

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**В. о. завідувача кафедри
технічного сервісу та інженерного
менеджменту імені
М. П. Момотенка**

_____ **Руслан ШАТРОВ**

«_____» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Розробка конструкції зчіплювального пристрою зернозбирального
комбайна Славутич»**

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Гарант освітньої програми

_____ **д.т.н., професор**
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Володимир БУЛГАКОВ**
(підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

_____ **к.т.н., доцент**

_____ **Євтушенко Володимир Дмитрович**

Виконав

_____ **Педь Антон Сергійович**

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного менеджменту

імені М. П. Момотенка

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

« ____ » _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Педю Антону Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Розробка конструкції зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна Славутич»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «15» квітня 2026 р. № 1044
«С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20 травня 2026 року _____
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Матеріали первинного бухгалтерського обліку, нормативно-методичні матеріали, науково-технічна література

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ І ЗЧІПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ.

2. РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА

3. РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4. РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ...

Перелік графічних документів: **Електронна презентація на 14 слайдів**

Дата видачі завдання «06» січня 2026 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Свтушенко Володимир Дмитрович

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Педь Антон Сергійович

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ І ЗЧІПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	8
1.1 Загальна характеристика зернозбирального комбайна «Славутич»	8
1.2 Призначення та умови роботи зчіплювального пристрою	9
1.3 Огляд існуючих конструкцій зчіплювальних пристроїв	10
1.4 Основні вимоги до зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна.	12
1.5 Аналіз можливих несправностей зчіплювального пристрою	13
1.6 Обґрунтування необхідності розробки удосконаленої конструкції	14
1.7 Вибір конструктивної схеми зчіплювального пристрою	16
Висновки до розділу 1	17
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	18
2.1 Загальна технологічна схема роботи зернозбирального комбайна.....	18
2.2 Технологічна схема агрегування комбайна з транспортним візком жатки.	19
2.3 Схема дії сил на зчіплювальний пристрій	21
2.4 Розрахункова схема зчіплювального пристрою	23
2.5 Технологічна схема виготовлення зчіплювального пристрою	26
2.6 Вибір матеріалів для деталей зчіплювального пристрою	28
2.7 Розрахунок основних технологічних параметрів агрегату	29
2.8 Схема розташування зчіплювального пристрою на комбайні	35
2.9 Контроль якості та технічне обслуговування зчіплювального пристрою.....	36
Висновки до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	39
3.1 Вихідні дані для розрахунку	39
3.2 Визначення розрахункового навантаження на зчіплювальний пристрій.....	40
3.3 Розрахунок пальця зчіплювального пристрою на зріз	42
3.4 Визначення мінімального діаметра пальця	43

3.5 Перевірка пальця на зминання	44
3.6 Перевірка пальця на згин	44
3.7 Розрахунок запасу міцності пальця	44
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	45
4.1 Загальні положення з охорони праці	45
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	46
4.3 Вимоги безпеки під час виготовлення зчіплювального пристрою	48
4.4 Вимоги безпеки під час монтажу зчіплювального пристрою на комбайн ..	50
4.5 Вимоги безпеки під час агрегування комбайна з транспортним візком жатки.....	51
4.6 Вимоги безпеки під час транспортування жатки.....	52
4.7 Вимоги безпеки під час технічного обслуговування таремонту...	53
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ.....	55
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66

ВСТУП

Зернозбиральні комбайни є одними з найважливіших машин у сільськогосподарському виробництві, оскільки від їхньої надійності, продуктивності та технічного стану значною мірою залежить своєчасність і якість збирання врожаю. У сучасних умовах аграрного виробництва особлива увага приділяється не лише основним робочим органам комбайна, а й допоміжним вузлам, які забезпечують безпечну експлуатацію, транспортування та агрегування машини з додатковим обладнанням.

Одним із таких важливих вузлів є зчіплювальний пристрій зернозбирального комбайна. Він призначений для з'єднання комбайна з транспортним візком жатки або іншим причіпним обладнанням. Під час роботи та транспортних переїздів зчіплювальний пристрій сприймає значні тягові, вертикальні, бокові, ударні та динамічні навантаження. Тому його конструкція повинна бути міцною, надійною, довговічною, зручною в обслуговуванні та безпечною для працівників.

Актуальність теми бакалаврської роботи полягає в необхідності підвищення надійності та безпечності агрегування зернозбирального комбайна «Славутич» із транспортним візком жатки. У процесі експлуатації зчіплювальні пристрої часто зазнають зношування, деформацій, появи люфтів, пошкодження пальців, втулок, зварних швів і кріпильних елементів. Це може призвести до погіршення керованості агрегату, збільшення часу на технічне обслуговування, виникнення аварійних ситуацій і простоїв техніки. У зв'язку з цим розробка удосконаленої конструкції зчіплювального пристрою є доцільною та практично значущою.

Метою бакалаврської роботи є розробка конструкції зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич», яка забезпечує надійне з'єднання комбайна з транспортним візком жатки, підвищує безпеку експлуатації та має достатній запас міцності під час роботи в польових і

транспортних умовах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати призначення, будову та умови роботи зернозбирального комбайна «Славутич»;
- розглянути існуючі конструкції зчіплювальних пристроїв і визначити їхні переваги та недоліки;
- обґрунтувати необхідність удосконалення конструкції зчіплювального пристрою;
- розробити технологічну схему роботи комбайна із зчіплювальним пристроєм;
- визначити основні технологічні параметри агрегату;
- виконати розрахунок навантажень, які діють на зчіплювальний пристрій;
- провести розрахунок пальця, скоби, кронштейна, зварних і болтових з'єднань;
- запропонувати заходи з охорони праці під час виготовлення, монтажу й експлуатації пристрою;
- сформулювати висновки щодо працездатності та доцільності використання запропонованої конструкції.

Об'єктом дослідження є процес агрегування зернозбирального комбайна «Славутич» із транспортним візком жатки.

Предметом дослідження є конструкція зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна, його основні елементи, навантаження та умови роботи.

Під час виконання роботи використано методи аналізу конструкцій сільськогосподарських машин, інженерні методи розрахунку деталей машин, методи визначення силових навантажень, перевірки міцності елементів конструкції на зріз, зминання, згин, а також методи оцінки безпечності

експлуатації технічних засобів.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована конструкція зчіплювального пристрою може бути використана для підвищення надійності та ремонтпридатності вузла агрегування зернозбирального комбайна «Славутич». Застосування посиленого кронштейна, пальця достатнього діаметра, змінних втулок і надійного стопорного елемента дозволяє зменшити зношування деталей, підвищити довговічність конструкції та забезпечити безпечне транспортування жатки.

Бакалаврська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків і списку використаних джерел. У першому розділі наведено аналіз конструкцій зернозбиральних комбайнів і зчіплювальних пристроїв. У другому розділі розглянуто технологічну схему роботи агрегату та виготовлення пристрою. У третьому розділі виконано розрахунок основних елементів конструкції. У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці під час виготовлення, монтажу та експлуатації зчіплювального пристрою.

Отже, розробка конструкції зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич» є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності, безпечності та надійності використання зернозбиральної техніки в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ І ЗЧІПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

1.1 Загальна характеристика зернозбирального комбайна «Славутич»

Зернозбиральний комбайн є однією з основних машин у технологічному процесі збирання зернових культур. Його призначення полягає у виконанні комплексу операцій: зрізування стеблостою, подавання хлібної маси до молотильного апарата, обмолоту, сепарації, очищення зерна, накопичення його в бункері та вивантаження у транспортні засоби. Ефективність роботи комбайна значною мірою залежить не лише від параметрів молотильно-сепарувальної системи, а й від надійності допоміжних вузлів, до яких належать зчіплювальні та причіпні пристрої.

Комбайн «Славутич» належить до самохідних зернозбиральних машин, призначених для збирання зернових, зернобобових, круп'яних та інших культур. У виробничих умовах комбайн може агрегатуватися з жатками, візками для транспортування жаток, причіпними пристроями та допоміжними транспортними засобами. Саме тому конструкція зчіплювального пристрою повинна забезпечувати надійне з'єднання, безпечне транспортування та зручність експлуатації.

Зчіплювальний пристрій комбайна виконує важливу роль під час перевезення жатки на транспортному візку, переміщення допоміжного обладнання, а також під час маневрування машинно-тракторного агрегату в польових і дорожніх умовах. Недостатня міцність або недосконала конструкція такого пристрою може призвести до підвищеного зношування деталей, втрати стійкості агрегату, аварійних ситуацій або простоїв техніки.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика зернозбирального комбайна «Славутич»

Показник	Характеристика
Тип машини	Самохідний зернозбиральний комбайн
Основне призначення	Збирання зернових, зернобобових та інших культур

Показник	Характеристика
Основні робочі органи	Жатка, похила камера, молотильний апарат, сепаратор, очисна система, бункер
Допоміжне обладнання	Транспортний візок жатки, причіпні та зчіплювальні пристрої
Умови роботи	Польові умови, ґрунтові дороги, транспортні переїзди
Основні вимоги до експлуатації	Продуктивність, надійність, безпечність, зручність обслуговування

Таким чином, зернозбиральний комбайн «Славутич» є складною технічною системою, у якій кожен вузол має важливе значення для забезпечення стабільної роботи. Зчіплювальний пристрій є одним із відповідальних елементів, оскільки сприймає тягові, ударні, згинальні та динамічні навантаження.

1.2 Призначення та умови роботи зчіплювального пристрою

Зчіплювальний пристрій зернозбирального комбайна призначений для з'єднання комбайна з причіпним або напівпричіпним обладнанням. Найчастіше він використовується для транспортування жатки на спеціальному візку під час переїздів між полями, дорогами загального користування або в межах господарства.

Основними функціями зчіплювального пристрою є:

- передавання тягового зусилля від комбайна до причіпного обладнання;
- забезпечення шарнірного або напівшарнірного з'єднання між машинами;
- компенсація кутових переміщень під час поворотів і руху по нерівностях;
- сприйняття динамічних навантажень під час рушання, гальмування та маневрування;

- забезпечення безпечного і швидкого приєднання та від'єднання причіпного обладнання.

Під час експлуатації зчіплювальний пристрій працює в складних умовах. На нього діють змінні за величиною і напрямком навантаження, що виникають під час руху нерівною поверхнею, подолання поворотів, гальмування, транспортування жатки або іншого обладнання. Через це конструкція повинна мати достатній запас міцності, жорсткості та зносостійкості.

Таблиця 1.2 – Основні навантаження, що діють на зчіплювальний пристрій

Вид навантаження	Причина виникнення	Вплив на конструкцію
Тягове навантаження	Рух комбайна з причепленим обладнанням	Розтягування або стискання елементів зчипки
Вертикальне навантаження	Маса дишла або частини причіпного обладнання	Згинання кронштейнів і пальців
Динамічне навантаження	Рушання, гальмування, ривки під час руху	Втомне руйнування, послаблення з'єднань
Бокове навантаження	Повороти, рух по нерівностях	Перекося, зношування отворів і пальців
Ударне навантаження	Різка зміна швидкості або наїзд на перешкоди	Поява тріщин, деформація деталей

З аналізу умов роботи видно, що зчіплювальний пристрій повинен забезпечувати не лише міцне з'єднання, а й певну рухомість між комбайном і причіпним обладнанням. Це дозволяє зменшити напруження в деталях і підвищити довговічність конструкції.

1.3 Огляд існуючих конструкцій зчіплювальних пристроїв

У сільськогосподарській техніці застосовують різні типи зчіплювальних пристроїв. Вибір конкретної конструкції залежить від призначення машини, маси причіпного обладнання, умов роботи, швидкості руху та вимог до безпеки.

Найбільш поширеними є такі типи зчіплювальних пристроїв:

1. **Жорсткі зчіплювальні пристрої** — забезпечують просте з'єднання причіпного обладнання з машиною. Вони мають нескладну конструкцію, але недостатньо компенсують кутові переміщення.

2. **Шарнірні зчіпки** — дозволяють причіпному обладнанню змінювати положення відносно комбайна у вертикальній або горизонтальній площині.

3. **Причіпні скоби з пальцем** — найбільш поширені завдяки простоті виготовлення, ремонту та експлуатації.

4. **Кульові зчіпні пристрої** — забезпечують значну свободу кутових переміщень, але потребують точнішого виготовлення і якісного обслуговування.

5. **Автоматичні зчіплювальні пристрої** — підвищують зручність роботи, але мають складнішу конструкцію та вищу вартість.

