

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

магістр

на тему: «Відновлення ріжучих властивостей стригальної машинки»

КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *магістр*
групи 133ГМмд_21
БЕРЕЖНИЙ Олександр

Керівник: докт. техн. наук, професор
ХАРЧЕНКО Сергій

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Складність процесу шліфування та явищ, які його супроводжують, викликає необхідність подальшого глибокого теоретичного та експериментального вивчення фізичних явищ, що відбуваються під час абразивної, алмазної та кубонітридної обробки матеріалів (взаємодія шліфуючого та оброблюваного матеріалів, зношування інструмента, теплові явища, формування поверхневого шару тощо). Сказане найбільшою мірою відноситься до вивчення та удосконалення процесів шліфування сталей абразивним інструментом із нових матеріалів. Тільки в результаті вивчення можуть бути встановлені основні закони процесу різання абразивним інструментом із різноманітних композицій та визначені найбільш ефективні методи їх експлуатації.

Необхідне забезпечення широкого впровадження нових методів обробки у практику сучасного машинобудування. Наприклад, алмазне шліфування повинно застосовуватись для обробки різноманітних твердих матеріалів (твердих сплавів, мінералокераміки тощо) особливо при чистовому заточуванні та доведенню твердосплавного різального інструмента. Необхідно також звернути увагу на створення сучасної прогресивної технології алмазної обробки складних поверхонь деталей із твердих сплавів та мінералокераміки.

Для впровадження прогресивної технології абразивної обробки необхідно підвищувати загальну технологічну культуру виробництва та кваліфікацію осіб, що працюють із новим інструментом.

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Тенденції розвитку обладнання для механізованої стрижки

Світовою практикою механізованої стрижки дрібної рогатої худоби (вівці) під час накопичення сторічного досвіду було розроблено безліч технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності процесу знімання руна (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Класифікація стригальних машинок

Основна маса представлених пристроїв під час розвитку техніки даного роду була відкинута із причини низької якості отримуваного руна, незручності експлуатації, низького ресурсу деталей та вузлів. Були спроби замінити електропривод на гідравлічний і пневматичний [1-4], також вбудовані в рукоятку машинки.

У числі переваг зазначених способів приводу можна назвати зниження маси машинки і можливість плавного регулювання частоти подвійних ходів ножа.

Одержувані при цьому недоліки у вигляді зниження маневреності, запиленості робочого місця і т.п. не сприяли впровадженню подібних пристроїв.

Перша машинка, що мала привід від електродвигуна змінного струму із частотою 200 Гц, розташованого в рукоятці машинки, була сконструйована в 1959 році. Трохи пізніше, у 1962 році, на базі досліджень Ю.І. Краморова були виготовлені малогабаритні машинки МС-200 і МС-400 з асинхронним трифазним короткозамкненим електродвигуном, який працює від змінного струму підвищеної частоти відповідно на 200 і 400 Гц. Ці машинки мали ряд недоліків: значна вага, складність конструкції понижуючого редуктора, великий діаметр рукоятки, високе нагрівання корпусу [5-8].

Згадані недоліки були усунені у машинці МС-200М, розробленої К.А. Месхі у 1966 році. Примітно, що ця машинка під маркою МСУ-200 донині випускається серійно і користується широким попитом (рисунок 1.2, таблиця 1.1).

Стригальна машинка складається із корпусу, ексцентрикового і натискного механізмів, ріжучої пари та редуктора.

Корпус 30 з'єднує усі механізми машинки. У верхній частині корпусу прилив, у який вкручений штуцер 6 натискного механізму. У середній частині є оглядове вікно, закрите заглушкою, і отвір із запобіжним гвинтом 10, внизу отвір під центр обертання 32. Торець корпусу виконаний у вигляді круглого фланця під гвинти 25 для приєднання електродвигуна.

Ексцентриковий механізм розташований в корпусі машинки і слугує для перетворення обертального руху валу-ексцентрика 28 в коливальний рух важеля 33. У передній частині важеля встановлені натискні лапки; ліва і права 1, 2, утримувані від випадіння пружиною і гайкою 3. Лапки своїми конічними вусиками входять в отвори зубів ножа 35.

