

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 20 __ р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

(освітній рівень)

тема роботи «ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ЗМІЦНЕННЯ ДИСКІВ СОШНИКІВ СІВАЛОК»

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Рогальський В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент Лісовий І.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ магістр _____
Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

А.В. Войтік

“ ” _____ 20 __ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

студенту _____ Рогальському Віктору Олександровичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування параметрів та дослідження електромеханічного зміцнення дисків сошників сівалок» _____

керівник роботи _____ Лісовий І.О., к.т.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“14” листопада 20 23 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 20.11.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: навчальна, наукова та періодична література за темою роботи; _____

4. Перелік питань, які потрібно розробити: _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як
додаток до доповіді за темою дипломної роботи: _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Лісовий І.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 18 квітня 2024 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка

Студент_____
(підпис)Рогальський В.О.
(прізвище та ініціали)**Керівник роботи**_____
(підпис)Лісовий І.О.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
1.1 Класифікація дискових робочих органів	8
1.2 Огляд робіт у галузі зміцнення дискових робочих органів	9
1.3 Огляд існуючих конструкцій технологічного оснащення	11
1.4 Задачі досліджень	18
Висновки до розділу	19
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДИСКІВ СОШНИКІВ	20
2.1 Аналіз спостережень зносу дисків	20
2.2 Вибір оптимального методу зміцнення	25
2.3 Дослідження режимів електромеханічного зміцнення	27
2.4 Дослідження зразків	30
2.5 Проектування посту зміцнення дисків	35
Висновки до розділу	37
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	38
3.1 Обґрунтування технічного рішення для відновлення дисків	38
Висновки до розділу	41
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	42
4.1 Характеристика і аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути під час ремонту	42
4.2 Розробка організаційно-технічних заходів по забезпеченню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці під час ремонту	44
4.3 Моделювання небезпечних ситуацій під час ремонту агрегату	45
Висновки до розділу	45
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	46
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48
ДОДАТКИ	54

РЕФЕРАТ

Рогальський В.О. «Обґрунтування параметрів та дослідження електромеханічного зміцнення дисків сошників сівалок». (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2024: пояснювальна записка на 54 сторінках, 21 рисунка, графічна частина підготовлена ілюстративний матеріал у вигляді презентації 12 слайдів як додаток до доповіді за темою магістерської роботи)

Випускню кваліфікаційну роботу присвячено проектуванню технологічного процесу зміцнення дисків сошників сівалок.

В роботі одержані дослідження відновлення дисків, пост по зміцненню дисків, існуючі конструкції технологічного оснащення, диск у зборі з оправками, оправка права, оправка ліва, техніко-економічні показники посту зміцнення дисків).

Запропонована конструкція, що дозволяє надійно зафіксувати диск у токарний верстат при електромеханічному зміцненні дисків сівалок, проведено дослідження щодо підвищення зносостійкості дисків на зразках.

Запропоновано організацію безпечних умов праці для ремонтної ділянки відновлення дисків сошника

Техніко-економічні розрахунки підтверджують ефективність отриманих результатів досліджень.

Ключові слова: ДИСКИ СОШНИКІВ, ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ЗМІЦНЕННЯ, ТАРУВАННЯ, СИЛА СТРУМУ, НАПРУГА, ГЛИБИНА.

ВСТУП

Нині підвищення ефективності виробництва зернових культур є найважливішим завданням сталого розвитку сільського господарства країни. При збереженні посівних площ одним із факторів, що впливають на кількість і якість продукції, що виробляється, є якісний посів. Прості за конструкцією і надійні в роботі зернові сівалки обладнані дводисковими сошниками, які виконують рядовий і вузькорядний посів. Такі сошники найбільш універсальні, вони підходять для різних типів ґрунту та варіантів якості його підготовки. Задовільно виконують задані агротехнічні вимоги щодо формування борозни, заданої глибини посіву та загортання насіння. Особливі вимоги до властивостей робочих поверхонь посівних машин, й у першу чергу до сошників. Огляд досліджень показує, що ресурс дисків сошника становить у середньому 6...17 га, а, за деякими даними, і понад 30 га однією сошником. Великий діапазон ресурсу сошників в першу чергу характеризує різне поєднання періодів роботи при нормальному і підвищеному зносі дисків сошника, залежно від зношування ґрунту в ці періоди. Незважаючи на те, що нормативно-технічною документацією передбачено шість ремонтних розмірів для дискових сошників, у літературі відсутні рекомендації щодо прогнозування їхнього ресурсу в різних умовах експлуатації. Разом з тим, як показав проведений аналіз, втрата працездатності дисків сошника відбувається в основному через зношування їх ріжучої кромки, а також через налипання ґрунту при роботі в умовах підвищеної вологості [1-4].

Головна функція галузі технічного сервісу у сільському господарстві завжди була спрямована на надання комплексу послуг із забезпечення сільських товаровиробників технічними засобами, ефективного використання та підтримання їх у справному стані протягом усього періоду експлуатації. Досягнення цієї мети забезпечувалося шляхом організації концентрованого, високотехнологічного виробництва, що забезпечує вищу якість ремонту та технічного обслуговування, ніж у господарствах.

Інноваційний розвиток АПК та формування умов для розвитку наукової та науково-технічної діяльності, удосконалення технологічних процесів та застосування нового обладнання.

Метою роботи є: розробку технологічного процесу електромеханічного зміцнення дисків сошників сівалок.

Об'єкт дослідження технологічний процес роботи дводискового сошника зернової сівалки.

Предмет дослідження є закономірності зміни працездатного стану дводискового сошника зернової сівалки.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Класифікація дискових робочих органів

Класифікація дискових робочих органів підрозділяється за трьома основними напрямками: плоскі диски, сферичні диски та інші диски. Кожен напрямок має свої особливості та застосовується для різних видів сільгосптехніки (рисунок 1.1) [3].

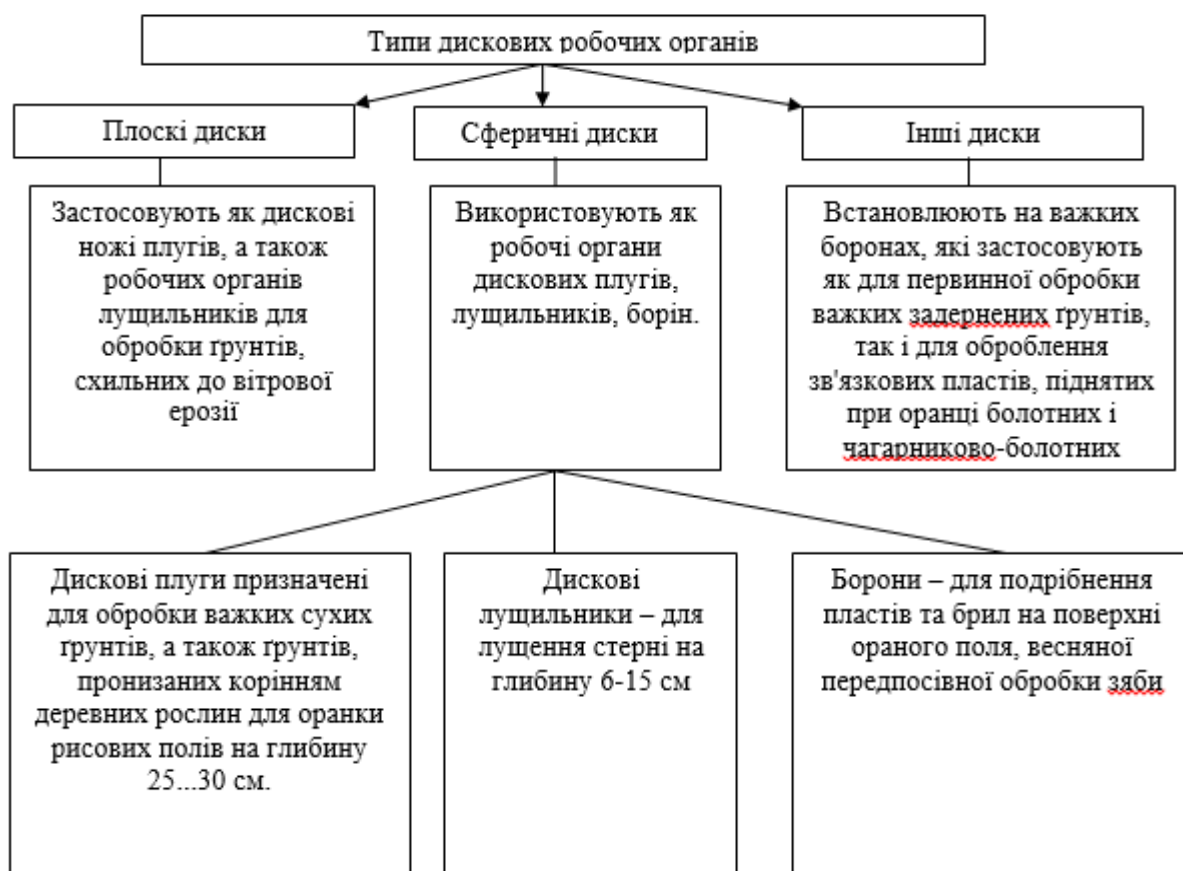


Рисунок 1.1 – Різновид дискових робочих органів та їх застосування

З малюнка можна сказати, що досить багато сільгосп техніки застосовує дискові робочі органи, тому важливе значення має такий показник як надійність дисків, що й проаналізуємо далі [4].

1.1 Огляд робіт у галузі зміцнення дискових робочих органів

При експлуатації посівних машин (ПМ) зокрема сівалок диски сошників сівалок зазнають нерівномірного зношування, що знижує ресурс деталей та збільшує витрати на їх оновлення. Прискорене зношування робочих органів сівалок у зоні найбільших питомих тисків знижує якість обробітку ґрунту, збільшує тяговий опір агрегату та витрату палива [2, 4].

Відомі деякі роботи із забезпечення працездатності дискових робочих органів сільськогосподарських машин.

Наприклад, Кадирметов А.М. для зміцнення деталей застосовує метод плазмового нанесення покриттів в режимі модуляції електричних параметрів. В результаті отримано поліпшення фізико-механічних і триботехнічних властивостей покриттів за рахунок підвищення енергетичного рівня частин, що напиляються, підвищення міцності з'єднання покриття, зниження пористості покриттів, підвищення квазітвердості до 35-45 HRC і твердості покриттів до 55-60 HRC при модуляції струму непрямої і прямої ; підвищення мікротвердості покриттів на 1-3 ГПа [2-7].

Стрільцов В.В і Бондарєв А.М. для зміцнення дисків сошників застосовують індукційно-імпульсний метод. Індукційно-імпульсна обробка з інвертором дозволяє змінювати в широких межах режими обробки, забезпечуючи зміну глибини зміцнення, оптимальний діаметр плями нагріву – 2-3 мм, тривалістю імпульсу від 1,5 до 4 мілісекунд, частота імпульсів – 10 Гц [8].

Годжаєв З.А. та Зайцев С.Д. застосовують технологію зносостійких наноструктурованих композитів з урахуванням вентильних металів.

Покриття можна віднести до антифрикційних, оскільки коефіцієнт тертя ковзання не перевищує 0,15. Дослідження покриттів у плані зносостійкості та антифрикційних властивостей показали їх високі службові характеристики, вони відрізняються високою міцністю зчеплення з основою та підвищеною зносостійкістю у процесі зношування [9].

Кисіль Ю.Є., Гур'янов Г.В., Кисіль П.Є. покращують властивості зносостійкості композитів за допомогою обробки струмами високої частоти [1-4].

Обробка струмами високої частоти композиційних електрохімічних покриттів залізо-карбід бору підвищує межу міцності при розтягуванні до 6 разів та зносостійкість до 2 разів у порівнянні з покриттями без обробки, що дозволяє їх рекомендувати для відновлення та підвищення довговічності деталей, що працюють в умовах абразивного зношування [10].

Крихітка В.А. застосовує холодну пластичну деформацію металів як метод підвищення їхньої зносостійкості. Розмір ступеня деформації, коли він спостерігається максимальне значення абразивної зносостійкості, залежить від природи сплавів й у досліджуваних матеріалів перебуває, переважно, не більше 0,30... 0,55. Для конструкційних сталей це збільшення сягає 1,5 разу [11].

Лопата Л.А., Ляшенко Б.А. та інші отримують зносостійкі дискретні покриття за допомогою електроконтактного припікання. Проектування дискретного покриття з оптимальним співвідношенням геометричних параметрів дозволяє забезпечити стійкість конструкцій, дозволяє підвищити граничний стан основи, що деформується, більш ніж у 3 рази за рахунок підвищення когезійної та адгезійної стійкості покриття [12].

Сайфуллін Р.М. та Наталенко В.С. вивчають вплив режимів електроконтактного приварювання та виду присадного матеріалу на контактну міцність покриттів. Контактна міцність покриттів, отриманих ЕКП одношарових спечених стрічок з порошку ПГС-27М та ФБХ-6-2 в 1,5-9 разів вища за міцність покриттів зі сталевий стрічки, покриття зі сталевий стрічки при збільшенні тривалості імпульсу струму ЕКП збільшують свою контактну міцність до 2,5 разів [13].

Кравченко І.М., Коломейченко О.В. та інші досліджують зносостійкість плазмових покриттів в абразивному середовищі. Порівняльні лабораторні випробування показали, що відносна зносостійкість покриттів, наплавлених

твердими сплавами за допомогою плазми, у 3-5 разів вища порівняно із загартованою сталлю 65Г [14].

Пузряков О.Ф., Кравченко І.М. та інші розробляють нові підходи щодо підвищення ресурсу деталей машинобудування методами газотермічного напилення наноструктурованих матеріалів. Застосування нанорозмірних добавок вольфраму дозволяє зменшити залишкову напругу в покриттях, які призводять до руйнування при застосуванні сумішей стандартних порошків, відносна зносостійкість вища у 3 рази порівняно з необробленою поверхнею [15].