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика типів зчіплювальних пристроїв

Тип пристрою	Переваги	Недоліки	Доцільність використання для комбайна
Жорстка зчіпка	Проста конструкція, легке виготовлення	Погано компенсує перекося, підвищує навантаження на раму	Обмежена
Скоба з пальцем	Надійність, ремонтпридатність, доступність деталей	Можливе зношування отворів і пальця	Висока
Шарнірна зчіпка	Компенсує кутові переміщення, знижує напруження	Складніша конструкція	Висока
Кульовий пристрій	Добра рухомість у різних площинах	Вища точність виготовлення, потреба в догляді	Середня
Автоматична зчіпка	Зручність і швидкість агрегатування	Складність, висока вартість	Доцільна для сучасних машин, але не завжди

Тип пристрою	Переваги	Недоліки	Доцільність використання для комбайна
			економічно виправдана

Для зернозбирального комбайна «Славутич» найбільш доцільною є конструкція зчіплювального пристрою у вигляді посиленої причіпної скоби з пальцем або шарнірного вузла. Такий варіант є простим у виготовленні, забезпечує достатню надійність і може бути відремонтований у виробничих умовах господарства.

1.4 Основні вимоги до зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна

Зчіплювальний пристрій комбайна повинен відповідати комплексу технічних, експлуатаційних, технологічних та безпекових вимог. Недотримання цих вимог може призвести до передчасного зношування, поломок, пошкодження жатки або виникнення аварійної ситуації під час транспортування.

До основних технічних вимог належать:

- достатня міцність елементів конструкції;
- стійкість до динамічних і ударних навантажень;
- надійність фіксації причіпного обладнання;
- мінімальний люфт у з'єднаннях;
- можливість роботи в умовах пилу, вологи та забруднення;
- ремонтпридатність і простота заміни зношених деталей.

Важливе значення має також технологічність конструкції. Деталі зчіплювального пристрою повинні бути придатними для виготовлення з доступних матеріалів із застосуванням стандартних операцій: різання, свердління, зварювання, токарної та фрезерної обробки.

Таблиця 1.4 – Вимоги до конструкції зчіплювального пристрою

Група вимог	Зміст вимог
Конструктивні	Простота будови, компактність, можливість встановлення на раму комбайна
Міцнісні	Стійкість до розтягу, стиску, згину, зрізу та ударних навантажень
Експлуатаційні	Зручне приєднання, надійна фіксація, мінімальне технічне обслуговування
Технологічні	Можливість виготовлення зі стандартного прокату та типових деталей
Ремонтні	Заміна пальця, втулок, кріпильних елементів без складного обладнання
Безпекові	Запобігання самовільному роз'єднанню, наявність стопорних елементів
Економічні	Невисока собівартість виготовлення та обслуговування

Зчіплювальний пристрій повинен бути розрахований із запасом міцності, оскільки в реальних умовах експлуатації фактичні навантаження можуть значно перевищувати статичні. Особливо це стосується руху по нерівних польових дорогах, коли виникають додаткові вертикальні та бокові зусилля.

1.5 Аналіз можливих несправностей зчіплювального пристрою

Під час експлуатації зчіплювального пристрою можливе виникнення різних несправностей. Найчастіше вони пов'язані з дією змінних навантажень, недостатнім змащуванням, забрудненням, спрацюванням отворів, ослабленням кріпильних елементів або перевищенням допустимого навантаження.

Основними несправностями зчіплювального пристрою є:

- зношування пальця зчипки;
- збільшення діаметра отворів у скобі або кронштейні;
- поява тріщин у зварних швах;
- деформація кронштейна;

- послаблення болтових з'єднань;
- руйнування стопорних елементів;
- корозія деталей.

Таблиця 1.5 – Основні несправності зчіплювального пристрою та способи їх усунення

Несправність	Можлива причина	Наслідки	Спосіб усунення
Зношування пальця	Відсутність змащування, високі навантаження	Збільшення люфту, удари під час руху	Заміна пальця, застосування загартованої сталі
Розбиття отворів	Динамічні навантаження, перекося	Порушення співвісності, нестійкість з'єднання	Встановлення втулок, ремонтне розточування
Тріщини у зварних швах	Перевантаження, погана якість зварювання	Можливе руйнування вузла	Зачищення, повторне зварювання, підсилення косинками
Деформація кронштейна	Ударні навантаження, недостатня товщина металу	Зміщення осі зчипки	Виправлення або заміна деталі
Ослаблення болтів	Віб्राції, відсутність стопоріння	Розхитування вузла	Підтягування, використання стопорних шайб
Корозія деталей	Волога, відсутність захисного покриття	Зменшення міцності, ускладнення ремонту	Очищення, фарбування, антикорозійний захист

Аналіз несправностей показує, що найбільш навантаженими елементами є палець зчипки, отвори кронштейнів, зварні шви та місця кріплення до рами. Саме ці елементи необхідно враховувати під час подальшого розрахунку конструкції.

1.6 Обґрунтування необхідності розробки удосконаленої конструкції

У процесі експлуатації зернозбирального комбайна «Славутич» зчіплювальний пристрій повинен забезпечувати надійну роботу в різних виробничих умовах. Однак типові конструкції не завжди повністю відповідають сучасним вимогам до міцності, довговічності та зручності обслуговування.

Основними недоліками традиційних конструкцій є:

- недостатня стійкість до ударних і динамічних навантажень;
- швидке зношування пальця та отворів;
- наявність люфтів після тривалої експлуатації;
- складність ремонту окремих елементів;
- недостатнє підсилення місць кріплення до рами;
- відсутність змінних втулок або захисних елементів;
- недостатня надійність стопоріння пальця.

Удосконалення конструкції зчіплювального пристрою може полягати у збільшенні товщини несучих елементів, використанні змінних втулок, застосуванні високоміцного пальця, підсиленні кронштейнів косинками, поліпшенні фіксації з'єднання та забезпеченні зручного технічного обслуговування.

Таблиця 1.6 – Напрями удосконалення зчіплювального пристрою

Недолік існуючої конструкції	Запропонований напрям удосконалення	Очікуваний результат
Швидке зношування отворів	Встановлення змінних втулок	Підвищення ремонтпридатності
Недостатня міцність кронштейна	Підсилення ребрами жорсткості або косинками	Зменшення деформацій
Зношування пальця	Використання сталі підвищеної міцності	Збільшення строку служби
Наявність люфту	Підвищення точності виготовлення та встановлення втулок	Стабільніше з'єднання
Можливість самовільного роз'єднання	Надійний стопорний механізм	Підвищення безпеки
Складність ремонту	Застосування розбірної конструкції	Скорочення часу обслуговування

Розробка удосконаленої конструкції є актуальною, оскільки дозволяє підвищити надійність агрегування комбайна з транспортним візком жатки та іншим причіпним обладнанням. Це сприятиме зменшенню простоїв,

підвищенню безпеки транспортування та зниженню витрат на ремонт.

1.7 Вибір конструктивної схеми зчіплювального пристрою

На основі проведеного аналізу для зернозбирального комбайна «Славутич» доцільно застосувати зчіплювальний пристрій у вигляді посиленого кронштейна зі скобою, знімним пальцем, стопорним елементом і змінними втулками. Така конструкція поєднує простоту виготовлення, надійність і можливість швидкого ремонту.

Основними елементами запропонованої конструкції можуть бути:

- несучий кронштейн;
- причіпна скоба;
- зчіпний палець;
- змінні втулки;
- стопорний шплінт або фіксатор;
- підсилювальні косинки;
- болтові або зварні кріплення до рами комбайна.

Таблиця 1.7 – Основні елементи запропонованого зчіплювального пристрою

Елемент конструкції	Призначення	Матеріал або виконання
Несучий кронштейн	Передавання навантаження на раму комбайна	Сталевий лист або профіль
Причіпна скоба	З'єднання з дишлом причіпного обладнання	Зварна або суцільна сталева деталь
Зчіпний палець	Фіксація дишла у скобі	Сталь підвищеної міцності
Змінні втулки	Захист отворів від зношування	Сталь або бронза залежно від умов роботи
Стопорний елемент	Запобігання випадінню пальця	Шплінт, пружинний фіксатор або замок
Косинки жорсткості	Підсилення кронштейна	Сталевий лист
Кріпильні елементи	Монтаж пристрою на	Болти, гайки, шайби або

Елемент конструкції	Призначення	Матеріал або виконання
	рамі	зварні шви

Запропонована схема є раціональною для умов експлуатації комбайна, оскільки дозволяє забезпечити міцність, простоту обслуговування та можливість швидкої заміни деталей, які найбільше зношуються.

Висновки до розділу 1

У першому розділі було розглянуто призначення та умови роботи зернозбирального комбайна «Славутич», а також проаналізовано роль зчіплювального пристрою в забезпеченні безпечної та ефективної експлуатації машини. Встановлено, що зчіплювальний пристрій сприймає значні тягові, вертикальні, бокові, ударні та динамічні навантаження.

Проведений аналіз існуючих конструкцій показав, що найбільш доцільним для комбайна є застосування посиленого зчіплювального пристрою типу скоби з пальцем або шарнірного вузла. Така конструкція є простою, надійною, ремонтпридатною та придатною для виготовлення в умовах ремонтної майстерні.

Визначено основні недоліки традиційних конструкцій: зношування пальця і отворів, поява люфтів, деформація кронштейнів, недостатня надійність фіксації та складність ремонту. Для усунення цих недоліків запропоновано застосувати змінні втулки, підсилювальні косинки, палець із міцнішого матеріалу та надійний стопорний механізм.

Отже, розробка удосконаленої конструкції зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич» є актуальною та обґрунтованою, оскільки сприятиме підвищенню надійності, довговічності й безпеки роботи комбайна під час агрегування з причіпним обладнанням.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА РОБОТИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ІЗ ЗЧІПЛЮВАЛЬНИМ ПРИСТРОЄМ

2.1 Загальна технологічна схема роботи зернозбирального комбайна

Технологічний процес роботи зернозбирального комбайна «Славутич» полягає у послідовному виконанні операцій зрізування хлібної маси, її транспортування до молотильного апарата, обмолоту, сепарації, очищення зерна, накопичення зерна у бункері та вивантаження його в транспортний засіб. Додатково комбайн може виконувати операції агрегатування з транспортним візком жатки або іншим причіпним обладнанням за допомогою зчіплювального пристрою.

Зчіплювальний пристрій використовується переважно під час транспортних переїздів, коли жатка знімається з комбайна і встановлюється на транспортний візок. У такому випадку комбайн виступає тяговою машиною, а зчіплювальний пристрій забезпечує надійне з'єднання комбайна з візком жатки.

Технологічна схема роботи комбайна включає такі основні етапи:

6. Підготовка комбайна до роботи.
7. Агрегатування комбайна з жаткою.
8. Зрізування і подавання хлібної маси.
9. Обмолот і сепарація зерна.
10. Очищення зернової маси.
11. Накопичення зерна в бункері.
12. Вивантаження зерна у транспортний засіб.
13. Від'єднання жатки та встановлення її на транспортний візок.
14. Агрегатування комбайна з транспортним візком за допомогою зчіплювального пристрою.

15. Транспортування жатки до іншої ділянки або місця зберігання.

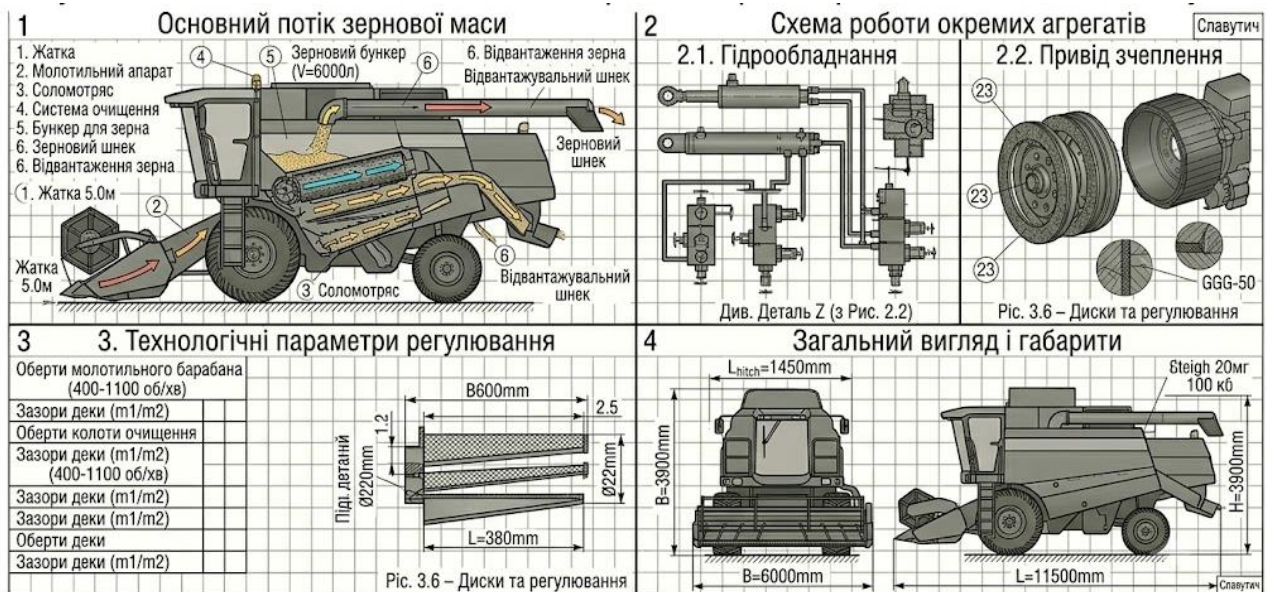


Рисунок 2.1 – Загальна технологічна схема роботи зернозбирального комбайна

0

У цій схемі зчіплювальний пристрій не бере безпосередньої участі в процесі обмолоту зернової маси, але є важливим елементом транспортно-технологічного забезпечення роботи комбайна. Його використання дозволяє швидко переміщувати жатку між полями та забезпечувати мобільність зернозбирального агрегату.

