

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ
ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ)
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «ОРГАНІЗАЦІЯ ЗБИРАННЯ РАННІХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР У ТОВ
«ДОЛИНА-АГРО» КАЛУСЬКОГО РАЙОНУ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ З
УДОСКОНАЛЕННЯМ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ КОМБАЙНА КЗС-9»

Виконав: студент IV курсу групи Аін-43СП

Спеціальності 208 «Агроінженерія»
(шифр і назва)

Корилець Мар'ян Володимирович
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Керівник: Шарибура Андрій Остапович
(прізвище, ім'я та по-батькові)

ДУБЛЯНИ 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ
ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА
“ _____ ” _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу (дипломний проєкт)
студенту

Корилець Мар'ян Володимирович

1. Тема проєкту: «Організація збирання ранніх зернових культур у ТОВ «Долина-Агро» Калуського району Івано-Франківської області з удосконаленням ходової частини комбайна КЗС-9»

Керівник проєкту: Шарибура Андрій Остапович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від 14.01.2026 року № 31-4

2. Строк подання студентом роботи 06.06.2026 р.

3. Вихідні дані: основні показники виробничо діяльності підприємства; методика розрахунку операційної системи; методика обґрунтування параметрів конструкції; методика вартісного оцінення експлуатаційних витрат на виконання технологічної операції.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

- 4.1. Аналіз виробничо-технічних ресурсів підприємства.
- 4.2. Організація процесу збирання ранніх зернових культур;
- 4.3. Удосконалена конструкція ходової частини комбайна КЗС-9;
- 4.4. Охорона праці та захист навколишнього середовища.
- 4.5. Економічна ефективність.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: 6 – 10 слайд за основними результатами роботи.

6. Консультанти розділів

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1, 2, 3, 5 | <i>Андрій Шарибура, к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича</i> | | |
| 4 | <i>Іван Городецький, к.т.н., доцент кафедри інженерної механіки</i> | | |

7. Дата видачі завдання: 14.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Пор. № | Назва етапів кваліфікаційної роботи (дипломного проєкту) | Строк виконання етапів | Відмітка про виконання |
|--------|--|--------------------------|------------------------|
| 1 | <i>Написання розділу: «Аналіз виробничо-технічних ресурсів підприємства»</i> | <i>14.01.26-20.03.26</i> | |
| 2 | <i>Виконання другого розділу та розробка операційної карти</i> | <i>21.03.26-20.04.26</i> | |
| 3 | <i>Виконання третього розділу: «Удосконалення конструкції зернозбирального комбайна»</i> | <i>21.04.26-21.05.26</i> | |
| 4 | <i>Написання розділу: «Охорона праці та захист навколишнього середовища»</i> | <i>22.05.26-25.05.26</i> | |
| 5 | <i>Розрахунок економічної ефективності запропонованого удосконалення</i> | <i>26.05.26-30.05.26</i> | |
| 6 | <i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки.</i> | <i>1.06.26-6.06.26</i> | |

Студент _____ Мар`ян КОРИЛЕЦЬ
(підпис)

Керівник проєкту _____ Андрій ШАРИБУРА
(підпис)

УДК 658.51:631.3

Корилюк М.В. Організація збирання ранніх зернових культур у ТОВ «Долина-Агро» Калуського району Івано-Франківської області з удосконаленням ходової частини комбайна КЗС-9. Кваліфікаційна робота (дипломний проєкт). Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2026.

70с. текст. част., 13 рис., 9 табл., ілюстр. матер., А1, 22 бібліогр. джерел.

Проаналізовано діяльність ТОВ «Долина-Агро» Калуського району Івано-Франківської області, зокрема подано інформацію про структуру земельних угідь та існуючий машинно-тракторний парк, який використовується для вирощування і збирання ранніх зернових культур. Виконано характеристику способів збирання ранніх зернових культур, встановлено їх переваги та недоліки.

Розглянуто організаційно-технічні заходи, спрямовані на підвищення ефективності процесу збирання ранніх зернових культур, а також наведено основні принципи організації виконання таких робіт.

Спроектовано конструкцію каретки ведучого моста. Виконано розрахунки основних елементів конструкції каретки на міцність.

Запропоновано заходи з охорони праці, захисту населення та охорони навколишнього середовища під час проведення збиральних робіт.

Виконано техніко-економічне оцінювання показників ефективності виконання технологічних операцій.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 7 |
| 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНИХ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА | 8 |
| 1.1. Аналіз стану земельних угідь господарства | 8 |
| 1.2. Структура машинно-тракторного парку та ремонтної бази | 12 |
| 1.3. Організаційні форми збирання ранніх зернових культур | 17 |
| 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР | 19 |
| 2.1. Особливості збирання озимих зернових культур | 19 |
| 2.2. Агротехнічні вимоги до технологічного процесу збирання | 24 |
| 2.3. Проектування операційної карти процесу збирання ранніх зернових культур | 29 |
| 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА | 41 |
| 3.1. Аналіз існуючих конструкцій ходової частини зернозбиральних комбайнів | 41 |
| 3.2. Будова, принцип роботи та обґрунтування необхідності удосконалення конструкції | 45 |
| 3.3. Розрахунок технологічних і конструктивних параметрів | 46 |
| 3.3.1. Розрахунок клинопасової передачі приводних коліс | 46 |
| 3.3.2. Розрахунок зварного з'єднання подовжувача приводу коліс . | 51 |
| 3.3.3. Розрахунок болтового з'єднання кріплення веденого шківів . | 52 |
| 3.3.4. Розрахунок болтового з'єднання кріплення ведучого шківів . | 54 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА | 55 |
| 4.1. Характеристика виробничих небезпек і шкідливих факторів ... | 55 |
| 4.2. Структурно-функціональний аналіз процесу збирання ранніх зернових культур | 59 |
| 4.3. Захист навколишнього середовища | 63 |

| | |
|--|----|
| 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ | 65 |
| ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ | 67 |
| БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК | 69 |

Вступ

Виробництво зерна є однією з найважливіших галузей агропромислового комплексу України, оскільки саме зернові культури формують основу продовольчої безпеки держави, забезпечують потреби тваринництва та є важливим експортним ресурсом. Ефективність зернового виробництва значною мірою залежить від рівня механізації технологічних процесів, технічного забезпечення господарств і своєчасного виконання польових робіт. Особливо відповідальним етапом є збирання врожаю ранніх зернових культур, адже саме в цей період виникають найбільші втрати вирощеної продукції. Несвоєчасне або неякісне виконання збиральних робіт призводить до осипання зерна, вилягання посівів, погіршення якості продукції та зростання витрат на післязбиральну доробку. За несприятливих погодних умов та недостатнього технічного забезпечення втрати зерна можуть досягати значних величин, що негативно впливає на економічні показники діяльності господарств. Тому одним із головних завдань сучасного аграрного виробництва є підвищення ефективності технологічного процесу збирання зернових культур шляхом удосконалення організації робіт і модернізації збиральної техніки.

Важливу роль у процесі збирання врожаю відіграє зернозбиральний комбайн, від технічного стану та надійності якого залежить продуктивність виконання робіт, рівень втрат зерна та якість зібраної продукції. У багатьох господарствах України продовжує експлуатуватися техніка, яка морально та фізично застаріла, що призводить до зниження ефективності її використання, збільшення витрат на ремонт і технічне обслуговування. Однією з актуальних проблем є недостатня надійність та прохідність ходових систем зернозбиральних комбайнів, особливо в умовах підвищеної вологості ґрунту та значних навантажень під час жнив.

Для забезпечення своєчасного проведення збиральних робіт необхідно не лише правильно організувати технологічний процес, але й забезпечити належний технічний стан машинно-тракторного парку. Удосконалення конструкції ходової частини зернозбирального комбайна дозволяє підвищити його прохідність, надійність та ефективність використання, а також зменшити негативний вплив на ґрунт.

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНИХ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Аналіз стану земельних угідь господарства

Товариство з обмеженою відповідальністю «Долина-Агро» засноване у 2000 році на основі селянської спілки імені Грушевського, правонаступником якої було колективне господарство.

ТОВ «Долина-Агро» розташоване в селі Тростянець, що знаходиться на відстані 15 км від районного центру – м. Долина та 70 км від обласного центру – м. Івано-Франківськ. Через населений пункт проходить автомобільна дорога Долина – Дідушичі Стрийського району Львівської області. Крім цього, через м. Долину пролягає залізнична колія, яка сполучає міста Львів та Івано-Франківськ. Таке географічне розташування забезпечує можливість своєчасного постачання необхідних вантажів і реалізації виробленої продукції.

Господарство спеціалізується на веденні тваринницької та рослинницької галузей. Адміністративні, виробничі приміщення та господарські будівлі знаходяться на території села Тростянець.

Станом на 1 січня 2026 року загальна чисельність працівників господарства становить 21 особу постійного персоналу, з яких 5 осіб належать до адміністративного складу: керівник господарства, головний бухгалтер, головний агроном, інженер-механік та завідувач тваринницької ферми.

Кліматичні умови на території землекористування господарства є помірно-континентальними. Середньорічна кількість атмосферних опадів становить 579 мм, при цьому мінімальна їх кількість спостерігається у зимовий період – 21 мм, а максимальна в літній період – 85-90 мм. Середньомісячна температура повітря змінюється від -4 °С узимку до +17,5 °С влітку. Тривалість періоду із середньодобовою температурою понад +10 °С становить 155-165 днів.

Територія ТОВ відзначається складним рельєфом місцевості. Найбільш поширеними типами ґрунтів є темно-сірі, сірі опідзолені, лучні та торфово-

болотні чорноземи. Землекористування ТОВ характеризується наявністю ґрунтів із різним рівнем родючості. Для підтримання високих показників родючості ґрунтів у господарстві здійснюють внесення органічних і мінеральних добрив відповідно до агротехнічних вимог, а також проводять заходи щодо покращення водно-повітряного режиму. Розміщення угідь і сівозмін є раціональним та враховує ґрунтово-кліматичні особливості території. Землекористування ТОВ включає землі сільськогосподарського призначення, багаторічні насадження та інші угіддя (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Землекористування у ТОВ «Долина-Агро»

| Показники | 2024р. | | 2025р. | |
|---------------------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| | площа, га | структура, % | площа, га | структура, % |
| Всього земельних угідь | 444,00 | – | 444,00 | – |
| з них - сільськогосподарські | 435,00 | 100,00 | 435,00 | 100,00 |
| в т.ч. ріллі | 339,00 | 77,93 | 335,00 | 77,01 |
| пасовища і сінокоси | 71,00 | 16,32 | 69,00 | 15,86 |
| багаторічні насадження | 16,00 | 3,68 | 20,00 | 4,60 |
| Інші землі | 9,00 | 2,07 | 9,00 | 2,07 |
| Використано ріллі під посіви | 355,00 | – | 355,00 | – |

Щодо землевпорядкування, суттєвих змін у господарстві практично не відбулося, однак невизначеним залишається статус пасовищ та сінокосів, оскільки інформація щодо їх використання відсутня. Встановлено, що на площі 18 га сіяних і природних трав здійснювалася заготівля сіна, у результаті чого було отримано 67,5 т сіна при середній урожайності 37,5 ц/га.

На площі 354 га у господарстві проводився посів зернових культур. Їх валовий збір становив 1794,81 т. У попередньому році було висіяно 2 га столового буряка та 1 га моркви. У результаті зібрано 29,5 т столового буряка та 12,7 т моркви.

Позитивним аспектом є збільшення площ земель, зайнятих посівами сільськогосподарських культур. Загалом у сфері використання земельних ресурсів доцільно забезпечити чітке розмежування площ за їх призначенням і цільовим використанням.

Таблиця 1.2 – Аналіз структури посівних площ ТОВ «Долина-Агро»

| Культури | 2024р. | | 2025р. | |
|---------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | Площа, га | Структура, % | Площа, га | Структура, % |
| Зернові і бобові – всього | 323,00 | 90,99 | 327,00 | 92,11 |
| в т.ч. озимі | 209,00 | 58,87 | 210,00 | 59,15 |
| з них – пшениця | 156,00 | 43,94 | 160,00 | 45,07 |
| Жито | 28,00 | 7,89 | 25,00 | 7,04 |
| Ячмінь | 25,00 | 7,04 | 25,00 | 7,04 |
| Ярі | 114,00 | 32,11 | 117,00 | 32,96 |
| з них – пшениця | 72,00 | 20,28 | 75,00 | 21,13 |
| ячмінь | 12,00 | 3,38 | 14,00 | 3,94 |
| Овес | 11,00 | 3,10 | 12,00 | 3,38 |
| Гречка | 16,00 | 4,51 | 13,00 | 3,66 |
| Зернобобові (горох) | 3,00 | 0,85 | 3,00 | 0,85 |
| Кукурудзу на силос | 31,00 | 8,73 | 25,00 | 7,04 |
| Столовий буряк | 1,00 | 0,28 | 2,00 | 0,56 |
| Морква | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,28 |
| Р а з о м | 355,00 | 100,00 | 355,00 | 100,00 |

Отже, у 2025 р. у структурі посівних площ частка зернових і зернобобових культур змінилася з 90,99 до 92,11 %. Така тенденція спостерігається як для озимих, так і для ярих зернових культур (рис. 1.1).

Обсяги виробництва продукції рослинництва визначаються відповідно до площ землекористування, що перебувають у користуванні ТОВ.

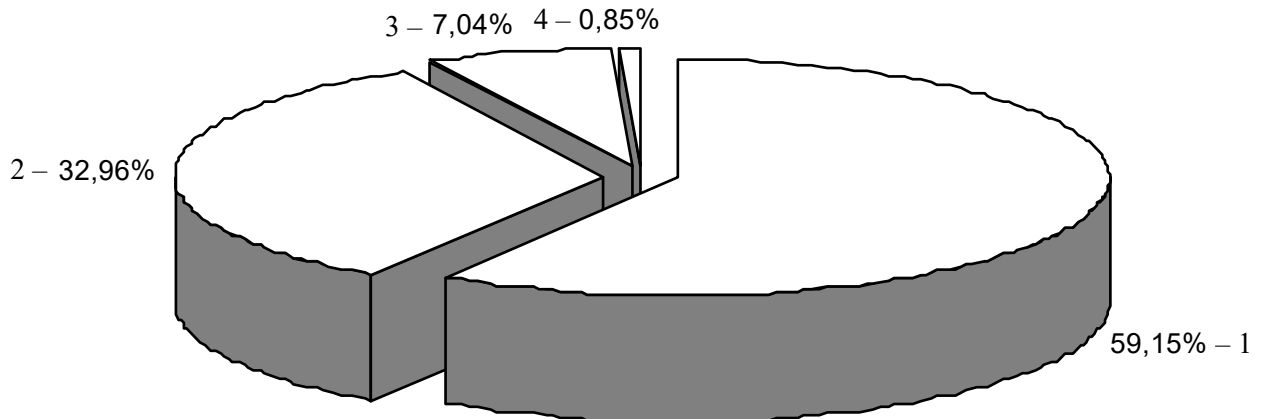


Рисунок 1.1 – Структура посівних площ ТОВ «Долина-Агро» (2025 р):
1 – озимі зернові; 2 – Ярі зернові; 3 – Кукурудза на силос; 4 – інші.

Таблиця 1.3 – Аналіз врожайності основних сільськогосподарських культур ТОВ «Долина-Агро», ц/га

| № з/п | Культура | 2023р. | 2024р. | 2025р. |
|-------|--------------------|--------|--------|--------|
| 1 | Зернові - всього | 31,9 | 32,3 | 40,3 |
| 2 | в т.ч. ОЗИМІ | 23,5 | 32,0 | 44,1 |
| 3 | з них пшениця | 27,3 | 34,4 | 45,5 |
| 4 | жито | 21,6 | 34,1 | 41,6 |
| 5 | ячмінь | 33,3 | 34,1 | 34,1 |
| 6 | ЯРІ | 32,0 | 27,4 | 33,0 |
| 7 | З них пшениця | 27,0 | 28,4 | 38,3 |
| 8 | ячмінь | 35,3 | 38,6 | 31,7 |
| 9 | овес | 28,9 | 25,6 | 25,0 |
| 10 | гречка . | 10,0 | 6,5 | 8,5 |
| 12 | зернобобові | 10,2 | 10,8 | 10,1 |
| 13 | Кукурудзу на силос | 41,2 | 47,4 | 46,3 |
| 14 | Столовий буряк | 143,4 | 144,1 | 147,5 |
| 15 | Морква | 135,5 | 124,4 | 127 |

Позитивною тенденцією, як видно з табл. 1.3, є підвищення урожайності основних сільськогосподарських культур. Таке зростання обумовлене збільшенням обсягів внесення мінеральних добрив, а також покращенням догляду за посівами, зокрема завдяки удосконаленню агротехнічних заходів.