Латинов Р.А., Агєєв Є.В., Давидов А.А. застосовують технологію відновлення та зміцнення деталей машин та інструменту з використанням порошків, отриманих електроерозійним диспергуванням. Розроблено технологію зміцнення ріжучого інструменту електроіскровим легуванням з використанням електродного матеріалу твердого сплаву, отриманого з відходів аналогічного сплаву методом електроерозійного диспергування, що дозволяє збільшити в 3,8-4,8 рази стійкість ріжучого інструменту [16].

Толстих Л.Г., Толстих А.Л., Вопнерук О.О. як зміцнення застосовують електроіскрове легування швидкорізальної сталлю. Запропоновано новий принцип ЕІЛ без вібрації електрода-аноду. Встановлено, що мікротвердість нанесеної швидкорізальної сталі в поперечному перерізі на глибині 50 мкм змінюється в межах від 16000 до 19500 МПа. Глибина зміцненого шару із збільшенням струму від 10 до 25 А збільшується від 200 до 450 мкм [17].

1.3 Огляд існуючих конструкцій технологічного оснащення

Існує безліч конструкцій технологічного оснащення, які застосовуються для фіксування деталей з подальшою їх обробкою.

Пристрій для кріплення заготовок на шпинделі токарного верстата, такі як штампування коліс, що має: корпус, на якому зафіксовані кулачки, відмінність у тому, що на втулці, зафіксованій на зовнішній стороні корпусу,

закріплюється кільце, в ньому зроблена базова канувальна центрівка, від якої повністю повторює вигляд виступу на штампуванні, що не дає її переміщення у радіальному положенні під час обробки деталі. Існуючий пристрій не може фіксувати деталі зі значним діаметром токарний верстат [1, 18] (рисунок 1.2).

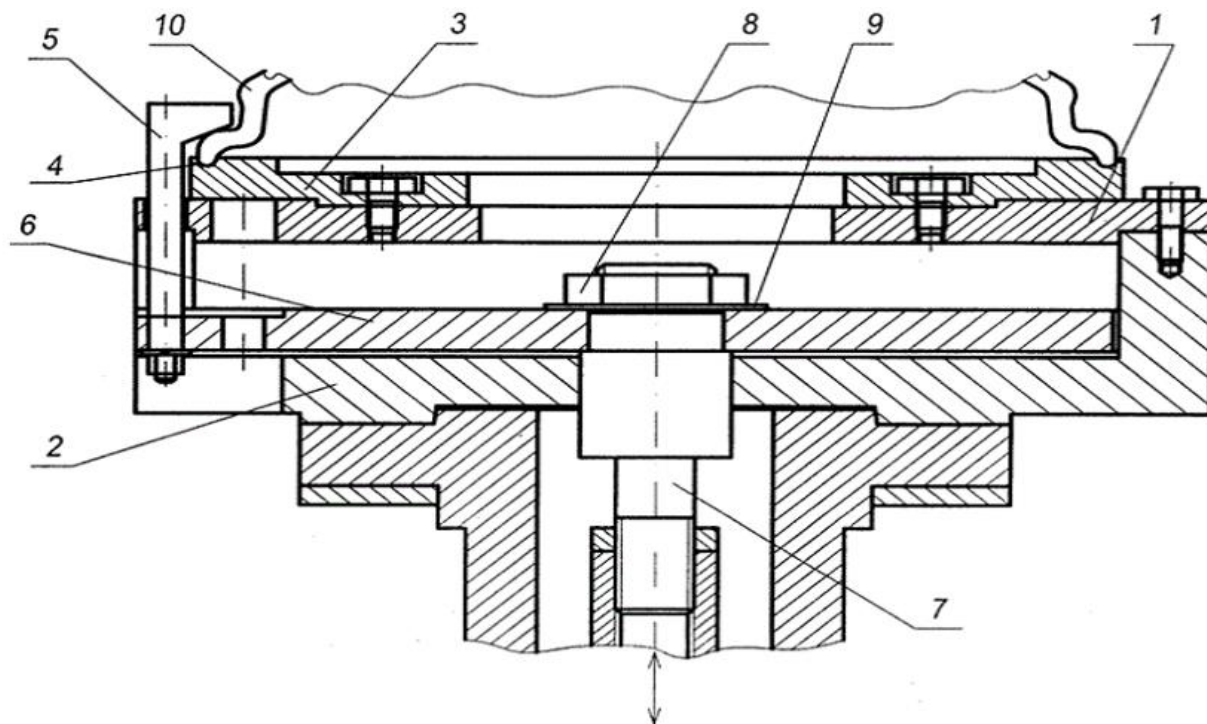


Рис. 1.2 Пристрій для кріплення заготовок на шпинделі токарного верстата 1 - втулка, 2 - корпус, 3 - кільце, 4 - базова канувальна центрівка, 5 - кулачки, 6 - диск, 7 - тяга, 8 - гайка, 9 - шайба, 10 - заготовка

Оправлення для позиціонування та закріплення дисків автомобільних коліс при обробці на токарних верстатах, що має корпус, вузол фіксування до шпинделя токарного верстата, вузол закріплення диска, що обробляється з частинами його кріплення, відмінність в тому, що вузол кріплення диска колеса виготовлений у формі фланця, а посадкова частина оправки виготовлена циліндрично співвісно з корпусом, прямо перпендикулярно поверхні.

Існуюча оправка забезпечує фіксування диска в токарному верстаті зі значною витратою часу [19] (рисунок 1.3).

Пристрій для кріплення шліфувального кола, що має перехідний

фланець, з циліндричним отвором і притискаються фланець, відмінність в тому, що воно має в своєму розпорядженні установочно-центруючий розтискний кільце, що знаходиться в круговому кільці, закріпленому в перехідному фланці і яке складається з двох половин. Існуючий пристрій не має можливості швидко та достатньо точно закріпити такі деталі на кшталт диска [2, 7, 20] (рисунок 1.4).

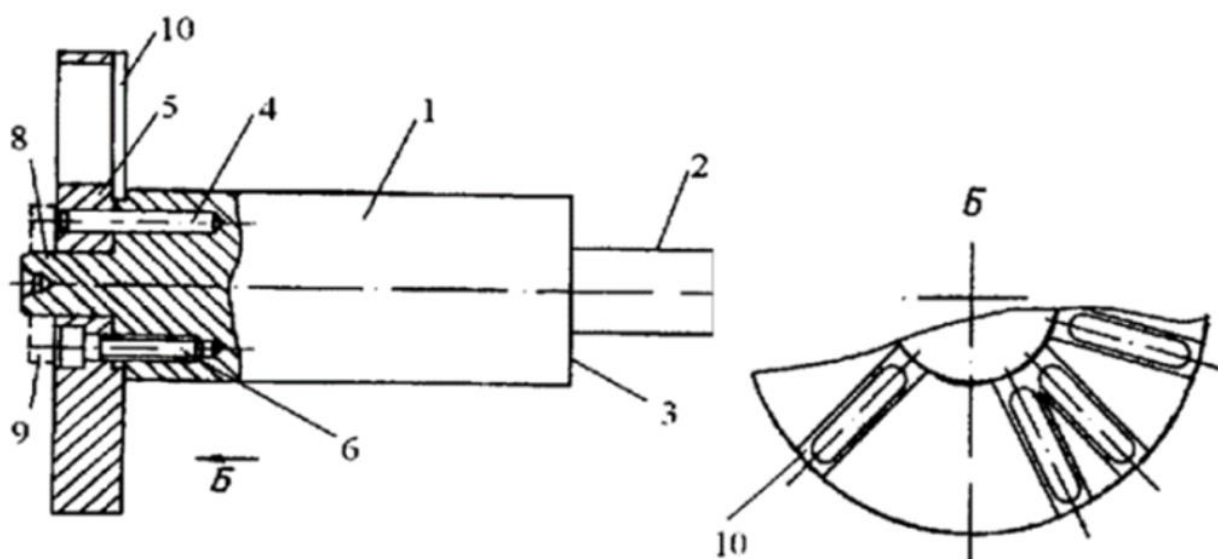


Рисунок 1.3 Оправлення для позиціювання та закріплення дисків автомобільних коліс при обробці на токарних верстатах 1 - корпус, 2 - циліндрична посадкова частина, 3 - упорна торцева поверхня, 4 - штифти, 5 - фланець, 6 - гвинти, 7 - радіально витягнуті пази, 8 - виступ, 9 - змінні центруючі кільця, 10 - канавки.

Пристрій для закріплення циліндричних заготовок при обробці на токарному верстаті, що має самоцентруючий патрон, і шпиндель, на зовнішній поверхні якого розміщується задній елемент корпусу та спіральний диск патрона, відмінність у тому, що внутрішні поверхні заднього елемента корпусу та спірального диска та пов'язана з ними зовнішня поверхня шпинделя виготовлені у вигляді конуса. Цей пристрій не може забезпечити достатнє центрування таких деталей як диск [21] (рисунок 1.5).

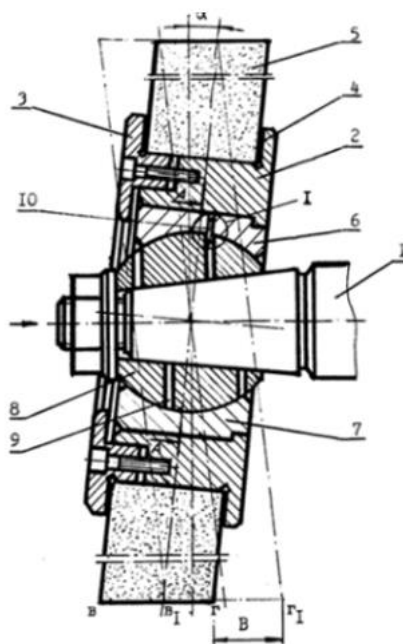


Рис. 1.4 Пристрій для кріплення шліфувального круга 1 - шпиндель, 2 - перехідний фланець, 3 - притискний фланець, 4 - картонні прокладки, 5 - шліфувальний круг, 6, 7 - половини кругового кільця, 8 - настановно-центруюче розтискне кільце, 9 - гвинтовий наскрізний паз, 10 - штифт.

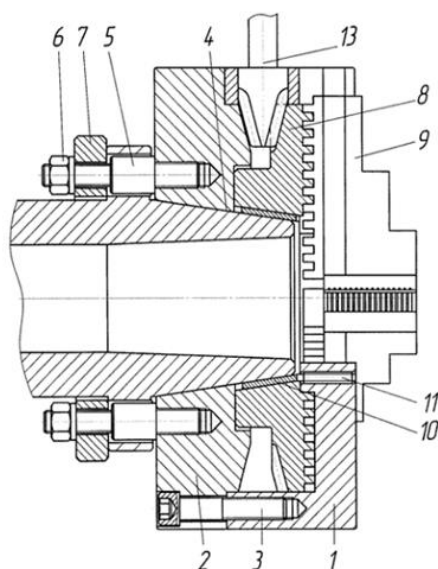


Рис. 1.5 Пристрій для закріплення циліндричних заготовок для обробки на токарному верстаті: 1 - передня частина корпусу; 2 - задня частина корпусу; 3 - гвинт; 4 - зовнішня поверхня шпинделя; 5 - шпильки; 6 - гайки; 7 - поворотний диск; 8 - спіральний диск; 9 - рейки кулачків; 11 - гвинти, 12 - поздовжні пази, 13 - ключ

Пристрій для базування та закріплення деталей, що має шпиндель, тягу, центруючу частину, що фіксується зовні оброблюваної деталі, два диски, що закріплюються, один з яких зафіксований так, щоб можливо було осьове зміщення, відмінність в тому, що воно має фіксовані на шпинделі циліндричний корпус з фіксованим нерухомо затискний диск. Даний пристрій дозволяє забезпечувати закріплення диска в токарному верстаті, але зі значними витратами часу [22] (рисунок 1.6).

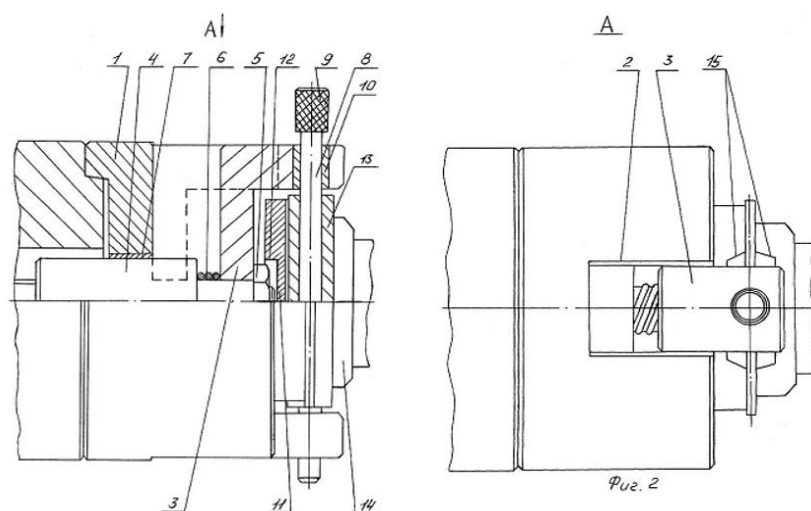


Рис. 1.6 Пристрій для базування та закріплення деталей: 1 - циліндричний корпус, 2 - діаметрально розташований паз, 3 - центруючий елемент, 4 - тяга, 5 - гайка, 6 - пружина, 7 - втулка, 8 - стрижень, 9 - рифлена поверхня, 10 - втулки, 11 - нерухомий затискний диск, 12 - виїмка для гайки, 13 - деталь, що обробляється, 14 - затискний диск; 15 - виїмки для потовщеної деталі

Автоматичний цанговий патрон для закріплення циліндричного виробу, що має корпус, виготовлений з циліндрично виконаним каналом, відмінність у тому, що прорізи цанги виконані у вигляді овалу, при цьому тяга виконана по ковзній посадці в циліндричному каналі корпусу, в якому виготовлені кільцеві пази для фіксації сальних кілець. Пристрій не може надійно зафіксувати диск

токарний верстат, через що диск може прокручуватися при обробці [23] (рисунок 1.7).