2.2 Технологічна схема агрегування комбайна з транспортним візком жатки

Під час транспортування жатки на великі відстані її встановлюють на спеціальний транспортний візок. Комбайн з'єднується з візком за допомогою зчіплювального пристрою, який закріплюється на рамі комбайна. Основними

елементами такого агрегату є комбайн, зчіплювальний пристрій, дишло транспортного візка та сама жатка.

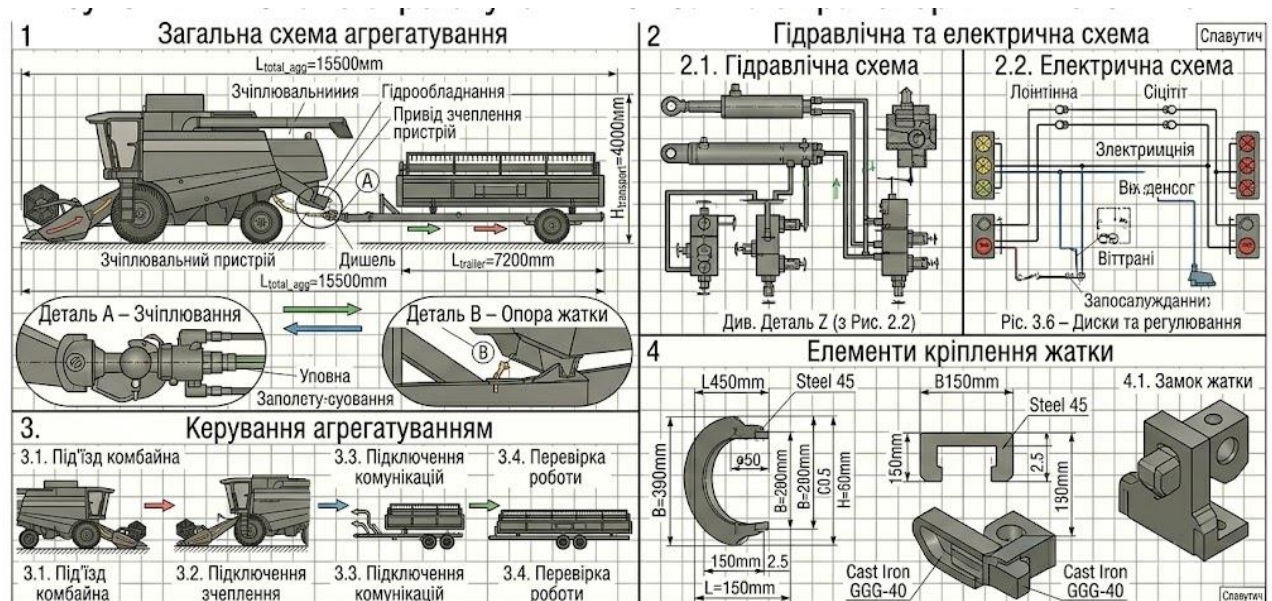


Рисунок 2.2 – Схема агрегування комбайна з транспортним візком жатки

Технологічний процес агрегування виконується в такій послідовності:

1. Комбайн під'їжджає задньою частиною до дишла транспортного візка.
2. Оператор вирівнює вісь зчіплювального пристрою з отвором дишла.
3. Дишло вводиться у зону причіпної скоби.
4. У співвісні отвори встановлюється зчіпний палець.
5. Палець фіксується шпільтом, замком або іншим стопорним елементом.
6. Перевіряється відсутність надмірного люфту.
7. Проводиться контрольне рушення на малій швидкості.
8. Після перевірки агрегат може виконувати транспортний переїзд.

Таблиця 2.1 – Послідовність технологічних операцій агрегування

№	Операція	Засіб виконання	Контрольний параметр
1	Під'їзд комбайна до візка	Комбайн	Співвісність комбайна і дишла
2	Вирівнювання зчіпки	Рух комбайна малими переміщеннями	Збіг отворів скоби і дишла
3	Встановлення пальця	Вручну або за допомогою пристрою	Повне входження пальця
4	Фіксація пальця	Шплінт, замок, стопор	Неможливість самовільного випадіння
5	Перевірка з'єднання	Візуальний огляд	Відсутність тріщин і надмірного люфту
6	Пробне рушання	Комбайн	Відсутність ударів і перекосів
7	Транспортування	Комбайн із візком	Стабільність руху агрегату

Раціональна конструкція зчіплювального пристрою повинна забезпечувати простоту виконання цих операцій, оскільки в польових умовах агрегування часто виконується обмеженою кількістю працівників і в стислі строки.

2.3 Схема дії сил на зчіплювальний пристрій

Під час руху комбайна з транспортним візком жатки на зчіплювальний пристрій діють різні сили. Основними з них є тягове зусилля, вертикальне навантаження від дишла, бокова сила під час повороту та динамічні сили, які виникають під час рушання, гальмування і руху по нерівностях.

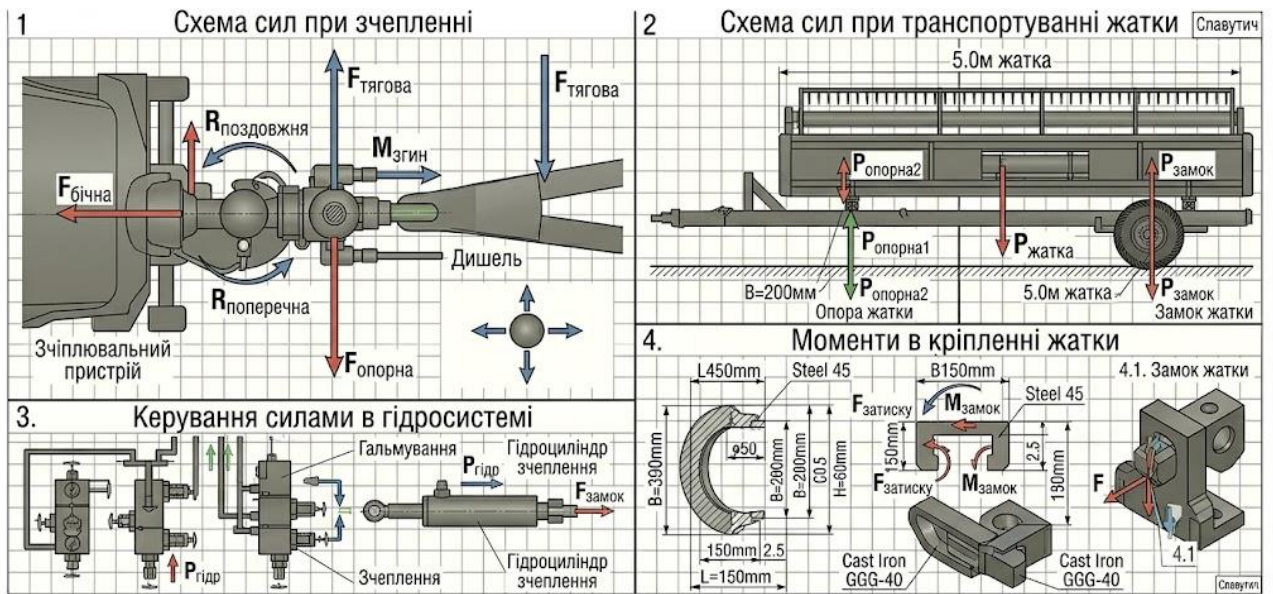


Рисунок 2.3 – Схема сил, що діють на зчіплювальний пристрій

Позначення:

- F_t — тягове зусилля;
- F_x — сила опору руху візка;
- G_d — вертикальне навантаження від дишла;
- R_v — вертикальна реакція опори;
- — вісь пальця зчіпки.

Тягове зусилля, яке передається через зчіплювальний пристрій, можна визначити за формулою:

$$[F_t = Gf]$$

де

- (F_t) — тягове зусилля, Н;
- (G) — вага транспортного візка з жаткою, Н;
- (f) — коефіцієнт опору коченню.

Вага транспортного візка з жаткою визначається як:

$$[G = mg] \text{ де}$$

- (m) — маса транспортного візка з жаткою, кг;
- (g) — прискорення вільного падіння, $(g = 9,81, \text{ м/с}^2)$.

Тоді тягове зусилля можна записати у вигляді:

$$[F_t = m g f]$$

Під час рушання або гальмування виникає додаткове інерційне навантаження:

$$[F_i = m a]$$

Де

(F_i) — інерційна сила, Н;

(a) — прискорення або уповільнення агрегату, (м/с²).

Повне розрахункове горизонтальне навантаження на зчіплювальний пристрій визначається як:

$$[F_p = F_t + F_i]$$

або:

$$[F_p = m g f + m a]$$

Для врахування динамічних навантажень вводиться коефіцієнт динамічності:

$$[F_{\text{розр}} = k_d F_p]$$

де

($F_{\text{розр}}$) — розрахункове навантаження на зчіплювальний пристрій, Н;

(k_d) — коефіцієнт динамічності, який враховує удари, ривки та нерівності дороги.

2.4 Розрахункова схема зчіплювального пристрою

Для подальшого конструкторського розрахунку зчіплювальний пристрій можна розглядати як вузол, що складається з кронштейна, скоби, пальця та елементів фіксації. Найбільш навантаженим елементом є зчіпний палець, який працює переважно на зріз і зминання.

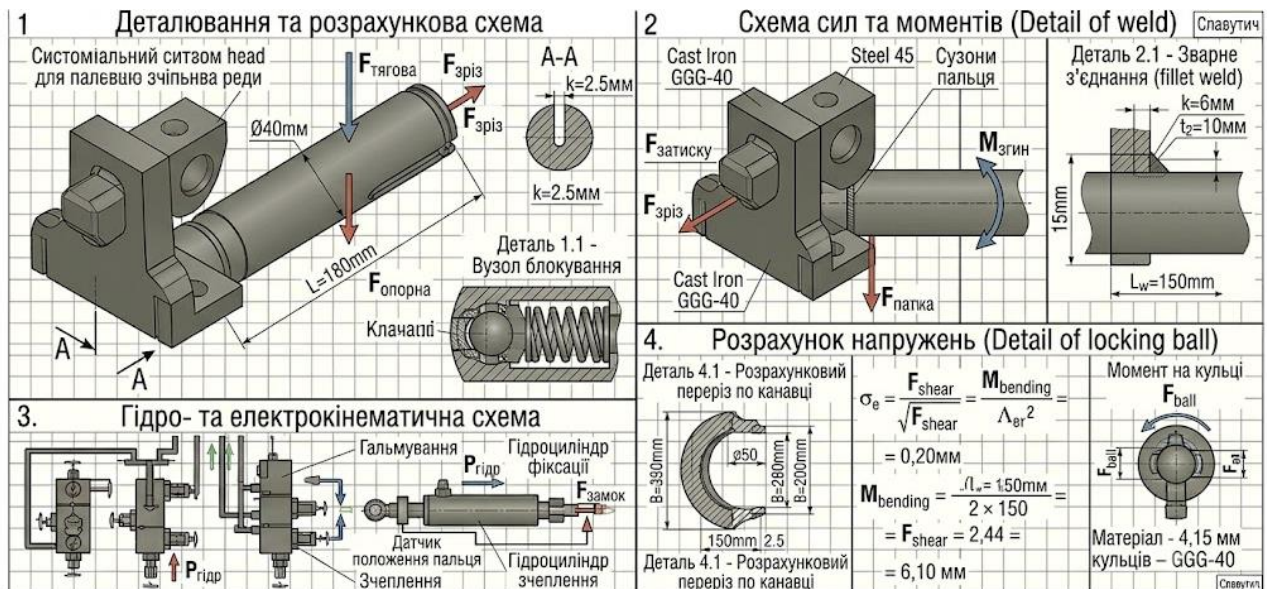


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема пальця зчіплювального пристрою

Палець працює на подвійний зріз.