1.2. Структура машинно-тракторного парку та ремонтної бази

У ТОВ «Долина-Агро» відповідальність за експлуатацію техніки покладена на 6 механізаторів, які працюють на постійній основі. Автомобілі у кількості 6 одиниць закріплені за двома водіями – по 3 транспортні засоби за кожним. За 4 працівниками закріплено трактори, комбайни та сільськогосподарські машини. Залежно від виробничої потреби водій або тракторист використовує необхідну техніку для виконання відповідного виду робіт. Наявний склад машинно-тракторного парку господарства наведений у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Склад автотракторного парку ТОВ «Долина-Агро»

| № з/п | Марка | Рік випуску | Технічний стан |
|------------|------------------------|-------------|----------------------|
| Автомобілі | | | |
| 1. | Renault Duster | 2024 | Задовільний |
| 2. | Ford Transit | 2019 | Задовільний |
| 3. | Mercedes-Benz Sprinter | 2018 | Задовільний |
| 4. | Mercedes-Benz Sprinter | 2020 | Задовільний |
| 5. | ЗІЛ-ММЗ-554М | 1989 | Заміна гідроциліндра |
| 6. | Mercedes-Benz Atego | 2018 | Задовільний |
| Трактори | | | |
| 7. | John Deere 7250R | 2018 | Задовільний |
| 8. | John Deere 7230R | 2017 | Задовільний |
| 9. | ХТЗ-150К-09 | 2017 | Задовільний |
| 10. | МТЗ-892 | 2019 | Задовільний |
| 11. | МТЗ-892 | 2016 | Задовільний |
| 12. | МТЗ-80 | 1992 | Потребує заміни шин |

У ТОВ «Долина-Агро» переважно експлуатується сучасна сільськогосподарська техніка, яка відповідає встановленим вимогам безпеки та забезпечує якісне виконання технологічних операцій. Для здійснення механізованого процесу вирощування сільськогосподарських культур тракторний парк господарства забезпечений необхідним комплектом сільськогосподарських машин і знарядь (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Склад парку сільськогосподарських машин у ТОВ «Долина-Агро»

| № з/п | Тип техніки | Марка | К-ть, од | Рік випуску |
|---|------------------------|------------------------------|----------|-------------|
| Зернозбиральні машини | | | | |
| 1. | Комбайн | John Deere 9560i | 1 | 2006 |
| 2. | Комбайн | КЗС-9 | 1 | 2000 |
| 3. | Комбайн | СК-5, „Нива” | 1 | 1985 |
| 4. | Жниварка | ЖВН-6А | 1 | 1987 |
| Ґрунтообробні машини | | | | |
| 5. | Плуг причіпний | Lemken VariDiamant | 1 | 2006 |
| 6. | Плуг навісний | ПЛН-5-35 | 1 | 1998 |
| 7. | Борона зубова, навісна | БЗН-9 “Мрія” | 1 | 1998 |
| 8. | Борона дискова | АГ-3,3-20 | 1 | 2023 |
| 9. | Дисковий луцильник | ЛДД 2500 | 1 | 2021 |
| Машини для сівби | | | | |
| 10. | Сівалка | СЗ-5,4 | 1 | 1988 |
| 11. | Сівалка | John Deere 1750 | 1 | 2006 |
| Машини для внесення добрив та захисту рослин | | | | |
| 12. | Розкидач мін. добрив | Тутан-1000 | 1 | 2014 |
| 13. | Оприскувач | ОПК 3000-24 | 1 | 2018 |
| Машини для заготівлі кормів | | | | |
| 14. | Косарка роторна | WIRAX 1,65м | 1 | 2025 |
| 15. | Косарка ротаційна | Lisicki 2,6м | | 2023 |
| 16. | Косарка садова | LS Lisicki | 1 | 2019 |
| 17. | Ґраблі | ГВР-4 | 1 | 2017 |
| 18. | Прес-підбирач | Claas Rollant 455 rotocut | 1 | 2012 |
| Машини для транспортування | | | | |
| 19. | Напівпричіп | 1-ПТС-3 | 1 | 2021 |
| 20. | Причеп | 2ПТС-4 | 1 | 2019 |
| 21. | Причеп | 2НТС-3.2 | 1 | 2024 |

Як видно з табл. 1.5, механізоване виконання робіт зі збирання зернових культур у господарстві здійснюється за допомогою 3 зернозбиральних комбайнів. Проте внаслідок дорожньо-транспортної пригоди ходова частина комбайна КЗС-9, зокрема приводні колеса та диски, була пошкоджена і потребує заміни. У зв'язку з цим, а також з метою забезпечення своєчасного збирання врожаю, господарство у 2025 році орендувало комбайн Dominator-118SL™Махі разом із комбайнером та помічником, що негативно вплинуло на собівартість виробленої продукції.

У ТОВ «Долина-Агро» від попередніх господарств збереглася значна матеріально-технічна база та автотракторний парк, територія якого повністю огорожена і займає площу 0,73 га (рис. 1.2). З двох сторін території розташовано 28 гаражів, призначених для зберігання тракторів і автомобілів. Упродовж 2018-2019 років у господарстві було відремонтовано 12 гаражів, зокрема виконано заміну покрівлі та ремонт дверей. Увесь автотракторний парк зберігається у гаражах у належних умовах. На території господарства під двома навісами знаходиться вся сільськогосподарська техніка. У центральній частині території розміщена двоповерхова ремонтна майстерня, яка у 2020 році була відремонтована (рис. 1.3). У майстерні проводяться періодичні технічні обслуговування та ремонти для підтримання техніки у працездатному стані.

На першому поверсі ремонтної майстерні розташований цех, призначений для одночасного ремонту шести одиниць техніки. Цех обладнаний оглядовими ямами та тельферами для підймання вузлів і деталей машин. Розміри майстерні становлять 22 × 28 м, що забезпечує достатню корисну площу для проведення ремонтів тракторів і машин у закритому приміщенні. У приміщенні також знаходяться токарне та зварювальне відділення. Зварювальне відділення одночасно виконує функції ковальського, оскільки оснащено зварювальним апаратом, повітряним компресором та необхідним комплектом інструментів.

На другому поверсі майстерні розміщені кабінет інженера-механіка, кімната диспетчера, склад запасних частин, зал для проведення нарад і

розрядок, а також кабінет охорони праці та техніки безпеки, обладнаний наочною агітацією та інструкціями. Усі приміщення збережені та перебувають у задовільному технічному стані.

За ремонтною майстернею відповідно до укладених договорів закріплено трьох відповідальних працівників – слюсарів, які спільно з водієм відповідного транспортного засобу виконують необхідні ремонтні роботи. Працівники майстерні залучаються до роботи за потреби проведення ремонту, а оплата праці здійснюється згідно з актом виконаних робіт, підписаним головним інженером-механіком та водієм, за яким закріплена відповідна техніка.

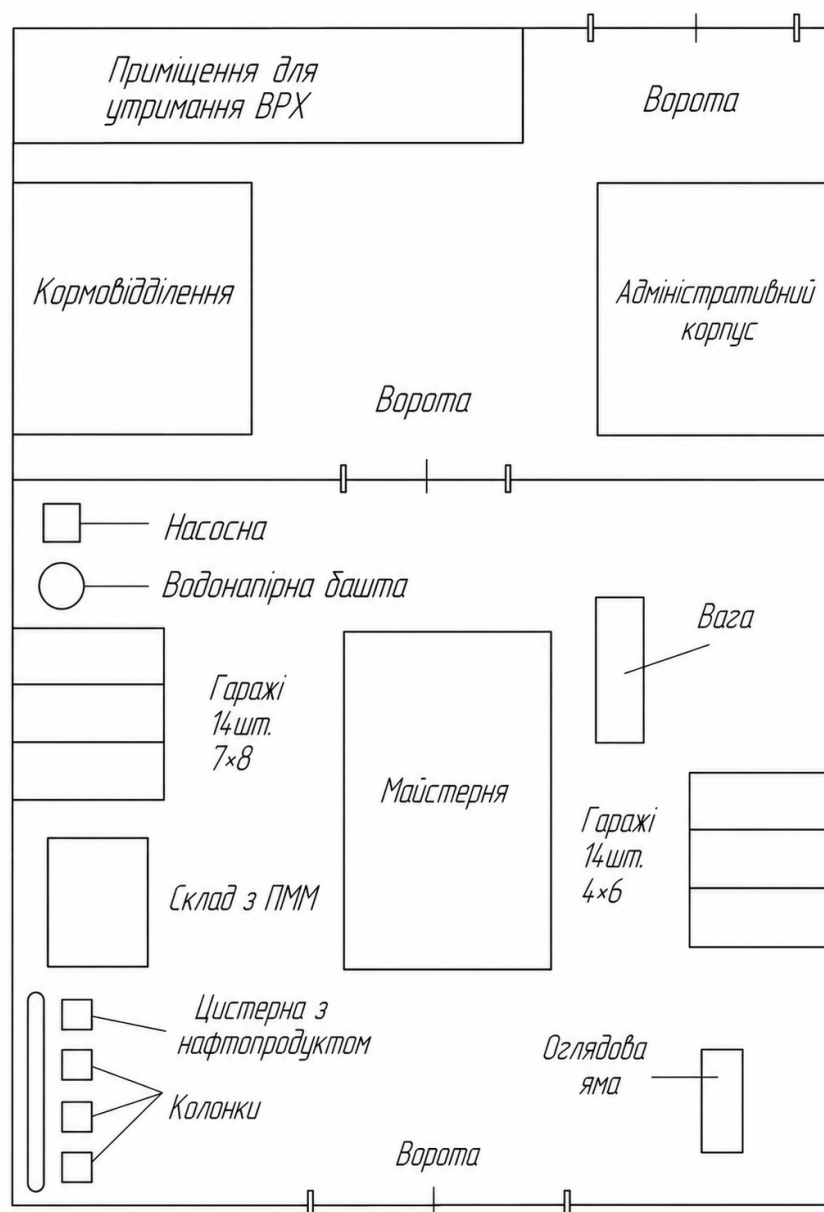


Рисунок 1.3 – План ТОВ «Долина-Агро»

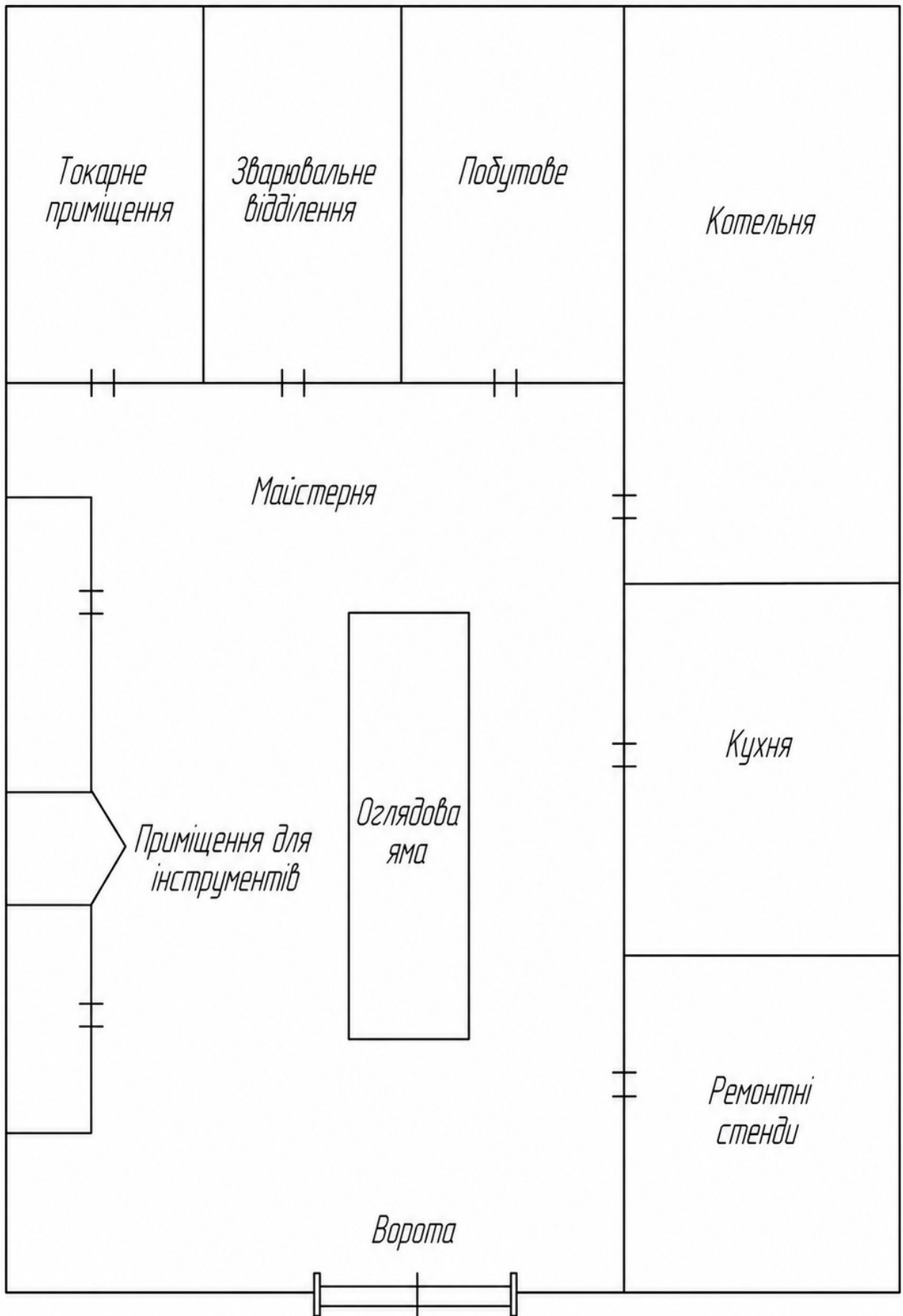


Рисунок 1.4 – План ремонтної майстерні в ТОВ «Долина-Агро»

1.3. Організаційні форми збирання ранніх зернових культур

Традиційно основною організаційною формою використання сільськогосподарської техніки, зокрема зернозбиральних комбайнів, в Україні є їх внутрішньогосподарське застосування. Суть такої форми полягає у використанні зернозбиральних комбайнів для виконання збиральних робіт у межах одного господарства. Для великих господарств, у яких площа посівів зернових культур перевищує 500...1000 га, внутрішньогосподарська форма використання зернозбиральних комбайнів є достатньо ефективною.

Подрібнення господарств, зростання диспаритету цін на сільськогосподарську продукцію і техніку, а також збільшення витрат на її утримання та експлуатацію обумовлюють необхідність організації міжгосподарського використання техніки. Це дозволяє підвищити сезонне завантаження машин, ефективніше використовувати працю кваліфікованих механізаторів і забезпечити належний технічний сервіс техніки, що особливо важливо під час експлуатації сучасних високопродуктивних зернозбиральних комбайнів, оснащених складними гідравлічними та електричними системами..

Аналіз літературних джерел дозволяє простежити вплив основних чинників сільськогосподарського виробництва, зокрема вартості техніки та її технічного обслуговування, вартості сільськогосподарської продукції, розмірів господарств тощо, на розвиток організаційних форм використання сільськогосподарської техніки, у тому числі зернозбиральних комбайнів [3, 13].

У середині 80-х років у країнах Західної Європи високі ціни на землю обмежували можливість фермерів збільшувати річне напрацювання комбайнів шляхом розширення посівних площ, тому для цього широко застосовували різні форми централізованого (міжгосподарського) використання зернозбиральних комбайнів. Зокрема, у Франції таким способом збирали 41 % площ зернових культур, у ФРН – 50 %, а в Нідерландах – 75 % [3, 5, 13].

Форми централізованого використання техніки є досить різноманітними [3, 13, 16]: взаємний обмін комбайнами між господарствами, фермерська кооперація під час придбання та експлуатації машин, використання комбайнів спеціалізованих підприємств, які надають механізовані послуги тощо. Враховуючи важливе значення міжгосподарської кооперації у сфері використання сільськогосподарської техніки, уряди окремих держав надають кооперативам різні види підтримки: пільгові кредити, субсидії для розширення міжгосподарського використання машин та обладнання, а також організують навчальні курси для учасників машинної кооперації та їх координаторів.