Притискний механізм забезпечує рівномірне притискання ножа до гребінки. Кожна лапка для рівномірного натискання на ніж може, незалежно від іншої, вільно встановлюватися в потрібне положення, повертаючись навколо своєї осі.

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Figure 1 consists of two parts. Part (a) is a photograph of a hand-held electric trimmer, showing its grey handle, black motor housing, and a trimmer head with multiple blades. Part (b) is a detailed cross-sectional schematic diagram of the trimmer's internal mechanism. The diagram is labeled with numbers 1 through 36, indicating various components such as the motor, gears, shafts, and the trimmer head assembly. The motor is located on the right side of the diagram, and the trimmer head is on the left. The diagram shows the internal components of the trimmer, including the motor, gears, and the trimmer head assembly.

а – вигляд загальний; б – конструктивна схема: 1 – натискна лапка ліва; 2 – натискна лапка права; 3 – гайка; 4 – під'ятник стрижня упорного; 5 – упорний стрижень; 6 – штуцер; 7 – натискний патрон; 8 – натискна гайка; 9 – упор патрона; 10 – запобіжний гвинт; 11 – під'ятник центру обертання; 12 – чохол; 13 – зубчасте колесо; 14 – штифт; 15 – щит підшипника; 16 – підшипник; 17 – статор; 18 – корпус електродвигуна; 19 – шнур живлення; 20 – фіксатор; 21 – вентилятор; 22 – кожух; 23 – гвинт; 24 – вал-шестерня ротора; 25 – гвинт; 26 – дистанційна втулка; 27 – підшипник; 28 – вал-ексцентрик; 29 – ролик; 30 – корпус; 31 – гайка спеціальна; 32 – центр обертання; 33 – важіль; 34 – гвинт гребінки; 35 – ніж; 36 – гребінка

Від самовільного відгвинчування він фіксується спеціальною гайкою 31. Вал-ексцентрик обертається в підшипниках 27, встановлених у корпусі 30. Натискний механізм розташований у припливі передній частині корпусу. Тиск на ніж передається натискною гайкою 8 через натискний патрон 7, упорний стрижень 5, передню частину важеля і лапки. Натискна гайка фіксується стопорною пружиною. Для запобігання упорного стрижня від випадіння па його нижню

голівку надіта пружина. Одна голівка входить у натискний патрон 7, а інша – в підп'ятник 4 стрижня упорного на важелі.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика стригальної машинки МСУ-200

№ з. п.	Найменування параметру	Одиниці виміру	Значення
1.	Напруження	В	36
2.	Вхідна частота струму	Гц	200
3.	Потужність	Вт	90
4.	Частота обертання	хв ⁻¹	2100...3000
5.	Рівень шуму	дБ	83
6.	Ширина захвату	мм	77
7.	Діаметр рукоятки	мм	37...49
8.	Розміри (Ш×В×Д)	мм	80×100×325
9.	Маса	кг	1,7

Ріжучий апарат призначений для зрізання вовни і складається з гребінки 36 і ножа 35 (рисунок 1.3). Гребінка має два отвори під штифти тримача точильного верстату і за допомогою двох гвинтів кріпиться до передньої частини корпусу машинки. Зубці гребінки при стрижці входять у вовну, розчісують і підтримують її при зрізанні ножем. Гребінка кріпиться гвинтами 34 до передньої частини корпусу машинки. Ніж має коробчату форму. Тонкі стінки надають ножу еластичність, зберігаючи жорсткість конструкції. Ніж має чотири ріжучих зуба. Кожен зуб сприймає тиск ріжків натискних лапок, за допомогою яких важіль надає ножу коливальний рух.

На вільному хвостовику вала-ексцентрика закріплюється за допомогою штифта 14 циліндричне прямозубе колесо 13 внутрішнього зачеплення, поєднане з валом ротором 24 електродвигуна. Між заднім підшипником 16 і щитом підшипника 15 встановлена дистанційна втулка 26.