У випадку, коли палець працює на подвійний зріз, напруження зрізу визначаються за формулою:

Для розрахунку пальця зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич» на міцність, його розглядають як циліндричний шарнір, що піддається дії зрізуючих та згинальних навантажень від тягового зусилля.

Нижче наведено основні розрахункові формули та схему перевірки пальця на зріз та згин.

1. Розрахунок пальця на зріз

Оскільки палець зчіплювального пристрою зазвичай працює у дво зрізному з'єднанні (проходить через вилку дишля та вушко причепа), умова міцності на зріз має вигляд:

$$\tau_{зр} = \frac{F_{тяг}}{2 \cdot A} \leq [\tau_{зр}]$$

Де:

$F_{тяг}$ — максимальне тягове зусилля (або сила зрізу $F_{зріз}$);

A — площа поперечного перерізу пальця;

$[\tau_{зр}]$ — допустиме напруження на зріз для матеріалу пальця (наприклад, для

Сталі 45 чи 40Cr).

Площа перерізу суцільного циліндричного пальця діаметром d :

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Підставляючи площу, отримуємо розрахункову формулу для напружень зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot F_{\text{тяг}}}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau_{зр}]$$

2. Розрахунок пальця на згин

Якщо між елементами зчеплення є значний зазор або розраховується згинальний момент $M_{зг}$ від плеча прикладання сили, палець додатково перевіряють на згин за формулою:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} \leq [\sigma_{зг}]$$

Де:

$M_{зг}$ — максимальний згинальний момент, який залежить від конструктивної схеми (наприклад, $M_{зг} = \frac{F_{\text{тяг}} \cdot l}{4}$, де l — відстань між опорами вилки);

$W_{зг}$ — момент опору перерізу пальця на згин;

$[\sigma_{зг}]$ — допустиме напруження на згин.

Момент опору для круглого суцільного перерізу обчислюється як:

$$W_{зг} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \approx 0,1 \cdot d^3$$

Тоді еквівалентне напруження від згину становить:

$$\sigma_{зг} = \frac{32 \cdot M_{зг}}{\pi \cdot d^3} \leq [\sigma_{зг}]$$

3. Перевірка напружень за наявності канавки (концентратора напружень)

Якщо палець має стопорну канавку під фіксуючий елемент або шплінт (діаметром $d_{\text{вн}}$), розрахунок ведуть за ослабленим перерізом:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{зг}^2 + 3 \cdot \tau_{зр}^2} \leq [\sigma]$$

При цьому у формули підставляється внутрішній діаметр канавки $d_{вн}$ замість номінального d .

2.5 Технологічна схема виготовлення зчіплювального пристрою

Виготовлення зчіплювального пристрою передбачає виконання комплексу заготівельних, механічних, зварювальних, складальних і контрольних операцій. Основними деталями пристрою є кронштейн, щоки скоби, палець, втулки, ребра жорсткості та стопорний елемент.

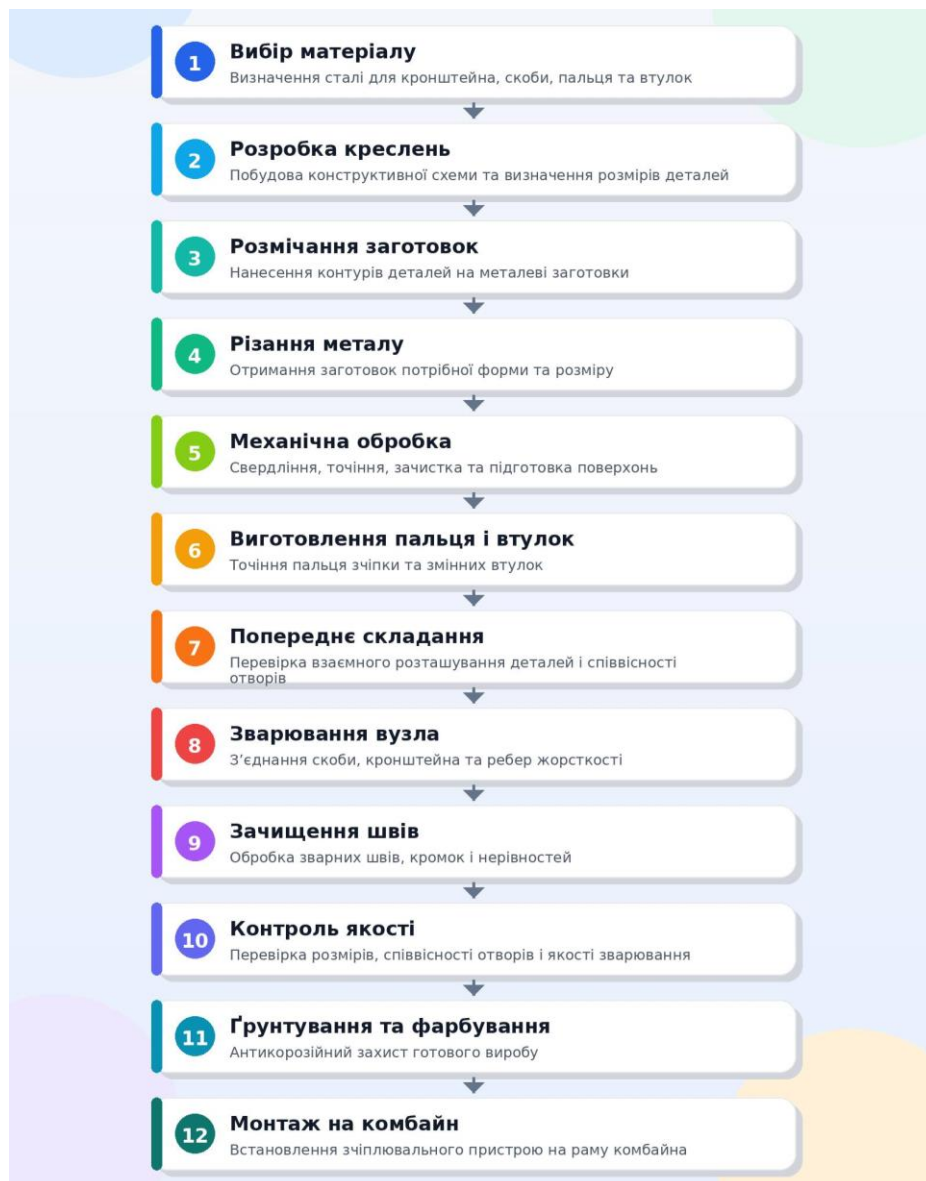


Рисунок 2.5 – Технологічна схема виготовлення зчіплювального пристрою

Таблиця 2.2 – Основні технологічні операції виготовлення зчіплювального пристрою

№	Операція	Обладнання або інструмент	Результат операції
1	Вибір матеріалу	Технічна документація	Визначено марку сталі
2	Розмічання	Лінійка, кутник, кернер	Нанесено контури деталей
3	Різання заготовок	Газове, плазмове або механічне різання	Отримано заготовки
4	Свердління отворів	Свердлильний верстат	Отвори під палець і болти
5	Точіння пальця	Токарний верстат	Виготовлено палець потрібного діаметра
6	Виготовлення втулок	Токарний верстат	Отримано змінні втулки
7	Складання	Слюсарний інструмент	Деталі встановлено у задане положення
8	Зварювання	Зварювальний апарат	Сформовано нероз'ємні з'єднання
9	Зачищення швів	Шліфувальна машина	Усунуто напливи і нерівності
10	Контроль	Штангенциркуль, кутник, шаблон	Перевірено розміри і якість
11	Фарбування	Ґрунтовка, фарба	Захист від корозії
12	Монтаж	Ключі, домкрат, кріплення	Пристрій встановлено на комбайн

Особливу увагу під час виготовлення необхідно приділяти співвісності отворів у щоках скоби та дишлі. Порухення співвісності може призвести до перекосу пальця, нерівномірного розподілу навантаження та прискореного зношування деталей.

2.6 Вибір матеріалів для деталей зчіплювального пристрою

Матеріали деталей зчіплювального пристрою повинні забезпечувати достатню міцність, зносостійкість і технологічність виготовлення. Для кронштейнів, скоб і ребер жорсткості доцільно використовувати конструкційні сталі, які добре зварюються. Для пальця бажано застосувати сталь підвищеної міцності, оскільки він працює на зріз, зминання та зношування.

Таблиця 2.3 – Рекомендовані матеріали для деталей зчіплювального пристрою

Деталь	Рекомендований матеріал	Обґрунтування вибору
Кронштейн	Сталь 3, Сталь 20 або Сталь 09Г2С	Добра зварюваність, достатня міцність
Щоки скоби	Сталь 20 або 09Г2С	Сприймають основне навантаження
Ребра жорсткості	Сталь 3 або 09Г2С	Підсилення конструкції
Палець зчіпки	Сталь 45 або 40Х	Підвищена міцність і зносостійкість
Втулки	Сталь 45, бронза або інший зносостійкий матеріал	Захист отворів від зношування
Стопорний елемент	Пружинна або конструкційна сталь	Надійна фіксація пальця
Болти кріплення	Болти класу міцності 8.8 або вище	Надійне кріплення до рами

Для підвищення довговічності пальця доцільно застосувати термічну

обробку, наприклад гартування з подальшим відпуском. Це дозволяє підвищити твердість поверхні та стійкість до зношування.

2.7 Розрахунок основних технологічних параметрів агрегату

Під час роботи зернозбирального комбайна «Славутич» із транспортним візком жатки важливе значення мають основні технологічні параметри агрегату. До них належать маса транспортного візка з жаткою, сила опору руху, тягове зусилля, швидкість руху, потужність, необхідна для переміщення агрегату, а також навантаження, що діє на зчіплювальний пристрій.

Розрахунок цих параметрів дає змогу оцінити умови роботи зчіплювального пристрою та визначити вихідні дані для подальшого розрахунку його основних деталей.

Вихідні дані для розрахунку

Для виконання розрахунку приймаємо такі орієнтовні вихідні дані:

Показник	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
Маса транспортного візка з жаткою	(m)	2500	кг
Прискорення вільного падіння	(g)	9,81	м/с ²
Коефіцієнт опору коченню	(f)	0,04	—
Швидкість руху агрегату	(v)	2,8	м/с
Прискорення під час рушання	(a)	0,5	м/с ²
Коефіцієнт динамічності	(k _d)	1,5	—
Коефіцієнт корисної дії трансмісії		0,85	—

Визначення ваги транспортного візка з жаткою

Вага транспортного візка з жаткою визначається за формулою:

$$[G = mg]$$

де

(G) — вага транспортного візка з жаткою, Н;

(m) — маса транспортного візка з жаткою, кг;

(g) — прискорення вільного падіння, м/с².

Підставляємо числові значення:

$$[G = 250081][G = 24525,]$$

Отже, вага транспортного візка з жаткою становить:

$$[G = 24,525,]$$

Визначення сили опору руху

Сила опору руху транспортного візка залежить від його ваги та коефіцієнта опору коченню. Вона визначається за формулою:

$$[F_o = Gf]$$

де

(Fo) — сила опору руху, Н;

(G) — вага транспортного візка з жаткою, Н;

(f) — коефіцієнт опору коченню.

Підставляємо значення:

$$[F_o = 2452504][F_o = 981,]$$

Отже, сила опору руху транспортного візка з жаткою дорівнює:

$$[F_o = 0,981,]$$

Визначення інерційної сили під час рушання

Під час рушання агрегату виникає додаткове інерційне навантаження. Інерційна сила визначається за формулою:

$$[F_i = ma]$$

де

(F_i) — інерційна сила, Н;

(m) — маса транспортного візка з жаткою, кг;

(a) — прискорення агрегату під час рушання, м/с².

Підставляємо числові значення:

$$[F_i = 25005][F_i = 1250,]$$

Отже, інерційна сила під час рушання становить:

$$[F_i = 1,25,]$$

Визначення повного горизонтального навантаження

Повне горизонтальне навантаження, що діє на зчіплювальний пристрій, визначається як сума сили опору руху та інерційної сили:

$$[F_p = F_o + F_i]$$

де

(F_p) — повне горизонтальне навантаження, Н;

(F_o) — сила опору руху, Н;

(F_i) — інерційна сила, Н.