Міжгосподарська кооперація дала можливість підвищити річний виробіток зернозбиральних комбайнів до 400 га і більше. Так, у ФРН середній виробіток одного комбайна становив 37 га, а при міжгосподарському використанні – 125 га, при цьому в окремих випадках досягав 350–800 га [3, 13, 16].

Проте розвиток міжгосподарських форм використання комбайнів стримується необхідністю узгодження між господарствами структури та обсягів посівних площ зернових культур з метою забезпечення безперервної роботи комбайнів і підвищення рівня їх сезонного завантаження. Досягти цього можливо шляхом укладання відповідних договорів між господарствами та обслуговуючими підприємствами тощо.

2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

2.1. Особливості збирання озимих зернових культур

Збирання озимих зернових культур є одним із найважливіших та найбільш відповідальних етапів у технології вирощування сільськогосподарських культур. Від своєчасності та якості виконання збиральних робіт значною мірою залежить величина фактичного врожаю, якість зерна, рівень втрат продукції, економічна ефективність виробництва та подальший стан ґрунту. До озимих зернових культур, які найбільш поширені в умовах України, належать озима пшениця, озимий ячмінь, жито та тритикале. У структурі посівних площ провідне місце займає озима пшениця, яка є основною продовольчою культурою та має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки держави.

Особливістю озимих зернових культур є те, що їх розвиток відбувається у два періоди: осінній та весняно-літній. Восени рослини формують кореневу систему та вузол кушення, після чого переходять у стан зимового спокою. Навесні вегетація відновлюється, і рослини проходять фази виходу в трубку, колосіння, цвітіння та досягання зерна. Саме тому озимі культури характеризуються більш високою врожайністю порівняно з ярими, однак потребують чіткої організації процесу збирання через нерівномірність досягання, залежність від погодних умов та обмежені строки проведення жнив [3, 13, 16, 22].

Однією з основних особливостей збирання озимих зернових культур є необхідність проведення робіт у стислі агротехнічні строки. Запізнення зі збиранням призводить до значних втрат урожаю внаслідок осипання зерна, вилягання рослин, проростання зерна в колосі та погіршення його технологічних властивостей. Втрати зерна можуть досягати значних величин, особливо за несприятливих погодних умов або при недостатній забезпеченості

господарства збиральною технікою. Тому при організації жнив важливе значення має правильний вибір способу збирання, визначення оптимальних строків початку робіт та забезпечення безперервної роботи комбайнових агрегатів.

Початок збирання озимих зернових культур визначають за ступенем стиглості зерна та його вологістю. Найбільш сприятливою для прямого комбайнування є фаза повної стиглості, коли зерно має вологість у межах 14–18 %. За такої вологості забезпечуються мінімальні втрати та висока якість обмолоту. При підвищеній вологості зерна ускладнюється робота молотильного апарата комбайна, збільшуються витрати палива та зростає потреба у післязбиральному досушуванні зерна. Надмірне пересушування також небажане, оскільки сухе зерно більш схильне до механічного пошкодження та осипання [3, 13, 16, 22].

У сучасному сільськогосподарському виробництві основним способом збирання озимих зернових культур є пряме комбайнування. Даний спосіб передбачає одночасне скошування рослин, обмолот, сепарацію та очищення зерна одним агрегатом – зернозбиральним комбайном. Перевагами прямого комбайнування є висока продуктивність, скорочення витрат праці та пального, зменшення кількості технологічних операцій і зниження втрат урожаю. Разом з тим ефективність цього способу значною мірою залежить від рівномірності досягання посівів, ступеня забур'яненості та погодних умов.

У випадках нерівномірного досягання посівів, значної засміченості або наявності полеглих рослин може застосовуватись роздільний спосіб збирання. Він передбачає скошування зернової маси у валки жатками з подальшим підбиранням та обмолотом після підсихання рослин. Роздільне збирання дозволяє прискорити початок жнив та знизити втрати зерна при складних умовах досягання, однак потребує додаткових витрат техніки та пального. У сучасних умовах цей спосіб використовується значно рідше, ніж пряме комбайнування.

Важливим фактором ефективного збирання озимих зернових культур є правильна підготовка поля до роботи комбайнових агрегатів. Перед початком жнив необхідно провести обстеження поля, визначити напрямок руху агрегатів, підготувати поворотні смуги, видалити сторонні предмети та оцінити стан посівів. Особливу увагу приділяють полеглим ділянкам, які ускладнюють процес скошування та можуть спричинити перевантаження робочих органів комбайна.

Для забезпечення високої якості збирання необхідно правильно налаштувати зернозбиральний комбайн. Основними регульованими параметрами є висота зрізу, частота обертання барабана, зазори між барабаном і підбарабанням, швидкість вентилятора та положення решіт очистки. Неправильне регулювання молотильно-сепарувального апарата призводить до збільшення втрат зерна, його травмування та засміченості. Наприклад, надмірна частота обертання барабана може спричинити подрібнення зерна, тоді як недостатня – неповний обмолот колосків [3, 8, 13, 16, 22].

Особливе значення при збиранні озимих культур має швидкість руху комбайна. Вона повинна забезпечувати рівномірне завантаження молотильного апарата без перевантаження робочих органів. Надмірне збільшення швидкості призводить до втрат зерна через неповний обмолот, перевантаження систем очистки та погіршення якості роботи жатки. У середньому швидкість руху зернозбирального комбайна під час збирання озимих зернових культур становить 4–8 км/год залежно від урожайності, вологості зерна та стану посівів.

Однією з характерних особливостей збирання озимих зернових культур є необхідність роботи техніки в умовах підвищених навантажень. Під час жнив комбайни працюють протягом тривалого часу з мінімальними перервами, що висуває високі вимоги до їх технічного стану та надійності. Значне навантаження припадає на двигун, молотильний апарат, ходову частину та систему транспортування зерна. Тому перед початком збиральної кампанії проводять ретельне технічне обслуговування машин, перевіряють стан

ремінних передач, підшипників, ріжучих апаратів, системи мащення та гідравліки.

Важливу роль у процесі збирання відіграє ходова частина зернозбирального комбайна. Під час роботи на полі комбайн пересувається по ґрунту, який у період жнив часто має недостатню несучу здатність через опади або підвищену вологість. Це може призводити до буксування, ущільнення ґрунту та погіршення прохідності машини. Саме тому в сучасному аграрному виробництві велика увага приділяється вдосконаленню ходових систем комбайнів з метою зменшення питомого тиску на ґрунт та підвищення ефективності роботи техніки [1, 8, 13, 22].

Для зменшення ущільнення ґрунту використовують шини великого діаметра та низького тиску, здвоєні колеса або гусеничні рушії. Такі конструктивні рішення дозволяють збільшити площу контакту рушія з поверхнею поля та знизити тиск на ґрунт. Удосконалення ходової частини комбайна КЗС-9, передбачене в даному дипломному проєкті, спрямоване саме на покращення прохідності машини та зменшення негативного впливу на ґрунт під час виконання збиральних робіт.

Суттєвий вплив на ефективність збирання озимих зернових культур мають погодні умови. Дощі під час жнив можуть значно ускладнювати проведення робіт, підвищувати вологість зерна та спричиняти полягання посівів. У вологу погоду збільшується налипання рослинної маси на робочі органи жатки та молотильного апарата, що призводить до перевантаження комбайна та зниження продуктивності. Крім того, підвищена вологість ґрунту погіршує умови руху техніки та збільшує витрати палива.

Однією з особливостей озимих зернових культур є їх схильність до полягання. Полеглі посіви значно ускладнюють процес збирання та призводять до збільшення втрат зерна. Для ефективного збирання таких посівів використовують спеціальні пристрої – стеблорідимачі, які встановлюють на жатках комбайнів. Вони дозволяють піднімати полеглі стебла та забезпечувати їх подавання до ріжучого апарата. При роботі на полеглих посівах швидкість

руху комбайна зменшують, а напрямок руху вибирають таким чином, щоб забезпечити найкраще захоплення рослин жаткою.

Важливим елементом організації збирального процесу є транспортне забезпечення. Для безперервної роботи зернозбиральних комбайнів необхідно своєчасно відвозити зерно від комбайнів до місць тимчасового зберігання або зернотоків. Недостатня кількість транспортних засобів призводить до простоїв комбайнів та зниження продуктивності збирального комплексу. Тому під час планування жнив визначають необхідну кількість транспортних одиниць з урахуванням урожайності, продуктивності комбайнів та відстані перевезення зерна.

Після збирання зерно потребує очищення та, за необхідності, досушування. Під час обмолоту в зернову масу потрапляють домішки у вигляді полови, частинок соломи та насіння бур'янів. Для забезпечення належної якості продукції зерно очищують на зерноочисних машинах. Якщо вологість зерна перевищує допустимі значення, його направляють на сушіння. Недостатнє або несвоєчасне сушіння може призводити до самозігрівання зерна та втрати його якості під час зберігання.

Особливу увагу при збиранні озимих зернових культур приділяють питанням охорони праці та пожежної безпеки. Під час роботи зернозбиральних комбайнів виникає підвищена небезпека займання сухої рослинної маси через нагрівання деталей, іскри або несправність електрообладнання. Для запобігання пожежам комбайни оснащують вогнегасниками, проводять регулярне очищення машин від пилу та рослинних решток, а також контролюють справність паливної системи.

Крім пожежної небезпеки, значну увагу приділяють безпечним умовам праці механізаторів. Робота під час жнив характеризується високою напруженістю, тривалим робочим днем та впливом пилу, шуму й вібрацій. Тому важливе значення має дотримання режимів праці та відпочинку, використання засобів індивідуального захисту та підтримання справного стану кабіни комбайна [3, 8, 13, 16, 22].

Сучасні технології збирання озимих зернових культур передбачають широке використання систем автоматизації та цифрового контролю. На сучасних комбайнах встановлюють системи моніторингу врожайності, автоматичного водіння, контролю втрат зерна та навігаційного супроводу. Використання GPS-навігації дозволяє оптимізувати рух техніки по полю, зменшити перекриття та непродуктивні проходи, а також скоротити витрати палива.

Застосування сучасних інформаційних технологій сприяє підвищенню ефективності збирального процесу та покращенню управління виробництвом. Аналіз даних про врожайність дозволяє оцінити продуктивність окремих ділянок поля, визначити проблемні зони та приймати обґрунтовані рішення щодо подальших агротехнічних заходів.

Таким чином, збирання озимих зернових культур є складним багатофакторним процесом, ефективність якого залежить від правильного вибору способу збирання, технічного стану машин, погодних умов, рівня організації робіт та забезпечення транспортного обслуговування. Своєчасне та якісне виконання збиральних операцій дозволяє мінімізувати втрати зерна, підвищити економічну ефективність виробництва та забезпечити високу якість продукції. Удосконалення конструкції зернозбиральних комбайнів, зокрема їх ходових систем, є важливим напрямом підвищення ефективності сучасного аграрного виробництва.

2.2. Агротехнічні вимоги до технологічного процесу збирання ранніх зернових культур

Збирання ранніх зернових культур є завершальним та одним із найвідповідальніших етапів технології вирощування зерна. Від правильності організації збирального процесу залежить не лише величина фактичного врожаю, а й якість зерна, рівень його пошкодження, втрати продукції та

економічна ефективність виробництва. Основними ранніми зерновими культурами, які вирощують у господарствах України, є озима та яра пшениця, ячмінь, жито, овес і тритикале. Для забезпечення високої ефективності жнив необхідно дотримуватись встановлених агротехнічних вимог, які регламентують строки, способи, режими та якість виконання збиральних робіт.

Основними агротехнічними вимогами до процесу збирання ранніх зернових культур є [1, 3, 13, 16, 22]:

- проведення збирання у оптимальні агротехнічні строки;
- мінімізація втрат зерна;
- забезпечення чистоти зернової маси;
- недопущення пошкодження зерна;
- збереження технологічних і посівних властивостей зерна;
- забезпечення високої продуктивності збиральних агрегатів;
- раціональне використання техніки та паливно-мастильних матеріалів.

Однією з найважливіших вимог є своєчасність проведення збиральних робіт. Запізнення зі збиранням призводить до осипання зерна, полягання посівів, втрат від птахів та шкідників, а також до погіршення якості продукції. Ранні зернові культури необхідно збирати у фазі повної стиглості або у період, найбільш сприятливий для конкретного способу збирання. Оптимальна тривалість збирання не повинна перевищувати 8–10 діб, оскільки надмірне затягування жнив суттєво збільшує втрати врожаю.

У сучасному аграрному виробництві застосовують два основні способи збирання ранніх зернових культур [1, 3, 13, 16, 22]:

- роздільне збирання;
- пряме комбайнування.

Кожен із цих способів має свої агротехнічні особливості, переваги та умови застосування.

Агротехнічні вимоги до роздільного збирання. Роздільне збирання передбачає скошування зернових культур у валки з подальшим підбиранням та

обмолотом після підсихання рослинної маси. Даний спосіб застосовують у випадках нерівномірного досягання посівів, значної засміченості, підвищеної вологості зерна або при наявності полеглих рослин.

Основною агротехнічною вимогою при роздільному збиранні є правильне визначення строків початку скошування у валки. Найбільш оптимальним є період середини воскової стиглості зерна, коли вологість зерна становить приблизно 25-35 %. У цей період зерно вже сформоване, але ще достатньо утримується у колосі, що знижує втрати від осипання.

Висота зрізу при формуванні валків повинна забезпечувати їх надійне укладання та достатню вентиляцію для рівномірного підсихання. Зазвичай висота стерні становить 12-20 см залежно від густоти та висоти рослин. Надто низький зріз призводить до забруднення валків ґрунтом і погіршує умови підбирання, а надто високий – збільшує втрати незрізаного колосся.

Важливим агротехнічним показником є якість укладання валків. Валок повинен бути рівномірним за шириною та товщиною, добре провітрюватися та не торкатися ґрунту нижньою частиною. Нерівномірне укладання валків ускладнює процес підбирання та призводить до нерівномірного підсихання зерна.

Підбирання та обмолот валків необхідно проводити після зниження вологості зерна до 14-18 %. Надмірне пересушування валків небажане, оскільки збільшується осипання зерна та втрати під час підбирання. У більшості випадків підбирання валків проводять через 3-5 діб після скошування залежно від погодних умов.

При роздільному способі особливу увагу приділяють втратам зерна за жаткою та підбирачем. Допустимі втрати зерна при скошуванні у валки не повинні перевищувати 0,5 %, а загальні втрати за комбайном – 1,5-2 %. Для цього необхідно правильно регулювати роботу ріжучого апарата, мотовила та підбирача валків.

Важливим агротехнічним показником є чистота зерна після обмолоту. У зерновій масі не повинно бути надмірної кількості домішок, подрібненої

соломи чи необмолочених колосків. Для забезпечення належної якості зерна необхідно правильно регулювати молотильний апарат та систему очистки комбайна.

Роздільне збирання має певні переваги. Воно дозволяє [1, 3, 13, 16, 22]:

- раніше розпочати жнива;
- зменшити втрати при нерівномірному досяганні;
- покращити умови досягання зерна у валках;
- знизити навантаження на молотильний апарат;
- ефективніше збирати забур'янені посіви.

Разом із тим даний спосіб потребує додаткових технологічних операцій та залежить від погодних умов. Опади після скошування можуть призводити до намокання валків, проростання зерна та збільшення втрат.

Агротехнічні вимоги до прямого комбайнування. Пряме комбайнування є основним способом збирання ранніх зернових культур у сучасному сільськогосподарському виробництві. При цьому способі всі операції – скошування, обмолот, сепарація, очищення зерна та збирання соломи – виконуються одним проходом зернозбирального комбайна.

Основною агротехнічною вимогою до прямого комбайнування є проведення збирання у фазі повної стиглості зерна. Оптимальна вологість зерна повинна становити 14-18 %. За більшої вологості ускладнюється процес обмолоту та очистки зерна, а за меншої – зростають втрати від осипання та механічного пошкодження зерна.

Посіви для прямого комбайнування повинні бути рівномірно достиглими, чистими від бур'янів та незначно полеглими. Значна забур'яненість або полягання рослин ускладнюють роботу жатки та збільшують втрати зерна.