Рисунок 1.3 – Різальна пара (ніж і гребінка) стригальної машинки МСУ-200

Електродвигун машинки МСУ-200 трифазний з короткозамкненим ротором і виконаний в закритому алюмінієвому корпусі 18. Охолодження корпусу електродвигуна здійснюється вентилятором 21, встановленим на кінці вала ротора 24. На кінець корпусу електродвигуна надітий кожух 23. Вал ротора обертається в підшипниках 80019. Задній підшипник посаджений у втулку, що армує корпус електродвигуна. У передній частині електродвигун закритий підшипниковим щитом 15, в якому розміщений передній підшипник. Фланець корпусу електродвигуна приєднаний до фланця корпусу головки гвинтами 25.

Дроти шнура живлення нероз'ємно з'єднані з вивідними кінцями електродвигуна. Передача напруги на електродвигун здійснюється через вимикач на задній кришці. Перетворювач частоти струму призначений для перетворення однофазної мережі змінного струму нормальної частоти 50 Гц при напрузі 220 В у змінний трифазний струм підвищеної частоти 200 Гц, напругою 36 В.

Варто відзначити, що магістерська робота, спрямована на поліпшення конструкції машинки з точки зору підвищення надійності і безпеки роботи,

зносостійкості вузлів і деталей, зручності і підвищення якості одержуваної сировини.

Зокрема, можливість підвищити якість руна за допомогою модернізації ріжучого апарату займала багатьох дослідників (В.А. Зяблов, П.Л. Полозов, П.В. Гулянский, К.А. Месхі, П.К. Грігоров, Крісюк В.І. та ін), так і за кордоном (Р. Hudson, К. Atkinson, В. Field, А. Richardson та ін). Ними були встановлені та досліджені основні конструктивні і режимні параметри стригальної машинки, що впливають на робочий процес: ширина захоплення; швидкість переміщення машинки; зусилля притискання ножа до гребінки; число подвійних ходів ножа; опір переміщенню різального апарата.

Зарубіжними та вітчизняними дослідниками пропонувалися різні модифікації ножів для підвищення ефективності їх роботи: з різними кутами розкриття лез, з паралельними ріжучими гранями, з радіусною насічкою лез, з кутами нахилу лез $19^{\circ}\dots 38^{\circ}$ [9, 10]. На сьогоднішній день використовуються найбільш добре показавши себе коробчаті ножі з насічкою на бічних гранях.

Кути заточування різальних елементів також є важливими факторами для забезпечення процесу різання. Залежність питомої роботи різання від значення кута заточування гребінки була встановлена в роботі Дж. Лільєдала, над визначенням кутів заточування ножа працювали В.А. Зяблов і Ю.А. Хлопко, отримавши оптимальні значення для забезпечення більш чистого зрізу і збільшення тривалості роботи ріжучої пари до затуплення [11, 12].

Крім пошуку оптимальних конструктивно-режимних параметрів, дослідниками була проведена робота щодо збільшення зносостійкості ріжучої пари як самого ненадійного елемента ріжучого апарату, що потребує постійного технічного обслуговування. Підвищення ресурсу ріжучої пари досягалося шляхом збільшення товщини ножа, зміни його геометрії, застосування зносостійких матеріалів для виготовлення, спеціальної термообробки.

Наприклад, Р.А. Деннісом описаний flexicutter, «гнучкий ніж», що має в силу конструктивних особливостей цілий ряд переваг перед звичайним ножом: менше

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зусилля притискання, більш легке заточування, підвищена чистота зрізу, збільшений ресурс [13]. А. Дж. Макензі і Б.В. Філд описують випробування гребінок, покритих карбідом вольфраму. Такі гребінки мають підвищений ресурс і сприяють самозаточуванню ножа в процесі роботи [14, 15, 16].

У 1953 році обґрунтовано доцільність виготовлення ріжучих пар із легованої сталі Х05 замість У12, що раніше використовувалась. Потім Х05 була замінена на 13Х, а в 1963 році дослідники створили зміцнену ріжучу пару зі сталі У8 із термодифузійним нанесенням на поверхні ножа і гребінки шару хрому, що в 2...3 рази підвищувало зносостійкість і суттєво знижувало ймовірність руйнування [3].