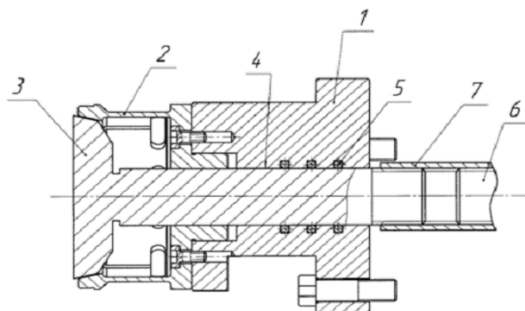


Рис. 1.7 Автоматичний цанговий патрон: 1 – корпус, 2 – розрізна цанга, 3 – тяга, 4 – циліндричний канал, 5 – сальне кільце, 6 – рухомий вал, 7 – втулка

Пристрій для кріплення шліфувального кола, що має опорний і притискний фланці, між якими зафіксований шліфувальний круг, що має відмінність в тому, що воно додатково має корпус із зовнішньою циліндричною поверхнею, а компенсуючий вузол

розташовується між зовнішньою циліндричною поверхнею корпусу та внутрішньою циліндричною поверхнею опорного фланця. Існуючий пристрій не дозволяє закріплювати циліндричні деталі з великим діаметром на зразок диска [24] (рисунок 1.8).

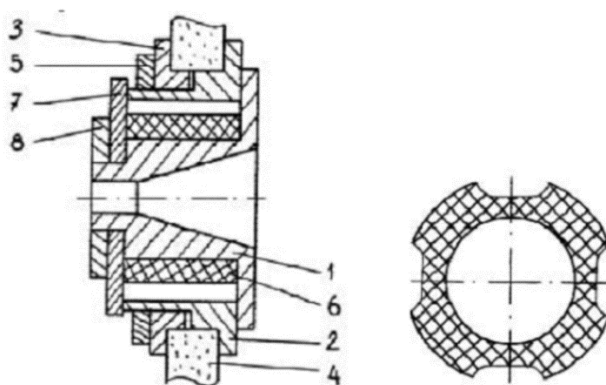


Рис. 1.8 Пристрій для кріплення шліфувального круга: 1 - корпус, 2 - опорний фланець, 3 - притискний фланець, 4 - шліфувальний круг, 5 - гайка, 6 - компенсуючий вузол, 7 - кришка, 8 - гайка

Пристрій для закріплення деталей, що має пружну втулку із зовнішньою циліндричною і внутрішньою поверхнею у формі конуса, в центральному отворі якої знаходиться конусна вставка, відмінність у тому, що воно має в своєму розпорядженні Т - образний елемент, який одночасно функціонально пов'язаний з деталлю і повідковим пальцем бабки верстата. Вивчений пристрій забезпечує фіксування диска в токарному верстаті лише зі значною витратою часу, що неприпустимо [25] (рисунок 1.9).

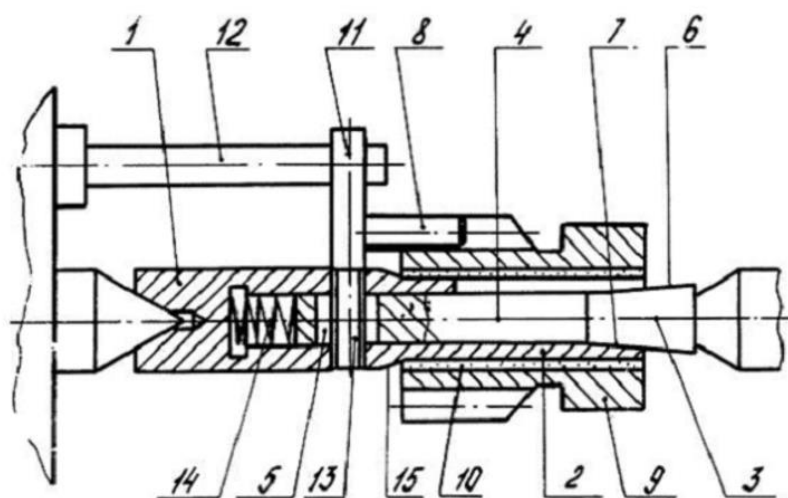


Рис. 1.9 Пристрій для закріплення деталей: 1 - пружна втулка; 2 - радіально деформовані пелюстки; 3 - вставка; шестерні – втулки, 10 – запресована втулка, 11 – верхня частина Т - подібного елемента, 12 - повідковий палець, 13 - нижня частина, 14 - пружина, 15 - зовнішня конічна поверхня

Пристрій для осьової фіксації деталі на валу, що має шайбу з кільцеподібною канавкою на зовнішній циліндричній поверхні, з'єднаної з віссю отвору у валу, шплінт, розміщений в отворі вала і отворах шайби, кінці якого повністю втоплені в канавці шайби, відмінність з двох Г - подібних залізних стрижнів, скріплених між собою зварюванням. Пристрій, що спостерігається, не може міцно закріпити диск у токарному верстаті, оскільки зусилля недостатнє для нерухомої фіксації [26] (рисунок 1.10).

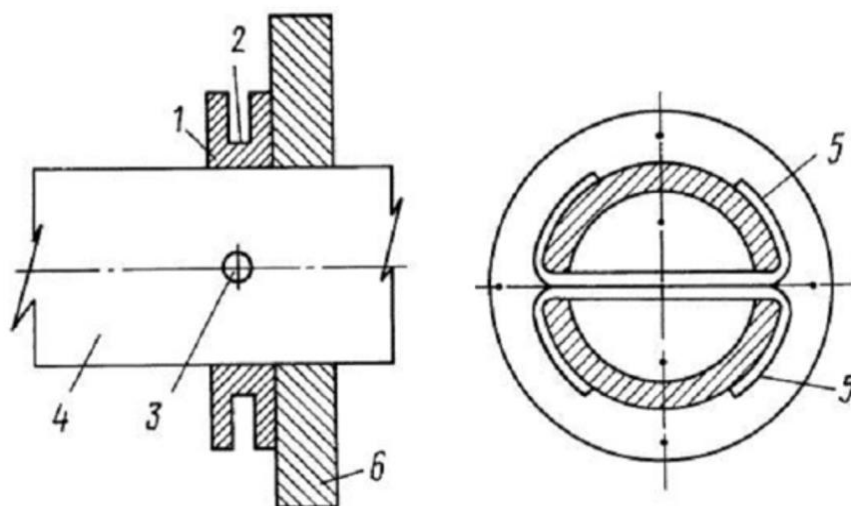


Рис. 1.10 Пристрій для осової фіксації деталі на валу: 1 - металева шайба; 2 - кільцева проточна канавка; 3 - отвори; 4 - отвори валу; 5 - металевий шплінт; 6 - деталь

З наведеного вище аналізу можна зробити висновок про те, що є різні пристрої для закріплення деталей, але немає тих пристроїв, які б задовольняли нашим вимогам, тобто надійної фіксації диска і мінімальної трудомісткості виконання робіт [3, 27].

1.4 Задачі досліджень

Завдання роботи: обґрунтувати актуальність зміцнення дисків, підібрати режими зміцнення дисків (провести експеримент на зразках), розробити конструкцію для фіксування дисків у токарному верстаті, розробити пост за зміцненням дисків, провести його техніко- економічну оцінку.

Висновки до розділу

З аналізу вищезгаданих робіт можна сказати, що існує безліч методів зміцнення та відновлення деталей.

Проаналізовано зношування дисків двох сівалок проведено їх статистичну обробку: середнє значення зносу 33,89 мм, середньоквадратичне відхилення 14,61 мм, коефіцієнт варіації становить 0,285, що говорить нам про нормальний закон розподілу. Виходячи з ремонтних розмірів, залежно від діаметрального зносу було визначено 3 групи зносу: 1 група – 4% знос до 10 мм, 2 група – 37% знос від 10 до 24 мм, 3 група – 59% знос понад 24 мм.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДИСКІВ СОШНИКІВ

2.1 Аналіз спостережень зносу дисків

Спостереження зношування проводилися для двох сівалок СЗТ-3,6А загальна кількість зношених дисків дорівнювала 96. Статистична обробка проводилася згідно з рекомендаціями, викладеними у ГОСТ Р8.736-2011. Вимірювання діаметра дисків проводили у двох перпендикулярних площинах, на підставі чого було виявлено середнє значення діаметра дисків. Різниця в розмірах дисків знятих з експлуатації та нового є величина зносу дисків (рис. 2.1).

Замірене знос дисків двох сівалок СЗТ-3,6А з напрацюванням кожної 700 га ми можемо спостерігати на рис. 2.3 та рис. 2.4.



Рисунок 2.1 Виміряний диск та його знос

а - лезо диска з гладкою поверхнею; б - лезо диска з неоднорідною поверхнею; в - схема розмітки диска

Вид диска сошника сівалки СЗТ-3,6А зі схемою показано рис. 2.2.

