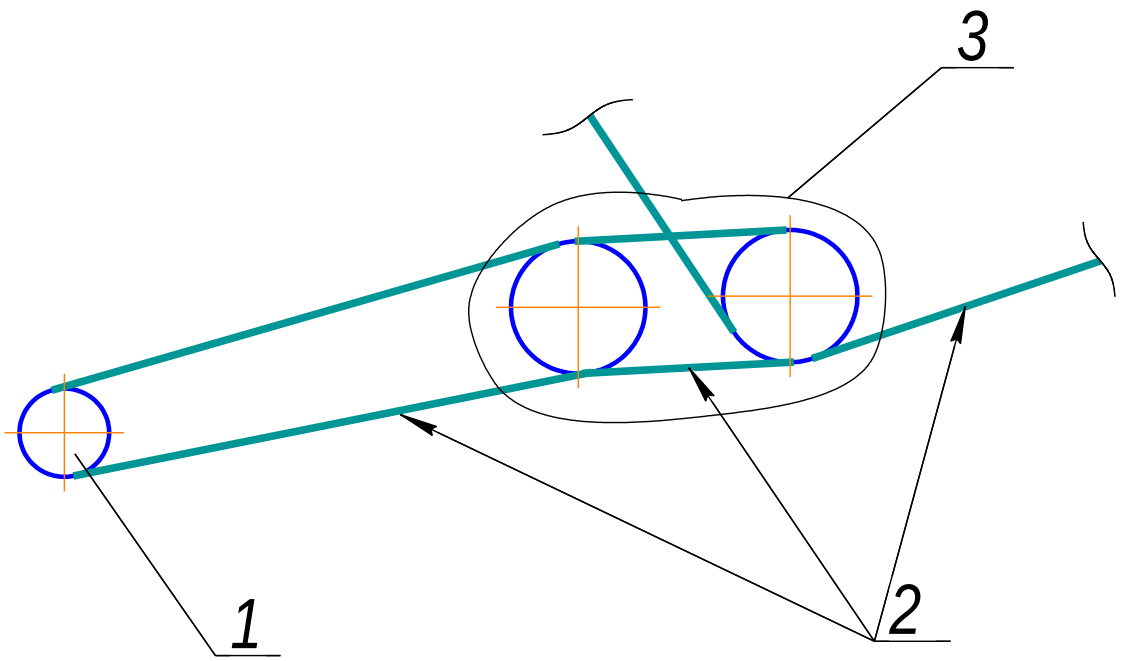
Рухомі диски розташовані з протилежних боків, завдяки чому під час зміни їх положення площина руху паса зберігає перпендикулярність до осей обертання шківів.



1 – шток запірного клапана; 2 – ущільнювальне кільце; 3 – пробка; 4 – втулка; 5 – манжета; 6 – замкова шайба; 7 – упорне кільце; 8 – шток гідроциліндра.

Рисунок 2.4 – Гідроциліндр керування варіатором

Привід вентилятора здійснюється за допомогою клинопасових передач (рис. 2.5).



1 – шків вентилятора; 2 – клинові ремені; 3 – варіаторний вузол.

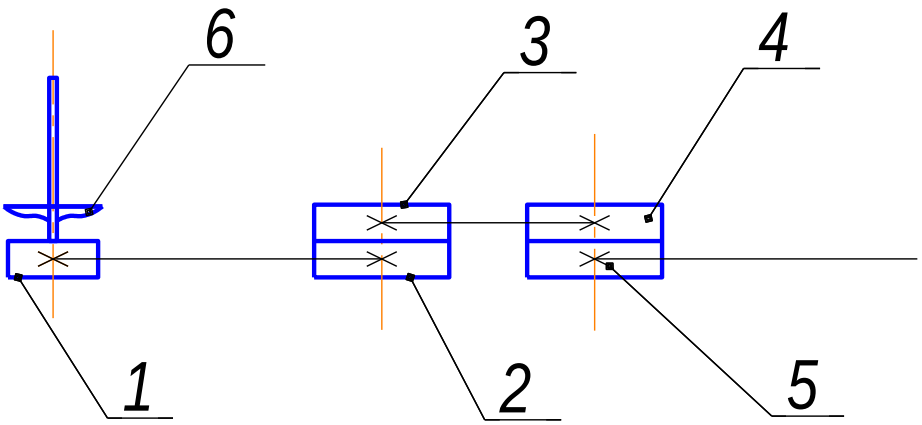
Рис. 2.5 – Схема привода вентилятора

Розрахунок вентилятора в цьому випадку зводиться до необхідності розширення діапазону регулювання, а отже, насамперед потрібно виконати розрахунок приводу, далі — безпосередньо самого вентилятора, після чого визначити навантаження на осі, розрахувати діючі сили та перевірити елементи конструкції на напруження.