Найбільш значущою і регулярною операцією із обслуговування стригальної машинки є підтримка працездатності ріжучої пари. При правильній установці ножа відносно гребінки, забезпечення їх нормального притискання одне до одного, тривалість роботи ріжучої пари до затуплення еквівалентна, в середньому, 15...30 хв. (5 голів). Після чого ніж та гребінка піддаються заточуванню. Від того, наскільки якісно заточена ріжуча пара, залежить цілий ряд показників всього процесу обробки: продуктивність робітника; енергоємність процесу; якість одержуваної продукції; стомлюваність; знос вузлів і деталей.

Про необхідність підтримки гостроти кромки ножа і гребінки для забезпечення чистого зрізу говорили у своїх роботах А. Мадалієв, П.Л. Полозов, П.К. Грігоров, В.М. Ткачов, О.Г. Ангилєєв, В.І. Крісюк. Питанню підвищення якості заточування різальних пар присвячено безліч робіт, однак воно, як і раніше має недосліджені резерви.

1.2 Способи і технічні засоби заточування ріжучих пар

Підготовку ріжучих пар до роботи (комплектування, заправка вхідної частини зубів гребінки), діагностику і заточування ножа і гребінки проводить слюсар-заточувальник. Його професійний рівень (теоретичний і практичний) в більшості

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадків залишає бажати кращого. Внаслідок цього виконавці допускають велику кількість помилок і порушень.

Залишає бажати кращого також і технічна оснащеність робочого місця заточувальника, так як донині переважно використовуються дискові точильні верстати, що випускалися у СРСР з 1961 по 1990 рік (таблиця 1.2). Це верстати з чавунним диском, на поверхню якого наноситься абразивна паста (ТА1, ДАС-350, ПЗН-60) і точильні верстати зі сталевим диском, на поверхню якого наклеюється наждакове полотно [4].

Перед заточкою ріжучих пар на точильних верстатах ТА-1 або ДАС-350 рекомендується перевірити заточувальний диск на наявність торцевого биття, яке не повинно перевищувати 0,3 мм. Воно може бути викликано неперпендикулярністю осі посадочного отвору диска до його робочої поверхні, деформацією при зберіганні або слабким закріпленням диска на валу. При значному битті якісне заточування ножа і гребінки не представляється можливим. Тримач на підвісі встановлюється так, як показано на рисунку 1.4, а напрямок обертання диска повинен відповідати напрямку стрілки кутової швидкості ω . Правильним вважається положення тримача, при якому відстань від його штифтів до центру диска при проходженні тримача через центр диска становить 9 мм.

Знаходячись у вертикальному положенні, тримач розташовується на рівній відстані від внутрішньої виточки диска і його зовнішнього краю. У цьому випадку вісь тримача знаходиться на відстані 105 мм від вертикальної осі диска.

Державка із встановленою на ній гребінкою знаходиться на відстані 12 мм від площини заточувального диска і повинна бути паралельна їй.

Перед заточкою ріжучу пару промивають у 5% розчині каустичної соди або прального порошку, щоб видалити залишки жиру, поту, волосся, змащування і механічних домішок. Для цієї мети використовують капронові щітки з жорстким ворсом. Вмикають точильний верстат і наносять м'якою волосяною щіткою або виконаним з мішківини пристосуванням шар наждачної пасти, що складається зі шліфувального порошку № 8-5 (ГОСТ 3647-80), доведеного до рідкого або

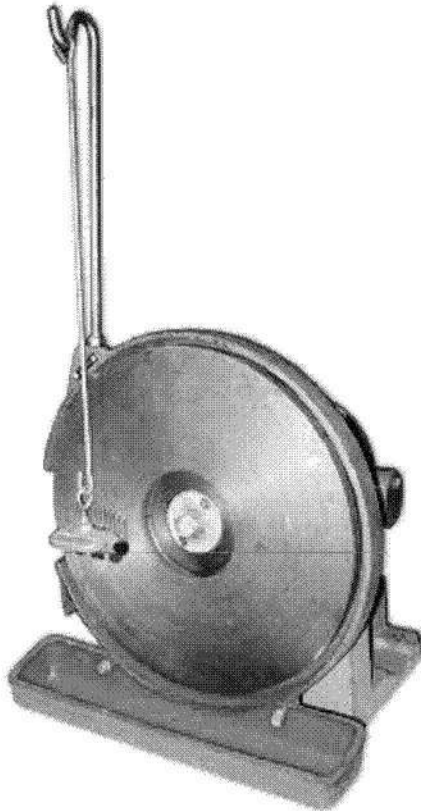
					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тістоподібного стану за допомогою змішування з автотракторним мастилом АСп-6 або АСп-10 і гасом.