Підставляємо значення:

$$[F_p = 981 + 1250][F_p = 2231,]$$

Отже:

$$[F_p = 2,231,]$$

Визначення розрахункового навантаження на зчіплювальний пристрій

Оскільки під час роботи агрегату виникають ривки, удари та додаткові динамічні навантаження, вводимо коефіцієнт динамічності (k_d).

Розрахункове навантаження визначається за формулою:

$$[F_{\square} = k_d F_p]$$

де

(F) — розрахункове навантаження на зчіплювальний пристрій, Н;

(k_d) — коефіцієнт динамічності;

(F_p) — повне горизонтальне навантаження, Н.

Підставляємо значення:

$$[F_{\square} = 1,5][F_{\square} = 3346,5,]$$

Отже, розрахункове навантаження на зчіплювальний пристрій становить:

У загальному вигляді розрахункове навантаження можна записати так:

$$[F_{\square} = k_d(mgf + ma)]$$

або:

$$[F_{\square} = k_d m(gf + a)]$$

Визначення потужності, необхідної для переміщення агрегату

Потужність, необхідна для переміщення транспортного візка з жаткою, визначається за формулою:

де

(N) — потужність, кВт;

(Fo) — сила опору руху, Н;

(v) — швидкість руху агрегату, м/с.

Підставляємо числові значення:

$$[N = 2,75]$$

З урахуванням коефіцієнта корисної дії трансмісії потужність визначається за формулою:

де

(Ne) — ефективна потужність двигуна, необхідна для переміщення агрегату, кВт;

Підставляємо значення:

$$[Ne = 3,23]$$

Отже, для переміщення транспортного візка з жаткою необхідна потужність

Це значення є незначним порівняно з потужністю двигуна зернозбирального комбайна, тому комбайн має достатній запас тягових можливостей для транспортування жатки на візку.

Визначення продуктивності комбайна під час збирання

Для оцінки технологічної ефективності роботи комбайна визначимо його годинну продуктивність. Вона залежить від ширини захвату жатки, робочої швидкості руху та коефіцієнта використання часу зміни.

Годинна продуктивність комбайна визначається за формулою:

$$[W = 0,1Bv_p] \text{ де}$$

(W) — годинна продуктивність комбайна, га/год;

(B) — ширина захвату жатки, м;

(v_p) — робоча швидкість руху комбайна, км/год;

() — коефіцієнт використання часу зміни.

Приймаємо:

$$[B = 6,][v_p = 6,][= 0,75]$$

Підставляємо значення:

$$[W = 0,175][W = 2,7,]$$

Отже, орієнтовна годинна продуктивність комбайна становить:

$$[W = 2\{, \}7,]$$

Визначення змінної продуктивності

Змінна продуктивність комбайна визначається за формулою:

$$[W_{\square} = WT_{\square}]$$

де

($W_{\square}$) — змінна продуктивність, га/зміну;

(W) — годинна продуктивність, га/год;

($T_{\square}$) — тривалість зміни, год.

Приймаємо тривалість зміни:

$$[T_{\square} = 8,] \text{ Підставляємо значення:}$$

$[W_{\square} = 2,7][W_{\square} = 21,6,]$ Отже, змінна продуктивність зернозбирального комбайна становить:

Визначення часу на транспортний переїзд

Час, необхідний для транспортування жатки на візку між полями, визначається за формулою:

де

(t) — час переїзду, с;

(L) — відстань транспортування, м;

(v) — швидкість руху агрегату, м/с.

Приймаємо відстань транспортування:

$$[L = 3000,]$$

Швидкість руху агрегату:

$$[v = 2,8,]$$

Підставляємо значення:

$$[t = 1071,4,]$$

Переведемо час у хвилини:

$$[t = 17,9,]$$

Отже, час транспортного переїзду на відстань 3 км становить приблизно:

Підсумкова таблиця результатів розрахунку

Показник	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
Вага транспортного візка з жаткою	(G)	24525	Н
Сила опору руху	(Fo)	981	Н
Інерційна сила	(Fi)	1250	Н
Повне горизонтальне навантаження	(Fp)	2231	Н
Розрахункове навантаження	(F)	3346,5	Н
Необхідна потужність без урахування ККД	(N)	2,75	кВт
Необхідна потужність з урахуванням ККД	(Ne)	3,23	кВт

Годинна продуктивність комбайна	(W)	2,7	га/год
Змінна продуктивність комбайна	(W)	21,6	га/зміну
Час транспортного переїзду на 3 км	(t)	17,9	хв

Висновок

У результаті розрахунку основних технологічних параметрів агрегату встановлено, що вага транспортного візка з жаткою становить (24,525,), сила опору руху — (0,981,), а розрахункове навантаження на зчіплювальний пристрій з урахуванням динамічного коефіцієнта становить приблизно (3,35,).

Необхідна потужність для переміщення транспортного візка з жаткою становить близько ($3\frac{1}{2}$,), що є незначним значенням порівняно з потужністю двигуна зернозбирального комбайна «Славутич». Це підтверджує можливість ефективного використання комбайна для транспортування жатки за допомогою розроблюваного зчіплювального пристрою.

Отримані результати є вихідними даними для подальшого розрахунку міцності пальця, кронштейна, скоби та інших елементів зчіплювального пристрою.

2.8 Схема розташування зчіплювального пристрою на комбайні

Зчіплювальний пристрій доцільно встановлювати на задній частині рами комбайна, у зоні, яка має достатню міцність і дозволяє передавати тягові навантаження без деформації несучих елементів. Конструкція повинна забезпечувати зручний доступ для оператора під час приєднання і від'єднання транспортного візка.

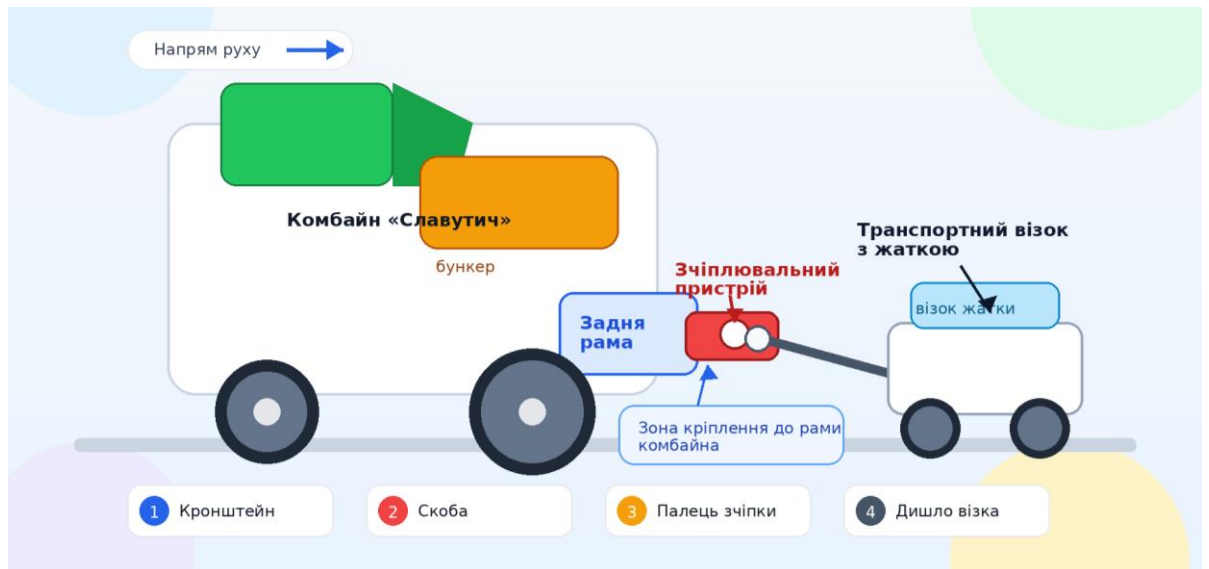


Рисунок 2.6 – Схема розташування зчіплювального пристрою на комбайні

Під час вибору місця встановлення необхідно враховувати:

- міцність задньої частини рами;
- висоту розташування дишла транспортного візка;
- можливість вільного повороту агрегату;
- доступність для технічного обслуговування;
- відсутність перешкод для інших вузлів комбайна;
- безпечність роботи оператора.

Оптимальна висота встановлення зчіплювального пристрою повинна відповідати висоті дишла транспортного візка. Це дозволяє уникнути надмірних вертикальних зусиль і перекосів під час руху.

2.9 Контроль якості та технічне обслуговування зчіплювального пристрою

Для забезпечення надійної роботи зчіплювального пристрою необхідно регулярно виконувати контроль його технічного стану. Особливо важливо перевіряти стан пальця, втулок, отворів, зварних швів, болтових з'єднань і стопорних елементів.

Таблиця 2.4 – Операції технічного обслуговування зчіплювального пристрою

Періодичність	Операція	Мета виконання
Перед кожним агрегуванням	Огляд пальця і стопора	Запобігання самовільному роз'єднанню
Перед транспортним переїздом	Перевірка люфту	Забезпечення стійкого руху
Щозміни	Огляд зварних швів	Виявлення тріщин і пошкоджень
Через 50 мотогодин	Перевірка зношування втулок	Попередження збільшення люфту
Через 100 мотогодин	Перевірка болтових з'єднань	Запобігання послабленню кріплення
Після сезону	Очищення, фарбування, консервація	Захист від корозії

Контроль якості виготовленого пристрою передбачає перевірку геометричних розмірів, якості зварних швів, співвісності отворів, відсутності тріщин, гострих кромek та інших дефектів.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було розглянуто технологічну схему роботи зернозбирального комбайна «Славутич» та місце зчіплювального пристрою в загальному технологічному процесі. Встановлено, що зчіплювальний пристрій використовується переважно під час транспортних операцій, зокрема для агрегування комбайна з транспортним візком жатки.

Розглянуто послідовність технологічних операцій агрегування, схему дії сил на зчіплювальний пристрій, а також розрахункову схему пальця зчіпки. Наведено основні формули для визначення тягового зусилля, інерційного навантаження, розрахункового навантаження, напружень зрізу та зминання.

Запропоновано технологічну схему виготовлення зчіплювального пристрою, яка включає вибір матеріалу, розмічання, різання, механічну обробку, свердління, зварювання, контроль і фарбування. Також визначено рекомендовані матеріали для основних деталей конструкції.

Отже, розроблена технологічна схема є основою для подальшого конструкторського розрахунку та обґрунтування параметрів зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич».

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Вихідні дані для розрахунку

Розрахункова частина бакалаврської роботи передбачає визначення основних параметрів зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич», а саме: розрахунок навантаження на зчіпку, визначення діаметра пальця, перевірку пальця на зріз, зминання та згин, а також перевірку міцності скоби, кронштейна, зварних і болтових з'єднань.

Зчіплювальний пристрій призначений для агрегування комбайна з транспортним візком жатки. Під час руху пристрій сприймає тягові, вертикальні, бокові та динамічні навантаження. Найбільш відповідальними елементами конструкції є палець зчіпки, щоки скоби, кронштейн кріплення до рами та зварні шви.

Для виконання розрахунку приймаємо вихідні дані, наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку зчіплювального пристрою

Показник	Позначення	Значення	Одиниця
Маса транспортного візка з жаткою	(m)	2500	кг
Прискорення вільного падіння	(g)	9,81	м/с ²
Коефіцієнт опору коченню	(f)	0,04	—
Прискорення агрегату під час рушання	(a)	0,5	м/с ²
Коефіцієнт динамічності	(kd)	1,5	—
Прийнятий діаметр пальця	(d)	25	мм
Товщина дишла в зоні контакту	(ld)	20	мм
Товщина однієї щоки скоби	(ls)	12	мм
Відстань між опорами пальця	(b)	60	мм
Матеріал пальця	—	Сталь 45	—
Допустиме напруження зрізу для пальця		80	МПа

Допустиме напруження зминання		120	МПа
Допустиме напруження згину		160	МПа

Прийняті значення є орієнтовними та можуть уточнюватися залежно від фактичних параметрів транспортного візка жатки, конструкції рами комбайна та марки матеріалів.

3.2 Визначення розрахункового навантаження на зчіплювальний пристрій

Спочатку визначаємо вагу транспортного візка з жаткою:

$$[G = m g]$$

де

(G) — вага транспортного візка з жаткою, Н;

(m) — маса візка з жаткою, кг;

(g) — прискорення вільного падіння, м/с².

Підставляємо значення:

$$G = 2500 \cdot 9,81$$

$$G = 24525$$

Отже:

$$G = 24,525$$

Сила опору руху визначається за формулою:

$$F_o = G f$$

де

F_o — сила опору руху, Н;

f — коефіцієнт опору коченню.