2.8 Технічний опис і розрахунок варіаторного механізму

Варіаторний вузол комбайна «Єнісей-950» складається з двох осей, на яких установлені парні розсувні конічні шківи. На осі ведучого шківа розміщено виконавчий механізм — гідроциліндр. Основними складовими варіатора є ведучий і ведений шківи, а також безкінечний клиновий пас.

Кожен шків утворений парою розсувних конусів. Коли гідроциліндр розсовує конуси ведучого шківа, конуси іншого шківа, навпаки, зближуються. Унаслідок цього пас переміщується між конічними поверхнями так, що робочий радіус однієї пари шківів зменшується, а другої — збільшується. Саме завдяки такій зміні положення паса змінюється передаточне число варіатора, що дає змогу регулювати частоту обертання при незмінній частоті обертання ведучого шківа.



1 – шків вентилятора; 2 – ведучий шків вентилятора; 3 – ведений шків варіатора; 4 – ведучий шків варіатора; 5 – шків; 6 – вентилятор.

Рисунок 2.6 – Схема привода вентилятора

Визначимо діапазон клинопасової передачі на основі мінімальної та максимальної частоти обертання вентилятора: $n_{min} = 643$ хв$^{-1}$, $n_{max} = 1852$ хв$^{-1}$ [9].

$$D = \frac{n_{max}}{n_{min}} \tag{2.1}$$

$$D = \frac{1852}{643} = 2{,}88$$

Оскільки варіаторний вузол у даній схемі розташований не на останньому ступені передачі (див. рис. 2.6), необхідно визначити колову швидкість і частоту обертання ведучого шківа 2 клинопасової передачі вентилятора, який одночасно є веденим шківом варіатора 3 (рис. 2.7).

Насамперед розрахуємо швидкість на веденому валу для максимального значення частоти обертання вентилятора:

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \tag{2.2}$$

n_1 – частота обертання веденого шківа, хв$^{-1}$;

D_1 – діаметр веденого шківа, мм.

$$v_1 = \frac{3{,}14 \cdot 188 \cdot 1852}{60 \cdot 1000} = 18{,}22 \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{3{,}14 \cdot 188 \cdot 643}{60 \cdot 1000} = 6{,}3 \text{ м/с}$$

Передаточне число клинопасової передачі:

$$\text{i} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_1 \cdot D_2}{v_2 \cdot D_1} = \frac{D_2}{D_1(1-\xi)} \tag{2.3}$$

де v_1та v_2—колові швидкості на веденому та ведучому шківах;

D_1 та D_2 — діаметри ведучого і веденого шківів (виміряні), мм;

n_1 та n_2 —частота обертання ведучого та веденого шківів, хв$^{-1}$;

ξ – коефіцієнт пружного ковзання.

Рекомендовані значення ξ для пасів [10]:

– прогумовані та текстильні - 0,01;

– шкіряні - 0,015;

– кордтканевые клиновые — 0,02;

– кордшнурові - 0,01.

$$\text{i} = \frac{188}{228(1-0{,}02)} = 0{,}84$$

Отже, максимальна частота обертання ведучого шківа:

$$n_1 = n_2 \cdot i \tag{2.4}$$

$$n_1 = 1852 \cdot 0{,}84 = 1556 \text{ хв}^{-1}$$

А мінімальні становлять:

$$n_1 = 643 \cdot 0{,}84 = 540 \text{ хв}^{-1}$$

Ці самі оберти матиме і ведений шків варіатора, оскільки обидва зазначені шківи закріплені на одному валу.

Розрахунок діаметра меншого шківа, мм, якщо він не задається з конструктивних міркувань з урахуванням габаритів установки, виконують за формулою М. А. Саверіна [10]:

$$D_2(1100 \dots 1300)\sqrt[3]{\frac{N_1}{n_1}} \tag{2.5}$$

де N_1 — потужність на ведучому шківі, кВт;

n_1 — частота обертання ведучого шківа, об/хв.

Однак, оскільки діаметр шківа є відомим, формулу доцільно перетворити, виразивши з неї потужність:

$$N_1 = (\frac{D_2}{(1100 \dots 1300)})^3 \cdot n_1 \tag{2.6}$$

Виконаємо розрахунок для максимальних і мінімальних обертів:

$$N_1 = (\frac{188}{1100 \dots 1300})^3 \cdot 540 = 1{,}63 \dots 2{,}70 \text{ кВт}$$

$$N_1 = (\frac{188}{1100 \dots 1300})^3 \cdot 1556 = 4{,}71 \dots 7{,}77 \text{ кВт}$$

Стандартний варіатор, установлений на комбайні, передає потужність **…** . Це значення буде використане в подальших розрахунках, оскільки воно залишається

незмінним: $P_1 = 1{,}63 \ldots 7{,}77$ кВт = $const$.

