

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

Допущено до захисту

“__” _____ 2026р.

Зав. кафедри Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)

В.В. Дідур
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього ступеня)

тема проекту: «Удосконалення технології поточного ремонту зернозбиральних комбайнів з розробкою пневмопреса для ремонту ножів ріжучого апарату жниварки»

Виконав: студент 3 курсу, групи 33-к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»

Ласкавий Володимир Вікторович
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії, доцент Шевчук М.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2026 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ	
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ.....	7
1.1. Технологічна послідовність виконання поточного ремонту зернозбирального комбайна типу John Deere.....	7
1.2. Планування навантаження виробничих підрозділів ремонтної бази	10
1.3. Створення виробничого підрозділу для відновлення різальних і молотильних систем комбайнів.....	13
1.3.1.Опис технологічного процесу ремонту жатково-молотильних вузлів	13
1.3.2. Обґрунтування вибору технічного оснащення	17
1.3.3. Проєктне визначення просторових параметрів ділянки.....	18
1.4. Формування технологічного маршруту ремонту молотильного барабана комбайна.....	19
1.4.1. Технічна характеристика та дефектування деталі	19
1.4.2. Проєктно-розрахункове обґрунтування режимів виконання ремонтних робіт	21
1.5. Висновки за розділом	22
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПНЕВМАТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ	
РЕМОНТУ РІЖУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖАТКИ.....	23
2.1. Обґрунтування потреби у модернізації ремонтного оснащення.....	23
2.2. Дослідження наявних технічних рішень для ремонту ножів жатки.....	25
2.3. Будова та робочий цикл пневматичного пресового пристрою	33
2.4. Конструкторські розрахунки елементів пресового механізму.....	36
2.4.1. Розрахункове визначення параметрів виконавчого пневмоциліндра	36
2.4.2. Комплектування пневмосистеми робочою апаратурою	38
2.4.3. Розрахунок міцності пальця кріплення циліндра	40
2.4.4. Розрахунок геометричних параметрів штифта коромисла.....	41
2.4.5. Оцінка жорсткості штока пресового вузла.....	43
2.5. Оцінювання рівня уніфікації та стандартизації проєктної конструкції ..	44
2.6. Регламент технічного сервісу пресового обладнання	45
2.7. Техніко-експлуатаційні параметри розробки.....	46
2.8. Висновки за розділом	47
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	48
3.1. Оцінка стану організації охорони праці ТОВ «Марганецька птахофабрика»	48
3.2. Оцінка виробничих ризиків під час ремонту жаток комбайнів	49
3.3. Удосконалення системи безпеки праці в ремонтній зоні	50
3.4. Висновки за розділом	51
РОЗДІЛ 4. ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	
МОДЕРНІЗАЦІЇ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ	52
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	55

ВСТУП

Аграрний сектор відіграє стратегічно важливу роль в економіці України, виступаючи гарантом продовольчої безпеки держави. Він генерує близько 10-12% валового внутрішнього продукту (ВВП) та забезпечує понад 40% валютних надходжень від загального обсягу експорту [1]. Ефективність функціонування агропромислового комплексу в ринкових умовах прямо залежить від технічного стану та готовності до використання наявної сільськогосподарської техніки. Серед цього парку ключове значення мають зернозбиральні комбайни, оскільки вони виконують найбільш енергоємні та критично важливі операції технологічного циклу. Від їхньої безперебійної роботи впродовж стислих агротехнічних термінів жнив залежать не лише обсяги зібраного врожаю та мінімізація втрат зернової продукції, а й загальна рентабельність аграрних суб'єктів господарювання.

Проте, на сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу України фіксується загрозовий ступінь фізичного зносу збиральної техніки. Середній вік зернозбиральних комбайнів сягає 15-20 років, при цьому понад 60% наявного обладнання характеризується зношеністю, що перевищує 70% [2]. Експлуатація морально застарілих та фізично вичерпаних машинних засобів неминуче призводить до зниження їхньої експлуатаційної продуктивності на 20-30%, зростання нераціонального споживання паливно-мастильних матеріалів, а головне – до частих технологічних відмов під час критично важливої збиральної кампанії. За даними аналітичних досліджень, близько 30% незапланованих простоїв техніки зумовлені недосконалістю існуючої системи технічного обслуговування та низькою якістю виконання поточних ремонтних робіт.

Мета дослідження полягає у підвищенні технічної готовності та ефективності експлуатації парку зернозбиральних шляхом удосконалення технології їхнього поточного ремонту, організації спеціалізованої виробничої ділянки та механізації процесу відновлення різальних елементів жаток.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі **завдання дослідження**:

1. вивчити структуру, причини та закономірності виникнення типових несправностей та відмов зернозбиральних комбайнів;
2. розробити організаційно-технологічні рішення для створення спеціалізованої ділянки з ремонту жаток та молотильних апаратів, включаючи розрахунок необхідної площі та підбір комплекту обладнання;
3. запропонувати та обґрунтувати конструкцію засобу малої механізації для автоматизації процесу видалення заклепок та правки ножових сегментів жатки;
4. розробити комплекс заходів з охорони праці, та виконати техніко-економічне обґрунтування та оцінити фінансову ефективність запропонованих проектних рішень.

Об'єктом дослідження є технологічний процес поточного ремонту та відновлення функціональності складових частин зернозбиральних комбайнів в умовах майстерень агропромислових підприємств.

Предметом дослідження є організаційні форми, технологічні методи та конструктивні засоби механізації поточного ремонту жаток і молотильних апаратів комбайнів John Deere.

Наукова новизна та практичне значення результатів роботи полягає в оптимізації технологічного процесу поточного ремонту різальних апаратів жаток зернозбиральних комбайнів за рахунок впровадження розробленого стаціонарного пневмопреса. Це нововведення забезпечує суттєве зниження трудомісткості процесу заміни сегментів, запобігає деформації спинки ножа та підвищує точність його складання.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ РЕМОНТНОЇ БАЗИ

1.1. Технологічна послідовність виконання поточного ремонту зернозбирального комбайна типу John Deere

Регулярне технічне обслуговування зернозбиральних комбайнів є важливою складовою забезпечення функціональності агротехнічного парку. Його метою є оперативне виявлення та усунення несправностей, відновлення робочих параметрів обладнання, а також запобігання серйозним поломкам під час інтенсивних сільськогосподарських робіт. Для ілюстрації процесу розглянемо типову послідовність виконання технічного обслуговування зернозбирального комбайна John Deere [11, 12, 13]. Ця техніка широко застосовується в сучасному агропромисловому комплексі завдяки своїй високій ефективності, автоматизації функціоналу та міцності ключових компонентів. Ремонтний процес організовується згідно із визначеною технологічною послідовністю і охоплює комплекс взаємопов'язаних операцій, що здійснюються поетапно. Кожен з цих етапів має свою чітку мету та забезпечує відповідну якість відновлення функціонального стану обладнання. Загальний технологічний процес представлено у вигляді покрокової схеми (рис. 1.1).

Першим етапом є прийняття техніки на ремонт. Під час цього етапу здійснюється візуальний огляд машини, оцінюється технічний стан основних вузлів та систем, враховуються зауваження оператора щодо роботи обладнання та формується перелік виявлених дефектів. Також паралельно складається список необхідних запасних частин, матеріалів та ремонтних робіт. Наступний етап – це очищення та миття машини. За допомогою спеціалізованого обладнання високого тиску з поверхонь елементів та компонентів видаляються забруднення, такі як ґрунт, пил, рослинні залишки та мастильні речовини. Ретельне очищення створює необхідні умови для подальшої діагностики та

ефективного виконання ремонтних робіт. Після завершення очищення здійснюється діагностика технічного стану машини. Під час цього етапу оцінюється функціонування двигуна, молотильно-сепарувальної системи, ходової частини, трансмісії, гідравлічного обладнання, систем очищення та електрообладнання. Сучасні моделі, такі як John Deere, оснащені електронними системами самодіагностики, які дозволяють швидко виявляти несправності за допомогою кодів, що відображаються на дисплеї.

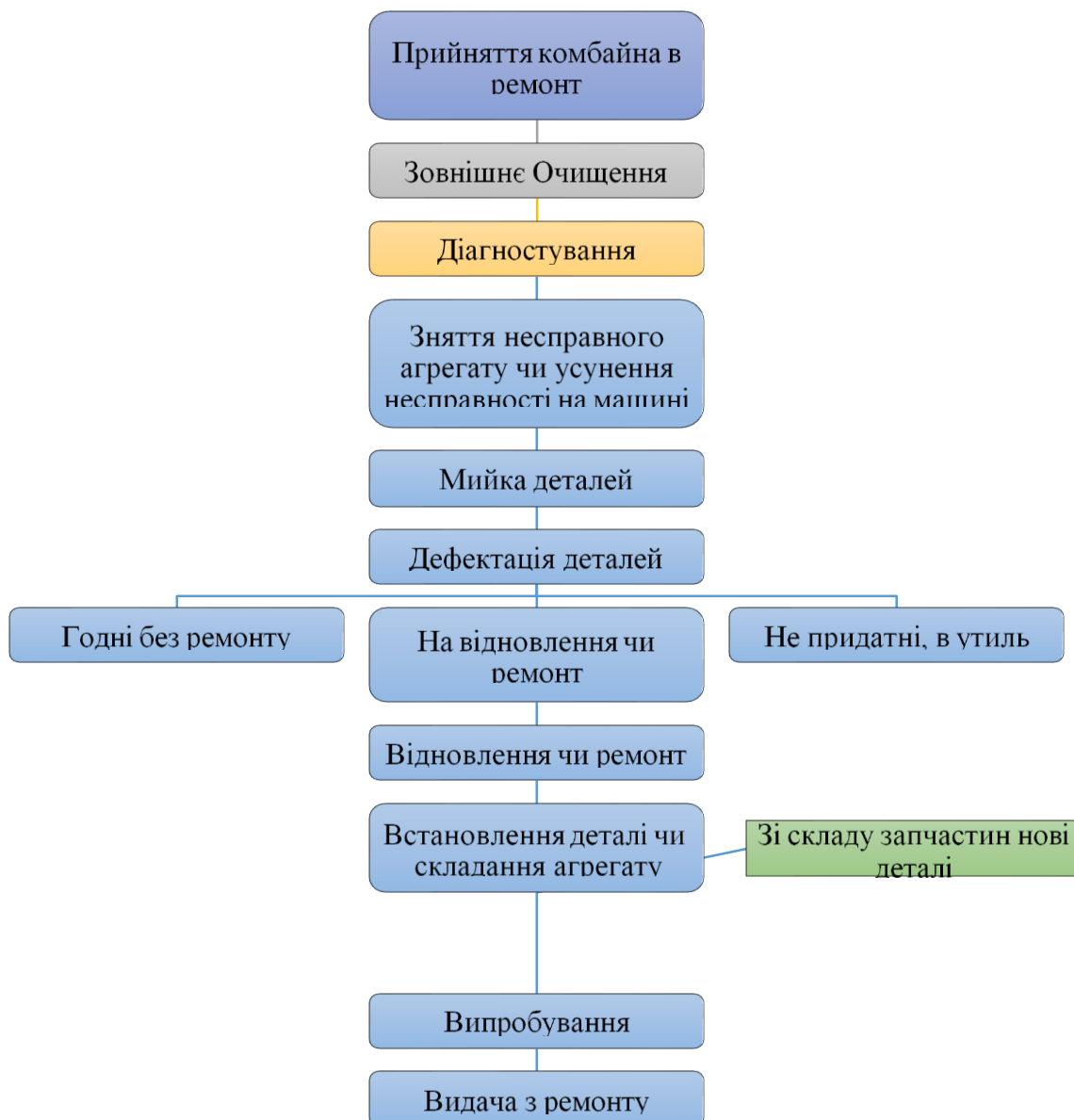


Рис. 1.1. Графічна модель методології експлуатаційного відновлення функціональності зернозбиральних машин John Deere

Далі виконується часткове розбирання та дефектація деталей. Після виявлення пошкоджених вузлів здійснюється демонтаж окремих елементів конструкції, що потребують технічного контролю. Під час дефектації перевіряється ступінь зносу деталей, наявність тріщин, деформацій та інших ушкоджень. Придатні для використання компоненти допускаються до подальшої експлуатації, а ті, що не підлягають ремонту, направляються на відновлення або повну заміну. Наступний етап передбачає виконання основних ремонтних робіт. У паливній системі здійснюють очищення бака, заміну фільтрів та перевірку паливних насосів і форсунок. У жниварній частині контролюють стан ножів, пасових передач та приводних механізмів. Під час ремонту молотильного апарата інспектують барабан, деку, бичі та підшипникові вузли. Для системи очищення перевіряють решета, вентилятори, елеватори та зернові трубопроводи. У гідравлічній системі проводять заміну робочої рідини та фільтрувальних елементів, а також перевіряють герметичність і функціональність обладнання. Ремонт електричної системи включає перевірку проводки, датчиків, генератора, стартера та акумулятора. Після завершення ремонтних заходів виконують збірку вузлів і механізмів. На цьому етапі відбувається встановлення відремонтованих деталей, змащування поверхонь тертя та налаштування робочих параметрів механізмів і приводів відповідно до технічних вимог виробника.