Підставляємо значення:

$$F_o = 24525 \cdot 0,4$$

$$F_o = 9810$$

Інерційна сила, яка виникає під час руху агрегату:

$$F_i = m a$$

де

F_i - інерційна сила, Н;

a - прискорення агрегату, м/с^2 .

Підставляємо значення:

$$F_i = 2500 \cdot 5$$

$$F_i = 1250$$

Повне горизонтальне навантаження на зчіплювальний пристрій:

$$F_p = F_o + F_i$$

$$F_p = 981 + 1250$$

$$F_p = 2231]$$

З урахуванням динамічного коефіцієнта розрахункове навантаження становить:

$$F = k_d F_p$$

$$F = 1,5$$

$$F = 3346,5$$

Приймаємо:

$$F = 3,35$$

Отримане значення розрахункового навантаження використовується для перевірки основних елементів зчіплювального пристрою.

3.3 Розрахунок пальця зчіплювального пристрою на зріз

Палець зчіплювального пристрою працює на подвійний зріз, оскільки дишло транспортного візка розміщується між двома щокми скоби. У цьому випадку навантаження розподіляється на дві площини зрізу.

Площа поперечного перерізу пальця визначається за формулою:

A — площа поперечного перерізу пальця, мм^2 ;

d — діаметр пальця, мм.

Приймаємо: $d = 25$

Тоді:

$$A = 490,6^2$$

Оскільки палець працює на подвійний зріз, загальна площа зрізу становить:

$$A = 2A$$

3.7 Розрахунок запасу міцності пальця

Коефіцієнт запасу міцності за зрізом визначається за формулою: $n = 23,46$

Коефіцієнт запасу міцності за згином: $n = 4,89$

Отримані значення показують, що палець має достатній запас міцності.

Найбільш небезпечним видом навантаження є згин, оскільки запас міцності за згином менший, ніж за зрізом.

3.8 Розрахунок щік скоби зчіплювального пристрою

Щоки скоби сприймають навантаження від пальця і передають його на кронштейн. Основними видами напружень у щоках є зминання в зоні отвору та розтягування або розрив по небезпечному перерізу.

Небезпечний переріз щоки визначається в зоні отвору під палець. Площа небезпечного перерізу однієї щоки:

$$A_s = (h - d) t_s$$

де

(A_s) — площа небезпечного перерізу, мм^2 ;

(h) — висота щоки в зоні отвору, мм ;

(d) — діаметр отвору під палець, мм ;

(t_s) — товщина щоки, мм .

Приймаємо:

$$[h = 80,][d = 25,][t_s = 12,]$$

Тоді:

$$[A_s = (80 - 25)][A_s = 55][A_s = 660,^2]$$

На одну щоку діє сила:

Напруження розтягу в небезпечному перерізі щоки:

Для сталі приймаємо допустиме напруження:

3.11 Розрахунок болтового кріплення зчіплювального пристрою до рами

Якщо зчіплювальний пристрій кріпиться до рами комбайна болтами, необхідно перевірити болти на зріз. Приймаємо, що кріплення здійснюється чотирма болтами діаметром (M12).

Кількість болтів: $z = 4$

Діаметр болта: $d_b = 12$

Площа поперечного перерізу одного болта:

$[A_b = 113,04, ^2]$

Умова працездатності втулки:

$[p][5,58]$ Умова виконується. Отже, застосування втулок забезпечує достатню працездатність і підвищує ремонтпридатність конструкції.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку основних елементів зчіплювального пристрою

Розрахунковий параметр	Позначення	Значення	Допустиме значення	Висновок
Розрахункове навантаження	(F)	3,35 кН	—	Прийнято для розрахунку
Напруження зрізу пальця		3,41 МПа	80 МПа	Виконується
Мінімальний діаметр пальця	(d)	5,16 мм	—	Прийнято 25 мм
Напруження зминання дишла		6,69 МПа	120 МПа	Виконується
Напруження зминання щоки скоби		5,58 МПа	120 МПа	Виконується
Напруження згину пальця		32,74 МПа	160 МПа	Виконується
Запас міцності пальця за зрізом	(n)	23,46	> 1	Достатній
Запас міцності пальця за згином	(n)	4,89	> 1	Достатній
Напруження у щоках скоби	(s)	2,54 МПа	140 МПа	Виконується

Напруження згину кронштейна	(k)	100,4 МПа	160 МПа	Виконується
Напруження у зварному шві	(w)	4,98 МПа	70 МПа	Виконується
Напруження зрізу в болтах	(σ_b)	7,40 МПа	120 МПа	Виконується
Питомий тиск у втулках	(p)	5,58 МПа	80 МПа	Виконується

Висновки до розділу 3

У розрахунковій частині було визначено основні навантаження, які діють на зчіплювальний пристрій зернозбирального комбайна «Славутич» під час транспортування візка з жаткою. Встановлено, що розрахункове навантаження з урахуванням динамічного коефіцієнта становить:

$[F_{\text{п}} = 3,35,]$ Виконано розрахунок пальця зчіплювального пристрою на зріз, зминання та згин. За результатами розрахунку встановлено, що прийнятий діаметр пальця: $[d = 25,]$ забезпечує достатню міцність і довговічність конструкції. Напруження зрізу пальця становить 3,41, що значно менше допустимого значення 80. Напруження згину становить 32,74, що також не перевищує допустиме значення.

Також було перевірено міцність щік скоби, кронштейна, зварного з'єднання, болтового кріплення та втулок. Усі розрахункові напруження не перевищують допустимих значень, що підтверджує працездатність і надійність запропонованої конструкції.

Отже, розроблена конструкція зчіплювального пристрою має достатній запас міцності та може бути рекомендована для використання на зернозбиральному комбайні «Славутич» під час агрегування з транспортним візком жатки.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні положення з охорони праці

Охорона праці є важливою складовою організації виробничого процесу під час експлуатації, технічного обслуговування, ремонту та виготовлення сільськогосподарської техніки. Під час роботи із зернозбиральними комбайнами, причіпним обладнанням і зчіплювальними пристроями працівники можуть зазнавати впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Зернозбиральний комбайн «Славутич» є складною самохідною машиною, у якій поєднані механічні, гідравлічні, електричні та рухомі робочі органи. Зчіплювальний пристрій, що розробляється у бакалаврській роботі, призначений для агрегування комбайна з транспортним візком жатки. Під час його використання виникає ризик травмування внаслідок защемлення рук, удару дишлом, самовільного переміщення візка, обриву зчіпки або неправильного встановлення пальця.

Метою заходів з охорони праці є створення безпечних умов роботи, запобігання виробничому травматизму, забезпечення справності техніки та дотримання встановлених правил під час монтажу, експлуатації й обслуговування зчіплювального пристрою.

До роботи з комбайном та його зчіплювальним пристроєм допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, мають відповідні навички роботи з сільськогосподарською технікою, знають будову агрегату та правила безпечного виконання робіт.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час виготовлення, встановлення та експлуатації зчіплювального пристрою можуть виникати різні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Вони пов'язані з механічною обробкою металу, зварюванням, монтажем важких деталей, роботою з комбайном і транспортуванням жатки.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі фактори під час роботи із зчіплювальним пристроєм

№	Небезпечний або шкідливий фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки
1	Рухомі частини машин і механізмів	Комбайн, транспортний візок, дишло	Удари, защемлення, травми кінцівок
2	Велика маса деталей	Кронштейн, скоба, палець, візок жатки	Забої, травми під час монтажу
3	Гострі кромки металу	Заготовки, зварні деталі, отвори	Порізи, пошкодження шкіри
4	Зварювальна дуга	Зварювальні роботи	Опіки, ураження очей, шкіри
5	Металева стружка та іскри	Свердління, різання, шліфування	Травмування очей, опіки
6	Підвищений шум	Робота комбайна, шліфувальні машини	Втома, погіршення слуху
7	Вібрація	Робота двигуна, рух по нерівностях	Втома, зниження уваги оператора
8	Пил і забруднення	Польові умови, збирання зернових	Подразнення органів дихання
9	Самовільне переміщення агрегату	Неправильне встановлення на стоянці	Наїзд, травмування працівника
10	Ненадійне стопоріння пальця	Несправний або відсутній фіксатор	Роз'єднання агрегату під час руху

Найбільш небезпечними є операції приєднання і від'єднання транспортного візка жатки, оскільки працівник перебуває поблизу дишла, скоби та пальця зчіпки. У цей момент можливе защемлення рук, удар дишлом або переміщення візка. Тому всі операції агрегування необхідно виконувати лише після повної зупинки комбайна, встановлення його на стоянкове гальмо та узгоджених дій між механізатором і працівником.

4.3 Вимоги безпеки під час виготовлення зчіплювального пристрою

Виготовлення зчіплювального пристрою передбачає виконання операцій розмічання, різання металу, свердління, токарної обробки, зварювання,

зачищення швів, фарбування та складання. Кожна з цих операцій повинна виконуватися з дотриманням правил безпеки.

Під час розмічання і різання металу необхідно:

- використовувати справний інструмент;
- надійно закріплювати заготовки;
- не тримати руки поблизу зони різання;
- користуватися захисними окулярами;
- очищати заготовки від задирок і гострих кромek;
- не працювати з несправним електроінструментом.

Під час свердління отворів заготовка повинна бути надійно закріплена в лещатах або на столі верстата. Забороняється утримувати деталь руками, оскільки в разі заклинювання свердла вона може різко повернутися і травмувати працівника.

Під час зварювальних робіт необхідно використовувати захисну маску, рукавиці, спецодяг і взуття. Робоче місце зварювальника повинно бути очищене від легкозаймистих матеріалів. Зварювальні кабелі мають бути справними, без пошкодженої ізоляції.

Таблиця 4.2 – Засоби індивідуального захисту під час виготовлення пристрою

Вид робіт	Засоби індивідуального захисту
Різання металу	Захисні окуляри, рукавиці, спецодяг
Свердління	Окуляри, щільний спецодяг, захисне взуття
Токарна обробка	Окуляри або щиток, спецодяг без вільних елементів
Зварювання	Зварювальна маска, краги, спецодяг, захисне взуття
Шліфування	Окуляри або щиток, респіратор, рукавиці
Фарбування	Респіратор, рукавиці, захисний одяг

Під час фарбування деталей необхідно забезпечити вентиляцію приміщення. Забороняється виконувати фарбувальні роботи поблизу

відкритого вогню або джерел іскор.

4.4 Вимоги безпеки під час монтажу зчіплювального пристрою на комбайн

Монтаж зчіплювального пристрою на комбайн виконується після виготовлення та контролю якості деталей. Перед початком монтажних робіт комбайн необхідно встановити на рівному майданчику, зупинити двигун, увімкнути стоянкове гальмо та підкласти противідкотні упори під колеса.

Під час монтажу необхідно дотримуватися таких вимог:

- не виконувати роботи під комбайном без надійної фіксації машини;
- використовувати справний слюсарний інструмент;
- не перебувати між комбайном і транспортним візком під час маневрування;
- важкі деталі встановлювати із застосуванням підйомних пристроїв або за участю двох працівників;
- не допускати перекосу кронштейна під час встановлення;
- перевіряти правильність затягування болтів;
- після монтажу перевірити відсутність тріщин, перекосів і люфтів.

Особливу увагу слід приділяти співвісності отворів у скобі та кронштейні. Якщо отвори не співпадають, забороняється забивати палець ударами великої сили, оскільки це може призвести до деформації деталей або травмування працівника.

Після монтажу необхідно провести пробне агрегування з транспортним візком на малій швидкості. Під час перевірки слід контролювати надійність фіксації пальця, відсутність надмірного люфту, стуків, перекосів і деформацій.

4.5 Вимоги безпеки під час агрегування комбайна з транспортним візком жатки

Агрегування комбайна з транспортним візком жатки є відповідальною операцією, яка потребує уважності та чіткої взаємодії між механізатором і працівником, що виконує приєднання дишла до зчіпки.

Перед початком агрегування необхідно:

- оглянути зчіплювальний пристрій;
- перевірити справність пальця та стопорного елемента;
- переконатися у відсутності тріщин у зварних швах;
- перевірити стан отворів і втулок;
- встановити транспортний візок на рівному майданчику;
- зафіксувати візок від самовільного переміщення.

Під час агрегування забороняється:

- перебувати між комбайном і візком під час руху комбайна;
- направляти дишло руками під час наближення комбайна;
- використовувати пошкоджений або невідповідний за розміром палець;
- експлуатувати зчіпку без стопорного елемента;
- виконувати приєднання при працюючих рухомих механізмах;
- здійснювати різкі ривки під час з'єднання агрегату.