2.8.1 Розрахунок вентилятора

Основні співвідношення для вентилятора:

$$\frac{Q}{n} = const \tag{2.7}$$

$$\frac{P}{n^2} = const \tag{2.8}$$

$$\frac{N}{n^3} = const \tag{2.9}$$

Оскільки продуктивність вентилятора системи очищення комбайна повинна змінюватися в широкому діапазоні, виникає потреба в достатньо точному його налаштуванні з метою зменшення втрат зерна та насіння. Регулювання продуктивності вентилятора може здійснюватися або шляхом зміни опору мережі, або за рахунок зміни його характеристики, тобто напірної лінії самого вентилятора.

Опір мережі змінюють введенням до неї додаткових елементів або регулюванням уже встановлених дроселів, клапанів чи дефлекторів. Характеристику вентилятора, тобто його напірну лінію, змінюють шляхом регулювання частоти обертання робочого колеса, що на сучасних зернозбиральних комбайнах виконується безступінчасто, або ж регулюванням повітряного потоку перед входом у вентилятор за допомогою заслінок чи напрямних пристроїв.

Регулювання продуктивності вентилятора шляхом створення в робочій мережі очищення додаткового опору, тобто за допомогою дроселювання, є загальноприйнятим способом, однак з енергетичної точки зору він не є економічно вигідним. У повітряно-решітних очистках роль такого дроселя фактично виконують перше і друге жалюзійні решета, а також змінний шар дрібного зернового вороху, що надходить на очистку.

Запровадження додаткового опору є недоцільним з економічного погляду, тому більш раціональним рішенням є розширення діапазону регулювання шляхом конструювання нового варіаторного вузла. Існуючий діапазон *D*=2.88, запропонований *D*=3,40.

$$D = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{i_{max}}{i_{min}} \tag{2.10}$$

Якщо нижню межу частоти обертання прийнято без змін n_{min}=540, тоді виходить:

$$n_{max} = D \cdot n_{min} \tag{2.11}$$

$$n_{max} = 3{,}40 \cdot 540 = 1836 \text{ хв}^{-1}$$

Оскільки передача від веденого блока варіатора до вала вентилятора залишилася без змін, одержуємо такі значення частоти обертання вентилятора:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \tag{2.12}$$

де n_1=540…1836 хв$^{-1}$; i =0,84.

$$n_2 = \frac{540...1836}{0,84} = 643 \dots 2186 \text{ хв}^{-1}$$

Тоді, виходячи з залежностей (2.7-2.9) отримуємо:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{2186}{643} = 3,40$$

$$(\frac{n_2}{n_1})^2 = \frac{P_2}{P_1} = (\frac{2186}{643})^2 = 3,40^2 = 11,56$$

$$(\frac{n_2}{n_1})^3 = \frac{N_2}{N_1} = (\frac{2183}{643})^3 = 3,40^3 = 39,30$$

Порівняно з існуючою закономірністю:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1852}{643} = 2,88$$

$$(\frac{n_2}{n_1})^2 = \frac{P_2}{P_1} = (\frac{1852}{643})^2 = 8,29$$

$$(\frac{n_2}{n_1})^3 = \frac{N_2}{N_1} = (\frac{1852}{643})^3 = 23,89$$

Отже, зі зміною діапазону роботи варіатора змінюються також витрата повітря, тиск, який створює вентилятор, і потужність, що ним споживається.

2.8.2 Розрахунок шпонки на зріз і зминання

Крутний момент на веденому валу:

$$\text{M}_2 = 974 \cdot \frac{N_1 \eta}{n_{2max}} \tag{2.13}$$

де N_1- потужність на ведучому валу, кВт;

n_{2max}– максимальна частота обертання на веденому валу, хв$^{-1}$;

ККД варіатора приймаємо η=0,9, тоді розрахунок має вигляд:

$$\text{M}_2 = 974 \frac{7,77 \cdot 0,9}{1556} = 4,38 \text{ Н·м}$$

Діаметр вала $d = 30$ мм, тому приймаємо шпонку з типорозмірного ряду, аналогічну тій, що була встановлена раніше — $16 \times 10 \times 56$ за ГОСТ 23360-89.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Заходи щодо підвищення безпеки праці

З метою створення належних умов праці, запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням і загального поліпшення стану охорони праці, на підставі проведеного аналізу, чинних рекомендацій та нормативних вимог щодо безпечного виконання робіт, доцільно запропонувати такі заходи:

1. Проводити інструктажі відповідно до встановлених вимог і в терміни, передбачені нормативними документами.