Подальшим етапом є випробування та обкатка комбайна. Машину перевіряють як на холостому ході, так і під робочим навантаженням. Контролюється стабільність роботи всіх агрегатів, відсутність зайвих шумів, вібрацій, перегріву та витоків робочих рідин. За потреби виконуються додаткові налаштування. Заключним етапом технологічного процесу є оформлення необхідної документації та передача техніки в експлуатацію. Складається акт виконаних робіт, до технічної документації вносяться відомості про проведений ремонт і замінені деталі, після чого проводиться інструктаж оператора щодо особливостей подальшої експлуатації комбайна після ремонту.

Нормативні показники трудомісткості виконання окремих операцій поточного ремонту наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Оцінювальна тривалість робочих фаз поточного технічного обслуговування сільськогосподарських машин John Deere

Фаза робіт	Час, години
Функціональне тестування	2
Відновлення функціональності жнивного механізму	від 5 до 6
Монтаж та калібрування компонентів	від 5 до 6
Технічне обслуговування молотильного вузла	від 4 до 5
Комплекс робіт з гідравлічними та електротехнічними системами	від 3 до 4
Ретельна інспекція та технічна діагностика	від 3 до 4
Сукупна тривалість	від 22 до 27

Отже, поточний ремонт зернозбирального комбайна John Deere являє собою комплексний та послідовно організований технологічний процес, спрямований на забезпечення стабільної роботи техніки протягом усього періоду експлуатації. Своєчасне виконання ремонтно-відновлювальних операцій дає змогу мінімізувати ймовірність виникнення відмов, скоротити простої машин та підвищити ефективність використання комбайна під час проведення збиральних робіт.

1.2. Планування навантаження виробничих підрозділів ремонтної бази

На основі виконаних технологічних розрахунків визначено сумарний річний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт, необхідних для забезпечення справного технічного стану машинно-тракторного парку та спеціалізованої сільськогосподарської техніки підприємства. Для ефективної організації виробничого процесу у структурі проекрованої центральної ремонтної майстерні передбачено формування окремих спеціалізованих виробничих підрозділів, які забезпечують виконання різних видів ремонтних і відновлювальних операцій.

До основних виробничих дільниць майстерні належать ремонтно-монтажна дільниця, дільниця ремонту електрообладнання та контрольно-вимірювальних приладів, відділення ремонту паливної апаратури, слюсарно-механічна дільниця, що включає слюсарне та механічне відділення, а також відділення ремонту двигунів внутрішнього згоряння. Наявність зазначених підрозділів забезпечує можливість комплексного виконання ремонтних робіт різної складності та спеціалізації. Окрім основних виробничих зон, у структурі ремонтної бази передбачено функціонування спеціалізованих постів і допоміжних дільниць, зокрема зварювально-наплавного поста, шиномонтажної та вулканізаційної дільниці, а також спеціалізованої зони ремонту жниварок і молотильно-сепарувальних пристроїв зернозбиральних комбайнів. Використання спеціалізованих постів дозволяє підвищити якість виконання технологічних операцій та скоротити тривалість ремонтного циклу.

Загальна розрахункова трудомісткість робіт, що виконуються у майстерні, становить 9791,3 людино-годин. Розподіл річного навантаження між окремими виробничими підрозділами здійснюється відповідно до структури технологічних процесів та з урахуванням нормативного співвідношення трудових витрат за видами ремонтних операцій. При цьому враховуються технічні можливості обладнання, пропускна здатність окремих дільниць, рівень механізації виробничих процесів, а також кваліфікаційний склад персоналу.

Раціональний розподіл трудомісткості між підрозділами забезпечує рівномірне завантаження виробничих зон, підвищує ефективність використання технологічного обладнання та створює умови для скорочення простоїв техніки під час ремонту. Крім того, правильне планування виробничого навантаження сприяє підвищенню продуктивності праці та покращенню організації ремонтного процесу в цілому.

Результати розподілу річного обсягу робіт між окремими виробничими підрозділами центральної ремонтної майстерні наведені у таблиці 1.2.

**Аналіз розподілу трудових ресурсів за виробничими підрозділами
ремонтної майстерні**

Обсяг трудових витрат, людино-години	Найменування виробничого підрозділу	Відносна частка у сукупній трудомісткості, %
930,2	Зварювальний підрозділ	9,5
1713,5	Ділянка ремонту жниварних та молотильних агрегатів	17,5
450,4	Секція з обслуговування паливоподаючого обладнання	4,6
1449,1	Механічний цех	14,8
1253,3	Відділ відновлення силових установок	12,8
313,3	Підрозділ діагностики та ремонту електричного оснащення	3,2
1458,9	Слюсарна майстерня	14,9
411,2	Ділянка шиномонтажних робіт	4,2
1811,4	Цех ремонтно-монтажних операцій	18,5
100	Сумарні показники	9791,3

Спеціалізована дільниця ремонту жниварок і молотильно-сепарувальних вузлів характеризується значним обсягом річного навантаження, яке становить 1713,5 людино-годин, або близько 17,5% від загальної трудомісткості центральної ремонтної майстерні. Така частка пояснюється специфікою конструкції та умовами експлуатації даного типу сільськогосподарських машин. Підвищене навантаження на дану дільницю зумовлене, насамперед, конструктивною складністю сучасних збиральних агрегатів. Вони мають щільне компонування механічних, гідравлічних та електронних систем керування, що ускладнює процес розбирання, діагностики та подальшого складання вузлів і збільшує загальну трудомісткість ремонтних операцій.

Важливим фактором є необхідність використання спеціалізованого технологічного оснащення. Для якісного виконання ремонтних робіт застосовуються балансувальні стенди для роторів і молотильних барабанів, а також спеціальні монтажні пристосування та стапелі, які забезпечують контроль геометричних параметрів жниварок і правильність їх складання після

відновлення. Суттєвий вплив на обсяг робіт має інтенсивний абразивний знос робочих органів. Елементи різального апарата, битки, шнеки, підшипникові вузли та інші рухомі деталі безпосередньо взаємодіють із рослинною масою, пилом і ґрунтовими домішками, що призводить до їх швидкого зношування та необхідності регулярної дефектації, ремонту або заміни. Додатково слід враховувати підвищені вимоги до точності складання та регулювання механізмів. Відновлення правильних зазорів, балансування рухомих елементів і дотримання кінематичних параметрів приводів є критично важливими для забезпечення стабільної роботи комбайна та мінімізації втрат зерна під час збирання врожаю.

Таким чином, дільниця ремонту жниварок і молотильних апаратів є однією з найбільш навантажених та технологічно складних у структурі ремонтної майстерні, що потребує відповідного рівня оснащення та кваліфікації персоналу.

1.3. Створення виробничого підрозділу для відновлення різальних і молотильних систем комбайнів

1.3.1. Опис технологічного процесу ремонту жатково-молотильних вузлів

Ремонт жниварково-молотильних вузлів зернозбиральних комбайнів є складним технологічним процесом, який охоплює відновлення основних робочих елементів жниварки, похилої камери та молотильного апарата. У процесі експлуатації дані вузли зазнають значних навантажень, що призводить до виникнення типових несправностей, зокрема деформацій корпусних елементів, зносу пальцевого бруса, пошкодження різального апарата, абразивного зношування шнекових механізмів, а також порушення геометрії та дисбалансу рухомих частин приводу мотовила.

Початковим етапом ремонту є очищення жнивarki, яке виконується на спеціально обладнаному майданчику із застосуванням мийних установок високого тиску. Після очищення агрегат транспортується до ремонтної ділянки за допомогою візка ОР-6700, після чого виконується його встановлення на універсальний стенд ОР-13220, де проводяться основні операції розбирання, дефектації та подальшого складання. На наступному етапі здійснюється контроль геометричних параметрів корпусу жнивarki з використанням вимірювальних пристроїв та контрольних призм. Допустиме відхилення осей трубних елементів не повинно перевищувати 5 мм. У разі перевищення цього значення проводиться виправлення деформацій шляхом механічного або термічного правлення з використанням газового нагріву та природного охолодження. Аналогічно виконується відновлення геометрії пальцевого бруса із застосуванням стяжних механізмів і фіксаторів, що забезпечує правильне розташування елементів різального апарата.

У разі зношування або пошкодження сегментів ножа здійснюється їх заміна з подальшим kleпанням на спеціалізованому пресі. Після складання обов'язково виконується регулювання зазорів між ножом і притискачами, а також центрування різального механізму. При цьому кінематичне зміщення головки ножа за один оберт кривошипа не повинно перевищувати 2,5 мм. Зазори між сегментами та протирізальними пластинами встановлюються регульовальними прокладками: у передній частині до 0,8 мм, у задній частині в межах 0,3–1,5 мм, при цьому задній зазор повинен бути більшим за передній. Шнек жнивarki монтується із суворим дотриманням симетрії відносно бокових стінок корпусу. Відстань між торцями кожуха шнека та боковинами повинна становити 12 ± 4 мм, а різниця зазорів по довжині не повинна перевищувати 3 мм. Запобіжна муфта шнека налаштовується на крутний момент 200 ± 10 Н·м. Мотовило перевіряється на прямолінійність, при цьому допустиме загальне биття не повинно перевищувати 10 мм і усувається шляхом регулювання розтяжок. Запобіжна муфта мотовила налаштовується на момент 120 ± 10 Н·м.

Після завершення складання жниварка разом із похилою камерою проходить обов'язкову обкатку протягом 10 хв при частоті обертання $7,5 \text{ c}^{-1}$ (450 об/хв), під час якої контролюється плавність роботи всіх механізмів, відсутність вібрацій та сторонніх шумів. Ремонт похилої камери передбачає усунення деформацій корпусу, відновлення боковин і днища, а також ремонт ланцюгового транспортера. Контроль ступеня зносу ланцюгів виконується за допомогою вимірювальних калібрів. Відновлення геометрії корпусу здійснюється на стапельному обладнанні з використанням гідравлічних систем вирівнювання. Після ремонту різниця діагоналей корпусу не повинна перевищувати 5 мм. Запобіжна муфта приводу налаштовується на крутний момент $150 \pm 10 \text{ Н}\cdot\text{м}$, а обкатка виконується протягом 5 хв при $7,5 \text{ c}^{-1}$ (450 об/хв).

Ремонт молотильного апарата включає дефектацію битків, барабана та підбарабання. При зменшенні висоти рифів битків до значення менше 6 мм вони підлягають обов'язковій заміні комплектом для забезпечення балансування. Допустиме радіальне биття встановлених битків не повинно перевищувати 1 мм. Після складання барабан проходить обов'язкове статичне та динамічне балансування, при якому допускається мінімальний залишковий дисбаланс, коли вантаж масою до 30 г на радіусі барабана здатний порушити рівновагу. Загальні схематичні приклади геометричних параметрів, відновлювальних зон та дефектів елементів жниварок до і після проведення технологічних ремонтних операцій наведено на рисунку 1.2.

Таким чином, ремонт жниварково-молотильних вузлів є комплексним технологічним процесом, що включає послідовні операції діагностики, відновлення геометрії, регулювання зазорів, заміни зношених елементів, складання та балансування, що забезпечує надійну та безперебійну роботу зернозбирального комбайна в польових умовах.



а



б



Рис. 1.2. Технологічний процес ремонту та дефектації елементів жниварок:

а — стан до ремонту; б — стан після ремонту

Нормативною вимогою передбачено обов'язкове виконання статичного та динамічного балансування роторних елементів, зокрема барабанів молотильного апарата та вентиляторів системи очищення. Це є ключовою умовою забезпечення вібронадійності зернозбирального комбайна, оскільки перевищення допустимого рівня залишкового дисбалансу призводить до підвищених динамічних навантажень на підшипникові вузли та раму молотильно-сепарувального пристрою. У разі недотримання нормативних параметрів можливе виникнення втомного руйнування опорних елементів уже протягом перших 50 годин роботи під робочим навантаженням.

1.3.2. Обґрунтування вибору технічного оснащення

Підбір допоміжного устаткування, організаційного оснащення та спеціалізованого інструментарію здійснюється з огляду на технологічну доцільність виконання конкретних операцій, зокрема, демонтажно-монтажних, коригувальних, діагностично-дефектувальних та налагоджувальних. Вичерпний перелік основного та допоміжного ремонтно-технологічного оснащення даної ділянки представлено у відповідній специфікації (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Специфікація ремонтно-технологічного обладнання та оснащення ділянки

Поз. на плануванні	Найменування обладнання	Марка	Кільк.	Габаритні розміри, мм	Займана площа, м ²
1	Контейнер для вибракуваних деталей	ОРГ-1598	2	600×700	0,84
2	Слюсарний верстак на одне робоче місце	ТУ 70/1-15101	2	800×1200	1,92
3	Зварювальний трансформатор (пересувний)	СТШ-315	1	800×800	-
4	Шафа для газових балонів	P-402	1	400×1225	0,49
5	Кантувач для каркасів підбарабань	ОР-6766	1	600×2000	1,2
6	Стелаж для дрібних деталей	ОРГ-1468-06-870	2	400×900	0,72
7	Стенд для правки каркасів підбарабань	ОР-6634	1	600×1500	0,9
8	Стенд для ремонту молотильних барабанів	ОР-6718	1	900×2000	1,8
9	Шафа для монтажних пристосувань	ОРГ-1603	1	500×1200	0,6
10	Стелаж для вузлів та деталей	ОРГ-1468-06-300А	1	500×1500	0,75
11	Підвісний кран	Q=2т.	1	-	-
12	Настільно-свердильний верстак	НС-12А	1	400×550	0,22
13	Пневмопрес для ремонту ножів ріжучого апарату	Власного виготовлення	1	640×5010	3,2
14	Підставка для розбирання, складання мотобила камбайнів	ОР-6706	1	700×5000	3,5
15	Стелаж для ножів та деталей мотобила	цеховий	1	700×4300	3,01
16	Стіл монтажний металевий	ОРГ-1468-01-080	1	600×1100	0,66
17	Стенд для ремонту транспортерів похилих камер	ОР-6689	1	900×1600	1,44
18	Стелаж для деталей і вузлів похилої камери	70-7831-1359	1	500×1500	0,75
19	Стенд для ремонту жатак	ОР-13220	1	2600×7500	19,5
20	Візок для транспортування жатак	ОР-6700	1	1100×1500	-
Всього:					41,5

Обрання ключового виробничо-ремонтного устаткування для проєктованого підрозділу детермінується галузевими нормативно-методичними настановами, що регламентують організацію робочих місць на спеціалізованих ремонтних підприємствах агропромислового сектору. При цьому обов'язково враховуються конструктивні особливості агротехніки для збирання зернових , як-от агрегати John Deere, технологічні режими відновлення компонентів, а також критерій забезпечення оптимального рівня завантаження верстатного парку та випробувальних стендів.