Однією з основних вимог є правильне регулювання висоти зрізу. Для більшості зернових культур висота зрізу становить 10-20 см. Низький зріз дозволяє зменшити втрати колосся, однак збільшує навантаження на молотильний апарат та підвищує витрати палива. Високий зріз зменшує

надходження соломи до комбайна, але може спричиняти втрати незрізаних колосків.

Особливу увагу приділяють роботі мотовила жатки. Воно повинно забезпечувати рівномірне подавання рослинної маси до ріжучого апарата без вибивання зерна з колосків. Частота обертання мотовила повинна перевищувати швидкість руху комбайна приблизно у 1,2-1,5 рази.

Для забезпечення якісного обмолоту необхідно правильно регулювати частоту обертання молотильного барабана та зазори між барабаном і підбарабанням. Для пшениці частота обертання барабана зазвичай становить 800-1000 об/хв. Надмірне збільшення частоти обертання призводить до дроблення зерна, а недостатнє – до появи необмолочених колосків.

Система очистки комбайна повинна забезпечувати мінімальну засміченість зернової маси. Допустимий вміст домішок у зерні продовольчого призначення зазвичай не повинен перевищувати 2-3 %. Для цього регулюють швидкість вентилятора та положення решіт очистки.

Однією з головних агротехнічних вимог є мінімізація втрат зерна. Загальні втрати при прямому комбайнуванні не повинні перевищувати 2-2,5 %. Втрати можуть виникати [1, 3, 13, 16, 22]:

- за жаткою;
- у молотильному апараті;
- у системі сепарації;
- у системі очистки.

Для контролю втрат проводять періодичну перевірку роботи комбайна безпосередньо у полі. За необхідності виконують додаткове регулювання робочих органів.

Швидкість руху комбайна повинна забезпечувати стабільне завантаження молотильного апарата без перевантаження. У середньому вона становить 4-8 км/год залежно від урожайності та стану посівів. Надмірне збільшення швидкості призводить до перевантаження системи очистки та збільшення втрат зерна.

Особливе значення при прямому комбайнуванні має технічний стан зернозбирального комбайна. Несправність ріжучого апарата, транспортуючих механізмів або системи очистки може суттєво погіршити якість збирання. Тому перед початком жнив проводять ретельне технічне обслуговування машин та перевіряють працездатність усіх вузлів.

Важливою вимогою є також забезпечення безперервного транспортування зерна від комбайнів. Простої під час вивантаження негативно впливають на продуктивність збирального комплексу та збільшують тривалість жнив [1, 3, 13, 16, 22].

Таким чином, агротехнічні вимоги до процесу збирання ранніх зернових культур спрямовані на забезпечення мінімальних втрат урожаю, високої якості зерна та ефективного використання технічних засобів. Дотримання встановлених параметрів роботи зернозбиральних агрегатів, правильний вибір способу збирання та своєчасне виконання технологічних операцій є основою успішного проведення жнив і підвищення економічної ефективності зернового виробництва.

2.3. Проектування операційної карти процесу збирання ранніх зернових культур

Операційна технологія — це сукупність агротехнічних, технічних, організаційних та економічних вимог щодо високопродуктивного використання машинних агрегатів, які забезпечують якісне виконання механізованих збиральних робіт.

Характеристика виробничих умов:

Площа поля $F = 113$ га;

Довжина поля $L = 1670$ м;

Ширина поля $B = 677$ м;

Нахил місцевості $i = 3\%$;

Відстань транспортування зерна $L_{mp} = 3,6$ км.

Збирання озимої пшениці здійснюють уздовж довшої сторони поля. Під час першого проходу рух зернозбирального комбайна орієнтують по віхах. На поворотній смузі проводять остаточне регулювання зернозбирального комбайна. Для виконання збиральних робіт застосовують кільцевий спосіб руху комбайна. У процесі збирання озимої пшениці періодично контролюють якість вимолоту зерна з колосків, а також величину втрат зерна разом із ворохом і рівень його пошкодження.

Підготовка поля до збирання включає насамперед усунення перешкод, які можуть ускладнювати роботу збиральних агрегатів, а також визначення під'їзних шляхів до поля. За необхідності виконують вирівнювання доріг, що сполучають транспортні магістралі з полями. За 2–3 дні до початку збирання комбайнами обкошують краї полів, підготовляють поворотні смуги та виконують їх оборювання [1, 3, 13, 16].

Якщо поля мають прямокутну або трапецієподібну форму, а довжина гону перевищує 600 м, застосовують загінний спосіб руху, при якому стеблостій поділяють прокосами на окремі загони. Ширину загону визначають залежно від його довжини та ширини захвату жатки, при цьому вона повинна бути у 5–13 разів меншою за довжину загону. Напрямок руху агрегатів у межах загонів повинен відповідати напрямку оранки та бути поперечним до напрямку сівби.

На нерівних полях довгі сторони загонів доцільно орієнтувати у напрямку схилів. Якщо на полі наявна значна кількість борозен, довгі сторони загонів розміщують уздовж борозен, що сприяє зменшенню втрат зерна за підбирачем. Поля з непаралельними протилежними сторонами розмічають таким чином, щоб поздовжні сторони загонів були паралельними. Ділянку неправильної конфігурації, яка залишається, розташовують на краю поля.

На полях із меншою довжиною гону застосовують круговий або човниковий способи збирання.

Для оптимізації руху агрегатів та раціональної організації праці проводять підготовку поля до виконання збиральних робіт. У процесі підготовки поля вирішують такі основні завдання: [1, 3, 13, 16]:

- вибір напрямку і способу руху;
- вибір виду повороту агрегату;
- розрахунок ширини поворотної смуги;
- визначення ширини загороди і їх кількості;
- оцінка вибраного способу руху.

Розглянемо підготовку на прикладі поля, що має неправильну форму із приблизними розмірами: 1160×677 м. Рух агрегатів буде направлений уздовж більшої сторони поля, оскільки основна обробка проводилася уздовж меншої сторони з протиерозійною метою.

Всі розрахунки проводитимемо для комбайна КЗС-9. Знаходимо ширину поворотної смуги за формулою

$$E_{\min} = 1,1 \cdot R_o + \varepsilon + d_k, \quad (2.1)$$

де R_o – радіус повороту, м; ε – довжина виїзду агрегату, м; d_k – кінематична ширина агрегату, м.

Радіус повороту визначаємо за формулою

$$R_o = r_o \cdot k_r, \quad (2.2)$$

де r_o – радіус повороту при швидкості руху 5 км/ч; k_r - коефіцієнт зміни радіусу повороту залежно від швидкості руху агрегату на повороті.

$r_o = 10$ м - радіус повороту комбайна КЗС-9.

Кінематична ширина агрегату визначається за формулою

$$d_k = 0,5 \cdot b_o \cdot n_o + 0,5. \quad (2.3)$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.3) отримаємо

$$d_k = 0,5 \cdot 6 \cdot 1 + 0,5 = 3,5 \text{ м.}$$

$$\varepsilon = l_k, \quad (2.4)$$

де $l_k = 6$ м – кінематична довжина агрегату, м.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.1) отримаємо

$$E_{\min} = 1,1 \cdot 10 + 6 + 3,5 = 20,5 \text{ м.}$$

Визначимо фактичну ширину поворотної смуги. Спочатку визначимо кількість проходів агрегату для обробки E_{\min} за формулою

$$n = \frac{E_{\min}}{B_p}, \quad (2.5)$$

де B_p – робоча ширина захвату, м.

Робоча ширина захвату визначається за формулою

$$B_p = \beta \cdot b_k. \quad (2.6)$$

де β – коефіцієнт використання ширини захоплення жнивarki ($\beta=0,95$) [4, 5, 18, 20]; b_k – конструктивна ширина захоплення, м.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.6) отримаємо

$$B_p = 0,95 \cdot 6 = 5,7 \text{ м.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.5) отримаємо

$$n = \frac{20,5}{5,7} = 3,6 \text{ од.}$$

Отримане значення округляємо до цілого числа $n_0=4$ од. Тоді фактична ширина поворотної смуги становитиме:

$$E_{\phi} = n_0 \cdot B_p. \quad (2.7)$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.7) отримаємо

$$E_{\phi} = 4 \cdot 5,7 = 22,8 \text{ м.}$$

Визначаємо оптимальну ширину заїнки:

$$C_{opt} = \sqrt{\alpha \cdot B_p \cdot L_p}, \quad (2.8)$$

де L_p – робоча довжина гону, м; α – коефіцієнт, який залежить від швидкості руху, $\alpha = 2$ [4, 5, 18, 20].

Робоча довжина гону визначається за формулою

$$L_p = L_n - 2E_{\phi}, \quad (2.9)$$

де L_n – довжина сторони поля, уздовж якої рухається агрегат, м.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.9) отримаємо

$$L_p = 1050 - 2 \cdot 22,8 = 1114,4 \text{ м.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.8) отримаємо

$$C_{opt} = \sqrt{2 \cdot 5,7 \cdot 1114,4} = 112,7 = 113 \text{ м.}$$

Знаходимо кількість заїнок за формулою

$$n_3 = B_n / C_{opt}, \quad (2.10)$$

де B_n - довжина сторони поля, перпендикулярна руху агрегату, м.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.10) отримаємо

$$n_3 = 677 / 113 = 5,99 = 6 \text{ од.}$$

Звідси приймаємо $n_{30} = 7$ од, тоді фактична ширина заїнки становитиме

$$C_\phi = \frac{B_n}{n_{30}}. \quad (2.11)$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.11) отримаємо

$$C_\phi = \frac{677}{6} = 112,8 \approx 113 \text{ м.}$$

Правильність вибору раціонального способу руху агрегату оцінюється коефіцієнтом робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (2.12)$$

де L_x – середня довжина холостого повороту комбайна в заїнці, м.

Середня довжина холостого повороту комбайна в заїнці визначається за формулою

$$L_x = 1,7 \cdot R_o + C_\phi / 2 + 2 \cdot \varepsilon. \quad (2.13)$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.13) отримаємо

$$L_x = 1,7 \cdot 10 + 113 / 2 + 2 \cdot 6 = 85,5 \text{ м.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.12) отримаємо

$$\varphi = \frac{1114,4}{1114,4 + 85,5} = 0,928.$$

Правильне розмічування поля забезпечує можливість виконання прямолінійних прокосів, що, у свою чергу, сприяє прямолінійному руху зернозбирального комбайна. У такому випадку конфігурація поля набуває прямокутної форми за рахунок скошування більш засмічених країв посівів озимої пшениці для використання на корм худобі.

Розмітку поля виконують обліковець разом із допоміжним працівником. Для цього використовують пофарбовані дерев'яні вішки довжиною 2 м, які встановлюють уздовж гону на відстані 300...400 м одна від одної. При цьому комбайнер повинен одночасно добре бачити не менше двох вішок. Першу вішку встановлюють на відстані 5,8 м від краю поля. Перший прохід виконує найбільш досвідчений комбайнер. Попередні прокоси та обкоси здійснюють жниварками ЖВН-6А.

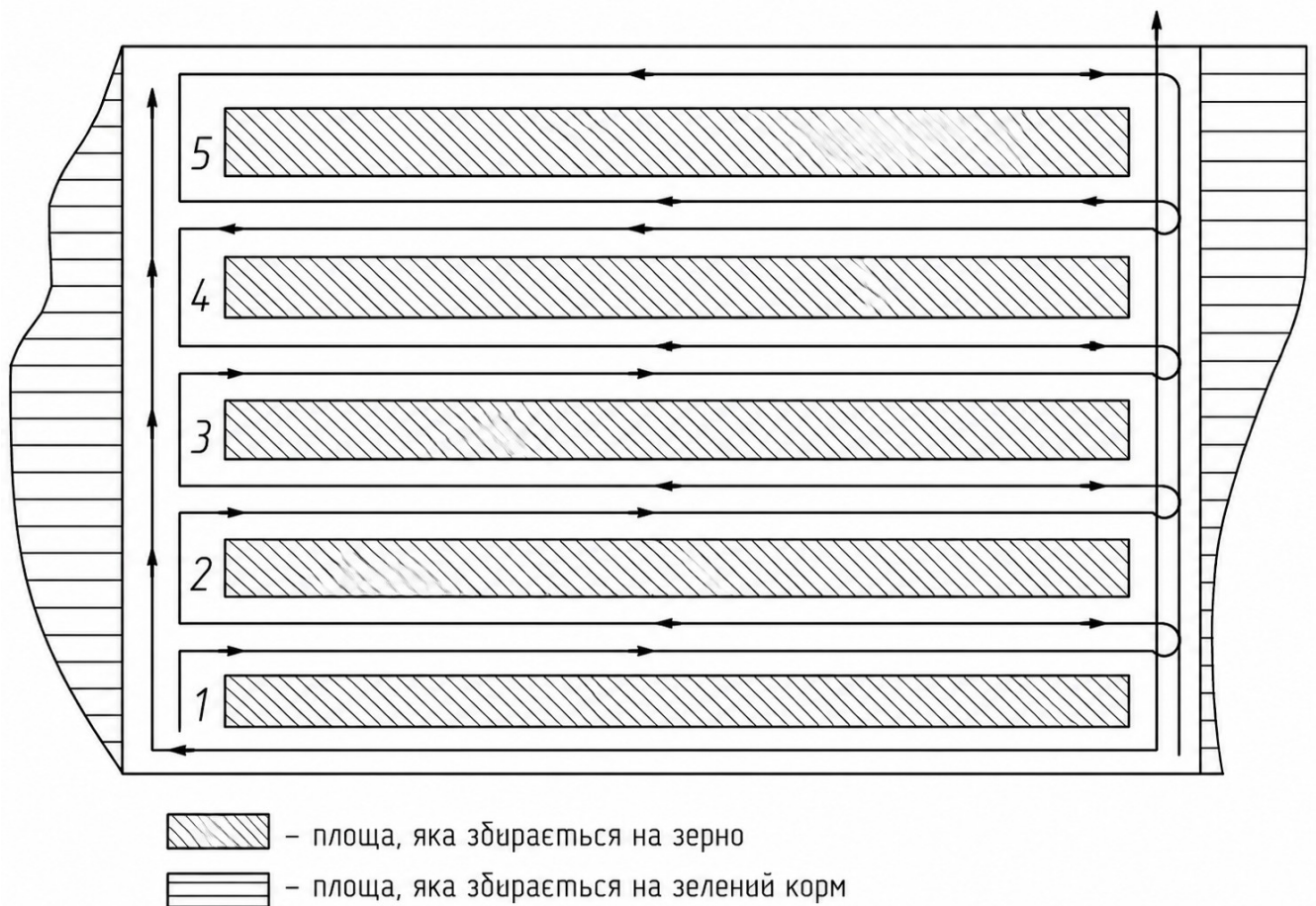


Рисунок 2.1 – Схема руху прокошуючого агрегату

Жниварка розпочинає обкошування біля загінки №1, виконуючи низький зріз стеблостою на висоті 10...12 см та рухаючись навколо поля проти годинникової стрілки. На одному з кінців загінки агрегат здійснює розворот і розширює прокіс. Після цього на краю загінки переходять до наступної, у результаті чого поле поділяється на окремі загони.

На великих за площею хлібних масивах протипожежні проорювання виконують подвійним проходом агрегату ХТЗ-150К-09 + ПЛН-5-35.

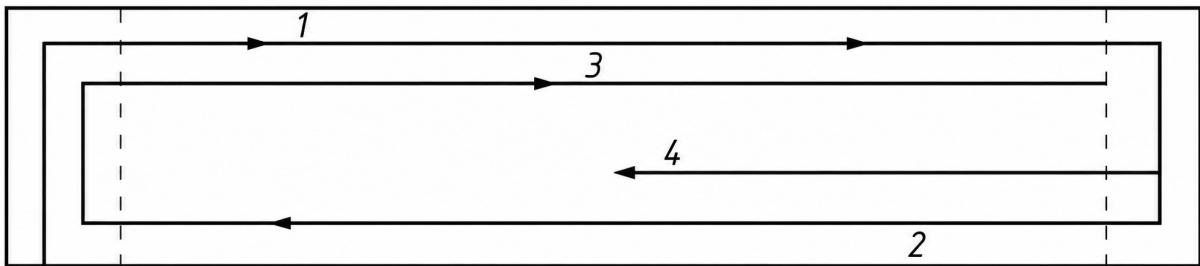


Рисунок 2.2 – Схема руху комбайна в загінці

Розмір загінки повинен бути не меншим за повну добову продуктивність жниварки або зернозбирального комбайна при прямому комбайнуванні. Послідовність руху комбайна в межах загінки наведена на рис. 2.2.