2. Обладнати куточки з охорони праці на виробничих дільницях, забезпечивши їх необхідними наочними матеріалами та засобами агітації.

3. Організувати навчання і атестацію працівників, які обслуговують обладнання підвищеної небезпеки, відповідно до вимог ГОСТ 12.0.004-99 та типового положення про порядок навчання і перевірки знань з охорони праці керівників і спеціалістів господарства.

4. У зимовий період, коли виробниче навантаження є меншим, організувати навчання працівників різних професій із подальшою перевіркою рівня їх знань.

5. Поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці в приміщеннях машинно-тракторного парку, на зернотоку та в зерносховищі, зокрема:

– забезпечити належну теплоізоляцію;

– контролювати справність і ефективність роботи вентиляційних систем.

6. Підвищити трудову дисципліну під час виконання польових робіт, а саме: перед початком робіт видати наказ про закріплення техніки та виробничих об’єктів, зокрема зерносховища, за конкретними відповідальними особами; у разі групової роботи машин призначати старшого з числа працівників. Бригадир повинен суворо контролювати дотримання технологічного процесу та вимагати від працівників виконання правил охорони праці.

7. Під час проведення польових робіт забезпечити закриття небезпечних зон на сільськогосподарській техніці, зокрема на зернозбиральних комбайнах і посівних комплексах. Це стосується карданних, ланцюгових і пасових передач, які повинні бути обладнані захисними кожухами.

8. З метою підбиття підсумків роботи з охорони праці за попередній місяць, оцінки стану виробничої санітарії та пожежної безпеки, доцільно організувати

регулярне проведення «Дня охорони праці». При цьому варто заохочувати працівників, які сприяють підвищенню рівня безпеки праці, і вживати відповідних заходів до тих, хто порушує встановлені вимоги.

Запровадження запропонованих заходів сприятиме поліпшенню умов праці, підвищенню рівня безпеки на виробництві та зниженню виробничого травматизму.

3.2 Особливості конструкції варіатора, можливі небезпеки та правила безпечної роботи

Варіатор належить до механізмів безступінчастого регулювання передаточного відношення і використовується для плавної зміни частоти обертання робочого органу без зупинки всієї машини або заміни елементів приводу. У конструкції такого приводу передавання крутного моменту від ведучого шківа до веденого здійснюється за допомогою клинового паса, який працює за рахунок сил тертя між боковими поверхнями паса та робочими поверхнями шківів. Зміна передаточного відношення відбувається внаслідок переміщення рухомих дисків шківів, через що змінюється ефективний діаметр обхвату паса.

Під час роботи варіатор перебуває у постійному русі, тому він є не лише важливим елементом приводу, а й потенційним джерелом небезпеки. Найбільшу загрозу становлять відкриті обертові частини: шківи, клиновий пас, вали та інші елементи передачі. У разі потрапляння одягу, рукавиць, інструменту або сторонніх предметів у зону обертання можливе затягування їх у механізм, що може призвести до травмування працівника, пошкодження деталей приводу або аварійної зупинки машини. Додаткову небезпеку створює висока швидкість руху паса, можливість його раптового зісковзування, розриву або викидання частинок зношеного матеріалу.

Важливим засобом запобігання травматизму під час експлуатації варіатора є наявність справного захисного кожуха. Він повинен перекривати небезпечну зону передачі, унеможливлювати випадковий контакт працівника з рухомими деталями та запобігати потраплянню сторонніх предметів у механізм. Проте у розглянутому випадку повноцінний захисний кожух відсутній, унаслідок чого передача фактично залишається відкритою. Це підвищує рівень небезпеки під час технічного обслуговування, регулювання та огляду варіатора. Частково захисну функцію виконує ліва стулка комбайна, яка закриває передачі, розташовані з лівого боку машини, однак її не можна вважати повноцінною заміною спеціального огородження.

З огляду на це регулювання частоти обертання вентилятора за допомогою варіатора необхідно виконувати лише за умови повної зупинки комбайна. Перед початком будь-яких дій потрібно вимкнути двигун, дочекатися повної зупинки контрпривода, переконатися у відсутності обертання шківів і паса, а також унеможливити випадковий запуск машини. Виконання регулювання під час роботи двигуна або при залишковому обертанні елементів приводу є неприпустимим, оскільки навіть короткочасний контакт з рухомими частинами може стати причиною серйозної травми.