1.3.3. Проектне визначення просторових параметрів ділянки

Загальна площа, що відводиться під ремонтну ділянку, включає виробничі, допоміжні та складські приміщення. Основною складовою при проектуванні є виробнича площа, на якій розміщуються робочі місця слюсарів, ремонтно-технологічне обладнання, а також передбачаються зони тимчасового зберігання ремонтного фонду, оборотних вузлів і агрегатів. Виробнича площа визначається на основі габаритних розмірів установленого обладнання з обов'язковим урахуванням додаткових площ для організації робочих зон обслуговування, внутрішньоцехових проходів, а також безпечних зон переміщення персоналу і вантажопідіймальних засобів.

Розрахунок площі ділянки виконується методом питомих коефіцієнтів розміщення обладнання відповідно до формули (1.1), що дозволяє обґрунтувати необхідні розміри виробничого приміщення з урахуванням технологічних вимог і умов безпечної експлуатації.

$$F_{\text{д}} = F_{\text{об}} \cdot [\sigma], \quad (1.1)$$

Де $[\sigma]$ – позначає нормативний коефіцієнт розширення площі;

$F_{\text{об}}$ – сукупна площа устаткування, м².

Для спеціалізованої ділянки з поточного технічного обслуговування жаток та молотильних агрегатів, ґрунтуючись на принципах технологічного

проектування та критеріях безпечного й оптимального розташування обладнання, було визначено наступне:

Розрахункова площа обладнання становить:

$$F_{\text{д}} = 41,5 \cdot 3,0 = 124,5 \text{ м}^2.$$

Визначена розрахунковим методом площа $124,5 \text{ м}^2$ становить мінімальний поріг, зумовлений технологічними потребами. При інтеграції зазначеної ділянки у типовий виробничий простір ремонтно-експлуатаційної бази, її просторова організація адаптується до стандартної модульної сітки несучих колон з метою оптимізації розміщення стендів ОР-13220 та ОР-6723, забезпечення відповідності нормативним вимогам до транспортних коридорів для внутрішньоцехових переміщень, а також гарантування адекватного радіуса розвороту великогабаритного транспортного засобу ОР-6700, кінцева сукупна площа ділянки була визначена як 144 м^2 . Ця величина відповідає стандартному будівельному модулю. Детальне компонування технологічного устаткування та відповідних функціональних зон відображено на Аркуші 2 графічної частини проектної документації.

1.4. Формування технологічного маршруту ремонту молотильного барабана комбайна

1.4.1. Технічна характеристика та дефектування деталі

Молотильний барабан, як один із найважливіших функціональних вузлів агротехніки, що відповідає за ефективне обмолочування, є складною конструкцією. До його ключових складових належать центральний несучий вал, що слугує основою для всієї системи, опорні диски, які забезпечують жорсткість конструкції, спеціальні підбичники, що контактують з матеріалом, маточини для кріплення, та безпосередньо бичі – робочі елементи, відповідальні за процес обмолоту. Виробництво цих елементів вимагає використання специфічних, високоміцних матеріалів: для виготовлення вала

застосовується круглий прокат марки 40-Т-5, диски формуються з листової сталі 2-111-Б-20, підбичники виготовляються з листової сталі 2-111-Б-20ЮЛ, маточини відливаються зі сталі 35-2-а, а робочі бичі, що піддаються значним ударним навантаженням, виконуються з ребристого профілю сталі марки 50Г, що забезпечує їхню довговічність та ефективність.

При відновленні цього важливого вузла критично важливо забезпечити, щоб його експлуатаційний ресурс та термін служби були абсолютно еквівалентними показникам нововиготовленого виробу. Це є фундаментальною вимогою, що гарантує безперебійну, ефективну та надійну роботу барабана протягом усього запланованого періоду експлуатації.

Якість функціонування молотильного барабана суворо регламентується низкою ключових технічних параметрів та допусків. Зокрема, радіальне биття активної поверхні бичів відносно центральної опорної осі вала має бути мінімальним і не повинно перевищувати гранично допустиме значення в 1 міліметр по всій робочій ширині конструкції. Виступання бичів над поверхнею підбичників допускається в межах не більше 2 міліметрів, що є важливою умовою для правильного обмолоту. Максимально дозволений статичний та динамічний дисбаланс барабана встановлений на рівні не більше 6 грам-метрів, аби запобігти небажаним вібраціям та підвищеному зносу. Крім того, відхилення площини підбичників від ідеальної прямолінійності на контрольній ділянці довжиною 1000 міліметрів не може перевищувати 1,5 міліметра, що гарантує рівномірність процесу обмолоту.

Під час тривалої та інтенсивної експлуатації молотильного барабана, що працює в умовах значних навантажень, виникають типові дефекти, які можуть суттєво знизити його продуктивність та надійність. До таких поширених несправностей належать деформації підбичників, що виявляються у вигляді відхилень від початкової прямолінійної геометрії. Нерідко спостерігається ослаблення або повне руйнування заклепкових з'єднань, які фіксують елементи конструкції, що може призвести до їх розхитування. Крім того, під впливом циклічних навантажень та вібрацій, у підбичниках та опорних дисках можуть

утворюватися мікротріщини, які з часом прогресують, загрожуючи цілісності всього вузла.

1.4.2. Проектно-розрахункове обґрунтування режимів виконання ремонтних робіт

Для обґрунтування часових та технологічних параметрів відновлення деталей виконано інженерне нормування ремонтних операцій. Як приклад розрахунку наведено визначення режимів та часових витрат для механізованої зварювальної операції 015 (заварювання втомних тріщин на елементах остова барабана).

Маса наплавленого металу при усуненні тріщини (дефект №3) визначається за формулою:

$$G = L \cdot F \cdot \gamma = 5 \cdot 0,4 \cdot 7,5 = 15,0 \text{ г.} \quad (1.2)$$

Де F – це площа поперечного перерізу зварного шва, значення якої становить $1,8 \text{ см}^2$ (згідно з таблицею 93 джерел [14, 15]);

L – це довжина шва, максимальне значення якої не перевищує 5 см ;

γ – густина матеріалу електрода, становить $7,5 \text{ г/см}^3$.

Розрахунок основного часу здійснюється за допомогою наступної формули:

$$T_o = 60 \cdot G \cdot A_m \cdot \beta / 500 = 60 \cdot 15,0 \cdot 1,07 \cdot 1,0 / 500 = 1,93 \text{ хв.} \quad (1.3)$$

Де A – коефіцієнт, що враховує протяжність зварного шва, його значення становить $1,07$ (відповідно до джерела [14]);

β – параметр, що позначає обсяг споживання ацетилену, який встановлено на рівні 500 л/год (згідно з таблицею 113 джерела [14]);

m – коефіцієнт, який відображає просторову орієнтацію шва; для стандартного положення його величина приймається як $1,0 \text{ мм}$.

Загальний допоміжний час обчислюється за формулою:

$$T_{\text{с}} = T_{\text{с1}} + T_{\text{с2}} + T_{\text{с3}} = 1,6 + 1,4 + 0,9 = 3,9 \text{ хв} \quad (1.4)$$

Де T_{62} — допоміжний час, відведений на встановлення, орієнтування та демонтаж деталі, обсягом 1,4 хв (згідно з таблицею 97 [14]);

T_{61} — допоміжний час, призначений для інспектування та очищення зварювального шва, що становить 1,6 хв (відповідно до таблиці 114 [14]);

T_{63} — допоміжний час, пов'язаний з переміщенням зварника, який дорівнює 0,9 хв (таблиця 98 [14]).

Розрахунок оперативного часу виконання операції здійснюється за формулою:

$$T_{on} = T_o + T_{\epsilon} = 1,93 + 3,9 = 5,83 \text{ хв} \quad (1.5)$$

Технологічний норматив часу обчислюється згідно з такою формулою:

$$\begin{aligned} T_n &= T_o + T_{\epsilon} + T_{on} \cdot K_{don} + T_{on} \cdot K_{nz} = \\ &= 1,93 + 3,9 + 5,83 \cdot 0,08 + 5,83 \cdot 0,02 = 6,4 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (1.6)$$

Де K_{don} — представляє коефіцієнт співвідношення допоміжного часу до основного (оперативного) часу, який становить 8%;

K_{nz} — коефіцієнт співвідношення підготовчо-завершального часу до основного часу, що дорівнює 2%.

Розрахунки для інших операцій здійснюються аналогічним чином. Загальний час, необхідний для відновлення молотильного барабана, складає 60,7 хвилин. Детальне ремонтне креслення та технологічний маршрут відновлення молотильного барабана.

1.5. Висновки за розділом

Сформовано загальний технологічний регламент поточного відновлення комбайнів та здійснено розподіл обсягу трудозатрат між виробничими ділянками майстерні.

Крім того, розроблено методику відновлення молотильного барабана, впровадження якої забезпечить підвищення якості ремонтних робіт та суттєве зменшення їхньої загальної собівартості.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ПНЕВМАТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕМОНТУ РІЗУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖАТКИ

2.1. Обґрунтування потреби у модернізації ремонтного оснащення

Жниварка є одним із ключових технологічних модулів зернозбирального комбайна, призначеним для зрізання стеблової маси сільськогосподарських культур та її подальшого транспортування до похилої камери і молотильно-сепарувального пристрою. В склад жниварки входять подільники, мотовило, шнек та різальний апарат, який безпосередньо виконує процес зрізання рослин.

Різальний апарат є одним із найбільш навантажених робочих органів комбайна, оскільки працює в умовах постійних ударних, вібраційних та абразивних навантажень. Від технічного стану ножового механізму значною мірою залежать продуктивність збирального агрегату, якість зрізу стебел, рівень втрат зерна та стабільність роботи всієї жниварки. На сучасних зернозбиральних комбайнах застосовують сегментно-пальцеві, безпальцеві та двоножові різальні апарати, серед яких найбільшого поширення набули сегментно-пальцеві системи. Принцип роботи різального апарата базується на ножичному способі зрізання. Нерухомими елементами є пальці з протирізальними пластинами, а рухомим елементом — ніж у зборі, що складається зі спинки ножа та приклепаних сегментів. Під час роботи ніж здійснює зворотно-поступальний рух, унаслідок чого сегменти перерізають стебла рослин між різальними кромками.

У процесі експлуатації різальний апарат піддається інтенсивному зношуванню. Найбільш характерними дефектами є вигин пальцевого бруса, руйнування або сколювання сегментів, притуплення різальних кромок, зношування протирізальних пластин, а також ослаблення заклепкових з'єднань ножових сегментів. Значна кількість несправностей виникає внаслідок потрапляння сторонніх предметів, роботи в умовах підвищеної запиленості та

тривалих вібраційних навантажень. Однією з найвідповідальніших операцій під час ремонту різального апарата є заміна пошкоджених сегментів ножа. На більшості ремонтних дільниць ця операція виконується ручним способом із застосуванням молотка, борідка або простих слюсарних пристроїв. Такий метод має низку суттєвих недоліків: високу трудомісткість, значні витрати часу, ризик деформації спинки ножа, розбивання отворів під заклепки та погіршення геометричної точності ножової смуги.

Пошкодження базових поверхонь ножа під час демонтажу заклепок призводить до порушення щільності кріплення нових сегментів, виникнення додаткових вібрацій та скорочення міжремонтного ресурсу різального апарата. Крім того, ударний спосіб демонтажу не забезпечує необхідної точності та стабільності виконання ремонтних операцій. Існуюче обладнання ремонту ножових сегментів часто є або громіздким стаціонарним пресовим устаткуванням із високим енергоспоживанням, або малоефективними ручними пристроями. Це негативно впливає на продуктивність ремонтних робіт та не дозволяє забезпечити необхідну якість відновлення ножового апарата.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки компактного спеціалізованого пневматичного преса, призначеного для демонтажу та встановлення заклепок ножових сегментів без пошкодження спинки ножа. Використання пневматичного приводу дозволяє створити плавне контрольоване зусилля, знизити динамічні навантаження на деталь та забезпечити високу якість клепального з'єднання.

Запропонована конструкція пневмопреса дозволить підвищити продуктивність ремонтних робіт, зменшити трудомісткість операцій, покращити точність встановлення сегментів та знизити відсоток браку під час ремонту ножових смуг. Крім того, впровадження такого обладнання сприятиме підвищенню надійності роботи різального апарата та збільшенню ресурсу жниварки в цілому.