Технологічний розрахунок збирально-транспортного комплексу. Швидкість руху комбайна при прямому комбайнуванні обмежується пропускною спроможністю молотарки. Пропускна спроможність (q_n) комбайна нерідко буде вища за максимально можливу подачу зернової маси, оскільки швидкість руху комбайна обмежена величиною $V_{max}=2...2,2$ м/с (при великих швидкостях різко знижуються показники якості роботи жаток і підбирачів, зростають навантаження на всю конструкцію машини і напруженість праці комбайнера).

Визначаємо максимально допустиму швидкість руху комбайна виходячи із пропускної здатності при прямому комбайнуванні за формулою [4, 5, 18, 20]

$$V_{p \max} = \frac{10 \cdot q_n}{B_p \cdot H}, \quad (2.14)$$

де q_n - допустима пропускна спроможність машини, кг/с; B_p - робоча ширина захвату, м; H - біологічна врожайність культури, т/га;

Робоча ширина захвату визначається за формулою

$$B_p = \beta \cdot b_k, \quad (2.15)$$

де β – коефіцієнт використання ширини захоплення жнивarki ($\beta=0,95$) [4, 5, 18, 20];

b_k – конструктивна ширина захоплення, м.

Біологічна врожайність культури визначається за формулою

$$H = h \cdot (1 + \delta_e), \quad (2.16)$$

де h – врожайність зерна, т/га; δ_e - коефіцієнт солом'яності.

Визначимо граничну швидкість руху комбайна КЗС-9 при прямому комбайнуванні озимої пшениці за наступних умов: $b_k=6$ м; $h=4,41$ т/га; $\delta_e=1,3$; $\beta=0,95$; $q_n=9$ кг/с.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.16) отримаємо

$$H = 4,41 \cdot (1 + 1,3) = 10,12 \text{ т/га.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.15) отримаємо

$$B_p = 0,95 \cdot 6 = 5,7 \text{ м.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.14) отримаємо

$$V_{p \max} = \frac{10 \cdot 9}{5,7 \cdot 10,12} = 1,56 \text{ м/с.}$$

Продуктивність комбайна при прямому комбайнуванні визначаємо за формулою

$$W_o = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \cdot T_{зм}, \quad (2.17)$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни, $\tau=0,7$;

$T_{зм}=10$ год – тривалість зміни.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.17) отримаємо денний виробіток комбайна КЗС-9 на збиранні озимої пшениці прямим комбайнуванням:

$$W_{\delta} = 0,36 \cdot 5,7 \cdot 1,56 \cdot 0,7 \cdot 10 = 22,41 \text{га/зм.}$$

Проводимо розрахунок необхідної кількості техніки для збирання озимої пшениці. Потрібну кількість комбайнів визначимо за формулою

$$n = \frac{P_n}{D \cdot W_{\delta}}, \quad (2.18)$$

де P_n – площа поля, га; D – планована кількість днів роботи комбайна; W_{δ} – середній денний виробіток, га

Кількість комбайнів при прямому комбайнуванні визначається умов $P_n=70$ га, $W_{\delta}=22,41$ га/день.

З умов найменших втрат та із врахуванням обмежених матеріально-технічних можливостей господарства, плануємо термін збирання $D=10$ днів.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.18) отримаємо

$$n = \frac{70}{10 \cdot 22,41} = 0,31 \text{ од.}$$

Приймаємо 1 комбайн.

Проводимо розрахунок кількості транспортних засобів, для відвезення зерна з полів від комбайнів. Розрахунок потреби в транспорті для безперервної роботи комбайна може бути виконаний по середніх величинах [4, 5, 18, 20].

За наявності технологічної ємкості, кількість транспортних засобів визначається за формулою

$$n_m = \frac{t_{об} \cdot n_k}{t_{\sigma} \cdot n_{\sigma}}, \quad (2.19)$$

де $t_{об}$ – середній час поїздки транспортного засобу, хв; n_k – кількість комбайнів, од; t_{σ} – час заповнення технологічної ємкості і її розвантаження, хв; n_{σ} – кількість технологічних ємкостей, що вміщуються в кузов транспортного засобу, од.

Середній час поїздки транспортного засобу визначається за формулою

$$t_{об} = t_{pв} + t_{pб} + t_3 + t_p + t_{3в}. \quad (2.20)$$

де $t_{pв}, t_{pб}, t_3, t_p, t_{3в}$ – відповідно час руху з вантажем і без вантажу, завантаження, розвантаження і зважування транспортного засобу, хв.

$$t_{pв} = \frac{60 \cdot S}{V_{pв}}. \quad (2.21)$$

$$t_{pб} = \frac{60 \cdot S}{V_{pб}}. \quad (2.22)$$

де S – відстань транспортування зерна, км.; $V_{pв}, V_{pб}$ – швидкість руху транспортного засобу відповідно з вантажем і без вантажу, км/год.

Для вибору відстані транспортування виберемо найбільш віддалене від зернотоку поле – відстань складає 4,5 км.

Швидкість руху із зерном $V_{pв} = 15$ км/год, без зерна $V_{pб} = 20$ км/год [6].

Підставивши відповідні значення у формули (2.21-2.22) отримаємо

$$t_{pв} = \frac{60 \cdot 4,5}{15} = 18 \text{ хв.}$$

$$t_{pб} = \frac{60 \cdot 4,5}{20} = 13,5 \text{ хв.}$$

Час на завантаження транспортних засобів полі визначається за формулою

$$t_3 = t_в \cdot n_б + t_{пер} \cdot (n_б - 1), \quad (2.23)$$

де $t_в$ – час вивантаження технологічної ємкості агрегату, хв; $t_{пер}$ – час переїзду транспортного засобу, хв; $n_б$ – кількість ємкостей до повного завантаження транспортного засобу, од.

Кількість ємкостей до повного завантаження транспортного засобу визначається за формулою:

$$n_{\sigma} = \frac{G_{mp}}{V_{\sigma} \cdot \gamma_m}, \quad (2.24)$$

де γ_m – щільність матеріалу, кг/м³; G_{mp} – вантажопідйомність транспортного засобу, кг; V_{σ} – місткість технологічної ємкості, м³.

Вибираємо автомобіль Mercedes-Benz Atego і комбайн КЗС-9: $\gamma_m = 770$ км/м³; $G_{mp} = 5500$ кг; $V_{\sigma} = 6$ м³.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.18) отримаємо

$$n_{\sigma} = \frac{5500}{6 \cdot 770} = 1,19 \text{ од.}$$

Приймаємо $t_{nep} = 4$ хв [14].

Тривалість вивантаження визначається за формулою

$$t_{\sigma} = \frac{V_{\sigma} \cdot \gamma_m \cdot \lambda}{60 \cdot W_{uu}}, \quad (2.25)$$

де V_{σ} – об'єм бункера комбайна, м³; λ – коефіцієнт заповнення бункера, $\lambda = 0,95$; W_{uu} – продуктивність вивантажного шнека, кг/с ($W_{uu} = 48$ кг/с).

Підставивши відповідні значення у формулу (2.25) отримаємо

$$t_{\sigma} = \frac{6,7 \cdot 770 \cdot 0,95}{60 \cdot 48} \approx 1,7 \text{ хв.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.23) отримаємо

$$t_{\Sigma} = 1,7 \cdot 1,19 + 4 \cdot (1,19 - 1) = 1,54 \text{ хв.}$$

Приймаємо $t_p = 7,6$ хв, $t_{зв} = 4$ хв [14].

Час заповнення і вивантаження технологічної ємкості визначається за формулою

$$t_{\sigma} = t_m + t_{\sigma}, \quad (2.26)$$

де t_m – час заповнення технологічної ємкості, хв; t_{σ} – час вивантаження технологічної ємкості, хв.

$$t_m = \frac{V_{\bar{o}} \cdot \gamma_m \cdot \lambda}{60 \cdot U_m \cdot B_p \cdot V_p}, \quad (2.27)$$

де U_m – врожайність культури, кг/м²; B_p – робоча ширина захвату комбайна, м; V_p – робоча швидкість комбайна, м/с.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.27) отримаємо

$$t_m = \frac{6,7 \cdot 770 \cdot 0,95}{60 \cdot 0,44 \cdot 5,7 \cdot 1,56} = 20,83 \text{ хв.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.26) отримаємо

$$t_{\bar{o}} = 20,83 + 1,7 = 22,53 \text{ хв.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.20) отримаємо

$$t_{o\bar{o}} = 18 + 13,5 + 1,54 + 7,6 + 4 = 44,64 \text{ хв.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (2.19) отримаємо

$$n_m = \frac{44,64 \cdot 1}{22,53 \cdot 1,19} = 1,66 \text{ од.}$$

На підставі проведених розрахунків можна стверджувати, що для виключення простоїв через нестачу транспортних засобів слід мати 2 автомобілі.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

3.1. Аналіз існуючих конструкцій ходової частини зернозбиральних комбайнів

У зернозбиральних комбайнах різних фірм застосовується колісна ходова система, оснащена агропрофільними шинами. Колеса мають різний діаметр: передні приводні колеса є більшими за задні. Привід коліс у більшості випадків гідростатичний, що забезпечує плавне регулювання швидкості руху машини. Більшість виробників комбайнів не займаються виготовленням силових передач самостійно, а закупають їх у спеціалізованих підприємств [1, 8, 11, 22].

За вимогою споживача комбайни можуть комплектуватися приводом на всі 4 колеса. Це дозволяє забезпечити стійку та надійну роботу машин на схилах і перезволожених ґрунтах.

У окремих регіонах під час збирання врожаю часто спостерігається значна кількість опадів, унаслідок чого комбайни змушені працювати на вологих ґрунтах. Для таких умов застосовують комбайни спеціальних модифікацій, конструкція яких забезпечує зменшення питомого тиску машини на ґрунт. Деякі із цих модифікацій розглянуто нижче.

Спарені колеса – застосовують колеса меншої ширини порівняно з базовими. Зокрема, для комбайнів класу «Славутич» розмір базових приводних коліс становить $0150-30,5 \times 32$, а спарених – $2 \times 18,4 \times 36$ або $2 \times 20,8 \times 38$. Для утворення зазору між спареними колесами їх монтують на спеціальних дисках типу «тюльпан» або використовують спеціальні проставки між стандартними дисками. Однак така спарена конструкція ефективна переважно на рівних полях, оскільки при роботі на нерівній поверхні можливе пошкодження моста (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд конструкції спарених коліс комбайна John Deere

Широкі колеса – а нерівних полях застосовують шини, ширина яких у 1,5 раза перевищує ширину базових. Як правило, такими шинами обладнують лише міст ведучих коліс (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд шини з підвищеними показниками прохідності

Повний привід – привід на всі чотири колеса забезпечує підвищення прохідності машини та покращує її зчеплення з ґрунтом. Крім цього, комбайн стає більш керованим, оскільки на керовані колеса, що обертаються, налипає менша кількість ґрунту. Ефективність застосування повного приводу зростає при використанні широких коліс.

Напівгусеничний хід – замість ведучих коліс установлюють рушії з гусеничними стрічками. Це забезпечує підвищення прохідності машини

завдяки зменшенню питомого тиску на ґрунт у 3-4 рази та покращенню зчеплення з поверхнею порівняно зі стандартними колесами (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд конструкції рушіїв з гусеничною стрічкою

Гусеничний хід – застосовується під час роботи комбайнів на перезволожених полях. Його використання потребує внесення певних змін у конструкцію рами молотарки, зокрема встановлення підресорювання підвіски каретки, а також модернізації ведучого моста шляхом використання фрикційного механізму повороту та удосконалення рульового керування (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд комбайна Claas на гусеничному ході

Для підвищення прохідності комбайнів у складних ґрунтових умовах фірми «Claas», «John Deere» та інші за замовленням споживачів установлюють еластичну гусеничну ходову систему (рис. 3.5) власної конструкції («John Deere») або «Caterpillar» («Claas») [1, 8, 11, 22].



Рисунок 3.5 – Зернозбиральний комбайн фірми „Claas” на гусеничному ході

У приводних системах молотарок переважно застосовуються клинопасові передачі з підпружиненим попереднім натягом пасів, що вважається перспективним рішенням для вітчизняних зернозбиральних комбайнів, у яких здебільшого використовується фіксоване натягування. У клинопасових приводах варіатора та вентилятора очистки дедалі ширше впроваджують електрогвинтові важільні механізми замість гідрофікованих систем. Їх основною перевагою є забезпечення стабільної частоти обертання, тому в перспективі такі механізми можуть повністю замінити гідроприводні системи.

Загальний напрям удосконалення зернозбиральних комбайнів полягає у підвищенні їх продуктивності за рахунок збільшення надійності, покращення умов праці оператора, впровадження автоматизації технологічних процесів та підвищення потужності двигунів [1, 8, 11, 22].

Необхідний запас надійності забезпечується використанням у конструкціях комбайнів спеціальних профілів конструкційних матеріалів високої якості, а також особливостями самої конструкції машини. Насамперед значна увага приділяється міцності шасі, яке створює для комбайна надійну основу та забезпечує збереження всіх налаштувань і регулювань протягом тривалого періоду експлуатації.

3.2. Будова, принцип роботи та обґрунтування необхідності удосконалення конструкції

Запропоноване удосконалення ходової частини комбайна КЗС-9 „Славутич”, полягає у встановленні замість стандартних ведучих коліс (30,5LR-32 модель Ф-327) каретки із двома ведучими колесами (18,4-24 модель Ф-326) [1, 8, 11]. Дане вдосконалення ходової частини комбайна має ряд переваг, а саме: 1) підвищується плавність ходу, а це дає змогу одночасно покращити умови роботи комбайнера та якість роботи комбайна; 2) зменшується питомий тиск на ґрунт; 3) покращення зчеплення з ґрунтом; 4) уніфікація коліс ходової частини.

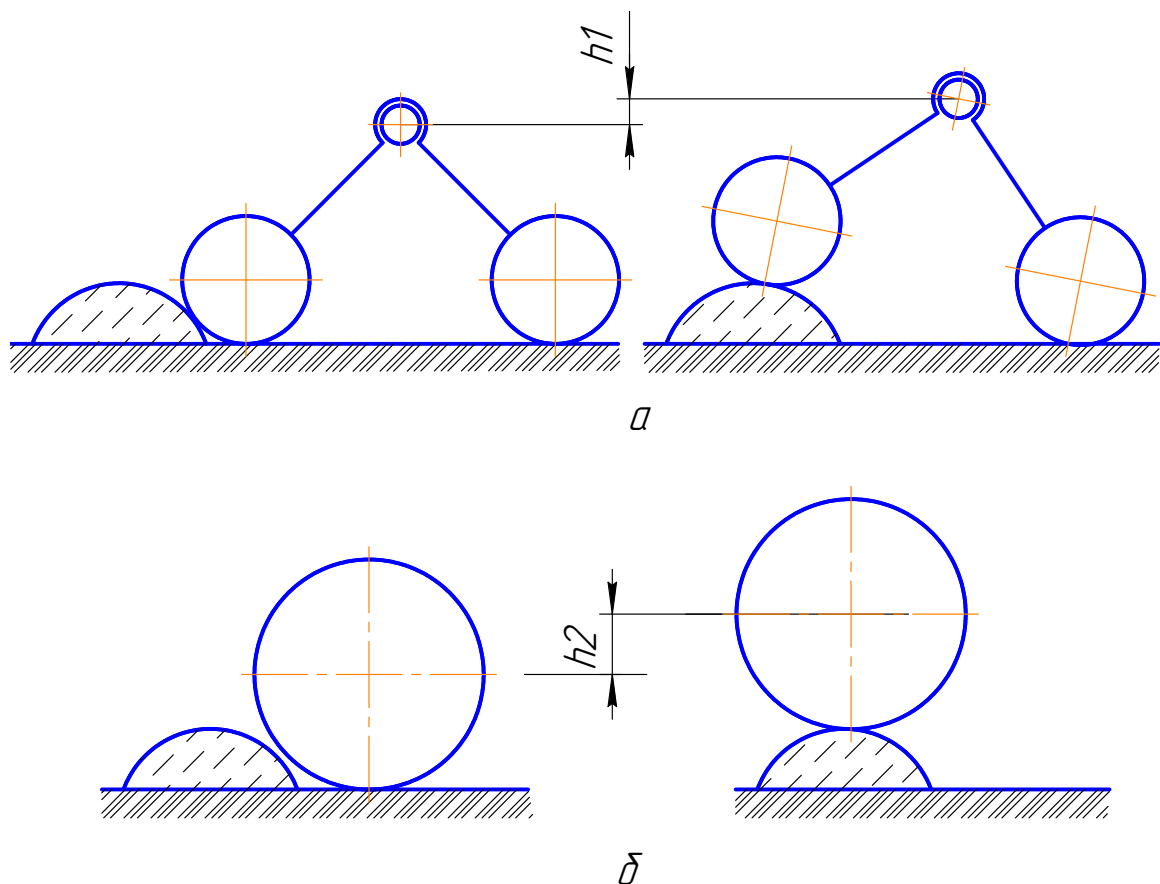


Рисунок 3.6 – Графічне відображення переваги запропонованої конструкції (а) над класичною схемою (б).