Наявна конструкція варіатора має також суттєвий експлуатаційний недолік. Для зміни частоти обертання вентилятора механізатор змушений кожного разу зупиняти комбайн, вимикати двигун, чекати повної зупинки контрпривода, після чого вручну обертати штурвал на шківі. За рахунок цього змінюється положення дисків шківа і, відповідно, передаточне відношення. Такий спосіб регулювання потребує додаткових витрат часу, знижує продуктивність роботи комбайна, ускладнює оперативне налаштування режимів очищення зерна та створює додаткові ризики для працівника, який змушений наближатися до небезпечної зони приводу.

Крім того, ручне регулювання не завжди забезпечує достатню точність налаштування. У процесі збирання зернових культур умови роботи комбайна можуть швидко змінюватися: змінюється врожайність, вологість хлібної маси, засміченість вороху, швидкість руху агрегату та навантаження на очисну систему. За таких умов частота обертання вентилятора повинна коригуватися своєчасно, оскільки неправильне налаштування може призвести або до збільшення втрат зерна за комбайном, або до погіршення якості очищення зернової маси. Ручний спосіб зміни частоти обертання не дає змоги швидко реагувати на такі зміни без перерви в роботі.

Запропонований у дипломному проєкті напрям удосконалення передбачає модернізацію конструкції варіатора шляхом заміни механічного способу керування на гідрофікований. Застосування гідравлічного приводу дає змогу виконувати регулювання передаточного відношення без безпосереднього втручання працівника в небезпечну зону передачі. У такому випадку переміщення рухомих елементів шківа може здійснюватися за допомогою гідроциліндра або іншого виконавчого механізму, що підвищує зручність керування і зменшує фізичне навантаження на механізатора.

Особливо доцільним є поєднання гідрофікованого варіатора з автоматичною

системою керування. У цьому разі зміна частоти обертання вентилятора може здійснюватися на основі сигналів, отриманих від датчиків втрат зерна за комбайном. Якщо датчики фіксують перевищення допустимого рівня втрат, система подає команду на зміну положення шківів варіатора, унаслідок чого коригується швидкість обертання вентилятора. Це дозволяє підтримувати оптимальний режим роботи очисної системи без постійної зупинки комбайна та ручного втручання оператора.

Упровадження гідрофікованого керування варіатором має низку переваг. Насамперед підвищується безпека праці, оскільки зменшується потреба у виконанні ручних операцій біля відкритої пасової передачі. Також скорочується час на регулювання, підвищується оперативність налаштування робочих режимів і поліпшується якість технологічного процесу збирання. Крім того, автоматизація керування дозволяє зменшити вплив людського фактора, забезпечити точніше підтримання заданих параметрів роботи вентилятора та знизити ймовірність втрат зерна.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Необхідність розроблення варіатора з автоматичним регулюванням зумовлена потребою спростити роботу комбайна, а також підвищити ергономічність і зручність керування для комбайнера. Для поліпшення чистоти зерна та зменшення втрат за комбайном пропонується впровадження цього проєктного рішення.

Джерелом капіталовкладень може бути як інвестор, зацікавлений у розвитку даного господарства, так і безпосередньо саме керівництво підприємства.

4.1 Економічна оцінка конструктивної розробки

Проєктований вузол виготовляється в заводських умовах. Вартість 1 кг маси варіатора становить приблизно 493 грн.

$$C_у = 24{,}5 \cdot 493 = 12078{,}5 \text{ грн}$$

Для монтажу вузла необхідне залучення слюсаря.

Таблиця 4.1 – Вартісна характеристика роботи слюсаря.

1	2	3	4	5
Види робіт	Трудомісткість чол.	Розряд	Тарифна ставка грн.	Тарифний фонд, грн.
Зварювальні	1,0	IV	21,55	21,55
Верстатні	10,0	IV	24,35	293,50
Складальні	22,0	IV	21,55	474,10
	∑ = 33,0			∑ = 789,15

Трудові витрати — 33 люд.-год. Доплата за професійну майстерність — 16 %.

$$C_{проф} = 789{,}15 \cdot 0{,}16 = 126{,}26 \text{ грн}$$

Премія (50 % від тарифного фонду) — 394,58 грн. Доплата за районним коефіцієнтом — 30 %.

$$C_{коеф} = (789{,}15 + 126{,}26 + 394{,}58)0{,}30 = 393{,}00 \text{ грн}$$

Надбавка за безперервний стаж роботи — 30 %.