Таблиця 4.3 – Заходи безпеки під час агрегування

Операція	Можлива небезпека	Заходи безпеки
Під'їзд комбайна до візка	Наїзд, защемлення	Працівник не повинен перебувати між машинами
Вирівнювання отворів	Удар дишлом	Візок фіксують, комбайн

Операція	Можлива небезпека	Заходи безпеки
		рухається на мінімальній швидкості
Встановлення пальця	Защемлення пальців рук	Встановлювати лише після повної зупинки агрегату
Фіксація пальця	Самовільне роз'єднання	Обов'язково встановити шплінт або замок
Пробне рушання	Ривок, ударне навантаження	Рух починати плавно, без різких прискорень
Транспортування	Від'єднання візка, занос	Контроль швидкості та стану зчіпки

Після встановлення пальця обов'язково перевіряють його фіксацію. Якщо стопорний елемент відсутній або пошкоджений, рух агрегату забороняється.

4.6 Вимоги безпеки під час транспортування жатки

Під час транспортування жатки на візку комбайн повинен рухатися з безпечною швидкістю, яка відповідає дорожнім умовам, стану покриття, масі причіпного обладнання та видимості. Особливо обережно потрібно рухатися на поворотах, спусках, підйомах, нерівних ділянках і ґрунтових дорогах.

Перед початком руху необхідно перевірити:

- надійність з'єднання комбайна з візком;
- наявність і справність стопорного елемента;
- відсутність пошкоджень пальця та скоби;
- правильність встановлення жатки на візку;
- фіксацію жатки на транспортному візку;
- справність гальмівної системи комбайна;
- відсутність людей у небезпечній зоні.

Під час транспортування забороняється виконувати різкі повороти, різке гальмування, перевищувати допустиму швидкість, перевозити людей на транспортному візку або жатці, а також рухатися з несправним зчіплювальним пристроєм.

У разі появи стуків, ривків, надмірного люфту або підозри на пошкодження зчіпки необхідно негайно зупинити агрегат, встановити його на стоянкове гальмо та провести огляд.

4.7 Вимоги безпеки під час технічного обслуговування та ремонту

Технічне обслуговування зчіплювального пристрою повинно проводитися регулярно, оскільки від його стану залежить безпека транспортування жатки та іншого причіпного обладнання.

Під час обслуговування необхідно перевіряти:

- стан пальця зчіпки;
- наявність зношування або деформації пальця;
- стан отворів у щоках скоби;
- справність втулок;
- якість зварних швів;
- затягування болтових з'єднань;
- наявність тріщин або деформацій кронштейна;
- справність стопорного механізму;
- наявність мастила в рухомих з'єднаннях.

Таблиця 4.4 – Контроль технічного стану зчіплювального пристрою

Елемент	Що перевіряється	Можлива несправність	Дія працівника
Палець зчіпки	Зношування, деформація	Зменшення діаметра, вигин	Замінити палець
Скоба	Отвори, тріщини, перекіс	Розбиття отворів, тріщини	Встановити втулки або відремонтувати

Елемент	Що перевіряється	Можлива несправність	Дія працівника
Кронштейн	Кріплення до рами	Послаблення, деформація	Підтягнути або замінити
Зварні шви	Цілісність шва	Тріщини, відшарування	Провести ремонтне зварювання
Болти	Затягування	Послаблення	Підтягнути, встановити стопорні шайби
Стопор	Наявність і справність	Випадіння або поломка	Замінити стопор
Втулки	Зношування	Збільшення люфту	Замінити втулки

Ремонтні роботи необхідно виконувати лише після повної зупинки комбайна, вимкнення двигуна та фіксації машини від самовільного руху. Забороняється проводити ремонт під час руху агрегату або при працюючому двигуні.

4.8 Пожежна безпека

Під час експлуатації зернозбирального комбайна існує підвищена пожежна небезпека, оскільки робота виконується в умовах сухої рослинної маси, пилу, високої температури навколишнього середовища, а також наявності пального, мастильних матеріалів і нагрітих частин двигуна.

Основними причинами пожежі можуть бути:

- накопичення соломи, полови та пилу біля гарячих частин комбайна;
- витік палива або мастила;
- несправність електропроводки;
- іскри під час зварювання або шліфування;
- перегрів підшипників і рухомих деталей;
- куріння поблизу машини або місця зберігання пального.

Для запобігання пожежі необхідно:

- регулярно очищати комбайн від пилу, полови й залишків рослинної маси;
- перевіряти герметичність паливної системи;
- не допускати витоків мастила;
- контролювати справність електропроводки;
- мати на комбайні справний вогнегасник;
- не виконувати зварювальні роботи поблизу сухої соломи;
- не палити біля комбайна, пального та мастильних матеріалів.

Під час зварювання зчіплювального пристрою робоче місце повинно бути очищене від легкозаймистих матеріалів. Після завершення зварювання необхідно перевірити, чи не залишилися тліючі частинки металу або іскри.

4.9 Виробнича санітарія та гігієна праці

Під час роботи з комбайном і виготовлення зчіплювального пристрою важливо забезпечити належні санітарно-гігієнічні умови праці. Працівники можуть зазнавати впливу пилу, шуму, вібрації, високої температури, зварювального диму та випарів фарбувальних матеріалів.

Для зменшення шкідливого впливу необхідно:

- використовувати респіратори під час шліфування, фарбування та роботи в запиленому середовищі;
- застосовувати захисні окуляри або щитки;
- працювати у спецодязі та захисному взутті;
- забезпечувати вентиляцію під час зварювання і фарбування;
- робити перерви під час тривалої роботи;
- уникати тривалого перебування поблизу джерел шуму без засобів захисту слуху;
- підтримувати робоче місце в чистоті.

Під час роботи в полі в літній період необхідно враховувати можливість перегрівання організму. Працівники повинні мати доступ до питної води, використовувати головні убори та дотримуватися режиму праці й відпочинку.

Висновки до розділу 4

У розділі було розглянуто питання охорони праці під час виготовлення, монтажу, експлуатації та технічного обслуговування зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич». Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати під час роботи з агрегатом.

Найбільш небезпечними є операції агрегування комбайна з транспортним візком жатки, оскільки працівник може потрапити в зону защемлення між дишлом і зчіплювальним пристроєм. Для запобігання травмуванню необхідно виконувати приєднання лише після повної зупинки комбайна, використовувати справний палець і стопорний елемент, а також забороняти перебування людей між комбайном і візком під час руху.

Розглянуто вимоги безпеки під час виготовлення пристрою, зокрема під час різання, свердління, зварювання, шліфування та фарбування. Наведено засоби індивідуального захисту, вимоги пожежної безпеки, заходи виробничої санітарії та порядок технічного обслуговування.

Виконано розрахунок освітлення робочої зони, за результатами якого встановлено, що для площі 12,2 необхідний світловий потік становить 9000, що може бути забезпечено трьома світильниками по 3000.

Запропоновані заходи з охорони праці та безпеки конструкції дозволяють зменшити ризик травмування працівників, підвищити надійність роботи зчіплювального пристрою та забезпечити безпечну експлуатацію зернозбирального комбайна «Славутич».

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ

5.1 Загальні положення

Техніко-економічний аналіз розробленої конструкції зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич» виконується з метою визначення доцільності її виготовлення та впровадження у виробничу експлуатацію.

Запропонована конструкція зчіплювального пристрою призначена для агрегування комбайна з транспортним візком жатки. Її використання дозволяє підвищити надійність з'єднання, зменшити зношування пальця та отворів скоби, скоротити час на технічне обслуговування і ремонт, а також знизити ризик аварійних ситуацій під час транспортних переїздів.

Економічний ефект від впровадження удосконаленої конструкції досягається за рахунок:

- зменшення витрат на ремонт зчіплювального пристрою;
- скорочення простоїв зернозбирального комбайна;
- підвищення довговічності пальця, втулок і кронштейна;
- зменшення витрат на заміну зношених деталей;
- підвищення безпеки транспортування жатки;
- збільшення ефективного часу роботи комбайна в період збирання врожаю.

5.2 Вихідні дані для економічного розрахунку

Для виконання техніко-економічного аналізу приймаємо орієнтовні вихідні дані, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Позначення	Значення	Одиниця
Маса металу для виготовлення пристрою	(m_m)	18	кг

Вартість 1 кг металу	C _m	45	грн/кг
Вартість стандартних кріпильних деталей	C _k	350	грн
Вартість зварювальних матеріалів	C _z	250	грн
Вартість лакофарбових матеріалів	C _f	180	грн
Трудомісткість виготовлення	T	8	люд.-год
Годинна тарифна ставка працівника	C _t	120	грн/год
Коефіцієнт додаткової заробітної плати	k _d	0,2	—
Нарахування на заробітну плату	n	0,22	—
Витрати на експлуатацію обладнання	C _o	600	грн
Накладні витрати	k _n	0,15	—
Орієнтовна вартість простою комбайна	C _p	1500	грн/год
Скорочення простоїв за сезон	t _p	6	год
Зменшення витрат на ремонт за сезон	E _r	2500	грн

Прийняті значення можуть уточнюватися залежно від фактичних цін на матеріали, тарифних ставок, вартості запасних частин і умов конкретного господарства.

5.3 Розрахунок вартості матеріалів

Вартість основного металу для виготовлення зчіплювального пристрою визначається за формулою:

$$C_m = m_m C_m$$

де

(C_{m}) — вартість металу, грн;

(m_m) — маса металу, кг;

(C_m) — вартість 1 кг металу, грн/кг.

Підставляємо значення:

$$[C_{\{m\}} = 18]$$

$$[C_{\{м\}} = 810 ,]$$

Отже, вартість металу для виготовлення зчіплювального пристрою становить:

$$[C_{\{м\}} = 810 ,]$$

Загальна вартість матеріалів визначається як сума вартості металу, кріпильних деталей, зварювальних і лакофарбових матеріалів:

$$[C_{\{\}} = C_{\{м\}} + C_k + C_z + C_f]$$

де

($C_{\{\}}$) — загальна вартість матеріалів, грн;

(C_k) — вартість кріпильних деталей, грн;

(C_z) — вартість зварювальних матеріалів, грн;

(C_f) — вартість лакофарбових матеріалів, грн.

Підставляємо значення:

$$[C_{\{\}} = 810 + 350 + 250 + 180]$$

$$[C_{\{\}} = 1590 ,]$$

5.4 Розрахунок витрат на оплату праці

Основна заробітна плата працівника визначається за формулою:

$$[C_{\{\}} = T C_t]$$

де

($C_{\{\}}$) — основна заробітна плата, грн;

(T) — трудомісткість виготовлення, люд.-год;

(C_t) — годинна тарифна ставка, грн/год.

Підставляємо значення:

$$[C_{\{\}} = 8]$$

$$[C_{\{\}} = 960 ,]$$

Додаткова заробітна плата визначається за формулою:

$$[C_{\{\}} = C_{\{\}} k_d]$$

$$[C_{\{\}} = 960 \cdot 2]$$

$$[C_{\{\}} = 192 ,]$$

Загальна заробітна плата:

$$[C_{\Sigma} = C_{\Sigma} + C_{\Sigma}]$$

$$[C_{\Sigma} = 960 + 192]$$

$$[C_{\Sigma} = 1152,]$$

Нарахування на заробітну плату:

$$[C_{\Sigma} = C_{\Sigma} k_n][C_{\Sigma} = 115222][C_{\Sigma} = 253,44,]$$

5.5 Розрахунок собівартості виготовлення зчіплювального пристрою

Виробнича собівартість виготовлення зчіплювального пристрою визначається за формулою:

$$[C_{\Sigma} = C_{\Sigma} + C_{\Sigma} + C_{\Sigma} + C_o] \text{де}$$

(C_{Σ}) — виробнича собівартість, грн;

(C_{Σ}) — вартість матеріалів, грн;

(C_{Σ}) — заробітна плата, грн;

(C_{Σ}) — нарахування на заробітну плату, грн;

(C_o) — витрати на експлуатацію обладнання, грн.

Підставляємо значення:

$$[C_{\Sigma} = 1590 + 1152 + 253,44 + 600][C_{\Sigma} = 3595,44,]$$

Накладні витрати визначаються за формулою:

$$[C_{\Sigma} = C_{\Sigma} k_n][C_{\Sigma} = 3595,4415][C_{\Sigma} = 539,32,]$$

Повна собівартість виготовлення пристрою:

$$[C_{\Sigma} = C_{\Sigma} + C_{\Sigma}][C_{\Sigma} = 3595,44 + 539,32][C_{\Sigma} = 4134,76,]$$

5.6 Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект від використання удосконаленого зчіплювального пристрою визначається за рахунок зменшення простоїв комбайна та скорочення витрат на ремонт.