Каретка ведучих коліс кріпиться на балку ведучого моста 2 комбайна коромислом 3 через бронзові підшипники ковзання. Це дає змогу їй вільно

обертатися навколо вісі балки та забезпечувати цим плавність ходу комбайна, оскільки за рахунок перекочування коліс по перешкоді вдалось зменшити поперечні коливання (h_1 є суттєво меншою за h_2) як це видно з рис 3.6.

До коромисла 3 приварена вісь на якій закріплена ступиця 6. До ступиці 6 за допомогою болтового з'єднання кріпиться колесо 4 разом із подовжувачем 7 та веденим шківом 11.

Ведучий шків 9 приводу коліс кріпиться за допомогою болтового з'єднання до вісі ведучого колеса 10 комбайна. Колеса приводяться в рух за допомогою клинопасової передачі, що позитивно позначається на плавності руху комбайна.

У 2024 році комбайн КЗС-9 „Славутич”, що належить ТОВ «Долина-Агро» потрапив у ДТП внаслідок чого були значно пошкоджені приводні колеса (разом із дисками), а їх заміна потребувала значних капіталовкладень (за приблизними підрахунками понад 440000 грн.).

Враховуючи великі затрати коштів на ремонт, нами запропоновано описане вище конструктивне рішення, що дає змогу значно заощадити кошти. Дане рішення є перспективним оскільки, більша частина вузлів, що є найбільш затратними господарство має в наявності. Значну частину деталей конструкції можна було б виготовити у ремонтній майстерні господарства, а найбільш технологічно складні з них на спеціалізованому ремонтному підприємстві в м. Львів.

3.3. Розрахунок технологічних і конструктивних параметрів

3.3.1. Розрахунок клинопасової передачі приводних коліс

Міжосьову віддаль a пасової передачі визначається в основному конструкцією приводу машини. Рекомендоване для клинопасових передач [7]:

$$2(d_2 + d_1) \geq a \geq 0,55(d_2 + d_1) + h \quad (3.1)$$

Де d_1 і d_2 – діаметр шківів;

h – висота перерізу паса.

Отже, перевіряємо умову 3.1

$$2(280 + 450) \geq 840 \geq 0,55(280 + 450) + 36$$

$$1460 \geq 840 \geq 437,5$$

2. Розрахункова довжина паса L рівна сумі довжин прямолінійних ділянок та дуг охоплення шківів. Значення довжини паса знаходимо за формулою [7, 9, 15, 17]:

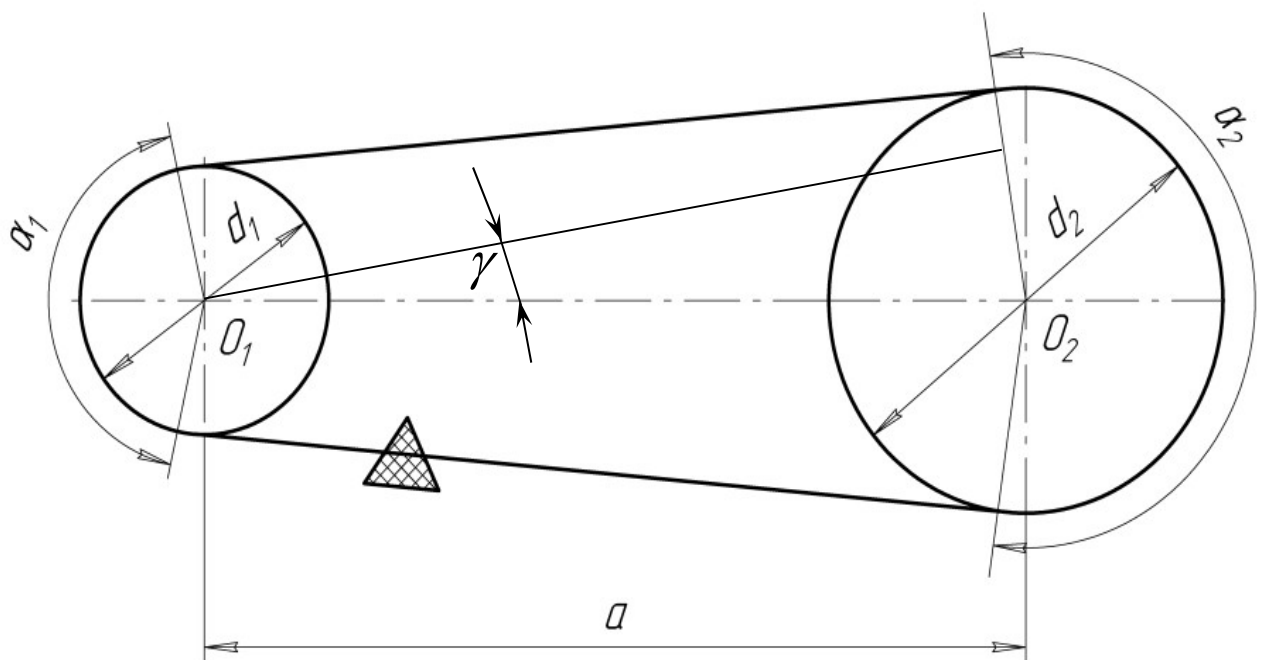


Рисунок 3.7 – Схема клинопасової передачі

$$L = 2a + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 + d_1)^2}{4a}. \quad (3.2)$$

Отже, розрахункова довжина паса становить:

$$L = 2 \cdot 840 + \frac{3,14}{2}(280 + 450) + \frac{(280 + 450)^2}{4 \cdot 840} = 1864,7 \text{ мм.}$$

3. Кут охоплення пасом малого шківа

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_2 - d_1}{a} \geq [\alpha_1] \quad (3.3)$$

Отже,

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{450 - 280}{840} = 168,46^\circ$$

Для клинопасової передачі кут охоплення становить $[\alpha_1] \geq 120^\circ$ [7, 9, 15, 17].

4. Обертальний момент на ведучому шківі.

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} \text{ Н}\cdot\text{м.} \quad (3.4)$$

$$T_1 = \frac{51,25 \cdot 10^3}{104,6} = 490 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

5. Розрахунок основних параметрів передачі

Передаточне число клинопасової передачі визначаємо за формулою:

$$u = \frac{d_2}{d_2(1 - \varepsilon)}. \quad (3.5)$$

де ε – коефіцієнт ковзання (0,01-0,02).

$$u = \frac{450}{280 \cdot (1 - 0,02)} = 1,64$$

Для клинопасової передачі передаточне відношення повинен становити $i \leq 7$.

Швидкість руху паса

$$v = \frac{\omega_1 d_1}{2} \text{ м/с} \quad (3.6)$$

$$v = \frac{104,6 \cdot 0,280}{2} = 14,64 \text{ м/с}$$

Кількість пробігів паса

$$i = \frac{V}{l} \text{ с}^{-1}, \quad (3.7)$$

$$i = \frac{14,64 \cdot 10^3}{1865} = 7,85 \text{ с}^{-1},$$

що менше допустимого $[i] = 12 \text{ с}^{-1}$.

6. Визначення кількості пасів [7, 9, 15, 17]

Попередньо вибираємо допоміжні коефіцієнти, що характеризують умови роботи приводного паса [7, 9, 15, 17]:

$$c_\alpha = 1 - 0,003 \cdot (180 - \alpha_1) = 1 - 0,003 \cdot (180 - 168,46) = 0,96 -$$

коефіцієнт, що враховує вплив кута обхвату;

$$c_l = 1,06 - \text{коефіцієнт фактичної довжини паса};$$

$c_p = 0,7$ – якщо коливання навантаження незначні;

$c_z = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує вид передачі і її розташування.

Допустима потужність для одного приводного паса типу А у заданих умовах роботи

$$[P] = P_0 c_\alpha c_l c_p c_z \text{ кВт.} \quad (3.8)$$

$$[P] = 108,51 \cdot 0,96 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 65,70 \text{ кВт.}$$

Кількість приводних пасів

$$z = \frac{P_1}{[P]}, \quad (3.9)$$

$$z = \frac{51,25}{65,70} = 0,78$$

приймаємо $z = 1$.

7. Зусилля в пасовій передачі

Попередній натяг пасів

$$F_0 = \frac{0,85 P_1 c_l}{v c_\alpha c_p} \cdot \text{Н.} \quad (3.10)$$

$$F_0 = \frac{0,85 P_1 c_l}{v c_\alpha c_p} = \frac{0,85 \cdot 2,31 \cdot 10^3 \cdot 1,06}{14,64 \cdot 0,96 \cdot 0,7} = 211,6 \text{ Н}$$

Навантаження на вали з боку пасів

$$F = 2 F_0 \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) \cdot \text{Н.} \quad (3.11)$$

$$F = 2 \cdot 211,6 \cdot \sin\left(\frac{168,46}{2}\right) = 236,5 \text{ Н.}$$

За отриманими розмірами поперечного перерізу паса, його типу та діаметрами d_1 і d_2 вибираються конструкції стандартних шківів і викреслюється клинопасова передача [7, 9, 15, 17].

Для клинового паса робочою поверхнею шківа є бокові сторони клинової канавки. Розміри і число канавок для клинових і поліклинових пасів стандартизовані. Кут профілю паса при згині на шківу змінюється порівняно з початковим, тому кут канавок установлюють залежно від діаметра шківа.

Шківви для клинових пасів виконують відповідно до стандартів із чавуну марки СЧ 15, сталевому литва 25 Л, алюмінієвих сплавів або зварними із штампованих дисків [7, 9, 15, 17].

Для компенсації витягування паса в процесі експлуатації, а також для полегшення надівання нових пасів передбачають регулювання міжосьової відстані пасової передачі. Натяжний пристрій повинен забезпечувати зміну міжосьової відстані у межах від $0,97 a$ до $1,06 a$.

3.3.2. Розрахунок зварного з'єднання подовжувача приводу коліс

Диски 1 та 3 з'єднані із корпусом подовжувача 2 зварним тавровим з'єднанням (рис. 3.8). Окрім того необхідно враховувати, що на зварний шов діє згинальний момент $M_1 = 2249$ Н·м, $M_2 = 650$ Н·м, крутний момент $T = 490$ Н·м, $d_1 = 246$ мм, $d_2 = 206$ мм.

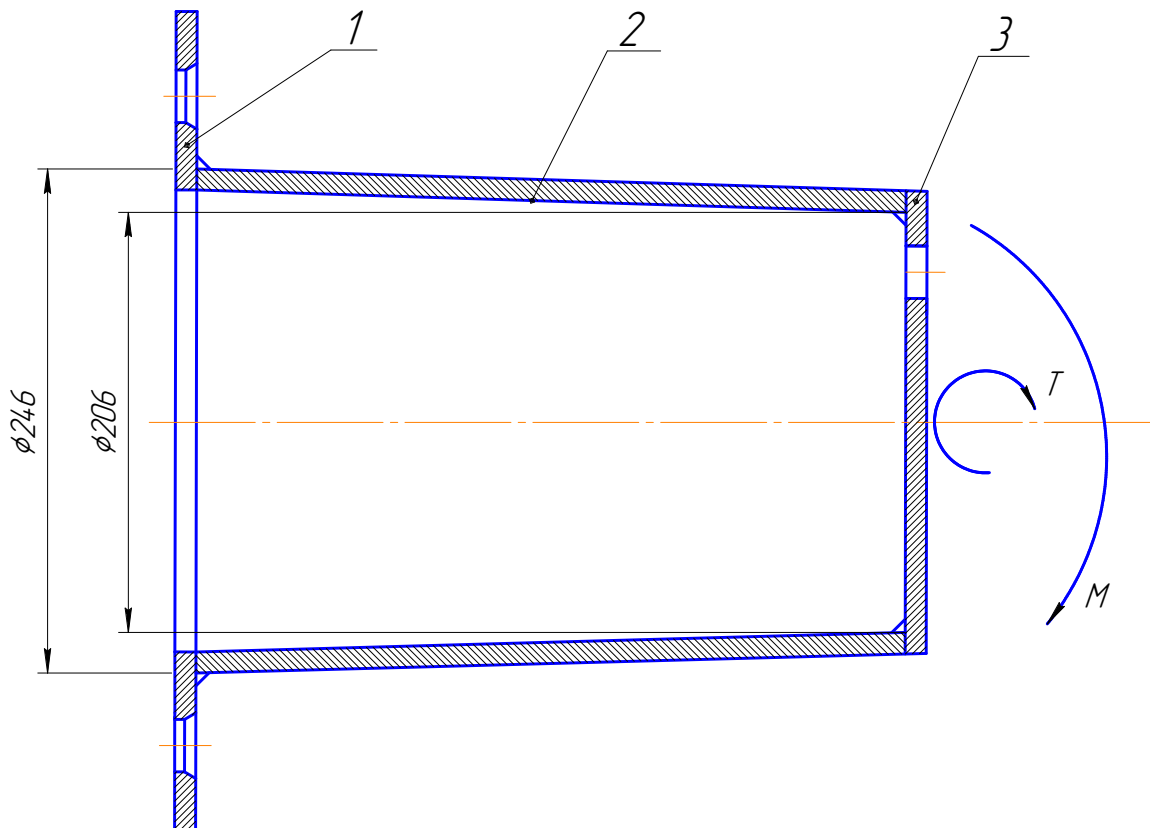


Рисунок 3.8 – Подовжувач кріплення веденого шків

Зварювання ручне дугове електродом Э 50А. Матеріали деталей Ст.3.

Розраховуємо межу міцності сталі [7, 9, 15, 17]:

$$[\sigma]_p = \sigma_T / s \quad (3.12)$$

де σ_T – межа текучості сталі труби ($\sigma_T = 220$ МПа);

s – коефіцієнт запасу міцності (від 1,4 до 1,6).

Отже використовуючи формулу 3.12:

$$[\sigma]_p = \frac{220}{1,6} = 137,5 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зрізу розраховуємо за формулою [7, 9, 15, 17]

$$[\tau'] = [\sigma]_p \cdot v \quad (3.13)$$

де v – коефіцієнт допустимого напруження при зрізі (від 0,5 до 0,65).

Отже використовуючи формулу 3.13:

$$[\tau'] = 137,5 \cdot 0,6 = 82,5 \text{ МПа}$$

Мінімальна довжина катета зварного шва визначаємо за формулою [7, 9, 15, 17] :

$$k \geq \frac{1}{[\tau_T]} \sqrt{\frac{(2T)^2 + (4M)^2}{(0,7d^2\pi)^2}} \quad (3.14)$$

Отже, використовуючи формулу 3.14 знаходимо:

мінімальну довжину катета зварного шва для диску 1 та подовжувача 2 становить

$$k_1 = \frac{1}{82,5} \cdot \sqrt{\frac{(2 \cdot 490)^2 + (4 \cdot 2249)^2}{(0,7 \cdot 0,206^2 \cdot 3,14)^2}} = 0,009 \text{ м} \approx 9 \text{ мм}$$

мінімальну довжину катета зварного шва для диску 3 та подовжувача 2 становить

$$k_2 = \frac{1}{82,5} \cdot \sqrt{\frac{(2 \cdot 490)^2 + (4 \cdot 650)^2}{(0,7 \cdot 0,206^2 \cdot 3,14)^2}} = 0,005 \text{ м} \approx 5 \text{ мм}$$

3.3.3. Розрахунок болтового з'єднання кріплення веденого шківів

Для з'єднання шківів приводу коліс з подовжувачем використаємо болтове з'єднання. Обертний момент, який передає варіатор, $T = 490 \text{ Н}\cdot\text{м}$; болти розміщені на колі $D_0 = 145 \text{ мм}$; кількість болтів $z = 5$.