$$C_{ст} = T_ф \cdot 30\% \quad (4.1)$$

$$C_{ст} = 789{,}15 \cdot 0{,}30 = 236{,}75 \text{ грн}$$

Резерв на оплату відпусток — 11,3 %.

$$C_{від} = \left(T_ф + C_{проф} + C_{пр} + C_{коеф} + C_{ст}\right) \cdot 11{,}3\% \quad (4.2)$$

$$C_{від} = (789{,}15 + 126{,}26 + 394{,}58 + 393{,}00 + 236{,}75) \cdot 0{,}113 = 219{,}27 \text{ грн}$$

Нарахування на фонд оплати праці становлять 20,4 %.

$$С_{ст} = \left(Т_{ф} + С_{проф} + С_{пр} + С_{коеф} + С_{ст} + С_{від}\right) \cdot 20{,}4\% \quad (4.3)$$

$$С_{ст} = (789{,}15 + 126{,}26 + 394{,}58 + 393{,}00 + 236{,}75 + 219{,}27) \times 0{,}204 =$$

$$2159{,}01 \times 0{,}204 = 440{,}44 \text{ грн}$$

Цехові витрати — 142 %.

$$З_{ц} = 2599{,}45 \cdot 1{,}42 = 3691{,}22 \text{ грн}$$

Повна собівартість виготовлення вузла:

$$С_{повн} = Т_{ф} + С_{\ проф} + С_{пр} + С_{коэф} + С_{ст} + С_{отп} + С_{ст} + З_{ц} + С_{у} \quad (4.4)$$

$$С_{повн} = 2599{,}45 + 3691{,}22 + 12078{,}50 = 18369{,}17 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування — 6 %.

$$А_{м} = 18369{,}7 \cdot 0{,}06 = 1102{,}15 \text{ грн}$$

Орієнтовний розрахунок річної економії виконано на основі порівняння двох комбайнів однієї марки «Єнісей-950»: у стандартній комплектації та з модернізованим варіатором.

Площа збирання зернових: $S = 700$ га. Комбайн «Єнісей-950» під час роботи з варіатором без автоматичного регулювання. Урожайність: $Q = 9$ ц/га

Загальний валовий збір:

$$W = 9 \cdot 700 = 6300 \text{ ц}$$

Собівартість одного центнера зерна за даними 2011 року в становить 200 грн.

Тоді прибуток становитиме:

$$В_{приб} = 200 \cdot 6300 = 1260000 \text{ грн}$$

Комбайн «Єнісей-950» під час роботи з модернізованим варіатором, обладнаним автоматичним регулюванням.

У такого комбайна втрати є меншими, а зерно після збирання — чистішим, тому врожайність, відповідно, зростатиме і становитиме: $Q = 10$ ц/га.

Загальний валовий збір:

$$W = 10 \cdot 700 = 7000 \text{ ц}$$

Собівартість одного центнера зерна за даними 2011 року становить 200 грн.

Тоді прибуток становитиме:

$$В_{приб} = 200 \cdot 7000 = 1400000 \text{ грн}$$

Із економічного порівняння двох комбайнів виконуємо розрахунок річної економії:

$$Е = 1400000 - 1260000 = 140000 \text{ грн}$$

Окупність визначаємо за такою формулою:

$$О_к = \frac{Е}{С_{пов}} \quad (4.5)$$

$$О_к = \frac{140000}{18369,17} = 7,62 \text{ років}$$

Тобто майже за два виробничі сезони варіатор з автоматичним регулюванням повністю окупить себе, а в подальшому забезпечуватиме додаткове зростання прибутку господарства.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники розрахунку варіатора з автоматичним регулюванням

	Показники	Значення
1	Вартість вузла $С_у$, грн.	12078,50
2	Витрати праці, чол.	33
3	Тарифний фонд $Т_ф$, грн.	789,15
4	Цехові витрати $З_ц$, грн.	3691,22
5	Повна вартість виготовлення вузла $С_{повн}$, грн.	18369,17
6	Амортизація $А_м$, грн.	1102,15
7	Річна економія, грн.	140000
8	Термін окупності, років	7,62

Загалом виконаний розрахунок показав, що річний економічний ефект від застосування цього пристрою становить 140 тис. грн, а строк його окупності дорівнює 7,62 року. Це дає підстави зробити висновок про економічну доцільність упровадження даного пристрою у виробництво.