2.2. Дослідження наявних технічних рішень для ремонту ножів жатки

Під час проєктування пристрою для заміни сегментів ножа жниварки було виконано патентний пошук та аналіз існуючих технічних рішень, які застосовуються для демонтажу заклепкових з'єднань у процесі ремонтних робіт. Як базовий аналог розглянуто ручне пристосування для зрізання заклепок (патент № 979037), що належить до ручного механічного інструменту, призначеного для видалення головок заклепок під час обслуговування та ремонту машин.

Конструкція даного пристосування включає корпус-упор, у якому розміщено рухомий різальний елемент, виконаний у вигляді дискового ексцентрика. Робоча частина ексцентрика має різальну кромку гвинтового типу зі змінним кутом підйому. Для приведення механізму в дію використовується рукоятка, жорстко з'єднана з ексцентриком, а опорою служить вісь, закріплена в корпусі пристрою. Конструктивна схема пристрою наведена на рисунку 3.1.

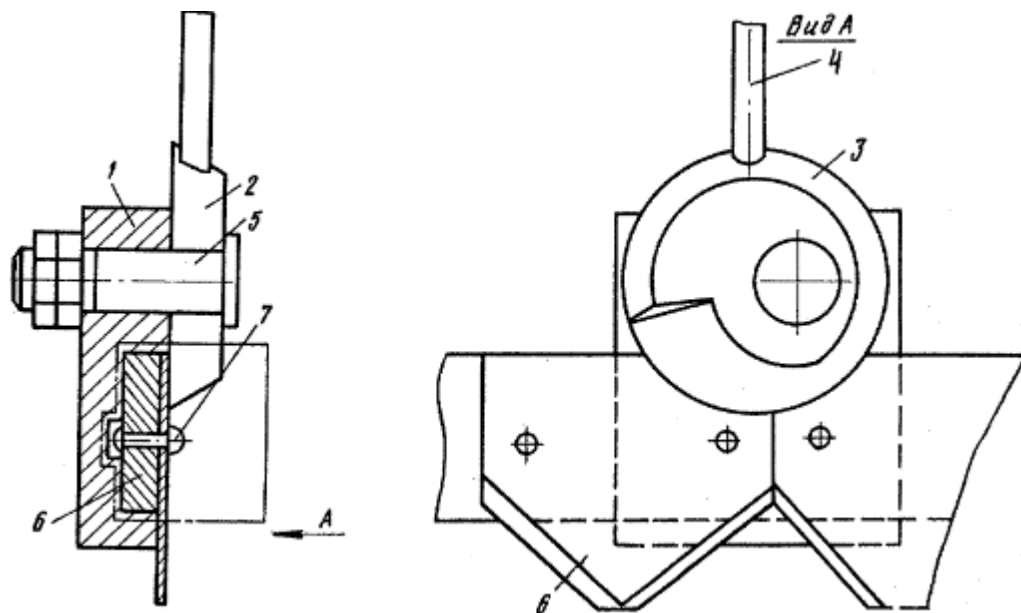


Рис. 2.1. Принципова схема ручного пристрою для зрізання заклепувальних з'єднань (патент № 979037):

- 1 – опорний корпус; 2 – ексцентриковий механізм; 3 – активна ріжуча кромка;
4 – рукоятка; 5 – вісь обертання;
6 – робочий сегмент леза; 7 – цільова заклепка

У процесі роботи ножову смугу жниварки встановлюють у корпус-упор таким чином, щоб демонтований сегмент із заклепками знаходився в зоні дії різального елемента. Подальше обертання рукоятки забезпечує переміщення ексцентрика, внаслідок чого його різальна кромка поступово підводиться під головку заклепки. Завдяки змінному куту підйому гвинтової поверхні створюється зростаюче зусилля, яке призводить до зрізання стрижня заклепки та відокремлення її головки без суттєвої деформації елементів ножа.

До переваг розглянутого технічного рішення відноситься його конструктивна простота, компактність, автономність та можливість використання без додаткових джерел енергії. Це забезпечує зручність застосування пристрою безпосередньо в польових умовах, без необхідності демонтажу всієї ножової смуги з жниварки.

Разом із тим, аналіз показує наявність суттєвих недоліків. Зокрема, процес роботи є фізично трудомістким, оскільки повністю базується на ручному приводі, що вимагає значних зусиль оператора. При тривалому використанні це призводить до втоми та зниження продуктивності ремонтних робіт. Крім того, у випадку затуплення різальної кромки можливе погіршення якості зрізання, перекося інструмента або часткове зминання елементів ножа. Також слід відзначити, що дане пристосування виконує лише операцію демонтажу заклепок і не забезпечує подальше встановлення та закріплення нових сегментів, що потребує застосування додаткового обладнання.

Комплексний ремонт та відновлення геометричних параметрів ножової смуги косарок і жниварок виконується на спеціалізованому стаціонарному стенді, конструктивна схема якого наведена на рисунку 2.2. Стенд складається з жорсткої опорної рами, у якій передбачено поздовжній паз для фіксації ножа у вертикальному положенні. Робочою базою виступає масивна повірочна плита, що забезпечує контроль і відновлення геометрії ножової смуги. Додатково конструкція включає систему підсилювальних шпренгелів, ручну важільну рукоятку керування, а також пару пневматичних циліндрів, які формують силове зусилля повороту та бездеформаційного правлення ножа. Фіксація

елементів здійснюється за допомогою гвинтових притискачів. У процесі експлуатації станда виконуються операції правлення та заміни сегментів ножової смуги. При наявності залишкових деформацій спинки ножа правлення здійснюється безпосередньо на поверхні повірочної плити. Ніж попередньо жорстко закріплюється притисками, після чого зусилля від пневматичних циліндрів через систему шпренгелів передається на ножову смугу, що дозволяє усунути викривлення шляхом прикладання зворотного вигину до повного відновлення геометрії.

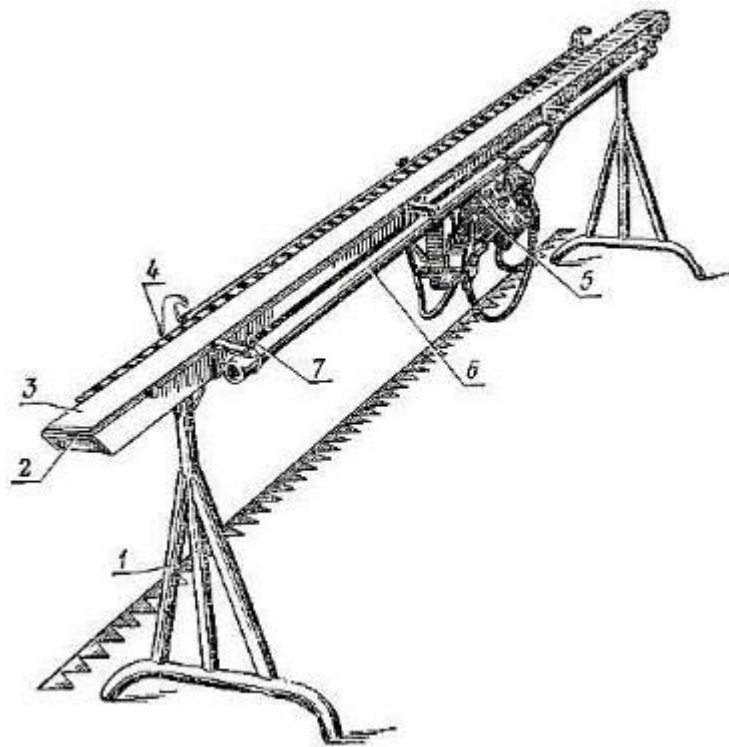


Рис. 2.2. Принципова схема установки, призначеної для технічного обслуговування ріжучого елемента сінокосарки:

1 – опорна рама; 2 – посадковий паз для фіксації леза; 3 – робоча платформа; 4 – розпірна балка; 5 – система пневматичних приводів; 6 – важіль керування; 7 – затискний пристрій

Операція заміни пошкоджених сегментів виконується після горизонтального встановлення ножа на плиті та його фіксації притисками. Заклепки, що підлягають видаленню, розташовуються навпроти технологічних отворів у плиті. Далі оператор за допомогою пневматичного ручного зубила здійснює зрубання головок заклепок, після чого їх стержні вибиваються

борідком (пробійником) із застосуванням слюсарного молотка. Контроль якості виконання операцій здійснюється відповідно до нормативних вимог. Зокрема, допустимий просвіт між робочою поверхнею повірочної плити та виправленою спинкою ножа не повинен перевищувати 2,0 мм по всій довжині. При цьому залишковий прогин широкої сторони спинки ножа обмежується значенням не більше 0,5 мм, а прогин вузької сторони — не більше 0,1% від загальної конструктивної довжини.

Аналіз даного технічного рішення показує, що до його основних переваг належить можливість виконання на одному робочому місці комплексу операцій, включаючи контроль прямолінійності, механізоване правлення та демонтаж пошкоджених елементів. Використання пневматичного приводу значно зменшує трудомісткість процесу відновлення геометрії ножової смуги. Водночас стенд має низку недоліків. Зокрема, відсутність спеціалізованого інтегрованого механізму для зрізання або випресовування заклепок змушує використовувати ручне пневматичне зубило, що супроводжується підвищеним рівнем шуму та вібрації, а також створює ризик пошкодження робочої поверхні ножа. Крім того, конструкція є стаціонарною, металомісткою та потребує підключення до потужної магістралі стисненого повітря, що обмежує її використання в умовах невеликих ремонтних дільниць.

Наступним був розглянутий гідрофікований переносний пристрій для зрізання заклепок (патент № 2210456), що належить до механізованого інструменту для обробки металів тиском і призначений для демонтажу заклепкових з'єднань шляхом зрізання головок заклепок під час ремонту металоконструкцій та вузлів сільськогосподарської техніки. Конструктивно пристрій виконаний на основі масивної силової скоби, яка є основним несучим елементом, і включає горизонтальну ділянку, що може бути виконана телескопічною для регулювання робочого вильоту, а також П-подібний притискний важіль, шарнірно закріплений на опорній осі та здатний здійснювати невелике кутове відхилення для адаптації до положення оброблюваної деталі. У корпусі скоби передбачено ложемент, у якому

розміщено гідравлічний силовий привід, що складається з циліндра та штока, при цьому циліндр жорстко зафіксований у корпусі з можливістю спільного переміщення зі скобою, а на кінці штока встановлено опорну п'яту, яка взаємодіє із зустрічною регульованою п'ятою, розташованою на важелі. На протилежній вертикальній частині скоби виконано П-подібний паз, у якому розміщено різальний вузол, що включає ножеутримувач зі змінним різальним елементом, робоча кромка якого має увігнуту форму, узгоджену з геометрією сферичної головки заклепки, що забезпечує точне центрування та стабільний контакт під час зрізання, а фіксація положення здійснюється стопорним гвинтом. Конструктивна схема гідрофікованого пристрою представлена на рисунку 3.3.

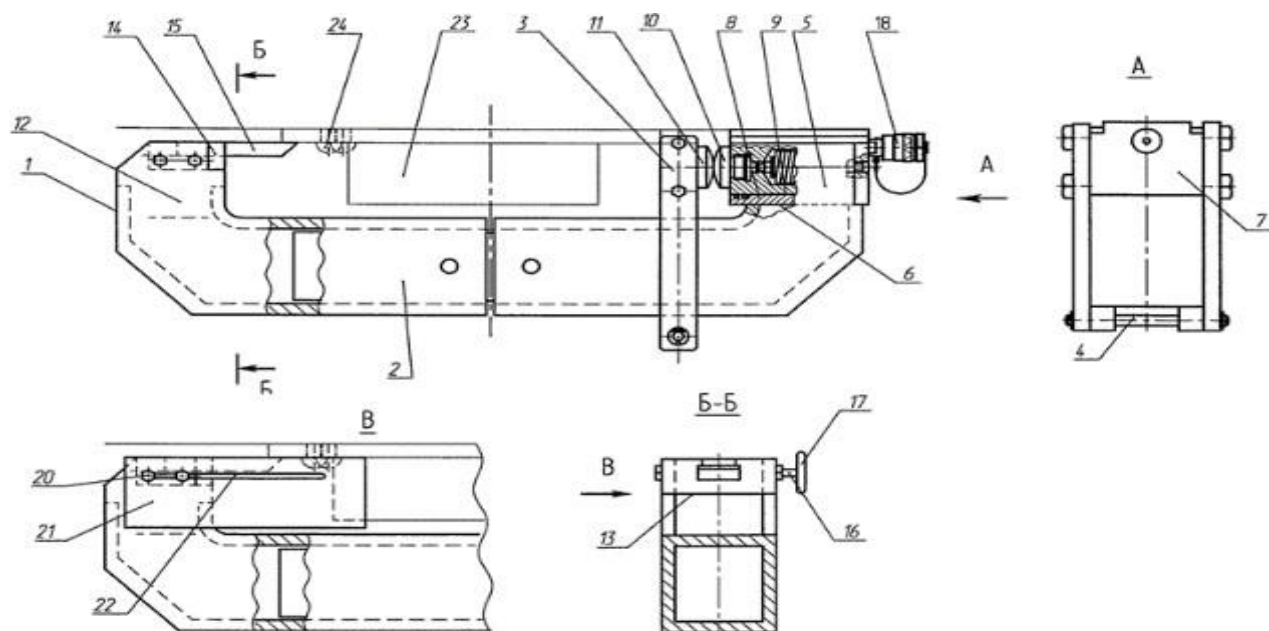


Рис. 2.3. Принципова схема гідравлічно активованого пристрою для зрізання заклепувальних з'єднань (патент № 2210456):

1 – скоба; 2 – горизонтальна ділянка; 3 – П-подібний важіль; 4 – шарнірна вісь; 5 – ділянка скоби; 6 – ложемент; 7 – силовий привід; 8 – силовий циліндр; 9 – шток; 10 – опорна п'ята; 11 – зустрічна п'ята; 12 – вертикальна ділянка скоби; 13 – П-подібний паз; 14 – ножова головка (ножеутримувач); 15 – знімний різальний елемент; 16 – фіксувальний гвинт; 17 – ручка; 18 – швидкороз'ємне з'єднання (БРС); 20 – гвинт екрана; 21 – захисні екрани; 22 – напрямний паз екрана; 23 – ремонтowana деталь (ножова смуга); 24 – заклепка

Робота пристрою базується на дії гідравлічного тиску, який подається від зовнішнього насоса через швидкороз'ємне з'єднання до силового циліндра. Під час подачі тиску шток здійснює поступальний рух і через опорну п'яту створює зусилля на важіль, забезпечуючи притискання оброблюваної деталі до різального елемента. Після досягнення робочого упору подальше підвищення тиску призводить до відносного переміщення скоби та різального вузла, внаслідок чого відбувається плавне зрізання головки заклепки без ударних навантажень і значної деформації матеріалу.