Економія від скорочення простоїв визначається за формулою:

$$[E_p = C_p t_p]$$

де

(E_p) — економія від скорочення простоїв, грн;

(C_p) — вартість однієї години простою комбайна, грн/год;

(t_p) — скорочення простоїв за сезон, год.

Підставляємо значення:

$$[E_p = 1500]$$

$$[E_p = 9000 ,]$$

Загальний річний економічний ефект визначається за формулою:

$$[E_{\{\}} = E_p + E_r]$$

де

($E_{\{\}}$) — річний економічний ефект, грн;

(E_r) — економія витрат на ремонт, грн.

Підставляємо значення:

$$[E_{\{\}} = 9000 + 2500]$$

$$[E_{\{\}} = 11500 ,]$$

Отже, очікуваний річний економічний ефект становить:

$$[E_{\{\}} = 11500 ,]$$

5.7 Розрахунок строку окупності

Строк окупності витрат на виготовлення зчіплювального пристрою визначається за формулою:

де

T - строк окупності, років;

C - повна собівартість виготовлення пристрою, грн;

E - річний економічний ефект, грн.

Підставляємо значення: $T=0,36$

Переведемо строк окупності у місяці:

$$[T_{\{\}} = 0,36]$$

$$[T_{\{\}} = 4,32 ,]$$

Отже, строк окупності витрат на виготовлення зчіплювального пристрою становить приблизно:

[T_{ 3 , }

Це свідчить про економічну доцільність впровадження запропонованої конструкції у виробничу експлуатацію.

5.8 Розрахунок коефіцієнта економічної ефективності

Коефіцієнт економічної ефективності визначається за формулою:

де

К — коефіцієнт економічної ефективності;

Е — річний економічний ефект, грн;

С — повна собівартість виготовлення пристрою, грн.

Підставляємо значення:

$$[K_{\square} =][K_{\square} = 2,78]$$

Отже, на кожну гривню витрат на виготовлення зчіплювального пристрою очікується отримання приблизно:

економічного ефекту протягом сезону експлуатації.

5.9 Порівняння базової та удосконаленої конструкції

Для оцінки ефективності запропонованої конструкції доцільно порівняти базовий і удосконалений варіанти зчіплювального пристрою.

Таблиця 5.2 – Порівняння базового та удосконаленого зчіплювального пристрою

Показник	Базова конструкція	Удосконалена конструкція
Наявність змінних втулок	Відсутні або не передбачені	Передбачені
Надійність фіксації пальця	Середня	Підвищена
Знос отворів скоби	Високий	Зменшений
Ремонтпридатність	Обмежена	Підвищена
Міцність кронштейна	Стандартна	Підсилена ребрами

		жорсткості
Частота ремонтів	Вища	Нижча
Тривалість простоїв	Більша	Менша
Безпека транспортування	Задовільна	Підвищена
Орієнтовні витрати на ремонт	Вищі	Нижчі

Порівняльний аналіз показує, що удосконалена конструкція має кращі експлуатаційні показники завдяки підвищеній міцності, зносостійкості та ремонтпридатності. Це дозволяє зменшити кількість відмов і скоротити простої комбайна в період збирання врожаю.

5.10 Підсумкова таблиця техніко-економічних показників

Таблиця 5.3 – Основні техніко-економічні показники розробленої конструкції

Показник	Позначення	Значення	Одиниця
Вартість матеріалів	$C_{\{\}}$	1590	грн
Основна заробітна плата	$C_{\{\}}$	960	грн
Загальна заробітна плата	$C_{\{\}}$	1152	грн
Нарахування на заробітну плату	C	253,44	грн
Витрати на обладнання	C_o	600	грн
Виробнича собівартість	C	3595,44	грн
Накладні витрати	C	539,32	грн
Повна собівартість пристрою		4135	грн
Економія від скорочення простоїв	E_p	9000	грн
Економія на ремонті	E_r	2500	грн
Річний економічний ефект	E	11500	грн
Строк окупності	T	0,36	року
Строк окупності	T	4,3	міс

Коефіцієнт економічної ефективності	К	2,78	—
-------------------------------------	---	------	---

Висновки до розділу 5

У техніко-економічному аналізі було визначено орієнтовну собівартість виготовлення удосконаленого зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич». За результатами розрахунків повна собівартість виготовлення пристрою становить:

$$[C_{\square} = 4135]$$

Очікуваний річний економічний ефект від впровадження конструкції за рахунок скорочення простоїв комбайна та зменшення витрат на ремонт становить:

$$[E_{\square} = 11500]$$

Строк окупності витрат на виготовлення пристрою становить:

$$[T_{\square} = 0,36]$$

або приблизно:

$$[T_{\square} = 4,3]$$

Коефіцієнт економічної ефективності дорівнює:

$$[K_{\square} = 2,78]$$

Отримані результати свідчать про економічну доцільність розробки та впровадження удосконаленої конструкції зчіплювального пристрою. Запропонований пристрій має невисоку собівартість, забезпечує зменшення витрат на ремонт, скорочує простої комбайна та підвищує безпеку транспортування жатки. Тому його використання є ефективним для господарств, які експлуатують зернозбиральні комбайни типу «Славутич».

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі було розглянуто питання розробки конструкції зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич». Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення надійності, безпечності та зручності агрегування комбайна з транспортним візком жатки та іншим допоміжним причіпним обладнанням.

У першому розділі було проаналізовано призначення зернозбирального комбайна «Славутич», особливості його роботи та роль зчіплювального пристрою у транспортно-технологічному процесі. Встановлено, що зчіплювальний пристрій є відповідальним вузлом, який сприймає тягові, вертикальні, бокові, ударні та динамічні навантаження. Проведений аналіз існуючих конструкцій показав, що найбільш раціональним варіантом для комбайна є посилена конструкція типу скоби з пальцем, змінними втулками, кронштейном і надійним стопорним елементом.

У другому розділі було розроблено технологічну схему роботи зернозбирального комбайна із зчіплювальним пристроєм. Розглянуто послідовність агрегування комбайна з транспортним візком жатки, схему дії сил на зчіплювальний пристрій, технологічну схему виготовлення вузла та схему його розташування на комбайні. Визначено, що зчіплювальний пристрій повинен забезпечувати надійне передавання тягового зусилля, компенсацію кутових переміщень під час руху та безпечне транспортування жатки.

У результаті розрахунку основних технологічних параметрів агрегату встановлено, що вага транспортного візка з жаткою становить:

$$[G = 24,525,]$$

сила опору руху дорівнює:

$$[F_o = 0,981,]$$

а розрахункове навантаження на зчіплювальний пристрій з урахуванням динамічного коефіцієнта становить:

$$[F_{\square} = 3,35,]$$

У третьому розділі виконано розрахунок основних елементів зчіплювального пристрою. Проведено перевірку пальця на зріз, зминання та згин. За результатами розрахунку прийнято діаметр пальця:

$$[d = 25]$$

Напруження зрізу пальця становить:

що значно менше допустимого значення:

Також було перевірено міцність щік скоби, кронштейна, зварного з'єднання, болтового кріплення та змінних втулок. Усі отримані розрахункові напруження не перевищують допустимих значень. Зокрема, напруження згину в кронштейні становить:

$$[k = 100,4]$$

при допустимому значенні:

$$[[k] = 160]$$

напруження у зварному шві становить:

$$[w = 4,98]$$

при допустимому значенні:

$$[[w] = 70]$$

Це підтверджує працездатність і достатню міцність запропонованої конструкції.

У четвертому розділі було розглянуто питання охорони праці під час виготовлення, монтажу, експлуатації та технічного обслуговування зчіплювального пристрою. Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати під час роботи з комбайном і транспортним візком жатки. Особливу увагу приділено безпеці під час агрегування, оскільки саме в цей момент існує підвищений ризик защемлення рук, удару дишлом або самовільного переміщення візка.

Запропоновано заходи щодо підвищення безпеки конструкції: використання пальця достатнього діаметра, встановлення надійного

стопорного елемента, застосування змінних втулок, підсилення кронштейна ребрами жорсткості, якісне виконання зварних швів, нанесення антикорозійного покриття та регулярний контроль технічного стану вузла.

Таким чином, у бакалаврській роботі було обґрунтовано доцільність розробки удосконаленої конструкції зчіплювального пристрою зернозбирального комбайна «Славутич». Запропонована конструкція є простою у виготовленні, ремонтпридатною, надійною та безпечною в експлуатації. Вона забезпечує надійне агрегування комбайна з транспортним візком жатки, зменшує ризик аварійних ситуацій і сприяє підвищенню ефективності використання зернозбиральної техніки в польових умовах.

Отримані результати можуть бути використані під час розробки конструкторської документації, виготовлення дослідного зразка зчіплювального пристрою та його подальшого впровадження у виробничу експлуатацію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко А. І. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Вища освіта, 2004. 552 с.
2. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини. Київ: Каравела, 2008. 552 с.
3. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські та меліоративні машини. Київ: Вища освіта, 2004. 544 с.
4. Кравчук В. І., Погорілий В. В., Лінник М. К. Машини для збирання зернових культур. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. 296 с.
5. Погорілий Л. В., Кравчук В. І. Випробування сільськогосподарської техніки. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2003. 340 с.
6. Василенко П. М., Погорілий Л. В. Основи наукових досліджень у механізації сільського господарства. Київ: Урожай, 1985. 240 с.
7. Рудь А. В., Бендера І. М., Войтюк Д. Г. Практикум з машиновикористання в рослинництві. Київ: Урожай, 1996. 288 с.
8. Гевко Б. М., Рогатинський Р. М. Технологія сільськогосподарського машинобудування. Тернопіль: ТДТУ, 2006. 320 с.
9. Артоболевський І. І. Теорія механізмів і машин. Київ: Вища школа, 1988. 640 с.
10. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів. Київ: Вища школа, 2004. 655 с.
11. Феодосьєв В. І. Опір матеріалів. Київ: Вища школа, 1974. 560 с.
12. Анур'єв В. І. Довідник конструктора-машинобудівника: у 3 т. Київ: Техніка, 1980. Т. 1. 728 с.

- 13.Анур'єв В. І. Довідник конструктора-машинобудівника: у 3 т. Київ: Техніка, 1980. Т. 2. 560 с.
- 14.Анур'єв В. І. Довідник конструктора-машинобудівника: у 3 т. Київ: Техніка, 1980. Т. 3. 557 с.
- 15.Решетов Д. М. Деталі машин. Київ: Вища школа, 1989. 496 с.
- 16.Іванов М. Н. Деталі машин. Київ: Вища школа, 1991. 383 с.
- 17.Павловський М. А. Теоретична механіка. Київ: Техніка, 2002. 512 с.
- 18.Березовський Ю. В., Захаров М. В. Розрахунок і конструювання деталей машин. Київ: Кондор, 2011. 320 с.
- 19.Яхін С. В., Гончарук О. А. Основи проектування і конструювання машин. Полтава: ПДАА, 2016. 250 с.
- 20.ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 55 с.
- 21.ДСТУ ГОСТ 2.104:2006. Єдина система конструкторської документації. Основні написи. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 24 с.
- 22.ДСТУ ГОСТ 2.301:2006. Єдина система конструкторської документації. Формати. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 12 с.
- 23.ДСТУ ГОСТ 2.307:2013. Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 38 с.
- 24.ДСТУ ISO 129-1:2007. Кресленики технічні. Проставляння розмірів і допусків. Частина 1. Загальні принципи. Київ: Держспоживстандарт України, 2012. 76 с.

- 25.ДСТУ ISO 2768-1:2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без індивідуального позначення допусків. Київ: Держстандарт України, 2002. 14 с.
- 26.ДСТУ EN ISO 5817:2014. Зварювання. Зварні з'єднання сталей, нікелю, титану та їх сплавів. Рівні якості залежно від дефектів. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 32 с.
- 27.ДСТУ EN ISO 2553:2014. Зварювання та споріднені процеси. Умовні позначки на креслениках. Зварні з'єднання. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 66 с.
- 28.ДСТУ ISO 898-1:2015. Механічні властивості кріпильних виробів із вуглецевої та легованої сталі. Частина 1. Болти, гвинти та шпильки. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 60 с.
- 29.ДСТУ ISO 4014:2001. Болти з шестигранною головкою. Класи точності А і В. Київ: Держстандарт України, 2002. 18 с.
- 30.ДСТУ ISO 4032:2002. Гайки шестигранні нормальної висоти. Класи точності А і В. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 16 с.