ВИСНОВОК

Сучасний стан агропромислового комплексу України характеризується складною ситуацією, що пов’язана зі станом машинно-тракторного парку. Значна частина сільськогосподарської техніки має високий рівень фізичного та морального зношення, а її оновлення відбувається недостатніми темпами. Унаслідок цього аграрні підприємства нерідко змушені експлуатувати машини, які вже відпрацювали значну частину свого ресурсу, що призводить до зростання витрат на ремонт, збільшення простоїв і зниження ефективності виконання польових робіт.

Однією з важливих проблем залишається обмеженість доступу господарств до сучасної зернозбиральної техніки. Вітчизняне сільськогосподарське машинобудування не завжди може повною мірою забезпечити потреби аграрного сектору, тому український ринок значною мірою наповнюється імпортними машинами. Іноземні зернозбиральні комбайни мають високий технічний рівень, однак їх придбання та обслуговування потребує значних фінансових витрат. Крім того, не вся імпортна техніка повністю відповідає умовам експлуатації в українських господарствах, особливо з урахуванням різноманітності ґрунтово-кліматичних зон, структури посівних площ та економічних можливостей аграріїв.

У зв’язку з цим важливого значення набуває розроблення та вдосконалення зернозбиральної техніки, пристосованої саме до умов України. Такі машини повинні поєднувати достатню продуктивність, надійність, простоту конструкції, ремонтопридатність і помірну вартість експлуатації. Особливо актуальним є створення технічних рішень, які дозволяють зменшити енерговитрати, підвищити якість збирання врожаю та знизити втрати зерна під час роботи комбайна.

Одним із перспективних напрямів розвитку зернозбиральної техніки є спрощення конструкції комбайна, зменшення його маси, габаритних розмірів та енергоємності. Машина, яка має простішу будову, є зручнішою в обслуговуванні, менш вимогливою до ремонту та дешевшою в експлуатації. Зниження витрат енергії на збирання однієї тонни зерна може бути досягнуте завдяки раціональній організації технологічного процесу, зокрема шляхом зменшення кількості незернової маси, що надходить у молотильно-сепарувальний апарат.

Важливим способом зменшення навантаження на робочі органи комбайна є збільшення висоти зрізу рослин під час збирання. У цьому разі до молотильного апарата

надходить менша кількість соломи та інших незернових домішок, що сприяє стабільнішій роботі комбайна, зменшенню засміченості зернового вороху та зниженню вологості маси, яка проходить через систему очищення. Це позитивно впливає на якість очищення зерна, зменшує втрати та підвищує загальну ефективність роботи машини.

Під час проєктування і вдосконалення зернозбиральних комбайнів необхідно враховувати реальні умови українського землеробства. В Україні вирощування зернових культур здійснюється в різних природно-кліматичних зонах — Поліссі, Лісостепу та Степу. Кожна з них має свої особливості щодо врожайності, вологості рослинної маси, стану ґрунту, рельєфу полів і тривалості збирального періоду. Тому техніка повинна бути достатньо універсальною, надійною та здатною працювати в умовах змінного навантаження.

Застосування комбайнів із надто великою пропускною здатністю не завжди є економічно виправданим для господарств із середніми або невеликими площами посівів. Такі машини мають високу вартість, потребують значних витрат на паливо, технічне обслуговування та ремонт. Крім того, повністю використати їх потенціал можливо лише за умови великих площ, високої врожайності та добре підготовлених полів. У господарствах із нерівним мікрорельєфом, складною конфігурацією полів або обмеженими площами високопродуктивна техніка може працювати не на повну потужність, що знижує економічну ефективність її використання.

Широкозахватні жатки також мають як переваги, так і недоліки. З одного боку, вони дають змогу підвищити продуктивність збирання, а з іншого — ускладнюють агрегатування, погіршують копіювання рельєфу поля та підвищують навантаження на конструктивні елементи комбайна. За складних польових умов це може призводити до нерівномірного зрізу, збільшення втрат зерна та зниження експлуатаційної надійності машини. Тому підбір жатки й комбайна має здійснюватися з урахуванням конкретних умов господарства, врожайності культури, рельєфу поля та технічних можливостей машини.

Для українських аграрних підприємств особливо важливою є не лише висока продуктивність комбайна, а й оптимальне співвідношення між вартістю техніки, її надійністю, витратами на експлуатацію та якістю виконання технологічного процесу. У багатьох випадках більш доцільним є використання простішої, економічнішої та ремонтопридатної машини, яка забезпечує стабільну роботу, мінімальні втрати зерна та доступність технічного обслуговування.