Відокремлена головка заклепки утримується захисними екранами та безпечно видаляється із зони різання, після чого робочий цикл завершується скиданням тиску в системі та поверненням елементів у вихідне положення. До переваг даного технічного рішення належать плавність силового навантаження, висока універсальність, можливість роботи у різних просторових положеннях та підвищений рівень безпеки оператора. Недоліками є складність конструкції, значна кількість вузлів, залежність від зовнішнього гідравлічного обладнання та знижена мобільність, а також відсутність функції подальшого встановлення та закріплення нових заклепкових з'єднань.

Наступним був розглянутий гідрофікований стаціонарний стенд для комплексного ремонту ножів різального апарату, який належить до багатофункціонального цехового обладнання та призначений для механізованого виконання операцій зрізання або випресовування заклепок зі зношених сегментів, рихтування спинки ножа, відновлення її прямолінійності, а також контролю геометричних параметрів різального апарату після складання. Конструктивна схема стенда наведена на рисунку 2.4. Основу обладнання становить масивна база преса, на якій змонтовано раму лівих секцій зі стійками, раму правих секцій із напрямними елементами та інтегрований щит керування гідравлічною системою. У складі стенда також передбачено інструментальні тумби, рихтувальну плиту, консольний кран для допоміжних операцій, силові гідроциліндри правки спинки ножа, основний гідроциліндр преса та штамп-блок, що може комплектуватися пуансоном і матрицею залежно від

виконуваної операції.

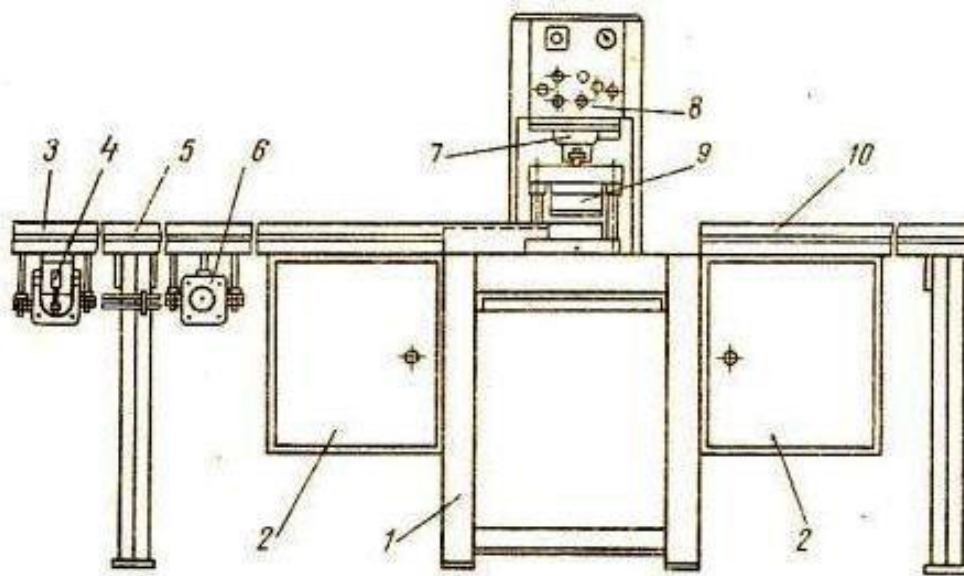


Рис. 2.4. Конструктивна схема станда для ремонту ножів різального апарату:

1 – основа преса; 2 – інструментальні тумби; 3 – рихтувальна плита; 4 – консольний кран (поворотна стріла); 5 – рама лівих секцій зі стійками; 6 – гідроциліндри правки спинки ножа; 7 – силовий гідроциліндр преса; 8 – щит керування; 9 – штамп-блок (пуансон і матриця); 10 – рама правих секцій зі стійками

Технологічний процес відновлення ножового апарату на даному стенді реалізується у кілька послідовних етапів. Спочатку здійснюється демонтаж зношених сегментів, під час якого ніж подається з напрямних правої рами безпосередньо в робочу зону штамп-блоку, після чого силовий гідроциліндр преса забезпечує випресовування або зрізання заклепок без термічного впливу та ударних навантажень на спинку ножа. Далі виконується контроль і правлення спинки, що проводиться на лівій рамі за допомогою інструментального контролю прямолінійності та локального силового виправлення гідроциліндрами; при цьому допустиме залишкове відхилення геометрії не перевищує 1,0 мм на 1 м довжини полотна. Після заміни робочого оснащення штамп-блоку виконується операція пресового клепаання нових сегментів до відновленої спинки ножа. Завершальним етапом є фінішне рихтування та контроль якості встановлення сегментів, під час якого

перевіряється лінійність різальних кромek; допустиме відхилення їх вершин від загальної осі становить не більше 0,5 мм, а у разі невідповідності виконується коригувальне рихтування із застосуванням спеціального інструменту на рихтувальній плиті. У випадку аварійного руйнування спинки ножа передбачена технологія відновлення, яка полягає у видаленні пошкоджених сегментів, підготовці торців та їх фіксації у спеціальному кондукторі з подальшим двостороннім електродуговим зварюванням (рис. 2.5).

Аналіз даного технічного рішення показує, що його основною перевагою є максимальна універсальність і можливість реалізації повного замкнутого циклу ремонту в межах одного робочого місця, включаючи демонтаж, правлення, зварювання, клепа́ння та контроль геометрії. Використання гідравлічного приводу забезпечує стабільні великі зусилля та високу якість формоутворення заклепкових з'єднань. Водночас до суттєвих недоліків відноситься складність конструкції, значна металоємність та великі габарити, що потребують значної виробничої площі, а також необхідність використання окремої гідравлічної станції з насосним обладнанням, системами керування та фільтрації, що підвищує енергоспоживання, капітальні витрати та ускладнює експлуатаційне обслуговування.

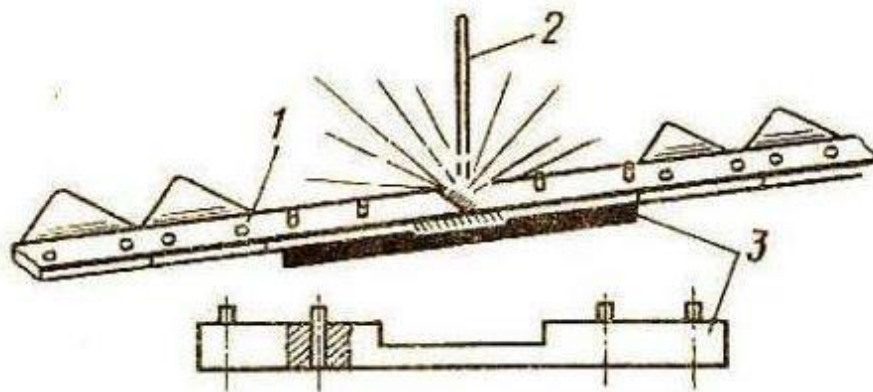


Рис. 2.5. Ілюстрація методики зварювання тильної частини клинка у спеціалізованому кондукторі:

1 – ремонтowana спинка ножа; 2 – зварювальний електрод; 3 – фіксувальний кондуктор

Враховуючи проведений аналіз існуючих ручних, переносних та стаціонарних рішень, у межах дипломного проекту обґрунтовується

необхідність розроблення модернізованого універсального преса, який має забезпечувати зниження конструктивної складності та собівартості виготовлення за рахунок використання уніфікованих елементів і спрощеної кінематичної схеми. Окремою вимогою є перехід до більш доступного енергоефективного приводу з можливістю живлення від стандартної цехової пневмомережі з робочим тиском $p = 0,4-0,6$ МПа, що дозволяє відмовитися від дорогих гідростанцій. Крім того, пристрій повинен забезпечувати виконання щонайменше двох основних операцій — випресовування заклепок та пресового встановлення нових сегментів шляхом швидкої заміни робочого інструменту, а також відповідати вимогам компактності, ергономічності, мобільності та безпечності експлуатації.

2.3. Будова та робочий цикл пневматичного пресового пристрою

Запропонований у дипломному проєкті універсальний пневматичний прес призначений для механізованого зрізання заклепок зношених сегментів ножового апарату, пресового наклепування нових сегментів, а також для рихтування і контролю прямолінійності спинки ножа після складання. Окрім виконання зазначених базових операцій, на розробленому пресі можливе проведення широкого спектра інших слюсарно-пресових та складально-розбиральних робіт, для чого конструкцію стенда необхідно доукомплектувати відповідними змінними допоміжними пуансонами, матрицями та надставками.

Впровадження запропонованого пневмопреса є найбільш доцільним на ремонтно-монтажних ділянках, пунктах технічного обслуговування (ПТО) та спеціалізованих постах ремонтних майстерень агропромислових господарств. Також застосування цього малогабаритного енергоефективного обладнання є високоефективним та актуальним на спеціалізованих ремонтних заводах та підприємствах із капітального відновлення зернозбиральних і кормозбиральних комбайнів. Конструктивна схема розробленого пневматичного преса представлена на рисунку 2.6.

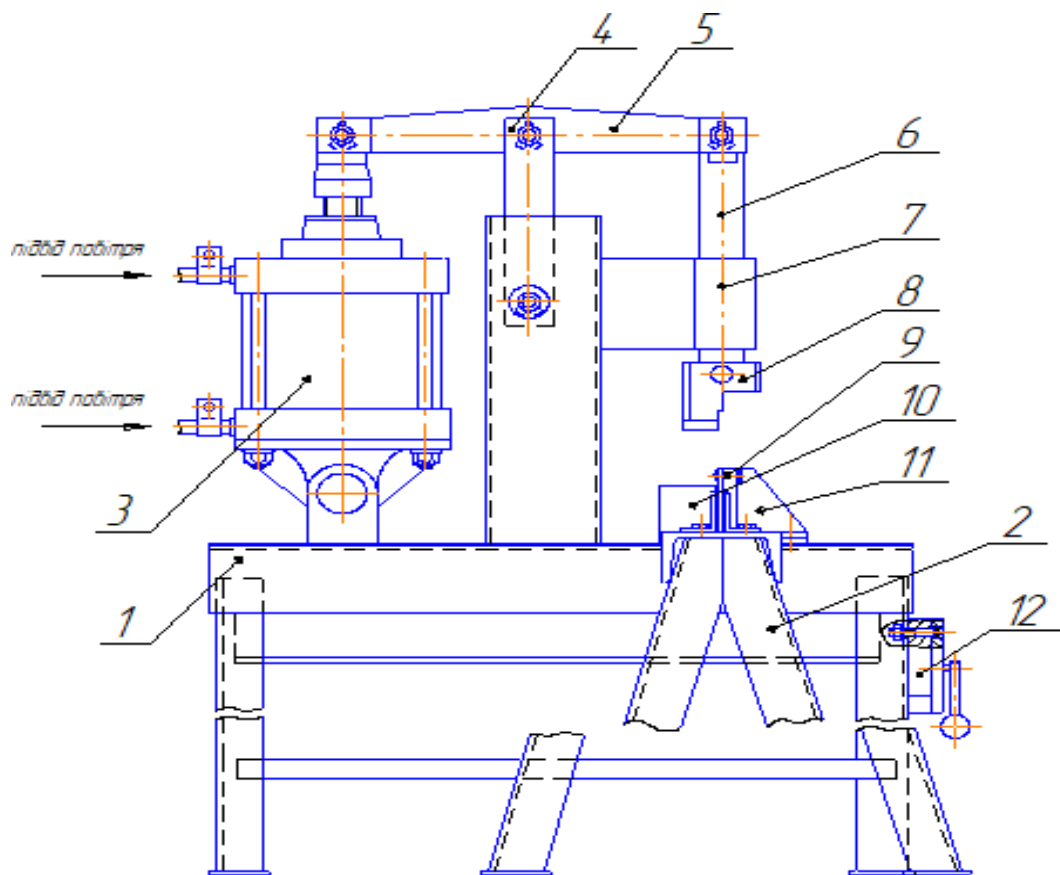


Рис. 2.6. Структурна схема пневматичної установки відновлення ріжучих елементів механізмів різання:

1 – основа преса (станина); 2 – рама правих і лівих секцій із напрямними стійками; 3 – двосторонній пневматичний циліндр; 4 – силовий важіль; 5 – з'єднувальне коромисло; 6 – робочий шток; 7 – напрямна втулка штока; 8 – змінний пуансон; 9 – ніж різального апарату в зборі; 10 – напрямна матриця (контрніж); 11 – технологічна опора полотна; 12 – двопозиційний пневматичний розподільник керування

Основою конструкції пневматичного преса є жорстка зварна станина, до якої закріплені рами лівих і правих секцій із напрямними стійками, що забезпечують базування та поздовжнє переміщення ножів жниварок у процесі виконання ремонтних операцій. Формування робочого зусилля здійснюється за рахунок вертикально встановленого силового пневматичного циліндра, який через шарнірний важіль та проміжне коромисло передає зусилля на робочий шток преса. Така важільна схема дозволяє здійснювати механічне підсилення вихідного зусилля та забезпечує його ефективну передачу до робочого органу. На нижній частині штока за допомогою швидкознімного з'єднання встановлено

пуансон, який є основним робочим інструментом преса. Для забезпечення точного спрямування руху та виключення перекосів шток переміщується всередині нерухомої напрямної втулки, що гарантує стабільність силового ходу. Оброблюваний ніж фіксується у вертикальному положенні між напрямною матрицею та технологічною опорою, змонтованими на основі станини. Геометрія робочої поверхні матриці відповідає формі пуансона, що забезпечує чистий зсув або випресовування заклепки без деформації матеріалу ножової смуги.