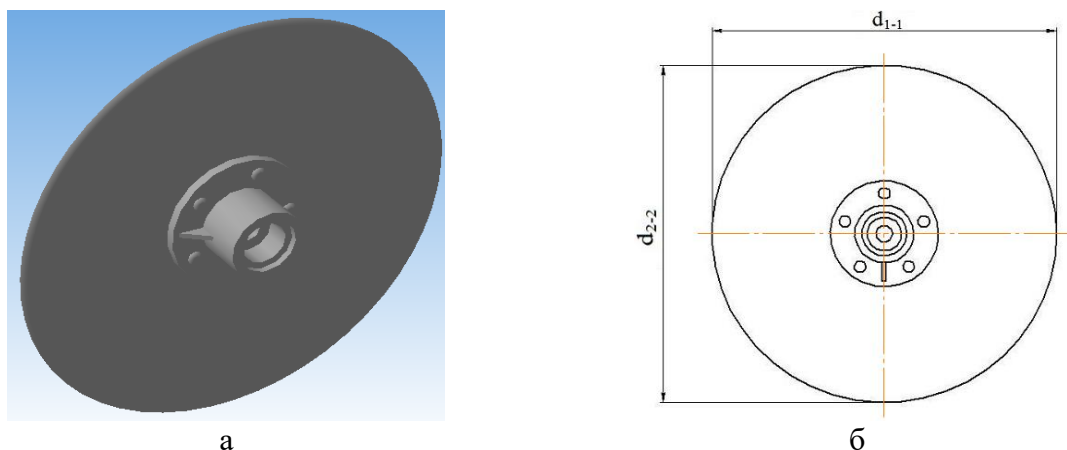


Рисунок 2.2 Диск сошника сівалки зі схемою

а - 3D-модель диска; б - схема вимірювань диска

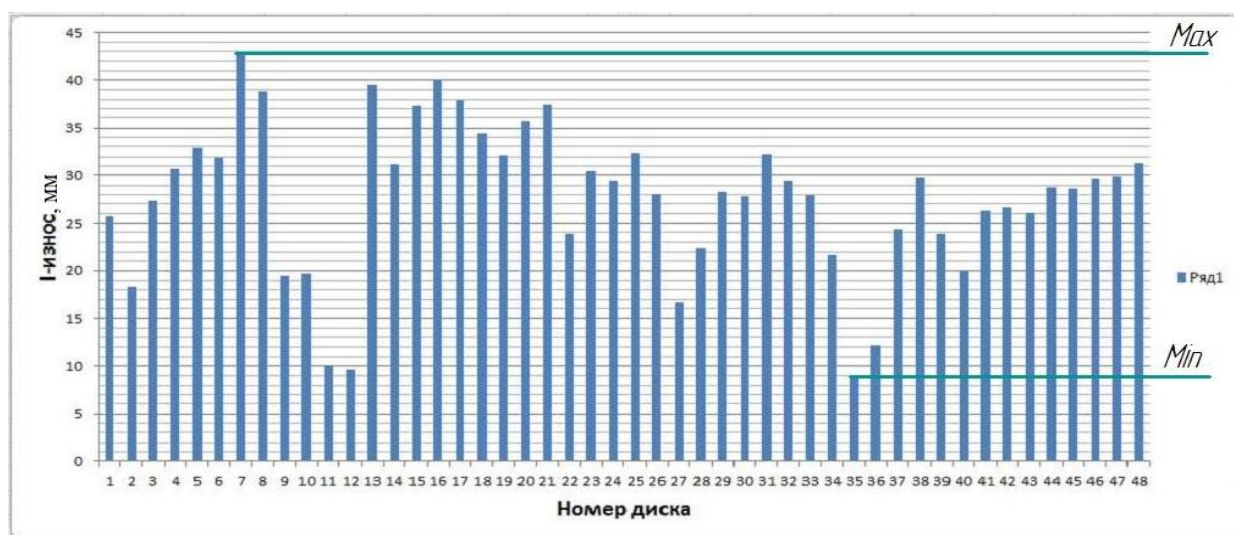


Рис. 2.3 Зношування дисків сівалки №1

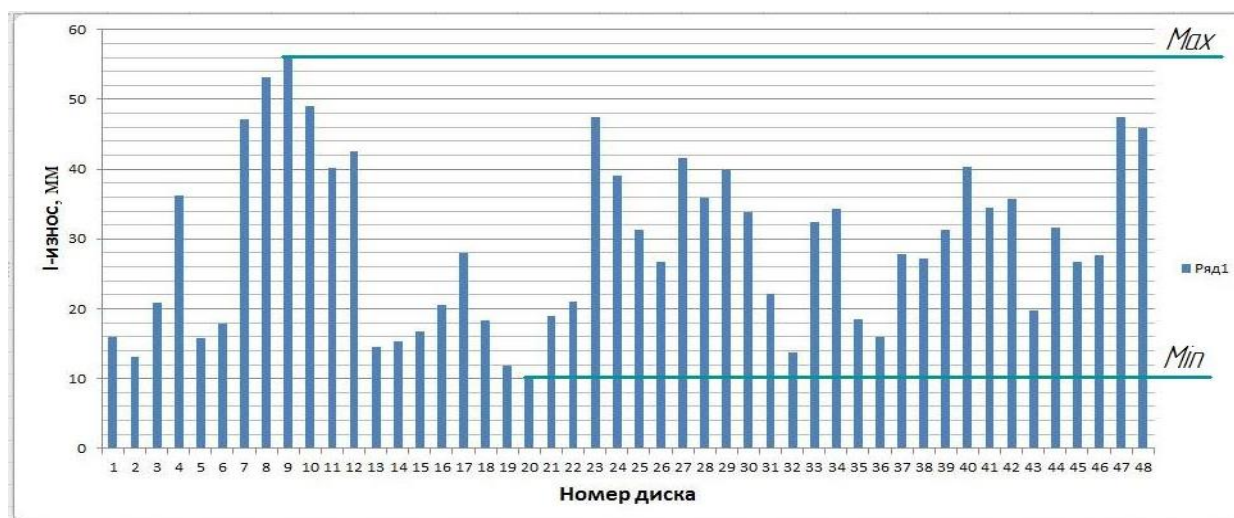


Рисунок 2.4 Зношування дисків сівалки №2

Здійснено оцінку статистичного ряду на наявність крапок, що випадають, за правилом « $I \pm 3\sigma$ ». Перевірка показала про наявність 7 точок, що випадають, отже вибірка містить 89 елементів і має наступні статистичні характеристики: середнє значення $X_{cp} = 33,89$ мм, середньоквадратичне відхилення $\sigma_x = 9,65$ мм, мінімальне значення $X_{min} = 8,8$ мм, максимальне значення $X_{max} = 43,8$ мм, розмах $R_x = 29,19$ мм, дисперсія випадкової величини $D_x = 105,34$ мм. Коефіцієнт варіації становить $\nu_x = 0,285$, що говорить нам про нормальний закон розподілу. Перевірка на наявність крапок, що випадають за критерієм Ірвіна: для нижньої межі $\lambda_{оп} = 0,14$; для верхньої межі $\lambda_{оп} = 0,48$. Табличне значення критерію Ірвіна $\lambda_{таб} = 0,89$ більше досвідченого, тому крайні точки вибірки є достовірними [4].

Величину інтервалу визначаємо за формулою [5]:

$$\Delta I = (I_{max} - I_{min}) / (1 + 3,3 \ln N), \quad (2.1)$$

де I_{max}, I_{min} - відповідно максимальне та мінімальне значення простого статистичного ряду; N – розмір вибірки (кількість вимірів). Після підстановки значень отримуємо

$$\Delta I = (43,8 - 8,8) / (1 + 3,3 \ln 89) = 2,5.$$

За відомою величиною інтервалу ΔI визначаємо кількість інтервалів за формулою:

$$n = (I_{max} - I_{min}) / \Delta I, \quad (2.2)$$

де n – кількість інтервалів. Після підстановки значень отримуємо

$$n = (43,8 - 8,8) / 2,5 = 14.$$

Значення дослідної ймовірності в i -му інтервалі визначаємо за формулою:

$$P_{oni} = m_{oni} / N, \quad (2.3)$$

де m_{oni} – дослідна частота; N – розмір вибірки. Після підстановки значень отримуємо

$$P_{oni} = 1 / 89 = 0,0112.$$

Накопичена дослідна ймовірність $\sum_{i=1}^n P_{oni}$ дорівнює поінтервальній сумі дослідної ймовірності кожного інтервалу (з наростаючим підсумком).

Дані статичного ряду дають можливість бачити характер дослідного розподілу зношування. Більш повну картину дослідного розподілу можна бачити, представивши його у вигляді гістограми, полігону та кривої накопиченої дослідної ймовірності (рисунок 2.5) [3, 25, 26].

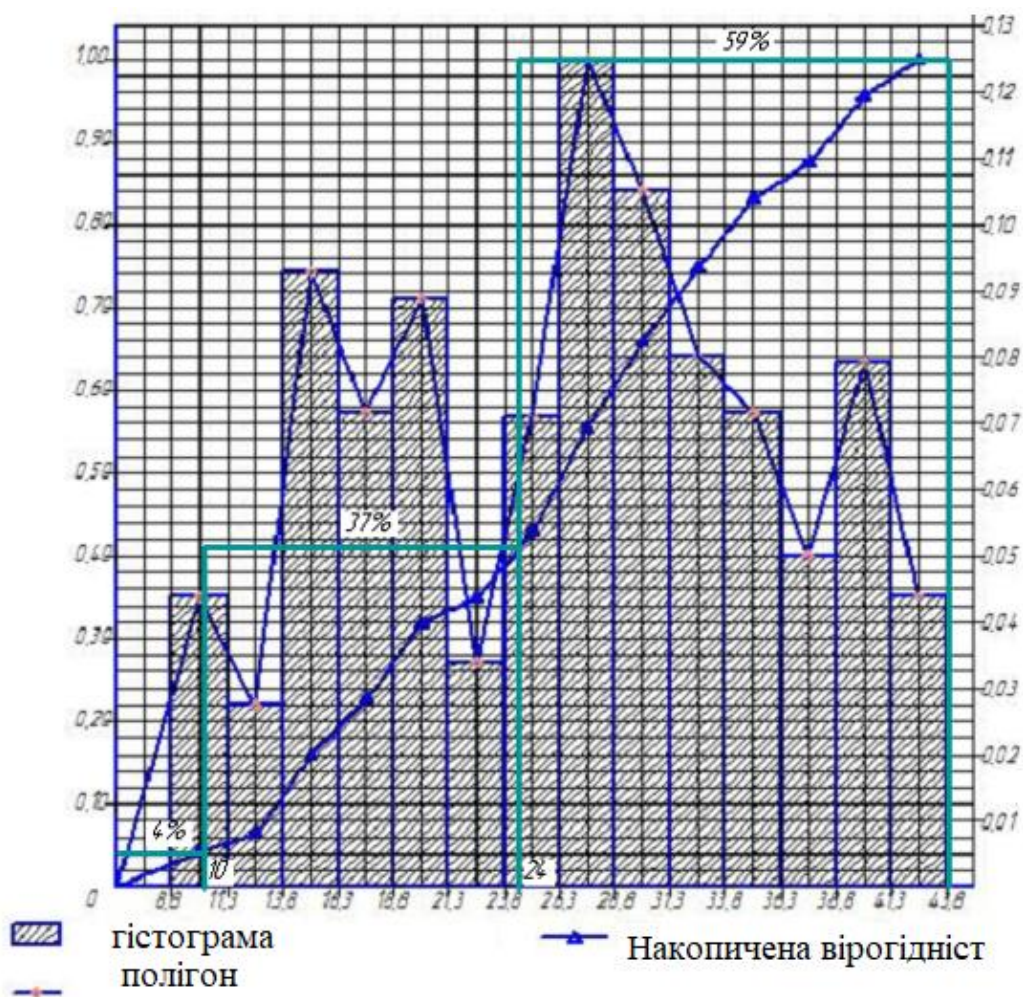


Рисунок 2.5 Досвідчений розподіл зносу дисків сівалок

Далі були побудовані диференціальні та інтегральні функції (рисунок 2.6).

Відносна помилка перенесення становила 29,2%. З технічної документації розмір діаметра диска сошника сівалки відповідно до робочого креслення становить 350 мм.

Відремонтовані диски можуть мати такі ремонтні розміри (рис. 2.5) [6]:

- перший – діаметр 340 мм у точці сходження дисків встановлюється дистанційне кільце 1,7 мм, знос леза незначний;
- другий – діаметр 334 мм у точці сходження дисків встановлюється дистанційне кільце 1,4 мм, при даному діаметрі глибина загортання насіння становить 90 %;
- третій – діаметр 326 мм у точці сходження дисків встановлюється дистанційне кільце 1,0 мм, граничний допустимий діаметр диска.

Виходячи з ремонтних розмірів, залежно від діаметрального зносу визначаємо 3 групи: 1 група - 4% знос до 10 мм, 2 група - 37% знос від 10 до 24 мм, 3 група - 59% знос більше 24 мм (рисунок 2.5).

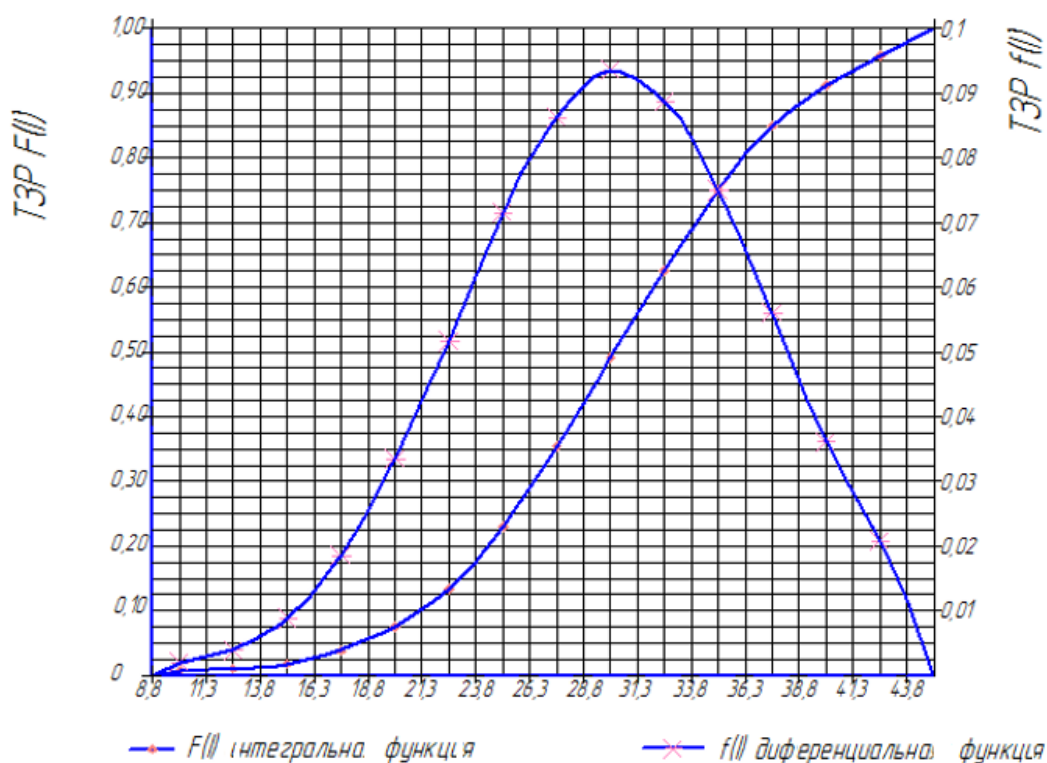


Рисунок 2.6 Диференційна та інтегральна функції теоретичного закону розподілу для дисків сівалок

Враховуючи середнє знос дисків та їх напрацювання, ми можемо обчислити середню швидкість зносу V_i , мм/га, за формулою

$$V_i = I_{cp} / W, \quad (2.4)$$

де I_{cp} - середнє зношування дисків, мм; W – напрацювання дисків, га.

Після підстановки значень отримуємо

$$V_i = I_{cp} / W = 34/700 = 0,0486 \text{ мм / га.}$$

Проведено також оцінку твердості леза диска, які перебували в експлуатації у різних точках відповідно до рисунка 1.3 а.

Виміри проводилися на 10 дисках, але лише на 4 вдалося визначити твердість, середнє значення 30,65 HRC, середньоквадратичне відхилення 6,08 HRC, мінімальне значення 5 HRC, максимальне значення 48,5 HRC, розмах 43,5 HRC, дисперсія випадкової величини 32,35. Коефіцієнт варіації становить 0,198, що каже нам про нормальний закон розподілу. Проаналізувавши таблицю, можна сказати, що твердість леза у межах одного диска у різних точках різна це свідчить про різному вмісті вуглецю, і що знос навіть у межах одного диска може бути різним [14, 30].

2.2 Вибір оптимального методу зміцнення

На основі аналізу вище наведених робіт можна сказати, що існує безліч різних способів відновлення та зміцнення поверхонь, залежно від наявного обладнання. З-поміж способів, відібраних за технологічним критерієм, до подальшого аналізу приймаємо ті, які забезпечують коефіцієнт довговічності відновлених поверхонь не менше 0,8 а питома собівартість відновлення буде найменшою [18, 19].

Попередньо відібрані методи зміцнення ріжучої кромки ранжуємо за значенням техніко-економічного показника і зводимо в таблицю 2.1.

З таблиці 2.1 бачимо, що оптимальним способом зміцнення ріжучої кромки диска є електромеханічна обробка (ЕМО), але для остаточного прийняття рішення про вибір способу зміцнення необхідно розрахувати параметри: витрати на зміцнення поверхні та її ставлення до коефіцієнта довговічності $C_{y_{дi}} / K_{дi}$.

Таблиця 2.1 – Техніко-економічна характеристика методів відновлення поверхонь диска сошника.

Найменування зміцнюваної поверхні	Характеристика способів відновлення	Шифр способу	Коефіцієнт довговічності К _д	Витрати на зміцнення С _у , грн./дм ²	Площа поверхні, що зміцнюється дм ²	Техніко-економічний показник С _у /К _д , грн.
Ріжуча кромка леза	електро-механічна обробка	1	3	80	0,303	8,06
	буровання	2	3,4	120	-	16,90
	наплавка сармайтом	3	4	150	-	17,37

Розрахуємо витрати на зміцнення поверхні, руб. в залежності від способу зміцнення:

$$C_{y\text{дi}} = S_y \cdot C_y, \quad (2.5)$$

де S_y – площа поверхні, що зміцнюється, дм², C_y – витрати на зміцнення, грн.