Передбачається використання болтів класу міцності 6.6. Дані болти виготовляються зі сталі 40Г ($\sigma_s = 600$ МПа; ($\sigma_m = 360$ МПа). При коефіцієнті запасу міцності $s = 4$ допустиме напруження розтягу для болтів знаходимо за формулою [7, 9, 15, 17]:

$$[\sigma_p] = \sigma_m / s, \quad (3.15)$$

Отже

$$[\sigma_p] = 360 / 4 = 90 \text{ МПа.}$$

Необхідна сила затяжки болта визначаємо з формули:

$$F_0 = k \cdot F / (i \cdot f), \quad (3.16)$$

де F - зовнішня передача сили на один болт;

k – коефіцієнт надійності з'єднання (при статичному навантаженні з'єднання $k = 1,3 \dots 1,5$);

i – число пар площин стику;

f – коефіцієнт тертя ковзання в стиках деталей.

Зовнішню передачу сили на один болт визначаємо з формули [9, 15, 17]:

$$F = 2 \cdot T / (D_0 \cdot z), \quad (3.17)$$

Отже

$$F = 2 \cdot 490 \cdot 10^3 / (145 \cdot 5) = 1351,7 \text{ Н}$$

Скориставшись формулою (3.13) знаходимо необхідну силу затяжки болта:

$$F_0 = 1,5 \cdot 1351,7 / (1 \cdot 0,15) = 13517 \text{ Н}$$

Внутрішній діаметр різьби болтів знаходимо з рівняння [9, 15, 17]

$$d \geq \sqrt{4 \cdot F_0 \cdot \beta / (\pi \cdot [\sigma]_p)}, \quad (3.18)$$

де β – коефіцієнт умови міцності на розтяг ($\beta = 1,3$)

Отже

$$d \geq \sqrt{4 \cdot 13517 \cdot 1,3 / (3,14 \cdot 90)} = 15,77 \text{ мм}$$

На основі отриманих даних робимо висновок, що для з'єднання варіатора приводу мотовила та кріпильного диска використовуємо болти М16 [9, 15, 17].

3.3.4. Розрахунок болтового з'єднання кріплення ведучого шківів

Для з'єднання шківів приводу коліс з віссю ведучого колеса використаємо болтове з'єднання. Обертний момент, який передає варіатор, $T = 980 \text{ Н}\cdot\text{м}$; болти розміщені на колі $D_0 = 335 \text{ мм}$; кількість болтів $z = 8$.

Передбачається використання болтів класу міцності 6.6. Дані болти виготовляються зі сталі 40Г ($\sigma_s = 600 \text{ МПа}$; ($\sigma_m = 360 \text{ МПа}$). При коефіцієнті запасу міцності $s = 4$ допустиме напруження розтягу для болтів знаходимо за формулою (3.15) [9, 15, 17]:

$$[\sigma_p] = 360 / 8 = 45 \text{ МПа.}$$

Зовнішню передачу сили на один болт визначаємо з формули (3.17):

$$F = 2 \cdot 980 \cdot 10^3 / (335 \cdot 8) = 731,3 \text{ Н}$$

Скориставшись формулою (3.16) знаходимо необхідну силу затяжки болта:

$$F_0 = 1,5 \cdot 731,3 / (1 \cdot 0,15) = 7131 \text{ Н}$$

Внутрішній діаметр різьби болтів знаходимо з рівняння (3.18):

$$d \geq \sqrt{4 \cdot 7131 \cdot 1,3 / (3,14 \cdot 45)} = 16,2 \text{ мм}$$

На основі отриманих даних робимо висновок, що для з'єднання варіатора приводу мотовила та кріпильного диска використовуємо болти М18 [9, 15, 17].

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Характеристика виробничих небезпек і шкідливих факторів

У процесі виробничої діяльності сільськогосподарських підприємств, залежно від їх спеціалізації, працівники піддаються впливу різних виробничих небезпек та шкідливих факторів, серед яких фізичні, хімічні, біологічні та психологічні [2, 6, 14].

До фізичних виробничих небезпек належать рухомі машини й механізми, запиленість та загазованість повітря робочої зони, підвищені або знижені температури, а також високі рівні шуму і вібрації [10, 14].

Зазначені небезпечні фактори виникають під час виконання збиральних робіт у польових умовах і при переробці насінневого матеріалу, особливо в процесі очищення та сушіння зерна. Особливу увагу необхідно приділяти технологічній операції збирання зернових культур, яка виконується на відкритій місцевості за різних погодних умов і температурних режимів. Підвищений рівень шуму та вібрацій характерний для роботи старих і зношених комбайнів, значна кількість яких експлуатується у господарствах району. Канцерогенний вплив мають відпрацьовані гази двигунів, які містять значну кількість оксиду вуглецю. Найбільшу небезпеку становить концентрація відпрацьованих газів під час запуску та прогрівання двигунів у боксах і під навісами, а також у разі потрапляння вихлопних газів у кабінку механізатора.

Розглянемо основні вимоги техніки безпеки під час проведення жнив. До роботи на комбайнах і жатках не допускаються особи, які не мають посвідчення на право керування даними машинами та не пройшли відповідний інструктаж з техніки безпеки. Перед початком зернозбиральних робіт комбайнер отримує від бригадира виробниче завдання та проходить інструктаж з охорони праці. Після реєстрації інструктажу в журналі комбайнер повинен

ознайомитися з маршрутом руху, вивчити рельєф поля та визначити місця поворотів.

Після того як комбайнер переконається у відсутності сторонніх осіб поблизу комбайна, необхідно подати звуковий сигнал, запустити двигун і перевірити роботу всіх механізмів на різних режимах, починаючи з мінімальної частоти обертання колінчастого вала. Забороняється торкатися руками обертових механізмів машини, а також перебувати поблизу негороджених шківів, пасів, ланцюгів і зірочок. Усі захисні кожухи та щитки повинні бути встановлені на штатні місця і надійно закріплені. Не допускається надівання пасів і ланцюгів на шків та зірочки, а також змашування підшипників під час роботи машини. Перед початком руху необхідно подавати попереджувальний сигнал [10, 14].

Забороняється буксирування комбайна при ввімкненій передачі. Необхідно регулярно контролювати справність гальмівної системи, рульового керування та засобів сигналізації. Після зупинки комбайна важіль перемикання передач слід перевести у нейтральне положення та вимкнути молотарку.

Важливою вимогою є те, що працівники, які працюють на комбайнах і жатках, повинні бути забезпечені зручним спецодягом без звисаючих елементів, а також користуватися захисними окулярами. На машині обов'язково має бути аптечка з необхідним набором медикаментів. Упродовж світлового дня поле готують до проведення збиральних робіт: усувають або позначають віхами перешкоди, поділяють поле на загінки площею не більше 50 га, виконують їх обкошування та прокошування, розорюють прокоси і готують поворотні смуги.

Не допускається керування комбайном сторонніми особами, які не закріплені за даною машиною відповідним наказом адміністрації господарства. У випадку необхідності усунення несправностей у польових умовах комбайн слід зупинити на рівній ділянці поля, після чого заглушити двигун і вивісити на рульовому колесі табличку з написом: «Не вмикати! Працюють люди». Заборонено залишати комбайн із працюючим двигуном та виходити з нього під

час руху. Усі регульовальні роботи і технічне обслуговування виконують лише після повної зупинки машини. Якщо виникає потреба у виконанні робіт під машиною, її попередньо встановлюють на надійні підпірки.

Під час роботи в загінці комбайнер повинен постійно контролювати, щоб на обертові вузли жатки не намотувалась соломка, оскільки внаслідок тертя може виникнути пожежа. Очищення вузлів від намотаної соломи необхідно проводити у рукавицях із використанням спеціального гачка. Під час виконання поворотів і розворотів швидкість руху комбайна не повинна перевищувати 0,8-1,1 м/с (3-4 км/год). Забороняється транспортування комбайна на схилах крутістю понад 15°. Проштовхувати зерно з бункера до вивантажувального шнека дозволяється лише за допомогою дерев'яної лопатки.

Під час вивантаження зерна заборонено перебувати у кузові транспортного засобу, розрівнювати зерно, стояти під вивантажувальним шнеком, а також переходити з комбайна в кузов транспортного засобу і навпаки. Розрівнювання зерна допускається тільки після повної зупинки транспортного засобу, при цьому працівник повинен стояти обличчям у напрямку вітру.

Транспортування зерна за наявності людей у кузові автомобіля не допускається. Під час групової роботи комбайнів на одному полі від комбайнерів вимагається підвищена уважність і дотримання заходів безпеки. Одного з комбайнерів, який має найбільший досвід роботи, призначають старшим. Він контролює дотримання безпечної дистанції між комбайнами в загінці, не допускає перебування сторонніх осіб поблизу машин та відпочинку біля загінок. Для відпочинку працівників у полі встановлюють пересувні вагончики або визначають спеціально відведені місця, про розташування яких комбайнерів повідомляють завчасно.

У разі виникнення грози роботу необхідно негайно припинити, вимкнути двигун комбайна та відійти від машини на відстань не менше 15 м. Після дощу переїзд комбайна через канали, рух по схилах і підйомах, а також виконання розворотів дозволяється здійснювати лише на першій передачі. Під

час переїздів необхідно дотримуватись заздалегідь розробленого маршруту руху.

У випадку виконання комбайнових робіт у нічний час перед початком роботи необхідно перевірити надійність кріплення та справність електрообладнання: генератора, реле-регулятора, акумуляторної батареї, а також стан ізоляції електромережі. Крім цього, слід перевірити кріплення і роботу габаритних ліхтарів, центрального перемикача, передніх і задніх фар, які повинні забезпечувати достатнє освітлення поля перед комбайном, жатки, двигуна та копнувача [10, 14].

Розглянемо основні протипожежні заходи під час збирання врожаю. Перед початком збирання зернових культур керівники господарств повинні організувати охорону хлібних масивів. З цією метою встановлюють постійне спостереження за посівами з вишок, призначають дозорців, сторожів та об'їзджиків. У кожному господарстві створюють добровільні пожежні дружини. Відповідальність за протипожежний стан на окремих виробничих ділянках персонально покладається на бригадирів, керуючих відділеннями господарств та інших відповідальних осіб.

До роботи на комбайнах, тракторах, автомобілях та інших машинах, задіяних на збиральних роботах, допускаються лише особи, які пройшли пожежно-технічний мінімум і мають відповідні посвідчення, підписані керівником господарства та представником Державного пожежного нагляду.

Для запобігання виникненню пожеж двигуни комбайнів, тракторів та інших самохідних машин повинні бути справними та утримуватися в чистоті. Не допускається перегрівання двигуна, а всі несправності, що можуть його спричинити, необхідно негайно усувати. Під час роботи слід систематично контролювати технічний стан системи охолодження, своєчасно регулювати паливну апаратуру, ретельно очищати колектор двигуна та випускную трубу від пилу, соломи і випадково пролитого пального, а також не допускати підтікання у з'єднаннях паливної системи. Іскрогасник і випускную трубу необхідно регулярно очищати від нагару. Перед початком збиральних робіт спеціальна

комісія за участю представників пожежної охорони перевіряє готовність усієї техніки, виділеної для проведення жнив, та оформляє відповідний акт.

Комбайнери, трактористи, машиністи та їх помічники повинні добре знати правила пожежної безпеки і суворо дотримуватися їх під час роботи. Зернозбиральні комбайни комплектують двома вогнегасниками, чотирма лопатами, 5-6 мітлами, відром, брезентом розміром 2×2 м, ящиком із піском та металевим ящиком із кришкою для зберігання ганчірок. Усе протипожежне обладнання розміщують у доступних та зручних для використання місцях.

Випускний колектор двигуна комбайна необхідно захищати металевою сіткою або щитком для запобігання потраплянню на нього соломи та полови. Захисну сітку, а також вали й механізми, що швидко обертаються, слід періодично очищати від рослинних решток. Крім цього, необхідно контролювати надійність кріплення барабана та бітерів на валах, а також величину зазорів між деталями комбайна, що обертаються, з метою недопущення надмірного тертя і перегрівання механізмів [10, 14].

4.2. Структурно-функціональний аналіз процесу збирання ранніх зернових культур

Процес збирання ранніх зернових культур є складною виробничою системою, яка включає сукупність взаємопов'язаних технологічних, технічних та організаційних операцій, спрямованих на своєчасне та якісне отримання зернової продукції з мінімальними втратами. Ефективність функціонування даної системи залежить від узгодженої роботи зернозбиральних комбайнів, транспортних засобів, обслуговуючого персоналу та організації виробничого процесу в цілому [10].

Основною метою процесу збирання є забезпечення мінімальних втрат зерна, високої продуктивності машинно-тракторних агрегатів та оптимальних витрат ресурсів. Для досягнення цієї мети необхідно забезпечити

безперервність технологічного процесу, раціональне використання техніки та своєчасне виконання всіх операцій.

Структурно процес збирання ранніх зернових культур можна поділити на декілька взаємопов'язаних етапів [10, 14]:

- підготовка техніки до роботи;
- підготовка поля до збирання;
- безпосереднє виконання збиральних робіт;
- транспортування зерна;
- післязбиральне обслуговування техніки.

На етапі підготовки техніки здійснюється технічний огляд зернозбиральних комбайнів, регулювання робочих органів, перевірка систем живлення, мащення, ходової частини та робочих механізмів. Від якості виконання цих операцій залежить надійність роботи техніки під час жнив.

Підготовка поля до збирання включає обстеження посівів, визначення врожайності, вологості зерна, вибір способу руху агрегатів, розбивку поля на загінки та організацію транспортного забезпечення. Раціональна організація руху техніки дозволяє зменшити непродуктивні втрати часу та палива.

Основним етапом є безпосередній процес збирання зернових культур, який виконується зернозбиральним комбайном КЗС-9. Під час роботи комбайн здійснює зрізання стебел, подавання рослинної маси до молотильного апарата, обмолот зерна, сепарацію та очищення зернової маси. Якість виконання технологічного процесу залежить від технічного стану машини, правильності регулювання робочих органів, швидкості руху та стану посівів.

Функціональна структура процесу збирання передбачає взаємодію основних елементів системи [10, 14]:

- зернозбирального комбайна;
- транспортних засобів;
- операторів машин;
- системи технічного обслуговування;
- організаційного управління виробничим процесом.

Порушення роботи хоча б одного з елементів призводить до зниження продуктивності всієї системи та збільшення втрат зерна. Особливо важливе значення має узгодження роботи комбайнів і транспортних засобів, оскільки простой під час вивантаження зерна негативно впливають на ефективність використання техніки.

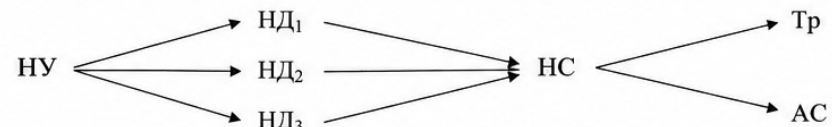
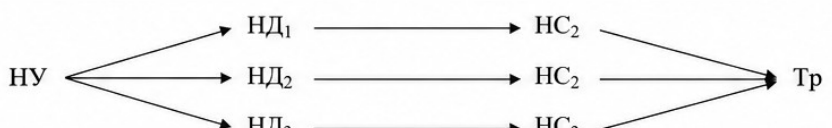
У процесі експлуатації зернозбиральних комбайнів значний вплив на продуктивність та якість роботи має стан ходової частини. Недостатня прохідність, підвищений питомий тиск на ґрунт та погіршення тягово-зчіпних властивостей можуть спричинити буксування, ущільнення ґрунту та збільшення витрат палива. Саме тому в даному дипломному проєкті передбачено удосконалення ходової частини комбайна КЗС-9, що дозволить підвищити ефективність роботи машини в польових умовах.

Для оцінки ефективності процесу збирання використовують такі основні показники [10, 14]:

- продуктивність комбайна;
- витрати палива;
- рівень втрат зерна;
- коефіцієнт використання робочого часу;
- собівартість виконання робіт;
- надійність функціонування технічних засобів.