Живлення силового пневматичного циліндра здійснюється від централізованої цехової магістралі стисненого повітря, при цьому робочий тиск у системі становить 0,63МПа. Керування робочими процесами виконується оператором за допомогою двопозиційного трилінійного пневматичного розподільника з ручним або педальним керуванням. Робочий цикл преса починається з встановлення ножа у напрямні стійки та подачі його в робочу зону обладнання. Пошкоджена заклепка суміщується з віссю пуансона та базується на опорі, після чого активується система керування. При подачі стисненого повітря в робочу порожнину циліндра поршень здійснює поступальний рух, а через систему важеля і коромисла зусилля передається на шток. У результаті пуансон плавно входить в контакт із головкою заклепки та забезпечує її зрізання або випресовування в матрицю без ударних навантажень.

Після завершення операції система керування переводиться у зворотний режим, повітря перерозподіляється у відповідні порожнини циліндра, і рухомі елементи повертаються у вихідне положення. Пуансон виходить із робочої зони, після чого ніж переміщується вздовж напрямних на крок розташування заклепок, і технологічний цикл повторюється.

2.4. Конструкторські розрахунки елементів пресового механізму

2.4.1. Розрахункове визначення параметрів виконавчого пневмоциліндра

На основі критерію міцності матеріалу на зріз [18], величина зусилля, необхідного для зрізу заклепок, обчислюється за виразом (2.1):

$$F = (\pi \cdot d^2 \cdot z \cdot i \cdot [\tau_{зр}]) / 4 \quad (2.1)$$

Де z – кількість заклепок, що становить 2шт;

d – є діаметром заклепки, що становить 6мм;

$[\tau_{зр}]$ - допустиме напруження зрізу, характерне для сталевих заклепок, що становить 100 МПа.

i – число площин зрізу заклепок, $i=1$;

Підставляючи вихідні дані, отримуємо зусилля зрізання:

$$F = (3,14 \cdot 6^2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 100) / 4 = 5652 \text{ Н}$$

Із застосуванням коефіцієнта запасу міцності для пневматичного циліндра, проектне зусилля, яке необхідно розвинути для зрізання заклепок, становить (3.2):

$$F_p = k_z \cdot F = 2,0 \cdot 5652 = 11304 \text{ Н} \quad (2.2)$$

З метою забезпечення необхідного робочого зусилля, проектний діаметр пневматичного циліндра обчислюється за формулою (3.3):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_p}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 11304}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9}} = 159,4 \text{ мм.} \quad (2.3)$$

Де η – коефіцієнт корисної дії (ККД) пневматичного циліндра, що враховує втрати, $\eta = 0,85 \dots 0,95$;

p – робочий тиск повітря в пневматичній системі, $p = 0,63 \text{ МПа}$.

Для забезпечення виконання розрахункових вимог прийнято пневматичний циліндр типу ПЦ 11-160-100 УХЛ4 ISO 6431, який характеризується конструктивним виконанням односторонньої дії з пружинним поверненням та одностороннім штоком. Номінальний робочий тиск становить

1,0 МПа, діаметр поршня — 160 мм, хід поршня — 100 мм, діаметр штока — 40 мм.

Фактичне робоче зусилля, що розвивається обраним пневматичним циліндром, розраховується за формулою (3.4):

$$F_{\pi} = (\pi \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta) / 4 \quad (2.4)$$
$$F_{\pi} = (3,14 \cdot 160^2 \cdot 0,63 \cdot 0,9) / 4 = 11394 \text{ Н}$$

Оскільки фактичне зусилля, генероване пневматичним циліндром, перевищує розрахункове значення, обраний пневматичний циліндр моделі ПЦ 11-160-100 УХЛ4 ISO 6431 відповідає встановленим технічним вимогам.

Тривалість спрацювання пневматичного циліндра обчислюється за виразом (3.5):

$$t = D_{\pi} \cdot L / (d^2 \cdot v_{\pi}) \quad (2.5)$$
$$t = (160 \cdot 100) / (10^2 \cdot 17 \cdot 10^3) \approx 0,1 \text{ с}$$

Де L – робочий хід поршня;

D_{π} – діаметр поршня;

d_2 – діаметр трубопроводу;

v_{π} – швидкість потоку повітря в трубопроводі.

Лінійна швидкість руху поршня розраховується за формулою (2.6):

$$v = L / (1000 \cdot t) \quad (2.6)$$
$$v = 100 / (1000 \cdot 0,1) = 1,0 \text{ м/с}$$

Об'ємна витрата повітря, що припадає на один робочий або холостий хід поршня, визначається за виразом (2.7):

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L \cdot p \cdot n}{4 \cdot 10^5} = \frac{3,14 \cdot 160^2 \cdot 100 \cdot 0,63 \cdot 15}{4 \cdot 10^5} = 190 \text{ л/хв} = 11,4 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.7)$$

Де n – частота циклів (кількість циклів за одиницю часу). Становить 15 хв.^{-1}

2.4.2. Комплектування пневмосистеми робочою апаратурою

Для забезпечення надійного функціонування пневматичного приводу необхідно організувати якісну підготовку повітря, що включає його осушення, а також забезпечити ефективне змащування робочих елементів та стабілізацію тиску в системі. На рисунку 2.7 представлена конфігурація підключення пневмоциліндра, яка повністю відповідає цим критеріям. Архітектура зазначеної системи має передбачати наявність фільтраційних елементів для сепарації вологи, пристроїв для дозованої подачі мастильних речовин, регуляторів робочого тиску та запобіжних (аварійних) клапанів. Такий підхід дозволить мінімізувати ризики виникнення несправностей і гарантує тривалий термін експлуатації обладнання.

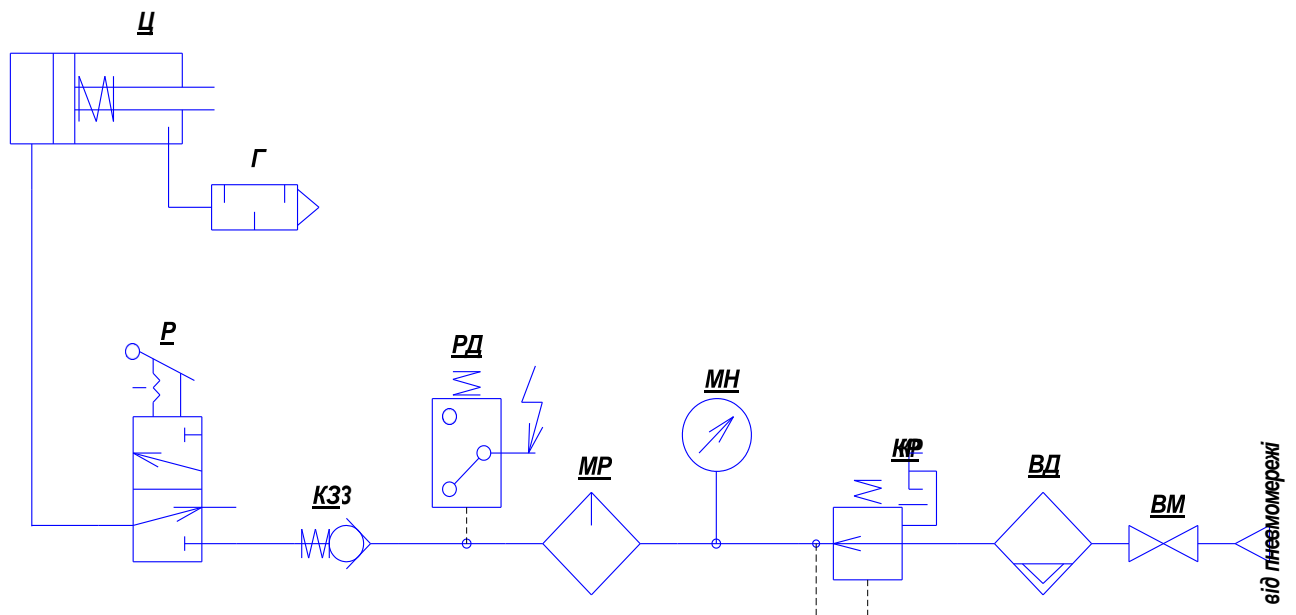


Рис. 2.7. Принципова схема підключення пневматичного привідного механізму:

Ц – пневматичний виконавчий пристрій; Г – елемент шумопоглинання; Р – пневматичний керуючий клапан; КЗЗ – запірно-зворотний клапан; РД – комутаційний пристрій; МР – пристрій для змащування; МН – вимірювач тиску; КР – регулятор тиску; ВД – блок підготовки робочого середовища; ВМ – запірний елемент потоку

Функціонування пневмоциліндра здійснюється за наступним

принципом. Стиснене повітря спочатку подається до вхідного клапана (ВМ), після чого спрямовується до фільтра-осушувача (ВД) з метою видалення вологи та підготовки робочого середовища. Редукційний клапан (КР) забезпечує стабілізацію тиску, знижуючи його від магістрального рівня до експлуатаційного значення 0,63 МПа. Постійний моніторинг тиску виконується за допомогою манометра (МН). Для забезпечення змащення рухомих елементів системи в потік повітря інjektується мастильний матеріал за допомогою маслорозпилювача (МР). Реле тиску (РД) безперервно відстежує показники в заданому діапазоні 0,1-1,0 МПа, генеруючи керуючий сигнал при досягненні встановлених параметрів і ініціюючи автоматичне вимкнення пресу у випадку критичного зниження тиску. Додаткову функцію захисту виконує зворотний клапан (КЗ), який запобігає неприпустимому падінню тиску в системі. Робочий цикл пневмоциліндра (Ц) контролюється пневморозподільником (Р), що регулює надходження стисненого повітря. Відведення відпрацьованого повітря здійснюється через глушник (Г), функцією якого є зниження акустичного впливу при його випуску в навколишнє середовище.

Пневмоапаратуру для системи керування пневмоприводом обрано за умовами відповідності номінальному тиску та необхідній витраті стисненого повітря, що забезпечує стабільну роботу виконавчого механізму в заданому режимі. До складу пневматичної системи входить пневмоглушник типу 2113-10, який призначений для зниження шуму та стабілізації вихідного потоку повітря. Він має умовний прохід 10 мм, пропускну здатність не менше 1,6 м³/год та розрахований на максимальний робочий тиск до 1,0 МПа. Для керування потоками стисненого повітря використовується пневморозподільник типу 3Р-6-262-3, що є трілінійним двопозиційним апаратом з ручним керуванням і фіксацією в крайніх положеннях. Пристрій має умовний прохід 10 мм, номінальний тиск 1,0 МПа та пропускну здатність не менше 0,75 м³/год, що забезпечує достатню швидкодію системи.

У системі також передбачено зворотний клапан типу ПО-10-2, який забезпечує односторонній рух повітря та запобігає його зворотному потоку.

Клапан розрахований на номінальний тиск 1,0 МПа, має тиск відкриття 0,03 МПа та пропускну здатність не менше 1,6 м³/год. Для контролю параметрів тиску використовується реле тиску типу РД23, що працює в діапазоні контрольованих тисків від 0,1 до 1,0 МПа при номінальному тиску 1,0 МПа. Додатково в систему входить маслорозпилювач типу ПМ-10-1-0, який забезпечує змащування рухомих елементів, має умовний прохід 10 мм та розрахований на номінальний тиск 1,0 МПа при витраті повітря не менше 1,25 м³/хв. Для візуального контролю тиску встановлюється манометр класу точності 6,3 згідно з відповідним стандартом. Регулювання робочого тиску здійснюється редукційним клапаном типу ПРК-10-0-2(1), який має умовний прохід 10 мм, номінальний тиск 1,0 МПа, діапазон регулювання вихідного тиску від 0,05 до 0,63 МПа та пропускну здатність не менше 0,63 м³/хв при тиску 0,4 МПа.

Очищення та підготовка стисненого повітря забезпечується фільтром-осушувачем типу П-ФВ-10-1-0, який має умовний прохід 10 мм, розрахований на робочий тиск 1,0 МПа та забезпечує тонкість фільтрації до 40 мкм.