Сучасний розвиток тракторної техніки відкриває можливості для ширшого застосування причіпних або напівпричіпних зернозбиральних машин. Зростання потужності тракторних двигунів дозволяє використовувати вал відбору потужності для приводу робочих органів комбайна. Це може сприяти спрощенню конструкції збиральної машини, зниженню її вартості та полегшенню технічного обслуговування. Крім того, така техніка може бути вигідною для господарств, які вже мають достатньо потужні трактори і прагнуть зменшити витрати на придбання самохідних комбайнів.

Використання причіпних зернозбиральних машин може мати певні переваги в умовах малих і середніх господарств. Зокрема, вони можуть бути простішими в підготовці до роботи, дешевшими в обслуговуванні та менш складними з погляду ремонту. Водночас для ефективного застосування таких машин необхідно забезпечити їх достатню надійність, зручність агрегатування, якісну роботу молотильно-сепарувального апарата та стабільну роботу системи очищення.

Важливим показником ефективності зернозбиральної техніки є рівень втрат зерна. Удосконалена конструкція комбайна повинна забезпечувати мінімальні втрати за жаткою, молотаркою та системою очищення. Також необхідно зменшити травмування і дроблення зерна, оскільки це безпосередньо впливає на якість продукції, її товарну цінність і можливість подальшого зберігання. Для цього потрібно вдосконалювати роботу молотильного апарата, системи сепарації, очищення та регулювання повітряного потоку.

Не менш важливим напрямом удосконалення зернозбиральних машин є покращення умов праці механізатора. Кабіна комбайна повинна забезпечувати належний рівень комфорту, оглядовості, освітлення та захисту від пилу, шуму і вібрацій. Органи керування мають бути розміщені зручно, а зусилля для їх переміщення повинні бути мінімальними. Це знижує втому оператора, підвищує точність керування машиною та сприяє безпечнішому виконанню збиральних робіт.

Безпека праці під час експлуатації зернозбиральної техніки має відповідати вимогам чинних нормативних документів. Особливу увагу необхідно приділяти захисту рухомих частин машин, справності гальмівної системи, наявності огороджень, сигналізації, освітлення та засобів пожежогасіння. Під час збирання зернових культур комбайн працює в умовах підвищеної запиленості та наявності сухої рослинної маси, тому питання пожежної безпеки має першочергове значення.

Для зменшення витрат на утримання комбайнового парку доцільно орієнтуватися

на створення універсальних конструкцій зернозбиральних машин. Така техніка повинна мати можливість використовуватися не лише для збирання зернових колосових культур, а й для зернобобових, круп’яних культур, соняшнику, ріпаку та насінників трав. Універсальність комбайна дає змогу збільшити тривалість його використання протягом сезону, швидше окупити витрати на придбання та підвищити ефективність експлуатації.

Отже, для умов України актуальним є розвиток зернозбиральної техніки, яка поєднує простоту конструкції, надійність, енергоощадність, доступність обслуговування та достатню продуктивність. Надмірне ускладнення машин і орієнтація лише на максимальну пропускну здатність не завжди є економічно доцільними. Більш перспективним є створення та впровадження технічних рішень, адаптованих до реальних умов українського аграрного виробництва, здатних забезпечити якісне збирання врожаю з мінімальними втратами зерна, зниженими витратами енергії та належним рівнем безпеки праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Макаренко М. Г., Мельник О. М. Комбайни зернозбиральні : навч. посіб. Київ : Грамота, 2023. 256 с.

2. Головчук А. Ф. Зернозбиральні комбайни. Київ : Грамота, 2004.

3. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини. Київ : Каравела.

4. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Київ : Вища освіта.

5. Гевко Р. Б., Павх І. І., Ткаченко І. Г. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль.

6. ДСТУ EN ISO 4254-1:2018. Сільськогосподарські машини. Вимоги щодо безпеки. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.

7. НПАОП 01.0-1.01-12. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві. Київ, 2012.

8. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 17 с.

9. Загорулько В. А. Обґрунтування технології збирання зернових культур з удосконаленням зернозбирального комбайна : кваліфікаційна робота. Дніпро, 2021.

10. Комбайни зернозбиральні / репозитарій Державного біотехнологічного університету. URL: https://repo.btu.kharkiv.ua/items/cdedd0d9-16d7-4ebc-8ed5-2413af61e390

11. Комбайни зернозбиральні : експлуатація та ремонт. URL: https://www.gidropress.com/book/combine2004/080_inf_book_combine2004_000_index.html

12. (дата звернення: 25.04.2026).

13. Методичні рекомендації з технології вирощування озимої пшениці в умовах України. Інститут зернових культур НААН України.

14. Рекомендації з вирощування зернових культур у зонах Лісостепу та Степу України. Національна академія аграрних наук України.