Визначимо відношення витрат на відновлення коефіцієнту довговічності $\frac{C_{y\text{дi}}}{K_{\text{дi}}}$, грн., для кожного варіанту:

$$\frac{C_{y\text{дi}}}{K_{\text{дi}}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{y\text{ip}} S}{K_{\text{дi}}} \rightarrow \min, \quad (2.6)$$

де $C_{y\text{дi}}$ – витрати на відновлення зношених поверхонь деталі і-м поєднанням способів, грн.; $C_{y\text{ip}}$ – витрати на зміцнення поверхні даним способом, грн. / дм²; s – площа відновленої поверхні, дм²; $K_{\text{дi}}$ – коефіцієнт довговічності деталі, відновленої і-м поєднанням способів; n – кількість поверхонь, що зношуються. Після підстановки значень отримуємо [20, 30]

Таблиця 2.2 - Техніко-економічні показники відновлення зношених поверхонь диска сошника

Характеристика способів відновлення	Шифр спо-собу	Коефіцієнт довговічності Кд	Витрати на зміцнення, Суді рн.	Техніко-економічний показник Су/Кд, грн.
електро-механічна обробка	1	3	24,24	8,06
буровання	2	3,4	36,36	16,90
наплавка сармайтом	3	4	45,45	17,37

2.3 Дослідження режимів електромеханічного зміцнення

При електромеханічній обробці (ЕМО) в процесі обробки деталі через місце контакту «інструмент-деталь» проходить струм великої сили та низької напруги, що призводить до сильного нагрівання та швидкого охолодження. Крім того, спостерігається термомеханічна місцева дія на поверхневий шар за рахунок притиску інструменту (зміцнювального ролика) до оброблюваної деталі. Сила струму, вторинна напруга та зусилля притискання інструменту регулюються залежно від площі контакту, необхідної глибини зміцнення та вимог до якості поверхневого шару [5, 7, 30].

Попереднє вивчення технічної сутності ЕМО показує, що основними факторами, що впливають на експлуатаційні властивості робочих поверхонь, є конструкційні (призначення металу, марка, твердість, глибина шару, що зміцнюється, геометричні параметри, фізико-механічні властивості), технологічні (технологія процесу обробки: часові, швидкісні, силові, температурні, електричні параметри) та експлуатаційні (вибір процесу відновлення, зміцнення або загартування при ТОР) параметри [31].

Перед призначенням режимів електромеханічної обробки було проведено тарування пружини. Проводилися 12 вимірів, 6 при прямому навантаженні та 6 при зворотному при вертикальному навантаженні (схема 1) і консольному навантаженні (схема 2) дані середніх значень були занесені в таблицю 2.3 і на підставі них був побудований графік рис. 2.7 [32].

Таблиця 2.3 – Вертикальне та консольне навантаження

№	Навантаження	Пониження вертикальної навантаження				Пониження консольної навантаження			
		замір 1	замір 2	замір 3	середнє	замір 1	замір 2	замір 3	середнє
		$\Delta_{\text{ср}}$	$\Delta_{\text{ср}}$	$\Delta_{\text{ср}}$	$\Delta_{\text{ср}}$	$\Delta_{\text{ср}}$	$\Delta_{\text{ср}}$	$\Delta_{\text{ср}}$	$\Delta_{\text{ср}}$
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	124,5	191	185,5	167	227,5	244,5	193	221,7
3	10	429,5	450,5	450	443,3	465	435	391,5	430,5
4	15	697,5	712,5	734	714,7	670,5	711	665,5	682,3
5	20	846,5	877	917,5	880,3	843	827,5	870,5	847,0
6	25	1020	1036	1079	1045	953,5	897	950,5	933,7
7	30	1144,5	1158,5	1171	1158	0	0	0	0
8	35	839,5	830,5	813	827,6667	489	462	559	503,3

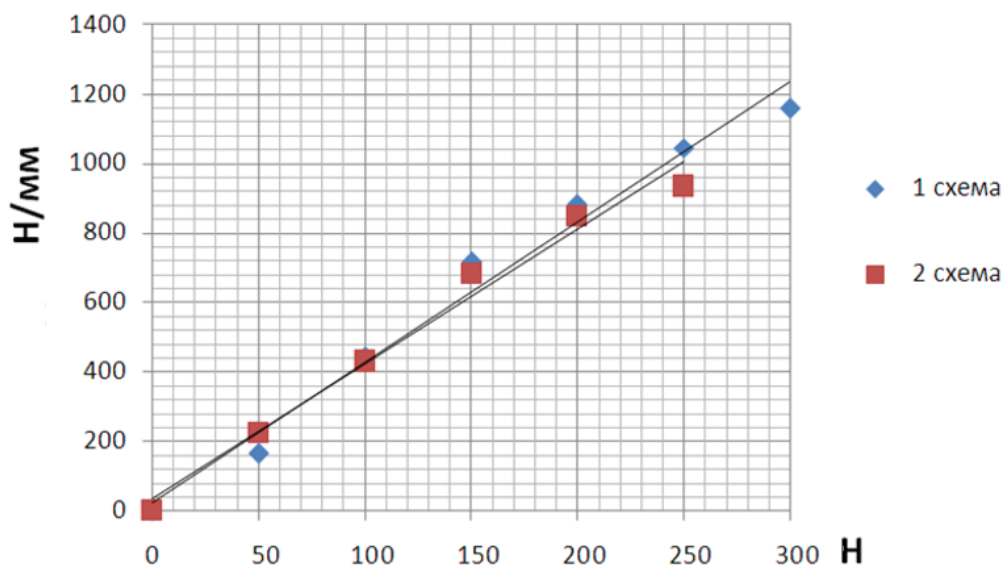


Рис. 2.7 Графік навантаження

З цього графіка ми можемо спостерігати: по-перше, що в залежності від навантаження консольного та вертикального різниця положення пружини невелика і по-друге максимальне зусилля, яке ми можемо здати пружиною, становить 300 Н [15, 22, 30, 33].

Виходячи з практики застосування ЕМО зусилля притискання інструменту (зміцнюючого ролика) рекомендується приймати 100...300 Н, а силу струму встановлювати в діапазоні 800...1500 А. Приймаємо зусилля

рівним 300 Н, з умови забезпечення гарантованого контакту зміцнювального ролика; приймаємо 0,1...0,5 мм; напруга у вторинному ланцюзі трансформатора - 1...4 В. Для деталей, виготовлених із сталі 65Г потрібно нагріти місце контакту деталі та інструменту вище температури фазового перетворення металу 760 °С на 50...70 °С, т.е. до 830 °С [20].

На підставі співвідношень згаданих факторів визначимо силу струму I , А, залежно від напруги та потрібної глибини зміцнення за формулою

$$I = \frac{\frac{c\gamma BvT_{\phi}\delta}{k\mu} - \frac{Pvf}{42,7}}{0,24\eta U}, \quad (2.7)$$

де $c = 0,16$ Дж/кг • питома теплоємність металу; $\gamma = 7,82$ кг/м³ - щільність матеріалу; обробці; $B = 0,1$ см – ширина високотемпературної зони; $v = 0,525$ см/с - швидкість згладжування при обробці; $T_{\phi} = 830$ ° - температура фазового перетворення металу; $\delta = 0,01...0,05$ см - глибина зміцнення; $k = 0,234$ - коефіцієнт враховує кількість теплоти, що поглинається високотемпературним об'ємом; $\mu = 0,6$ - коефіцієнт визначає кількість теплоти, що створюється в зоні контакту та відводиться в деталь; $P = 30$ кгс – сила нормального тиску при обробці; $f = 0,1$ - коефіцієнт тертя кочення; $\eta = 0,42$ – коефіцієнт, що враховує втрати у вторинному ланцюзі трансформатора; $U = 1 \dots 4$ - напруга вторинної ланцюга, В [21].

Задаючись параметрами матеріалу, деталі та зусилля притискання інструменту покроково обчислимо значення сили струму при зміцненні в залежності від напруги у вторинному ланцюзі трансформатора і глибини зміцнення. Отримані значення подаємо у вигляді графічної інтерпретації у двовірній моделі на рис. 2.2 та тривірній моделі залежності сили струму від глибини та напруги [14, 18, 28, 33, 34]

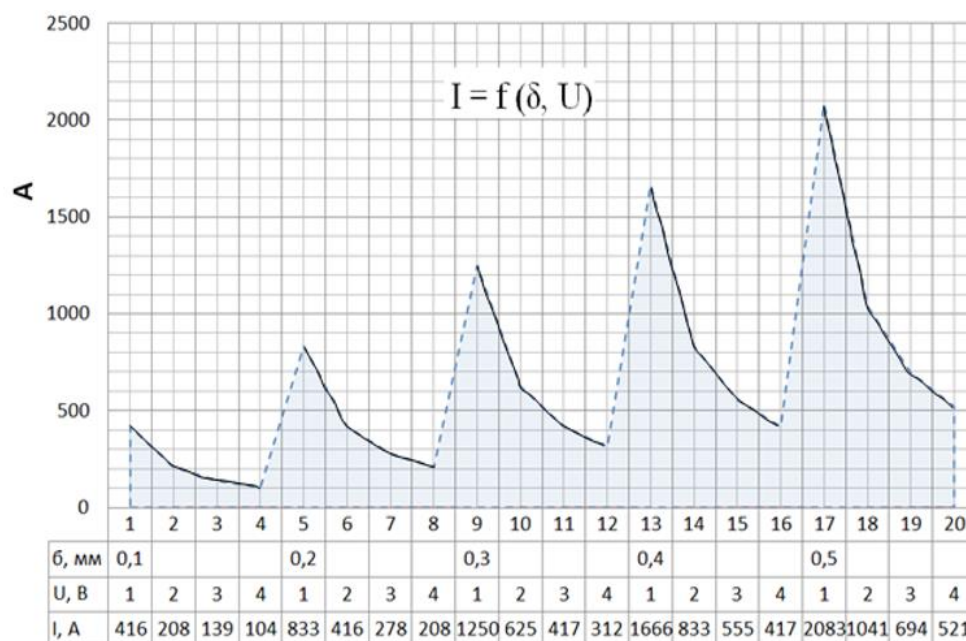


Рис. 2.8 Діаграма залежності сили струму від глибини та напруги

Аналіз даних показує, що кожного рівня глибини зміцнення і величини напруги існує певний режим сили струму, що характеризує можливість призначення дискретних параметрів електромеханічного зміцнення з можливістю подальшої практичної апробації на дослідних зразках [35].

2.4 Дослідження зразків

Циліндричний зразок має загальну та оброблювану довжину 260 мм і 120 мм відповідно, переріз зразка 10 мм у середині та 12 мм по краях. Сам зразок показаний рис. 2.9.



Рис. 2.9 Циліндричний зразок

На ЕМО зразків впливають такі фактори, а саме: 1) сила струму у вторинній обмотці $I = X1$ (А); 2) зусилля в контакт «інструмент – деталь»

$F_k = X2$ (Н). Вимірювання проводяться за двома параметрами: 1) твердість $HRC_e = Y1$ (за одиницями Роквелла); 2) межа міцності $\sigma_{ut} = Y2$ (МПа) інтервалом варіювання $\Delta I = 200$ А; 2) $X2 = F_k = 100 \dots 300$ Н з інтервалом варіювання $\Delta F = 100$ Н. Режими та порядкові номери зразків представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Кодування режимів під час планування експерименту

Технологічні режими ЕМО		Порядковий номер зразка	
Сила струму	Сила притискання інструмента	Функція відгуку	
I, A	F_k, H	Твердість, HRC	Межа міцності, σ_{ut}, MPa
800	100	1	1
	200	2	2
	300	3	3
1000	100	4	4
	200	5	5
	300	6	6
1200	100	7	7
	200	8	8
	300	9	9

Частота обертання шпинделя токарного верстата (X_3): 12 об/хв – час дії t , сек (1 оборот за $60/12 = 5$ сек, тоді час контакту при куті контакту 1 град при обробці $5/360 = 0,0139$ сек). Номер досвіду та відповідні йому фактори представлені у Таблиці 2.5.

Дані вимірів твердості зразків до обробки та після представлені. Зіставивши дані, можна сказати, що твердість зразків значно зросла в середньому в 2,23 рази. При цьому на зразку ми можемо спостерігати сліди ЕМО, які свідчать про структурну зміну матеріалу (рис. 2.11).

Таблиця 2.5 - План ортогонального композиційного плану

№ дослід	Фактори*		Відгук		
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3
1	+	-	Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}
2	+	+	Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}
3	-	+	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}
4	-	-	Y_{14}	Y_{24}	Y_{34}
5	0	-	Y_{15}	Y_{25}	Y_{35}
6	+	0	Y_{16}	Y_{26}	Y_{36}
7	0	+	Y_{17}	Y_{27}	Y_{37}
8	-	0	Y_{18}	Y_{28}	Y_{38}
9	0	0	Y_{19}	Y_{29}	Y_{39}
* Знаки «+», «-» та «0» - позначають верхній, нижній та середній рівень фактора					

Зразки у кількості 27 штук та їх нумерування показано на рис. 2.10.



Рис. 2.10 Нумерування зразків



Рис. 2.11 Зразок оброблений ЕМО

З метою детальнішого вивчення отриманої твердості зразків після ЕМО дані були оброблені за допомогою спеціальної комп'ютерної програми і занесені до таблиці 2.6, таблиці 2.7 та таблиці 2.8.