2.4.3. Розрахунок міцності пальця кріплення циліндра

У зв'язку з тим, що пневмоциліндр монтується до станини преса за допомогою спеціального вушка, виникає потреба у проведенні верифікаційного розрахунку міцності опорного елемента на дію зрізу та зминання.

Критерій міцності опорного елемента на зріз [18] визначається таким чином:

$$\tau_{зр} = 4F / (\pi d^2) \leq [\tau_{зр}] \quad (2.8)$$

Де $[\tau_{зр}]$ - допустиме напруження на зріз, для сталі марки Ст3 встановлене на рівні 40 МПа;

d – діаметр опорного елемента, що дорівнює 30 мм.

Застосовуючи наведені значення, отримуємо:

$$\tau_{зр} = (4 \cdot 11394) / (3,14 \cdot 30^2) = 16,2 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] = 40 \text{ МПа}$$

Оскільки обчислене значення не перевищує допустимого, то критерій міцності опорного елемента на зріз вважається виконаним.

Взаємодія внутрішньої поверхні вушка з опорним елементом призводить до виникнення напружень зминання на циліндричній поверхні останнього.

Критерій міцності опорного елемента на зминання [5] формулюється як:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}], \quad (2.9)$$

Де $[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження зминання, для сталі Ст3 становить 160 МПа;

$A_{зм}$ – площа зминання опорного елемента пневмоциліндра, що вимірюється в мм².

Визначення розрахункової площі зминання опорного елемента пневматичного циліндра здійснюється відповідно до виразу:

$$A_{зм} = d \cdot h = 30 \cdot 45 = 1350 \text{ мм}^2. \quad (3.10)$$

Де h – репрезентує ширину проушини пневматичного циліндра, що дорівнює 45 мм.

Напруження зминання розраховується як відношення прикладеного навантаження до відповідної площі контакту:

$$\sigma_{зм} = F / A_{зм} = 11394 / 480 = 23,8 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 160 \text{ МПа}$$

Відтак, критерій міцності опорного елемента пневмоциліндра на зминання дотримується.

2.4.4. Розрахунок геометричних параметрів штифта коромисла

Кріплення коромисла пневматичного циліндра до важеля пресового механізму здійснюється за допомогою фіксувального штифта, який працює на зріз. Принципова схема даного з'єднання представлена на рисунку 2.8.

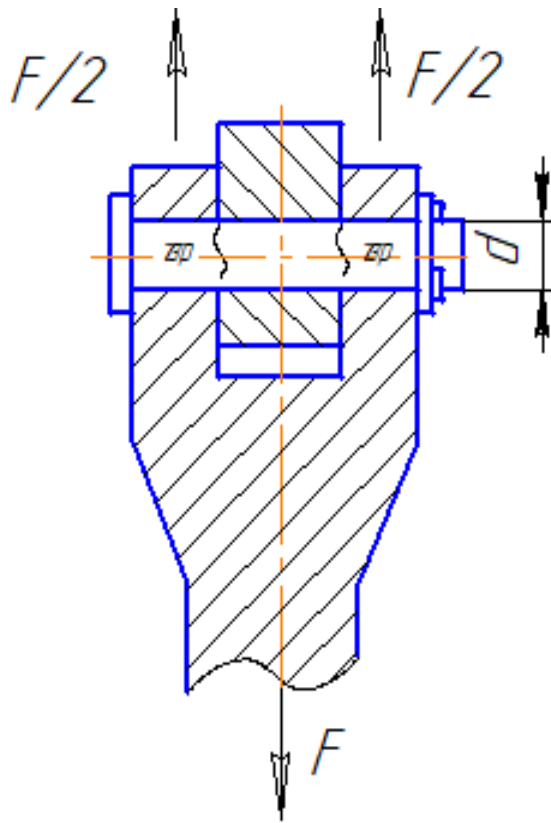


Рис. 2.8. Розрахункова модель штифта, що піддається зрізним навантаженням

Визначення необхідного діаметра штифта здійснюється на основі умови міцності на зріз, відповідно до методики [5]:

$$d_{ш} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot i \cdot [\tau_{зр}]} = \sqrt{\frac{4 \cdot 11394}{3,14 \cdot 2 \cdot 40}} = 15,1 \text{ мм.}} \quad (2.11)$$

Де $[\tau_{зр}]$ – гранично допустиме напруження зрізу для матеріалу сталь Ст3, значення якого становить 40 МПа.

i – позначає кількість площин зрізу, що для конфігурації з'єднання коромисла (рис. 3.8) дорівнює 2.

Виходячи з розрахункових даних та інженерної практики, для забезпечення надійного кріплення коромисла приймається діаметр штифта $d_{ш} = 16 \text{ мм}$.

2.4.5. Оцінка жорсткості штока пресового вузла

Шток пресового механізму функціонує під дією стискаючих навантажень та характеризується значною вільною довжиною. Розрахункова схема штока, а також епюра розподілу повздовжньої сили, представлені на рис. 3.9.

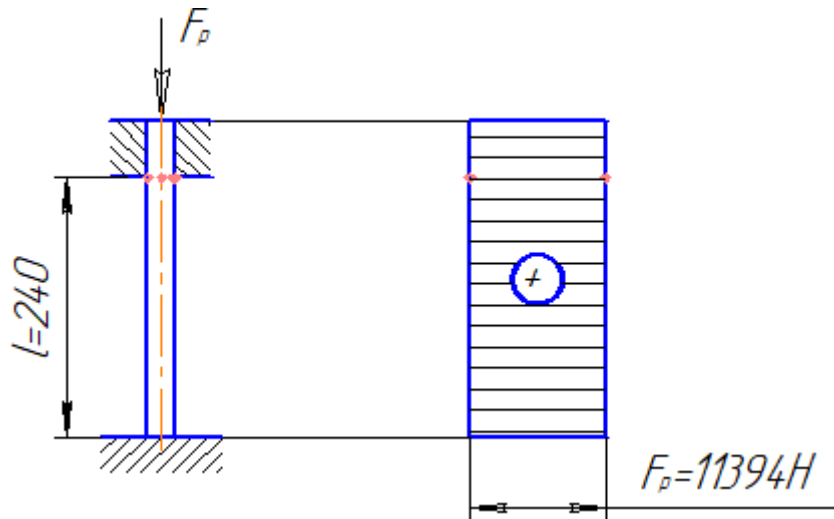


Рис. 2.9. Розрахункова модель стрижня та графік розподілу аксіальних зусиль

Критерій жорсткості штока, відповідно до джерела [5], формулюється наступним чином:

$$Y \leq [Y], \quad (2.12)$$

де $[Y]$ допустиме значення прогину штока, мм;

Y – позначає дійсне значення прогинання штока, мм.

Розрахунок фактичного прогину стрижня здійснюється за такою формулою:

$$Y = \frac{F_p \cdot L^3}{48E \cdot J} = \frac{11394 \cdot 240^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 125600} = 0,015 \text{ мм}. \quad (2.13)$$

Де J – осьовий момент інерції поперечного перерізу, мм^4 ;

L – ефективна довжина стрижня між опорними точками, що задається конструктивними параметрами, $L = 240 \text{ мм}$;

E – модуль пружності (модуль Юнга) матеріалу, який для сталі

становить $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Осьовий момент інерції поперечного перерізу обчислюється за таким виразом:

$$J = (\pi d^4) / 64 = (3.14 \cdot 40^4) / 64 = 125600 \text{ мм}^4. \quad (2.14)$$

Де d - позначає діаметр стрижня, що становить 40 мм.

Гранично допустиме значення прогину стрижня визначається згідно з наступною формулою:

$$[Y] = (0,002 \dots 0,003) \cdot L = (0,002 \dots 0,003) \cdot 240 = 0,48 \dots 0,72 \text{ мм} \quad (2.15)$$

Враховуючи, що фактичний прогин Y дорівнює 0.015 мм, а допустиме значення $[Y]$ становить 0.48 мм, встановлено:

$$Y = 0,015 \text{ мм} \leq [Y] = 0,48 \text{ мм}.$$

На підставі цього робиться висновок, що критерій жорсткості штока виконується.

2.5. Оцінювання рівня уніфікації та стандартизації проєктної конструкції

На етапі розробки технічних комплексів та випробувальних установок пріоритетним є забезпечення максимальної інтеграції стандартизованих компонентів. Їхнє використання в конструкціях сприяє оперативній взаємозамінності елементів при виникненні несправностей та позитивно впливає на загальний показник уніфікації.

Під час виробництва різноманітного обладнання, що інтегрує стандартизовані складальні одиниці, зростає частка ідентичних компонентів, що уможливорює організацію серійного виготовлення. В умовах експлуатації компоненти, що піддаються прискореному зносу, потребують періодичної заміни. Використання нормалізованих та стандартизованих елементів значно прискорює та здешевлює процес ремонтного обслуговування пристроїв.

Коефіцієнт уніфікації розробленої конструкції пневмопреса розраховується за наступним аналітичним виразом:

$$R_{np} = (n - n_0) / n \cdot 100 \quad (2.16)$$

Де n_0 – сукупна кількість унікальних деталей;

R_{np} – коефіцієнт уніфікації;

n – загальна чисельність компонентів пневмопреса.

Для представленої інженерної розробки пневматичного преса, загальна номенклатура елементів (n) становить 78 одиниць, з яких 27 є оригінальними (нестандартизованими) компонентами (n_0). Таким чином, розрахунок коефіцієнта уніфікації проводиться за формулою:

$$R_{np} = (78 - 27) / 78 \cdot 100 = 65\%$$

Досягнутий показник уніфікації компонентів у розробленій архітектурі яскраво свідчить про глибоку продуманість та високу ефективність інженерного рішення, втіленого у новому пневматичному пресі.

2.6. Регламент технічного сервісу пресового обладнання

Надійна та стабільна робота пресового обладнання забезпечується за рахунок систематичного технічного обслуговування, яке виконується відповідно до встановленого регламенту. У процесі експлуатації щотижнево здійснюється змащування напрямної штока пуансона із застосуванням консистентного мастила типу Літол-24, що дозволяє зменшити тертя та підвищити довговічність вузлів тертя.

Планове технічне обслуговування виконується з певною періодичністю. Один раз на три місяці проводиться контроль та підтягування всіх різьбових з'єднань конструкції, а також виконується детальна перевірка герметичності пневматичних магістралей методом обмилювання, що дає змогу своєчасно виявляти можливі витoki стисненого повітря. Щорічно передбачено проведення більш глибокого технічного обслуговування, яке включає повне розбирання пневмоциліндра з подальшою заміною гумотехнічних елементів, зокрема манжет

та ущільнень. У разі виявлення корозійних пошкоджень здійснюється відновлення захисного лакофарбового покриття із застосуванням емалі типу ПФ-115 сірого кольору.

Додатково перед початком зимового періоду експлуатації рекомендується посилений контроль стану пневматичної системи, оскільки зміна температурних умов може впливати на її герметичність та стабільність роботи. При виявленні механічних пошкоджень або відшарування лакофарбового покриття виконується його відновлення. У разі появи тріщин або розтріскування з'єднувальних шлангів вони підлягають обов'язковій заміні

2.7. Техніко-експлуатаційні параметри розробки

Розроблена конструкція універсального пневматичного преса для зрізання заклепок і ремонту ножів різального апарату жниварок характеризується високою мобільністю, енергоефективністю та простотою в експлуатації. На основі проведених інженерних, кінематичних та міцнісних розрахунків було сформовано перелік ключових техніко-експлуатаційних параметрів проектного стенда.

Зведені технічні характеристики розробленого пневмопреса представлені у таблиці 3.1

Таблиця 2.1

Ключові технічні та експлуатаційні показники системи

Найменування показника та од. його виміру	Отримане значення
Модель виконавчого пневмоциліндра	1411-160×100 УХЛ4 ГОСТ 15608-81
Тип приводу	пневматичний
Маса обладнання, кг	250
Модель керуючого пневморозподільника	3Р-6-262-3
Частота робочих циклів, хв ⁻¹	15
Тип конструкції	розбірно-зварна
Робочий тиск в пневматичній системі, МПа	0,63
Загальні габаритні розміри (Д×Ш×В), мм	640×5010×1350
Витрата робочого середовища, л/хв	190

2.8. Висновки за розділом

На основі проведеного патентного пошуку, аналізу існуючих аналогів та виконання комплексу інженерних розрахунків було спроектовано модернізований пневматичний пресовий пристрій для ремонту ножів різальних апаратів збиральних машин. Спроекований прес є багатофункціональним технологічним обладнанням. Окрім виконання базових операцій із бездеформаційного зрізання зношених заклепок, контролю прямолінійності смуги та фінішного рихтування сегментів, конструкція дозволяє проводити широкий спектр інших слюсарно-пресових та складально-розбиральних операцій ув умовах майстерні. Це досягається за рахунок можливості швидкої заміни робочих органів та комплектування стенда допоміжними технологічними насадками різного профілю.

Впровадження у конструкцію преса силового виконавчого механізму на базі двостороннього пневматичного циліндра, що працює від стандартної цехової мережі тиском 0,63 МПа, дозволяє повністю автоматизувати найбільш важкі та монотонні операції. Це значно спрощує технологічний процес демонтажу і монтажу сегментів, мінімізує частку важкої ручної праці, усуває шкідливі вібраційні й шумові навантаження на оператора та суттєво знижує загальну трудомісткість ремонтних робіт.