Аналіз структури та функціонування процесу збирання ранніх зернових культур дозволяє виявити основні фактори, що впливають на ефективність виконання робіт, та обґрунтувати напрями удосконалення технічних і організаційних рішень. Запропоноване вдосконалення ходової частини комбайна КЗС-9 сприятиме підвищенню продуктивності збирального процесу, зменшенню витрат палива та покращенню умов експлуатації техніки.

Таблиця 4.1 – Структурно-функціональний аналіз формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час механізованого збирання зернових культур

| Вид робіт, виробничий підрозділ, робоче місце, виробниче обладнання, склад агрегату | Виробнича безпека | | | Можливі наслідки | Заходи запобігання небезпечним ситуаціям |
|--|--|--|--|---|--|
| | Небезпечна умова (НУ) | Небезпечна дія (НД) | Небезпечна ситуація (НС) | | |
| 1. Збирання ранніх зернових культур (КЗС-9) Робоче місце: комбайнер Обладнання: зернозбиральний комбайн КЗС-9 | <ul style="list-style-type: none"> – Несправність шнека вивантажувального пристрою НУ₁ – Слизьке або нерівне поле, ухил місцевості НУ₂ – Недостатня видимість (пил, туман) НУ₃ | <ul style="list-style-type: none"> – Комбайнер вирішив усунути поломку шнека під час роботи НД₁ – Комбайнер вирішив рухатися з піднятим мотовилом НД₂ – Комбайнер продовжив роботу при недостатній видимості НД₃ | Самовільний рух агрегату, зіткнення з перешкодою, перекидання комбайна або падіння в рів/канаву НС | <ul style="list-style-type: none"> – Травмування комбайнера – Пошкодження техніки – Аварійна ситуація | <ul style="list-style-type: none"> – Проведення щоденного технічного обслуговування та огляду комбайна – Заборона усунення несправностей під час роботи агрегату – Дотримання безпечної швидкості руху та правил роботи в складних умовах |
| Модель процесу:  | | | | | |
| 2. Транспортування та вивантаження зерна (автотранспорт) Робоче місце: водій транспортного засобу Обладнання: трактор, зерновоз | <ul style="list-style-type: none"> – Несправність гальмівної системи або рульового керування НУ₁ – Перевантаження транспортного засобу НУ₂ – Недостатня фіксація кузова при вивантаженні НУ₃ | <ul style="list-style-type: none"> – Водій вирішив продовжити рух при несправних гальмах НД₁ – Водій здійснив рух з перевантаженням НД₂ – Водій вирішив вивантажити зерно без фіксації автомобіля НД₃ | Втрата керування, зіткнення з іншими ТЗ або об'єктами, падіння кузова, травмування працівників НС ₂ | <ul style="list-style-type: none"> – Травмування водія та інших працівників – Пошкодження техніки – Розсипання зерна, збитки | <ul style="list-style-type: none"> – Своєчасне технічне обслуговування та перевірка гальм, рульового керування – Дотримання нормативної вантажопідйомності – Надійна фіксація транспортного засобу перед вивантаженням |
| Модель процесу:  | | | | | |

4.3. Захист навколишнього середовища

Сільськогосподарське виробництво, зокрема процес збирання ранніх зернових культур, пов'язане з впливом на навколишнє природне середовище. Під час виконання технологічних операцій виникають викиди відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння, ущільнення ґрунту ходовими системами машин, забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами, а також підвищений рівень шуму та пилу. Тому при організації процесу збирання врожаю в ТОВ «Долина-Агро» необхідно передбачити заходи щодо мінімізації негативного впливу техніки на довкілля.

Одним із основних джерел забруднення атмосфери є зернозбиральні комбайни та транспортні засоби, що працюють на дизельному паливі. Під час роботи двигунів у повітря виділяються оксиди азоту, оксид вуглецю, сажа та інші шкідливі речовини. Для зменшення викидів необхідно підтримувати двигуни у технічно справному стані, своєчасно проводити технічне обслуговування паливної апаратури, використовувати якісне паливо та мастильні матеріали. Важливим заходом є недопущення тривалої роботи двигунів на холостому ходу [21].

Під час збирання ранніх зернових культур значний вплив на стан ґрунту має ходова частина комбайна. Великі навантаження на поверхню поля спричиняють ущільнення ґрунту, що погіршує його водно-повітряний режим, знижує біологічну активність та врожайність сільськогосподарських культур [21]. У даному дипломному проєкті передбачено удосконалення ходової частини комбайна КЗС-9, що дозволяє зменшити питомий тиск на ґрунт та покращити прохідність машини. Це сприяє зниженню ступеня ущільнення ґрунту та зменшенню негативного впливу на агроєкосистему.

Для зменшення руйнування структури ґрунту необхідно дотримуватись встановлених технологічних колій, уникати зайвих проходів техніки по полю та виконувати польові роботи за оптимальної вологості ґрунту. Раціональна

організація руху машинно-тракторних агрегатів дозволяє скоротити площу ущільнення та знизити витрати палива.

Особливу увагу слід приділяти запобіганню забрудненню ґрунту й водою паливно-мастильними матеріалами. Заправку та технічне обслуговування машин необхідно здійснювати лише у спеціально відведених місцях, обладнаних засобами збору нафтопродуктів. Забороняється допускати витікання пального або мастил під час експлуатації техніки. Використані мастильні матеріали та фільтри повинні збиратися у спеціальні ємності та передаватися на утилізацію відповідно до чинних екологічних вимог.

Під час роботи зернозбиральних комбайнів утворюється значна кількість пилу та рослинних решток. Для зменшення запиленості повітря необхідно підтримувати справний технічний стан молотильно-сепарувальних систем комбайнів, а також дотримуватись оптимальних режимів роботи машин. Солому та інші рослинні залишки доцільно використовувати як органічне добриво або сировину для тваринництва, що сприятиме раціональному використанню ресурсів та підвищенню родючості ґрунтів.

З метою забезпечення екологічної безпеки в господарстві необхідно проводити інструктажі працівників щодо правил поведінки з паливно-мастильними матеріалами, дотримання вимог пожежної безпеки та охорони навколишнього середовища. Контроль за технічним станом сільськогосподарської техніки та дотриманням екологічних норм дозволить зменшити негативний вплив виробничої діяльності на довкілля [21].

Отже, впровадження запропонованих заходів під час організації збирання ранніх зернових культур у ТОВ «Долина-Агро» забезпечить зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище, сприятиме збереженню родючості ґрунтів та підвищенню екологічної безпеки виробництва.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ

Впродовж роботи комбайнів на полях підприємство несе наступні витрати: 1) експлуатаційні витрати; 2) втрати через несвоєчасність зернозбиральних робіт. Питомі експлуатаційні витрати на одиницю виконаної агрегатом роботи, (грн/га) визначають [12, 19]:

$$C_V = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (5.1)$$

де C_1 – оплата праці персоналу, який обслуговує агрегат, грн/га; C_2 – вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га; C_3 – відрахування на реновацію комбайна, грн/га; C_4 – відрахування на ремонт та технічне обслуговування, грн/га.

Оплата праці обслуговуючого персоналу дорівнює, грн/га;

$$C_1 = \frac{n_1 \cdot T_1 + n_2 \cdot T_2 + \dots + n_6 \cdot T_6}{W_{\text{год}}} \quad (5.2)$$

де n_1, n_2, \dots, n_6 – чисельність працівників, які обслуговують агрегат, окремо за кожною кваліфікацією (розрядом); T_1, T_2, \dots, T_6 – годинна оплата праці, грн./год; $W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність, га/год.

Вартість паливно-мастильних матеріалів:

$$C_2 = C_K \cdot G_{\text{П}} \quad (5.3)$$

де C_K – комплексна ціна одного кілограма палива, грн/га; $G_{\text{П}}$ – погектарна витрата палива, кг.

Питомі витрати на амортизацію комбайна:

$$C_3 = \frac{B_K \cdot a_K \cdot k_r}{100 \cdot S_c} \quad (5.4)$$

де B_K – балансова вартість комбайна, грн; a_K – відсоток відрахування на реновацію, %; k_r – коефіцієнт зайнятості; S_c – сезонна площа збирання зернових культур, га.

Питомі відрахування на ремонт і технічне обслуговування становлять:

$$C_4 = \frac{B_K \cdot P_K}{100 \cdot W_K^{\text{год}} \cdot T_K} \quad (5.5)$$

де P_K – відсоток відрахувань на ремонт і технічне обслуговування комбайна, %; $W_K^{год}$ – годинна продуктивність машини, га/год; T_K – нормативне річне завантаження r -ї машини, год [12, 19, 20].

Наведемо приклад визначення питомих експлуатаційних витрат підприємства для комбайна КЗС-9. Зазначимо, що площа, яку збирають комбайни в інтенсивний період становить: 1) John Deere 9560I – 140 га; 2) КЗС-9– 113 га (СК-5, „Нива” на даний момент часу перебуває в ремонті).

Використовуючи початкові дані (табл. 1.2) та сезонну площу комбайнів встановлено:

- оплата праці обслуговуючого персоналу:

$$C_1 = \frac{1 \cdot 170,07 + 1 \cdot 108,84}{1,95} = 143,03 \text{ грн/га};$$

- вартість паливно-мастильних матеріалів:

$$C_2 = 90 \cdot 10,2 + 320 \cdot 0,1 = 950,00 \text{ грн/га};$$

- питомі витрати на амортизацію комбайна:

$$C_3 = \frac{4150000 \cdot 15 \cdot 0,85}{100 \cdot 113} = 4682,52 \text{ грн/га};$$

- питомі відрахування на ремонт і технічне обслуговування становлять:

$$C_4 = \frac{950000 \cdot 0,068}{1,95 \cdot 120} = 1205,98 \text{ грн/га}.$$

Тоді, питомі сукупні витрати підприємства на збирання зернових культур комбайном КЗС-9 на площі 113 га становлять:

$$C_V = 143,03 + 950,00 + 4682,52 + 1205,98 = 6981,54 \text{ грн/га}.$$

Велике значення питомих експлуатаційних витрат внаслідок використання комбайна КЗС-9 зумовлене його вартістю та значними відрахуваннями на амортизацію та поточний ремонт і ТО. Таким чином, встановлені показники експлуатаційних витрат та втрат підприємства дає змогу оцінити ефективність виробництва зернових культур у ТОВ «Долина-Агро».

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. У роботі досліджено виробничо-технічні ресурси ТОВ «Долина-Агро», структуру земельних угідь та посівних площ господарства. Це дозволило визначити основні напрямки діяльності підприємства, оцінити рівень забезпечення технікою та встановити необхідність удосконалення процесу збирання ранніх зернових культур.

2. Проведено аналіз урожайності основних сільськогосподарських культур та структури посівів господарства. Отримані результати показали тенденцію до підвищення врожайності зернових культур, що підтверджує ефективність застосовуваних агротехнічних заходів та необхідність своєчасного проведення збиральних робіт для мінімізації втрат урожаю.

3. Досліджено склад машинно-тракторного парку та технічний стан зернозбиральної техніки господарства. Це дало можливість встановити, що комбайн КЗС-9 потребує модернізації ходової частини, а використання орендованої техніки збільшує витрати на виконання збиральних робіт.

4. У роботі проаналізовано організаційні форми збирання ранніх зернових культур та особливості виконання збиральних робіт. Це дозволило обґрунтувати доцільність застосування прямого комбайнування як найбільш ефективного способу збирання в умовах господарства.

5. Досліджено агротехнічні вимоги до процесу збирання зернових культур, зокрема строки збирання, допустимі втрати зерна та режими роботи комбайна. Це дало можливість визначити оптимальні параметри виконання жнив та забезпечити зменшення втрат урожаю і підвищення якості зерна.

6. У процесі проектування технологічного процесу збирання озимої пшениці виконано розрахунок параметрів підготовки поля та організації руху комбайнових агрегатів. Отримані результати дозволяють підвищити продуктивність роботи техніки, скоротити непродуктивні простой та раціонально використовувати збиральний комплекс.

7. Проведено аналіз конструкцій ходових частин зернозбиральних комбайнів та досліджено особливості роботи комбайна КЗС-9 в польових умовах. Це дало можливість обґрунтувати необхідність удосконалення ведучого моста для підвищення надійності та покращення прохідності машини.

8. У роботі спроєктовано конструкцію каретки ведучого моста та виконано розрахунки її основних елементів на міцність. Проведені розрахунки підтвердили працездатність і надійність запропонованої конструкції, що дозволяє підвищити ефективність роботи комбайна під час збирання зернових культур.

9. Досліджено умови праці під час виконання збиральних робіт та визначено основні небезпечні й шкідливі виробничі фактори. Це дало можливість запропонувати заходи з охорони праці, які сприятимуть підвищенню безпеки механізаторів та зниженню ризику виробничого травматизму.

10. Проведено техніко-економічне оцінювання запропонованих рішень. Отримані результати показали, що удосконалення ходової частини комбайна КЗС-9 та оптимізація технологічного процесу збирання дозволяють зменшити витрати на виконання робіт, підвищити продуктивність техніки та покращити економічні показники господарства.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Головчук А.Ф., Марченко В.І., Орлов В.Ф. Комбайни зернозбиральні. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. URL: https://www.gidropress.com/book/combine2004/080_inf_book_combine2004_000_index.html (дата звернення: 12.04.2026).
2. Гряник Г.М. Охорона праці / Гряник Г.М. та ін. Київ: Урожай, 2004. 272 с.
3. Гуков Я.С., Лінник М.К., Адамчук В.В., та ін.. Збирання зернових і зернобобових культур у 2008 році. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2008. 42 с.
4. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В. І. Пастухова. Харків : Веста, 2001. 347 с.
5. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс [навч. посіб. Для студентів інженерних спеціальностей осв.-кваліф. Рівня «Бакалавр»] / І.М. Бендера, В.П. Грубий, П.І. Роздорожнюк та ін. / за ред. І.М. Бендери, В.П. Грубого, П.І. Роздорожнюка. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2013. 576 с.
6. Жидецький В.Н., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2001. 349 с.
7. Кініцький Я. Т. Теорія механізмів і машин. Київ : Наукова думка, 2002. 660 с.
8. Коваль С. Особливості конструкції та основні експлуатаційно-технологічні показники роторних зернозбиральних комбайнів фірми „Case IH” *Техніка АПК*. 2008. №4. С.44-45.
9. Коновалюк Д. М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. Київ : Кондор, 2004. 584 с.
10. Лехман С.Д. та ін. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б.І. Рябцев. Київ: Урожай, 2003. 272с.
11. Макаренко М., Мельник О. Комбайни зернозбиральні : навч. посібн. для здобувач. проф. (проф.-тех.) освіти. Київ : Грамота, 2023. 256 с.
12. Марченко В. Методика визначення показників економічної

ефективності використання комплексів машин та машинно-тракторного парку. *Збірник наук.пр. НАУ. Механізац. с.г. ви-ва.* Том. XIV. 2003. С. 189-194.

13. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / [редкол. : М. В. Зубець (гол. редколегії) та ін.]. Київ : Урожай, 2004. 560 с

14. Охорона праці при збиранні сільськогосподарських культур. URL: <http://dtn.corp2.net/> (дата звернення: 12.04.2026)

15. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин. Львів : Афіша, 2003. 560 с.

16. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. -5-те вид., виправ., допов. Львів: НВФ „Українські технології”, 2020. 806 с.

17. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підймальних і транспортувальних машин. Бондарев В. С. та ін. Київ : Вища школа, 2009. 734 с

18. Практикум із машиновикористання в рослинництві. Навчальний посібник / За ред. Мельника І.І. Київ : Кондор. 2009. 284 с.

19. Про затвердження Методики очислення вартості машино-дня та збитків від простою машин” постанова Кабінету міністрів України від 12 липня 2004 р. N 885. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/> (дата звернення 5.05.2026 р.).

20. Типові норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / [В. В. Вітвіцький, І. М. Демчак, В. С. Пивовар та ін.]. Київ : НДІ „Украгропромпродуктивність”, 2005. 544 с.

21. Ткачук О.П., Шкатула Ю.М., Тітаренко О.М. Сільськогосподарська екологія: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 542 с.

22. Srivastava, Ajit K., Carroll E. Goering, Roger P. Rohrbach, and Dennis R. Buckmaster. 2006. Agricultural mechanization and some methods of study. Chapter 1 in *Engineering Principles of Agricultural Machines*, 2nd ed., 1-14. St. Joseph, Michigan: ASABE. Copyright American Society of Agricultural and Biological Engineers.