Таблиця 2.6 - Статистичні параметри, що впливають на ЕМО

Фактор	Середнє	СКО	Фактор	Середнє	СКО
Y	1,203	6,249	-	-	-
X 1	32,026	166,411	R(Y,X 1)	0,354	0,187
X 2	16,013	83,205	R(Y,X 2)	0,032	0,201
X 3	64157,931	333374,401	R(Y,X 3)	0,331	0,189
X 4	17443,431	90638,751	R(Y,X 4)	0,142	0,198
X 5	6471,502	33626,910	R(Y,X 5)	0,055	0,201

Таблиця 2.7 - Коефіцієнти приватної кореляції

Фактор	Значення	Фактор	Значення
R Y X 1 X 2	0,354	R Y X 3 X 4	0,302
R Y X 1 X 3	0,454	R Y X 3 X 5	0,331
R Y X 1 X 4	0,328	R Y X 4 X 1	0,014
R Y X 1 X 5	0,355	R Y X 4 X 2	0,432
R Y X 2 X 1	-0,034	R Y X 4 X 3	0,024
R Y X 2 X 3	-0,038	R Y X 4 X 5	0,461
R Y X 2 X 4	-0,413	R Y X 5 X 1	-0,059
R Y X 2 X 5	0,161	R Y X 5 X 2	-0,166
R Y X 3 X 1	-0,437	R Y X 5 X 3	-0,058
R Y X 3 X 2	0,331	R Y X 5 X 4	-0,445

Таблиця 2.8 - Коефіцієнти регресії та стандартні похибки

Коэффициенты регрессии	Стандартные погрешности
A(0)=-91.52369	56,78013; (62.04%)
A(1)= 0,25452	0,11153; (43.82%)
A(2)=-0,04175	0,11839; (283.52%)
A(3)=-0,00013	0,00005; (41.39%)
A(4)= 0,00012	0,00007; (61.94%)
A(5)=-0,00021	0,00022; (101.99%)

Як регресійну математичну модель функції відгуку в залежності від факторів досліджуваного процесу прийнято рівняння полінома другого ступеня:

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_1^2 + A_4 \cdot X_1 \cdot X_2 + A_5 \cdot X_2^2, \quad (2.8)$$

де X_1 – сила струму; X_2 – зусилля притискання; Y – твердість; $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ – коефіцієнти регресії. На підставі факторів, що впливають, побудованих коефіцієнтів регресії та вимірної твердості було складено рівняння регресії:

$$y = -91,524 + 0,255 \cdot X_1 - 4,176 \cdot 10^{-2} \cdot X_2 - 1,332 \cdot 10^{-4} \cdot X_1^2 + 1,258 \cdot 10^{-4} \cdot X_1 \cdot X_2 - 2,162 \cdot 10^{-4} \cdot X_2^2. \quad (2.9)$$

Після рішення рівняння були визначені $X_1 = 957,2$ і $X_2 = 104,4$, при яких $Y = 38,7$ максимальний. І з ймовірністю $P = 0,95$ були визначені фактори, які впливають на твердість: $T(1) = 2.28 > 2.08$, тому фактор 1 значуще впливає на Y ; $T(2) = 0.35 < 2.08$, тому вплив фактора 2 на Y мало; $T(3) = 2.42 > 2.08$, тому фактор 3 значуще впливає на Y ; $T(4) = 1.61 < 2.08$ тому вплив фактора 4 на Y мало; $T(5) = 0.98 < 2.08$, тому вплив фактора 5 Y мало.

Рівняння множинної регресії у стандартизованому масштабі має вигляд:

$$y_{ст} = 6,777 \cdot X_1 - 0,556 \cdot X_2 - 7,105 \cdot X_1^2 + 1,825 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,163 \cdot X_2^2 \quad (2.6)$$

Відповідно коефіцієнт множинної кореляції $R = 0,630$ та коефіцієнт множинної детермінації $R^2 = 0,397$. Оцінка значимості коефіцієнтів множинної детермінації $F = 2,762$; $F_{TEOP} = 2.685$. Оскільки $F > F_{TEOP}$ – регресія досить визначена включеними змінними за ймовірності $P = 0,95$.

Проведено також апроксимацію даних таблиця 2.9.

Таблиця 2.9 - Апроксимація даних

№	Спостереження	Обчислені	Абсолютні Помилки	Відносні помилки	№	Спостереження	Обчислені	Абсолютні Помилки	Відносні помилки
1	32,700	30,868	1,832	5,6	15	35,000	35,308	-0,308	-0,9
2	31,000	35,424	-4,424	-14,3	16	43,500	35,574	7,926	18,2
3	16,000	25,068	-9,068	-56,7	17	35,700	29,986	5,714	16,0
4	23,300	30,580	-7,280	-31,2	18	37,300	37,974	-0,674	-1,8
5	36,800	36,052	0,748	2,0	19	27,700	30,868	-3,168	-11,4
6	32,300	35,308	-3,008	-9,3	20	38,700	35,424	3,276	8,5
7	35,300	35,574	-0,274	-0,8	21	22,700	25,068	-2,368	-10,4
8	38,300	29,986	8,314	21,7	22	28,300	30,580	-2,280	-8,1
9	39,200	37,974	1,226	3,1	23	34,700	36,052	-1,352	-3,9
10	38,700	30,868	7,832	20,2	24	27,700	35,308	-7,608	-27,5
11	41,000	35,424	5,576	13,6	25	33,700	35,574	-1,874	-5,6
12	26,300	25,068	1,232	4,7	26	34,300	29,986	4,314	12,6
13	32,000	30,580	1,420	4,4	27	30,000	37,974	-7,974	-26,6
14	38,300	36,052	2,248	5,9					

Також було проведено досвід з розриву зразків на верстаті МР-100 (спеціально призначеній машині для статичних випробувань на розтяг з граничним навантаженням 100 кН за ГОСТ 1497).

Спочатку були розірвані зразки у кількості 3 штук, які не піддавалися електромеханічному зміцненню, а потім розірвали зразки в кількості 27 штук, які піддавалися. Аналізуючи значення таблиці, було побудовано графік за середніми значеннями σ_{ut} і σ_T [36].

За побудованим графіком ми бачимо, що напруга розриву перевищує допустиму напругу. При зіставленні даних ми бачимо, що ті зразки, які були схильні до електромеханічного зміцнення, стали більш крихкими в порівнянні з тими зразками, які не були оброблені, в середньому їх пластичність зменшилася в 2,15 разів [3, 37].

Якщо ж відстежувати параметри зразків, що змінюються, до обробки і після, то можна сказати, що при збільшенні твердості зразків зменшується їх пластичність.

2.5 Проектування посту зміцнення дисків

Зробимо розрахунок річного обсягу виконуваних робіт з ремонту на посту, що проектується, люд. год. [22], який обчислюємо за формулою

$$T_r = \sum T_i \cdot W_i, \quad (2.11)$$

де T_i – трудомісткість ремонту, чол. ч.; W_i - Річна програма ремонту, шт.

Для обчислення необхідної кількості працівників на посаді, чол., визначимо склад за дійсним фондом часу за формулою

$$P_{cn} = \frac{T_{г.уч}}{\Phi_{д.р} \cdot K}, \quad (2.12)$$

де $T_{г.уч}$ - річна трудомісткість робіт на ділянці, люд. год; $\Phi_{д.р}$ - дійсний річний фонд часу працівника, год.; K - запланований коефіцієнт перевиконання робіт. Приймаємо $P_{cn} = 1$ людину.

Тепер обчислимо кількість необхідного обладнання необхідного на посту і площу, яку він займає.

Число машин для миття деталей, шт., визначаємо за формулою

$$N_m = \sum Q / (\Phi_{до} \cdot g_q), \quad (2.13)$$

де $\sum Q$ - загальна маса деталей, що підлягають миття на рік, кг; $\Phi_{до}$ - дійсний річний фонд часу обладнання, год; g_q - годинна продуктивність машини для миття, ч. Приймаємо $N_m = 1$ шт.

Кількість верстатів ріжучих метал на механічній ділянці $C_{ст}$, шт., визначаємо за формулою[26, 28]

$$C_{ст} = T_{мех} / \Phi_{до}, \quad (2.14)$$

де $T_{мех}$ - річна трудомісткість робіт на механічній ділянці, люд год; $\Phi_{до}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

Інше обладнання та оснащення вибираємо відповідно до необхідного технологічного процесу ремонту. Верстати, стелажі, скрині та допоміжне обладнання вибираємо для безперервного забезпечення основного технологічного процесу та заносимо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 Устаткування посту зміцнення дисків сівалок

№ п/п	Найменування та марка обладнання	Займана площа, м ²	Вартість
1	Установка мийна ОМ-14251	2,6	20000
2	Верстат токарно-фрезерний 2870М	6	188000
3	Установка «Стандарт»	0,27	150000
4	Тумбочка інструментальна ОРГ-1468-830	0,24	9000
5	Ящик для стружки	0,2	1200
6	Верстат ОРГ-1468-01-060	0,96	3500
7	Стілець	0,14	1000
8	Ящик для піску	0,2	1500

Найпопулярнішим і достовірним способом розрахунку необхідної площі посту, м² це спосіб, заснований на обліку площі, займаної обладнанням і сівалкою, що ремонтується, що визначається за формулою

$$F_n = (F_{об} + F_m) \cdot n_{pz}, \quad (2.15)$$

де $F_{об}$ - загальна площа, заставлена обладнанням, на ділянці, що планується, м²; - загальна площа, заставлена сівалкою, що ремонтується,

відповідно до її габаритів, м². коефіцієнт робочої зони працівника. Приймаємо 80 м²

Висновки по розділу

Проаналізувавши техніко-економічні показники можна сказати, що раціональний спосіб зміцнення це електромеханічне зміцнення.

Проаналізовано технології та способи, які застосовуються для зміцнення дискових робочих органів. З найбільш застосовних способів зміцнення ріжучої кромки диска обраний раціональний спосіб - електромеханічна обробка. Проведено тарування пружини зміцнювального ролика при вертикальному та консольному навантаженні, проведено аналіз сили струму залежно від глибини та напруги, який показує, що сила струму прямопропорційна глибині та обернено пропорційна напрузі.

Проведено дослідження зміцнення зразків виконаних зі сталі 65Г, яке показало: що найбільша твердість після обробки зразків збільшується в середньому в 2,23 рази, але крихкість збільшується в 2,15 рази, також результати були занесені в спеціальну програму, яка показала, що максимальна твердість $Y=38,7$ забезпечується при силі струму $X_1=957,2$ А зусилля притискання зміцнювального ролика до заготівлі $X_2=104,4$ Н.

Спроектовано пост зі зміцнення дисків з урахуванням технологічного процесу ЕМО, загальна площа посту склала $F_n = 80$ м²

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.2 Технічне рішення для відновлення дисків

Для зміцнення диска потрібна конструкція, яка зможе міцно закріпити його. Проблема вирішена на основі винаходу, який складається з лівої та правої оправок. Даний винахід має достатню міцність. Стрижень правої оправки прямолінійний, а опорна площина лівої оправки перпендикулярна до осі різьблення. Перед застосуванням винаходу потрібно переконатися, що різьблення на лівій та правій оправці не зім'ята, і не має тріщин; інакше ліва та права оправки не зможуть надійно фіксувати диск і відбудеться прокручування диска [28, 37].

Даний пристрій працює наступним чином. На маточину диска встановлюють праву оправку (рис 3.1 а), на посадкову поверхню 1 до торкання з притискною поверхнею 2 маточини диска правої оправки.

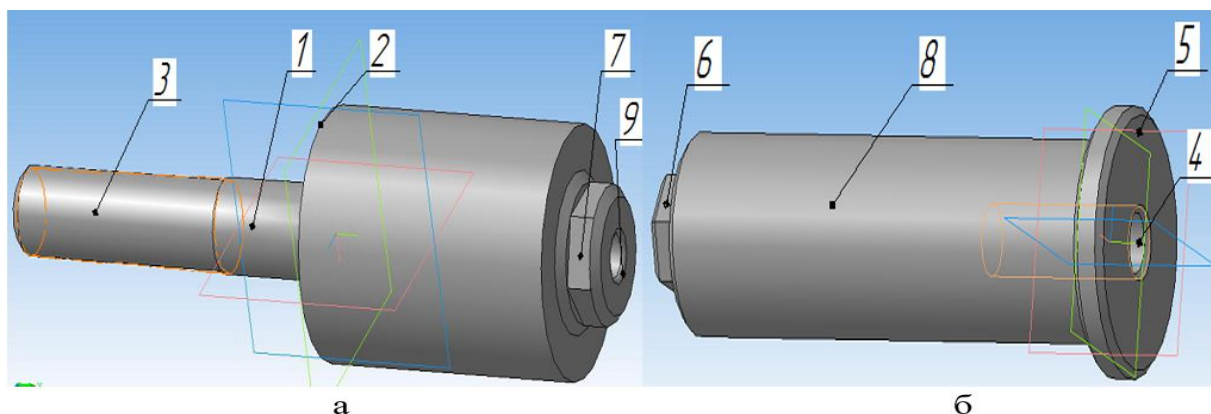


Рис. 3.1 – Загальний вигляд лівої та правої оправок: а - права оправка, 1 - посадкова частина стрижня, 2 - притискаюча поверхня, 3 - різбова частина стрижня, 7 - шестигранна головка, 9 - центруючий отвір, б - ліва оправка, 4 - внутрішнє різьблення, 5 - притискна торцева поверхня, 6 шестигранна головка, 8 – вузол для кріплення

На різбову частину 3 накручують ліву оправку (рис. 3.1 б), за допомогою внутрішнього різьблення 4, до повного прилягання притискної торцевої

поверхні 5 лівої оправки до маточини диска. Завдяки шестигранним головкам 6, 7 диск затискається оправками. Для закріплення диска токарний верстат на лівій оправці виконаний вузол для кріплення, виконаний у формі циліндричної поверхні 9, що забезпечує надійну фіксацію в шпинделі верстата. Для фіксування диска задньою бабкою на правій оправці виконано центруючий отвір 10 [38].