Розрахований ступінь уніфікації та нормалізації преса, який становить 65%, переконливо свідчить про раціональність його конструктивного виконання. Використання такої кількості стандартних серійних деталей значно спрощує процес виготовлення стенда в умовах ЦРМ господарств, спрощує його подальше технічне обслуговування, підвищує ремонтпридатність та суттєво знижує кінцеву ринкову вартість обладнання.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Оцінка стану організації охорони праці

Питанням охорони праці приділяється значна увага, оскільки підприємство належить до агропромислових виробництв із підвищеним рівнем виробничих ризиків. Організація роботи з охорони праці на підприємстві здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства України та передбачає функціонування системи управління охороною праці, спрямованої на забезпечення безпечних умов праці, збереження здоров'я працівників і попередження виробничого травматизму.

На підприємстві проводяться вступні, первинні та повторні інструктажі з техніки безпеки, організовується навчання працівників безпечним методам виконання робіт, а також здійснюється контроль за дотриманням вимог виробничої санітарії. Працівники забезпечуються спеціальним одягом, засобами індивідуального захисту та проходять періодичні медичні огляди. Виробничі приміщення обладнані системами освітлення та вентиляції, а для окремих видів робіт розроблені інструкції з безпечної експлуатації обладнання.

Разом із тим у ремонтній майстерні підприємства наявні окремі виробничі фактори, які можуть негативно впливати на безпеку праці та стан здоров'я працівників. Під час виконання зварювальних робіт спостерігається недостатня ефективність вентиляції, що призводить до накопичення шкідливих газів та аерозолів у робочій зоні. У процесі очищення та ремонту деталей виникає запиленість повітря та утворюються випари мийних розчинів. Крім того, під час роботи з ремонтним обладнанням існує ризик отримання механічних травм унаслідок контакту з рухомими або незахищеними елементами механізмів.

Загалом стан охорони праці на підприємстві можна оцінити як задовільний, однак окремі ділянки ремонтного виробництва потребують

удосконалення організаційних і технічних заходів безпеки.

3.2. Оцінка виробничих ризиків під час ремонту жаток комбайнів

Під час виконання ремонтних робіт жаток комбайнів працівники зазнають впливу комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть стати причиною виробничого травматизму, професійних захворювань або зниження працездатності. Характер і рівень ризиків залежать від виду виконуваних операцій, технічного стану обладнання, організації робочого місця та дотримання вимог охорони праці.

До основних фізичних факторів належать рухомі елементи механізмів і ремонтного обладнання, які створюють небезпеку защемлення, порізів та травмування кінцівок. Під час використання пневматичного інструменту та пресового обладнання рівень шуму може досягати 85 дБ, що при тривалому впливі негативно позначається на органах слуху працівників. Додаткову небезпеку становить використання стисненого повітря, оскільки при пошкодженні пневматичних рукавів або неправильному поводженні з обладнанням існує ризик травмування очей та відкритих ділянок тіла.

У процесі ремонту також присутні хімічні фактори, пов'язані з використанням мастильних матеріалів, паливно-мастильних рідин, мийних засобів та інших технологічних речовин. Під час очищення і шліфування металевих поверхонь утворюється дрібнодисперсний пил, який може негативно впливати на органи дихання та загальний стан працівників. Суттєвий вплив на безпеку та працездатність персоналу мають ергономічні фактори. Ремонт жаток часто супроводжується виконанням робіт у незручних робочих позах, тривалим перебуванням у нахиленому положенні та значними статичними навантаженнями. Крім того, під час демонтажу та встановлення окремих вузлів виникає необхідність переміщення важких деталей, що підвищує ризик перевантаження опорно-рухового апарату та травмування хребта.

Таким чином, ремонт жаток комбайнів характеризується наявністю

комплексу небезпечних виробничих факторів, що вимагає застосування ефективних організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів для забезпечення безпечних умов праці.

3.3. Удосконалення системи безпеки праці в ремонтній зоні

З метою зниження рівня виробничого травматизму та попередження професійних захворювань у ремонтній зоні необхідно впроваджувати комплекс технічних, організаційних та індивідуальних заходів з охорони праці. Їх реалізація дозволить покращити умови праці персоналу, підвищити рівень безпеки під час виконання ремонтних операцій та зменшити вплив шкідливих виробничих факторів.

Одним із основних напрямів удосконалення системи безпеки є впровадження технічних заходів. У зоні проведення зварювальних робіт доцільно встановити ефективну витяжну вентиляцію для видалення шкідливих газів, диму та аерозолів із робочої зони. Працівники повинні бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту, зокрема захисними окулярами, респіраторами, рукавицями та спеціальним одягом. Для зменшення фізичного навантаження під час демонтажу та монтажу вузлів рекомендується використовувати підйомно-транспортні механізми та допоміжне вантажопідіймальне обладнання.

Важливе значення мають також організаційні заходи. На підприємстві необхідно регулярно проводити навчання та повторні інструктажі з техніки безпеки, спрямовані на підвищення рівня знань працівників щодо безпечного виконання ремонтних робіт. Доцільним є впровадження системи попереджувальних та інформаційних знаків у місцях із підвищеним рівнем шуму або на ділянках підвищеної небезпеки. Крім того, працівники повинні проходити регулярні медичні огляди для своєчасного виявлення можливих професійних захворювань та контролю стану здоров'я. Для підтримання працездатності персоналу важливо дотримуватись індивідуальних заходів

безпеки. Працівникам рекомендується раціонально організовувати режим праці та відпочинку із періодичними перервами через кожні 1,5–2 години роботи. Особливу увагу необхідно приділяти недопущенню виконання робіт у стані перевтоми, оскільки це суттєво підвищує ризик виникнення аварійних ситуацій та виробничих травм.

Упровадження запропонованих заходів сприятиме підвищенню рівня охорони праці в ремонтній зоні, покращенню умов праці та забезпеченню безпечної експлуатації технологічного обладнання..

3.4. Висновки за розділом

За результатами аналізу встановлено, що загальний стан організації охорони праці відповідає чинним нормативним вимогам і характеризується наявністю впровадженої системи управління охороною праці. Водночас у ремонтній майстерні підприємства залишаються виробничі ризики, пов'язані з дією механічних, хімічних та ергономічних факторів.

Для зниження рівня небезпеки та покращення умов праці необхідним є вдосконалення системи вентиляції, підвищення рівня забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, а також посилення організаційних заходів безпеки, зокрема регулярне проведення інструктажів і навчання персоналу.

Реалізація запропонованих заходів дозволить зменшити ймовірність виробничого травматизму, покращити санітарно-гігієнічні умови праці та підвищити загальну ефективність роботи ремонтного підрозділу.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ

Підвищення ефективності організації та якості ремонтних процесів збиральної техніки в центральній ремонтній майстерні (ЦРМ) зумовило необхідність формування комплексу інженерно-технічних рішень, спрямованих на модернізацію виробничої бази та технічне переоснащення підприємства. Практична реалізація зазначених заходів призвела до створення у структурі ремонтної майстерні спеціалізованої дільниці, орієнтованої на технічне обслуговування та капітальний ремонт зерно- і кормозбиральних комбайнів. Додатково було здійснено підбір і впровадження сучасного ремонтно-технологічного обладнання, яке відповідає сучасним вимогам продуктивності, точності та енергоефективності представлено таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Базові параметри оцінки критеріїв техніко-економічної доцільності об'єкта
інвестування

Показники	Позначення	Значення показників	
	показників	Базовий	Проектний
		варіант	варіант
Обсяг ремонтних робіт, ум. рем.	Q	37	42
Вартість 1 ум. рем, грн.	Ц _{1ум рем}	65000,00	85000,00
Кількість основних робітників, осіб	К _{пр}	5	6
Середньомісячна заробітна плата робітника з нарахуванням,	ЗП _{ср}	15000,00	18000,00
Вартість діючого обладнання (балансова), грн.	Б _д	410000,00	
Вартість придбаного обладнання, грн.	Б _{пр}	—	1270000,00
Вартість будівлі за балансом, грн.	Б _{буд}	67000,00	—
Витрати на реконструкцію ремонтної майстерні та організацію	Б _{рек}	—	810000,00
Річні витрати електроенергії, кВт/рік.	Q _{ел}	39400	41700
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн.	Ц _{ел}	6,40	8,20

Згідно з даними, обсяг необхідних інвестицій для впровадження запропонованих технічних рішень становить 1270 000 грн, що включає закупівлю та монтаж обладнання. Окремою складовою витрат визначено реконструкцію виробничих приміщень і загальну модернізацію майстерні, які потребують додатково 810000 грн. Основними критеріями економічної оцінки

ефективності проєкту прийнято рівень рентабельності інвестицій та строк їх окупності. Саме ці показники дозволяють комплексно оцінити доцільність впровадження технічних змін.

Для проведення розрахунків використано узагальнені вихідні дані. Економічне обґрунтування виконано з використанням програмного середовища Microsoft Excel, а результати розрахунків представлено таблиці 4.2

Таблиця 4.2.

Ключові показники технічної та економічної доцільності проєкту

Показники	Базовий	Проектний
	варіант	варіант
Вид робіт	Ремонт	
Обсяг робіт, ум. рем.	37	42
Ціна 1 ум. ремонту, грн.	65000,00	85000,00
Вартість проведених ремонтів, грн.	2405000,00	3570000,00
Кількість основних робітників, осіб.	5	6
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	–	2080000,00
Експлуатаційні витрати всього, грн..	1518020,04	2565197,45
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	1098000,00	1581120,00
- амортизаційні відрахування, грн.	95112,20	436479,20
- вартість електроенергії, грн.	252160,00	341940,00
- витрати на ПР та ТО, грн.	28533,66	130943,76
- інші витрати, грн..	44214,18	74714,49
Повна собівартість продукції, грн	1920680,44	2616501,40
Загальний прибуток, грн.	484319,56	953498,60
Рівень рентабельності, %	25,2	36,4
Приріст прибутку, грн.	–	469179,04
Термін окупності додаткових вкладень, років	–	4,4

Загальна оцінка техніко-економічної ефективності підтверджує доцільність реалізації проєкту модернізації та технічного переоснащення ремонтної майстерні. Розрахований рівень рентабельності ремонтно-відновлювальних робіт становить 36,4 %, що свідчить про високу ефективність інвестицій. Термін окупності капітальних вкладень складає 4,4 року, що відповідає економічно обґрунтованим показникам для подібних інженерних рішень.

ВИСНОВКИ

В межах виконання дипломного проєкту вирішено актуальну інженерну задачу модернізації центральної ремонтної майстерні з метою підвищення ефективності технічного сервісу та відновлення збиральної техніки. Узагальнення результатів роботи дозволяє сформулювати такі основні положення.

Розроблено вдосконалену технологію відновлення молотильного барабана комбайна, впровадження якої забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик вузла при одночасному зниженні витрат у порівнянні із заміною новими запасними частинами. Створено конструкцію універсального пневматичного преса для бездеформаційного видалення заклепок зношених сегментів ножового апарату, а також виконання операцій рихтування та контролю прямолінійності ножових смуг. Використання пневмопривода з важільним підсиленням дозволяє зменшити трудомісткість робіт, частково автоматизувати процес і знизити частку ручної праці. Розрахунки підтверджують працездатність конструкції, а рівень уніфікації 65% свідчить про її технологічну доцільність та ремонтпридатність. Проаналізовано стан охорони праці в умовах підприємства та встановлено основні виробничі ризики. Розроблено комплекс заходів щодо підвищення безпеки виконання зварювальних і ремонтних робіт, а також сформовано рекомендації з удосконалення організації виробничої безпеки та екологічних умов праці.

Результати техніко-економічного аналізу підтверджують доцільність запропонованих рішень. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження модернізації та конструкторської розробки становить близько 500000 грн. Розрахунковий термін окупності капітальних вкладень дорівнює 4,4 року, що свідчить про економічну ефективність і практичну доцільність реалізації проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державна служба статистики України. (2023). *Сільське господарство України: статистичний збірник*. Київ.
2. Міністерство аграрної політики України. (2023). *Стан машинно-тракторного парку в аграрному секторі*. Офіційний звіт.
3. Хлудєєв Б.С. Шляхи оптимізації роботи дилерсько-сервісних центрів техніки John Deere / Б.С. Хлудєєв, Є.В. Калганков // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу: Матеріали Міжнародної науково - практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково - навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2019. – С. 180–185.
4. Черній О. Деякі проблеми технічної надійності сільськогосподарських тракторів JOHN DEERE. The 7 th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science”(March 2-4, 2022) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2022. С. 13–19.
5. Проектування сервісних підприємств ремонту машин та агрегатів АПК: навчальний посібник / [Дирда В.І., Калганков Є.В., Мельянцов П.Т. та інші] – Д.: «Герда», 2014. – 100 с.
6. John Deere Harvester Works. (2015). *John Deere 9500 combine repair manual* (Publication No. 1108 s). United States: John Deere Harvester Works.
7. John Deere. (2016). *Operator's manual: John Deere 9640, 9660, 9680 WTS combines*. United States: John Deere (Publication No. 653 s). United States: John Deere Harvester Works.
8. Черній О. Деякі проблеми технічної надійності сільськогосподарських тракторів JOHN DEERE. The 7 th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science”(March 2-4, 2022) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2022. С. 13–19. Черній О. Дослідження безвідказності тракторів John D серії 8R в експлуатаційних умовах України. Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 2022. С. 117–120.