У результаті одержана конструкція (рисунок 3.2), пристрій вставляється в токарний верстат.

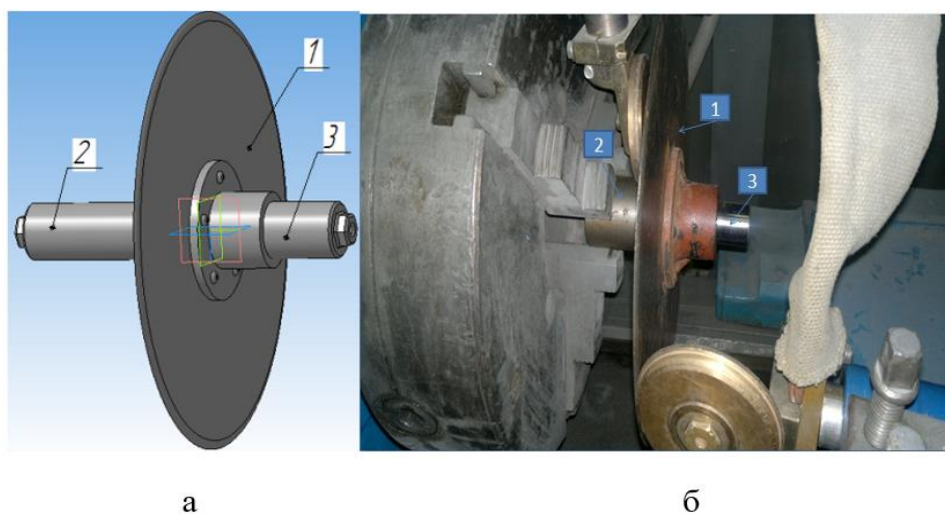


Рисунок 3.2 – Зображення диска у збиранні з оправками: а - 3D модель, 1- диск, 2-оправка ліва, 3-оправка права, б - закріплений на верстаті

Оправка ліва 2 закріплюється в кулачковий шпиндель передньої бабки токарного верстата, оправка права 3 затискається задньою бабкою, таким чином, щоб піноль збіглася з центруючим отвором правої оправки.

За рахунок співвісного виконання посадкового та різьбового елементів правої та лівої оправок пристосування, внаслідок наявності притискних торцевих поверхонь оправок здійснюється надійне кріплення та фіксація дискового робочого органу з низькою трудомісткістю та забезпечення простоти конструкції [22].

У результаті було зроблено досвідчений екземпляр рисунок 3.3 а, та був, враховуючи недоліки, було зроблено основний екземпляр рисунок 3.3 б.



Рис. 3.3 Пристрій для закріплення дисків сошників: а - досвідчений екземпляр, б - основний екземпляр

На рис. 3.4 ми можемо спостерігати оправки, закріплені на диски



Рисунок 3.4 Оправлення, закріплені на диски

З метою перевірки правильності рішення було проведено розрахунок на комп'ютері у програмі WinMachine. Зокрема, для пропонованої конструкції в модулі AMP Shaft (рисунок 3.5)

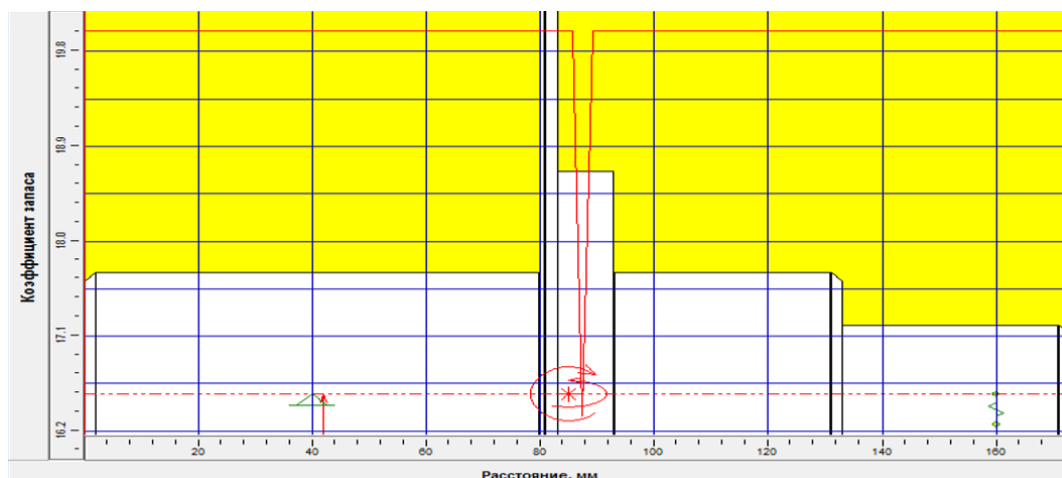


Рисунок 3.5 Коефіцієнт запаса за втомною міцністю конструкції

Для дисків у модулі APM Structere 3D (рисунок 3.6)

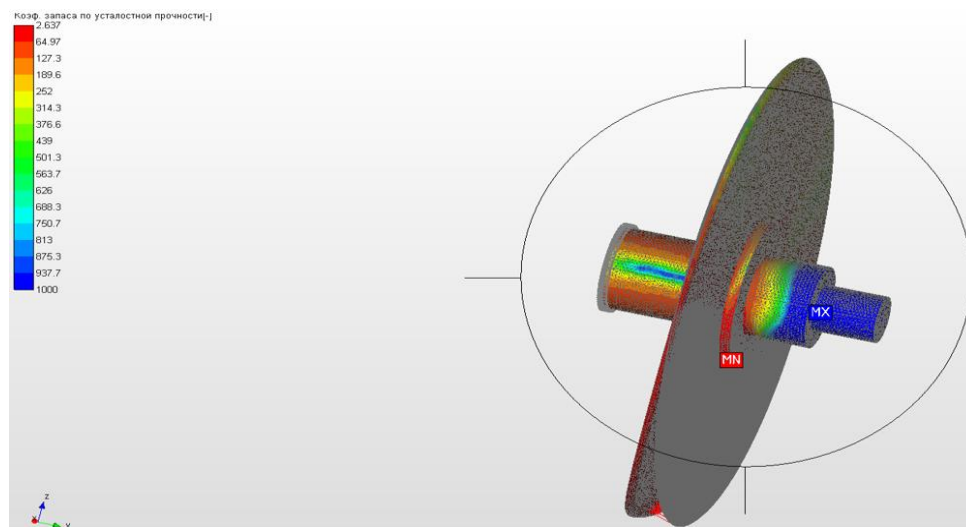


Рисунок 3.6 Коефіцієнт запасу за втомною міцністю диска

Так як коефіцієнт запасу по міцності втоми більше 1,5 то умова міцності конструкції і диска дотримується.

Висновки до розділу

Проаналізовано існуючі конструкції корисних моделей технологічного оснащення для фіксування деталей типу диск у токарному верстаті.

Запропоновано конструкцію закріплення диска в токарному верстаті у вигляді двох оправок – лівої та правої, яка забезпечує надійну фіксацію диска та не допускає його прокручування, під час обробки, при цьому конструкція проста, а трудомісткість фіксування диска мінімальна.

Проведено також розрахунок за втомною міцністю запропонованої конструкції та диска у програмі WinMachine, відповідно в модулях AMP Shaft та APM Structere 3D, який підтвердив, що міцність дотримується.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Конституція України гарантує громадянам право на належні, безпечні і здорові умови праці, забороняє використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах (ст. 43), надає право на скорочений робочий день щодо окремих професій і виробництв (ст. 45), на соціальний захист громадян у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності (ст. 46). Законодавство України про охорону праці являє собою систему взаємозв'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини у галузі реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [39, 40].

4.1 Характеристика і аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути під час ремонту

Під час операцій технічного обслуговування і ремонту автомобілів виникають небезпечні чинники, які формуються відповідними небезпечними умовами за певних обставин. Для кращого розуміння розвитку процесів будують схему виникнення небезпечних ситуацій з множини випадкових явищ. Відповідно її використати для аналізу конкретних виробничих умов, а також розроблення профілактичних заходів [41]. Схема взаємозв'язків небезпечних подій у процесі формування травмонебезпечних ситуацій [41].

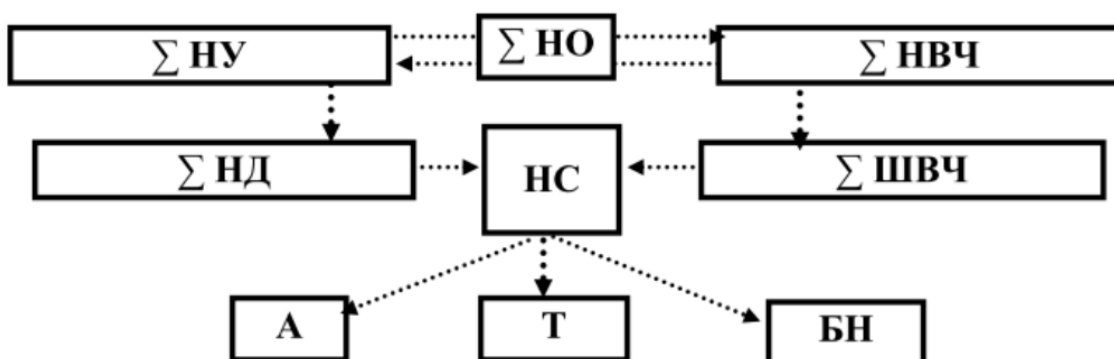


Рис. 2.2. Схема формування небезпечних ситуацій з відповідних подій у процесі їх виникнення: НУ - множина небезпечних умов; НД - небезпечні дії працівників; НО - небезпечні обставини; НС - небезпечна ситуація об'єкта; А - аварія; Т - травма; БН - без негативних наслідків.

Для аналізу процесів формування травмонебезпечних ситуацій під час операцій з технічного обслуговування та ремонту (ТОР) групують відомості про виробничі небезпеки на робочому місці (небезпечні передумови, дії, ситуації, зони), можливі наслідки з планованими заходами запобігання небезпечних ситуацій у виробничих підрозділах, під час використання виробничого обладнання тощо. Після кожного опнеу-аналізу наводять схему можливого виникнення небезпечних ситуацій. Узагальнена схема формування небезпечної ситуації з встановленими реальними чи ймовірними наслідками для випадків, коли головними є небезпечні дії чи умови, об'єднує найпростіші варіанти ситуацій. Метою побудови схеми є розроблення заходів запобігання та їх впровадження. Запобігання травмонебезпечних ситуацій можливі також за завчасного виявлення небезпек, які започатковують процеси їх формування. Небезпечні умови часто складно завчасно виявити, а для вивчення небезпечних дій потрібно більше часу, аналогічно і з небезпечними обставинами [41].

4.2 Розробка організаційно-технічних заходів по забезпеченню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці під час ремонту

Обладнання та верстати обов'язково слід тримати у технічній справності. При виявленні технічних неполадок роботу на устаткуванні слід припинити до усунення несправностей, а також необхідно вивісити табличку з написом про заборону робіт. Різне обладнання та верстати потрібно встановлювати на надійному фундаменті, при цьому повинна забезпечуватися необхідна міцність закріплення та постачання захисних екранів та запобіжних пристроїв. Місце пускового пульта необхідно розміщувати зручно для запуску та зупинки верстатів та обладнання в екстремальних та звичайних ситуаціях. Патрони, що виглядають гвинтами назовні кулачків, що притискаються, необхідно огороджувати гладкими захисними кожухами. Верстатні лещата завжди необхідно тримати в готовності, при затисканні виробу, на губках не повинно бути тріщин, зносу насічки. Заземлення завжди має відповідати нормативам, встановленим ПУЕ та ПТБ під час роботи на електроустрої споживачів. При роботі безпосередньо на установці стандарт при подачі струму не дозволено залишати без належного нагляду пристрою, струмопідвідний та зміцнювальний ролик, що знаходиться під напругою, приводити на місце виробництва, при технологічному процесі (на відстань ближче 5 м) сторонніх людей, які не зайняті безпосередньо зміцнюючими роботами. На обладнанні для миття необхідно контролювати систему підведення та зливу рідини. При підведенні трубопроводу з охолодною та гарячою водою необхідно забезпечувати надійний захист рук працівників. Для видалення забрудненої, екологічно нечистої виробничої води необхідно передбачати каналізаційні канали. Злив води у каналізацію необхідно проектувати так, щоб основні джерела постачання населення чистою водою, водойми та річки не забруднювались. У конкретних ситуаціях лише з повідомленням Державної санітарної інспекції можна споруджувати вигрібні ями зі спеціальними пристроями, які не допускають забруднення ґрунту та навколишнього середовища [31, 40].

4.3 Моделювання небезпечних ситуацій під час ремонту агрегату

Отже, проаналізувавши та виявивши небезпечні зони можна змоделювати виникнення небезпечних умов, а в подальшому і ситуацій при недотриманні хоча б однієї з вище перерахованих вимог. Наприклад розглянемо по одній небезпечній умові, що може виникнути в кожній небезпечній зоні [41, 42] (додаток А).

Небезпечна умова НУ1 – складний доступ. НУ2 – потреба збільшення зусиль для розбирання. НУ3 – розкидач пофарбований в темні кольори. [41].

Наведені вище небезпечні умови при поєднанні з небезпечними діями працівника можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій, а в подальшому і до отруєнь, аварій, травм чи захворювання. Так, НД1 – використання не відповідного інструментів. НД2 – не справних інструментів. НС1 – зісковзування інструменту. НС2 – падіння деталей зєднань. [41].

Для попередження виникнення аварій, травм, отруєнь чи захворювання необхідно дотримуватись всіх вимог безпеки в усіх небезпечних зонах, так як порушення хоч однієї з них в кінцевому результаті може призвести до небажаних наслідків [42].

Висновки до розділу

Запропоновано шляхи підвищення безпеки виконання ремонтних робіт на основі визначення відповідності робочих місць, устаткування, технологічних процесів машин, нормам і правилам техніки безпеки; виявлення наявності засобів охорони праці, розробки заходів щодо охорони праці і пожежної безпеки цеху, ділянки, бригади, підприємства й інших організацій. Отримані результати можуть бути використані для впровадження на ремонтних підприємствах [37].

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Ціна нового диска сошника над ринком $C_n=495$ грн. але завдяки зміцненню можна і підвищити ресурс не тільки нових, а й старих дисків, що знаходяться в експлуатації, що відносяться до першої ремонтної групи (знос не перевищує 10 мм).

Розраховано вартість зміцнення нового диска $C_{y1}=260,41$ грн. і вартість старого диска, знятого при технічному обслуговуванні $C_{y2}=309,91$ грн. амортизовані відрахування $A=38,17$ грн. та заробітна оплата робочого проектного посту $Z_o=11020,68$ грн.

Розрахована економічна ефективність посту зміцнення дисків, з урахуванням різних показників: річний прибуток $C_{п.год}=105879,24$ грн.; окупності $T_{ок}=4,4$ року; рентабельності $P=22,8\%$, фондомісткості $\Phi_{\epsilon}=1,57$; коефіцієнту ефективності капіталовкладень $K_{эф}=0,228$ та інших показників

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проаналізовано зношування дисків двох сівалок проведено їх статистичну обробку: середнє значення зносу 33,89 мм, середньоквадратичне відхилення 14,61 мм, коефіцієнт варіації становить 0,285, що говорить нам про нормальний закон розподілу. Виходячи з ремонтних розмірів, залежно від діаметрального зносу було визначено 3 групи зносу: 1 група – 4% знос до 10 мм, 2 група – 37% знос від 10 до 24 мм, 3 група – 59% знос понад 24 мм.

Проаналізовано технології та способи зміцнення деталей, що застосовуються для зміцнення дискових робочих органів. З найбільш застосовних способів зміцнення ріжучої кромки диска обраний раціональний спосіб - електромеханічна обробка.

Проведено дослідження зміцнення зразків виконаних зі сталі 65Г, яке показало: що найбільша твердість після обробки зразків збільшується в середньому в 2,23 рази, але і крихкість теж збільшується в 2,15 рази, також результати були занесені в спеціальну програму яка показала що максимальна твердість HRC=38,7 забезпечується за силою струму $I=957,2$ А зусилля притискання зміцнювального ролика до заготівлі $F=104,4$ Н.

Проаналізовано існуючі конструкції корисних моделей технологічного оснащення для фіксування деталей типу диск у токарному верстаті. Запропоновано конструкцію закріплення диска в токарному верстаті у вигляді двох оправок – лівої та правої, яка забезпечує надійну фіксацію диска та не допускає його прокручування, під час обробки, при цьому конструкція проста, а трудомісткість фіксування диска мінімальна. Проведено також розрахунок за втомною міцністю запропонованої конструкції та диска у програмі WinMachine, відповідно в модулях AMP Shaft та APM Structere 3D, який підтвердив, що міцність дотримується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пікула М.В., Морозюк С.В. Використання електромеханічної обробки у ремонтному виробництві. Матеріали XII-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (16-18 квітня 2024 року, м. Вінниця). С. 237-239.
2. Диха О.В., Чумаков О.П. Електромеханічна обробка як прогресивний спосіб підвищення зносостійкості деталей машин. Тези допов. 6-ї міжнар. конф. молод. вчених "Інформатика та механіка". Кам'янець - Подільський, 2008. С. 40-41
3. Венглівський І. І. Підвищення довговічності робочих органів посівних машин: кваліфікаційна робота: спец. 208 «Агроінженерія». Поліський нац. ун-т, каф. агроінженерії та технічного сервісу ; наук. кер. Савченко В. М. Житомир, 2023. – 38 с. <http://ir.polissiauniver.edu.ua/handle/123456789/13900>
4. Сєдих К. В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів дискатора з пружними стійками [Текст]: дис... канд. техн. наук 05.05.11 /Сєдих Костянтин Володимирович; Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2021. - 248 с.
5. Патент України на корисну модель 153663, МПК А01В 23/06. Дискатор / Козаченко О. В., Бакум М. В., Волковський О. М., Крекот М. М. (Україна). - № и 2023 00183; Заявл. 19.01.2023. Опубл. 09.08.2023. Бюл. № 32.
6. Козаченко О. В., Сєдих К. В., Волковський О. М. Фізико-математична модель взаємодії диска з ґрунтом. Інженерія природокористування, 2 (16): 2020. С. 69–77. DOI:10.37700/enm.2020.2(16). С. 69-77.
7. Амосов, В. В., Мачок, Ю. В., & Дейкун, В. А. Підвищення довговічності сошників сівалок. In *The XXV International Scientific and Practical Conference «Promising ways of improving science and scientific solutions», June 26–28, Warsaw, Poland. 281 p. (p. 215).* <https://eu-conf.com/events/promising-ways-of-improving-science-and-scientific-solutions/>

8. Новицький А.В., Харьковський І.С., Перепечай В.Ю. Дискові робочі органи: характерні пошкодження та причини їх виникнення. Збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 110-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., члена-кор. ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова В. С. (1906-1987) 16-17 лют. 2017 р., м. Київ / МОН України, НУБіПУ, ННЦ «ІМЕСГ» НААН. К.: Видавничий центр НУБіПУ, 2017. С. 65 – 66.
9. Литвинчук, Б. В. (2022). Умови експлуатації та забезпечення довговічності наральникових сошників.
<https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/229/1/Servisna%20inzheneriya%20ta%20novi%20materili%20v%20machinobuduvanni-67-69.pdf>
10. Максимів, О. В., Кирилів, В. І., Чайковський, Б. П., Ціж, Б. Р., Коструба, А. М., & Гурей, В. І. (2020). Вплив поверхневого наноструктурування сталі 65Г на зносостійкість дисків сошників сівалок. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*, (56, № 4), 82-87.
11. Климчук А. А. Забезпечення працездатного стану дискових робочих органів ґрунтообробних машин : кваліфікаційна робота : спец. 208 «Агроінженерія» / Поліський нац. ун-т, каф. машиновикористання та сервісу технологічних систем ; наук. кер. Куликівський В. Л. – Житомир, 2021. – 38 с.
<http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/12290>
12. Kalacska A. Baets P., Fauconnier D., Schramm F., Frerichs L., Sukumaran J. Abrasive wear behaviour of 27MnB5 steel used in agricultural tines. *Wear*. 2020. Vol. 442-443.
13. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин: дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
14. Савченко В.М., Куликівський В.Л., Климчук А.А., Климчук Д.А, Жека Б.В., Фещук І. П. Основні способи нанесення зносостійких покриттів. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науковопедагогічних працівників «Сільськогосподарські, біологічні, економічні, загальноосвітні та

- технічні науки», 20 травня 2021 р. м. Умань. Умань: ВПЦ «Візаві», 2021. С. 196-200.
15. Савченко В. М., Куликівський В. Л., Климчук А. А., Климчук Д. А, Жека Б. В., Фещук І. П Основні способи нанесення зносостійких покриттів. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 196-200.
 16. Дворук В. І., Бучко І. О., Руденко В. Г., Добранський С. С. Аналіз існуючих методів зміцнення дискових сошників посівних машин. Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 113-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2020 р. - К. : 2020. – С. 73-74.
URI: <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/7642>
 17. Бетке М. О. Підвищення надійності сошника зернових сівалок для технології No-Till: кваліфікаційна робота: спец. 208 «Агроінженерія» / Поліський нац. ун-т, каф. агроінженерії та технічного сервісу; наук. кер. Грабар І. Г. Житомир, 2024. – 34 с. <http://ir.polissiauniver.edu.ua/handle/123456789/15891>
 18. Бетке М.О. Технологія No-Till – найважливіший напрямок ресурсозбереження в рослинництві. Збірник тез VIII-ї всеукраїнської науковопрактичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 6 квітня 2022 року. Житомир : ЖАТФК. С. 54-55.
 19. Бетке М.О. Технологія No-till та її технічне оснащення. Збірник тез IX всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир: ЖАТФК. С. 329-331.
 20. Лисенко О. О. Технології зміцнення сільськогосподарських машин. Одеса: Агроосвіта, 2021. 299 с.

21. Кравченко М. М. Інновації у виробництві зернових сіялок. Львів: Технополіс, 2021. 298 с.
22. Олійник В. О. Технології відновлення сільськогосподарських машин. Дніпро: Агроосвіта, 2020. 280 с
23. Дудніков, А. А., Іванкова, О. В., Бурлака, О. А., Канівець, О. В., & Дудник, В. В. (2021). Роль поверхневого деформування деталей у підвищенні їх ресурсу. *Наукові нотатки*, (71), 191-195.
24. Dudnikov A. Dudnik V. Gorbenko A. Kelemesh A. Vibration technologies in the restoration of the working bodies of agricultural machines. с.14-20 DOI: 10.37128/2306-8744-2021-1-2
25. Борак К.В., Свінціцький В.В., Венглівський І.І. Підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин. Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023” 01 – 03 червня 2023 р. Вінниця.
<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/view/18350>
26. Савченко В.М. Венглівський І.І. Аналіз сошників сіялок для ресурсозберігаючої технології. Наукові читання–2023: матеріали науково- 7 практичної конференції науковопедагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 19 квітня 2023 р. Житомир. Поліський національний університет, 2023. С. 24-2
27. Jankauskas V., Katinas E., Laskauskas A., Antonov M., Varnauskas V. et.al. Effect of Electrode Covering Composition on the Microstructure, Wear, and Economic Feasibility of FeC-Cr Manual Arc-Welded Hardfacings. *Coatings*, 2020. Vol. 10(3), No. 294. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings10030294>
28. Kostencki P., Stawicki T., Królicka A. Wear of the working parts of agricultural tools in the context of the mass of chemical elements introduced into soil during its cultivation. *International Soil and Water Conservation Research*, 2021. Vol. 9, No. 2. P. 229–240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.11.001>
29. Singh J., Chatha S. S., Sidhu B. S. Effect of alloying elements in Fe-based hardfacings to improve the abrasive wear behavior of ploughshares *Proceedings of*

- the Institution of Mechanical Engineers. Part C. Journal of Mechanical Engineering Science, 2020. Vol. 234, No. 23. P. 4737–4750. DOI: <https://doi.org/10.1177/0954406220925847>
30. Singh J., Chatha S. S., Sidhu B. S. Abrasive wear behavior of newly developed weld overlaid tillage tools in laboratory and in actual field conditions. Journal of Manufacturing Processes, 2020. Vol. 55. P. 143–152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.03.040>
 31. Борак К. В., Крук І. С. Вплив швидкості руху ґрунтообробних агрегатів на інтенсивність зношування робочих органів. Вісник Хмельницького національного університету, 2020. № 1 (281). С. 30–36. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2020-281-1-30-36>
 32. Tribological Properties of Solid Solution Strengthened Laser Cladded NiCrBSi/WC-12Co Metal Matrix Composite Coatings / Bergant Z. et all. Materials, 2022. No. 15 (1), P. 342. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15010342>
 33. Luzan S. O., Luzan A. S. Microstructure and Abrasive Wear Resistance of Deposited Materials of the Ni–Cr–B–Si System with Inclusions of Dispersed Phases. Materials Science, 2020. Vol. 56 (3). P. 381–388. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00441-x>
 34. Luzan S. A., Sidashenko A. I., Luzan A. S. Composite material for hardening of tillage machines working bodies containing titanium and chromium borides synthesized using SHS-process. Metallofizika and Noveishie Tekhnologii, 2020. Vol. 42 (4). P. 541–552. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.04.0541>
 35. Sytnykov P. A. Plasma Coatings Based on Self-Fluxing NiCrBSi Alloy with Improved Wear Resistance Properties. Journal of Mechanical Engineering – Problemy Mashynobuduvannia, 2023. Vol. 26. No. 3. P. 54–64. DOI: <https://doi.org/10.15407/pmach2023.03.054>
 36. Xu G, Xie Y, Peng S, Liang L, Ding Q. Performance Evaluation of Vertical Discs and Disc Coulters for Conservation Tillage in an Intensive Rice–Wheat Rotation System. *Agronomy*. 2023; 13(5):1336. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051336>

37. Khosravani, A.; Desbiolles, J.M.A.; Fielke, J.M.; Ucgul, M.; Saunders, C. Prediction of Single Disc Seeding System Forces, Using a Semi-Analytical and Discrete Element Method (DEM). *Agriculture* **2023**, *13*, 206. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
38. Xu, G.; Xie, Y.; Liang, L.; Ding, Q.; Xie, H.; Wang, J. Straw-soil-rotary blade interaction: Interactive effects of multiple operation parameters on the straw movement. *Agronomy* **2022**, *12*, 847. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
39. Основи охорони праці. Методичні рекомендації для самостійного вивчення дисципліни «Цивільний захист та охорона праці» для студентів ОС Магістр за спеціальністю 101 Екологія. – К.: НУБіП. – 2021. – 84 с.
40. Корж, А. В. (2018). Обґрунтування вимог охорони праці при виконанні ремонтних робіт. https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/40214/1/Molod_i_tekhn_prohres_v_APV_T2_2018_92.pdf
41. Смик Н.О. Проект покращення умов праці під час технічного обслуговування і ремонту автомобілів з розробкою конструкції знімача : кваліфікаційна робота. Львів, 2024. 48 ст. <https://repository.lnup.edu.ua/jspui/handle/123456789/1796>
42. Прокопенко Е.В., Лісовий І.О., Лісова Т.С. Моделювання виробничих небезпек та зменшення їх шкідливого впливу при проведенні механізованих робіт // Збірник наукових праць Уманського НУС. – Умань, 2015. – Вип. 87. – Ч. 1: Агрономія. – С. 79–86.

ДОДАТКИ