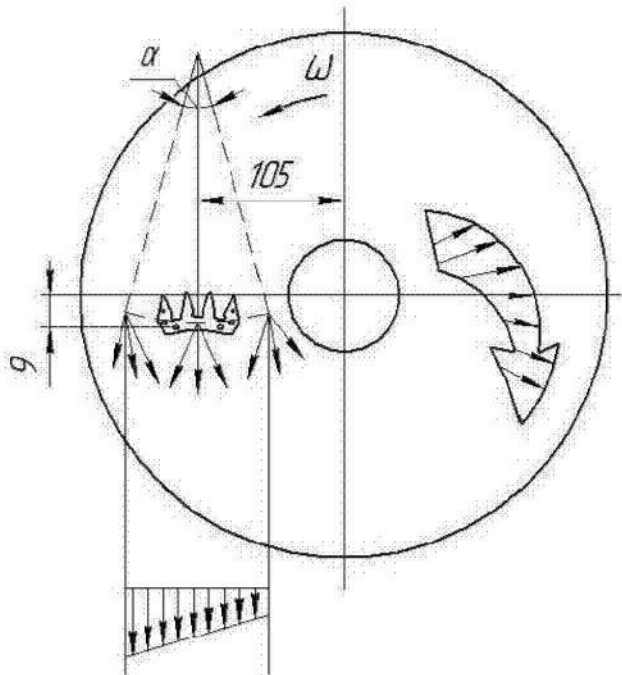
Таблиця 1.2 – Технічні характеристики заточувальних та верстатів доведення

Показники	ТА-1	ДАС-350	ПЗН-60	ВНДІОК
Діаметр заточувального диска, мм	350			
Товщина диска, мм	18			
Електродвигун:				
- потужність, кВт;	0,4	0,5	0,66	0,4
- напруга, В;	220/380	220/380	220/380	36
- частота, Гц	50	50	50	200
Частота обертання диска, об/хв.:				
- при заточуванні;	1440	1325	1480	2800
- при нарізанні канавок	-	171,5	-	
Подача супорта, мм/об:				
- при заточуванні;	-	0,3	-	-
- при нарізанні канавок	-	1,75	-	-
Продуктивність ріжучих пар за год.	30	30	75	10...12
Габаритні розміри, мм:				
- довжина;	386	515	800	360
- висота;	370	730	535	350
- ширина	770	815	710	770
Маса, кг	51	127	150	16,2

На великій окружності інтенсивність стирання висока, тому шар паста наносять по кривій траєкторії (рисунок 1.4). На решту ділянку диска паста потрапляє за рахунок дії відцентрової сили та рисок нарізки диска із кроком 1,75 мм.



а)



б)

Рисунок 1.4 – Заточувальний верстат ТА-1: а – вигляд загальний;
б – епюра швидкостей диска при заточуванні ножа на дисковому верстаті

Вводити ніж або гребінку в контакт із заточувальним диском слід п'ятою, злегка повернувши кінчики зубів на себе, і поступово переводити натискання на всю площину. Деталь переміщається вправо і вліво до тих пір, поки з-під неї не припиниться іскріння. Після цього необхідно знову нанести пасту на диск. Щоб заточування і стирання диска відбувалися більш рівномірно, при переміщенні гребінка повинна виходити на 1,5...2 зуба вліво і вправо за межі робочої поверхні диска. Досвідчений заточувальник прикладає більш значні зусилля на ту частину

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

гребінки, яка розташована ближче до центру обертання. Це сприяє рівномірності зносу гребінки по фронту, збільшення терміну її використання.

Тривалість контакту ножа або гребінки з диском повинна становити не більше 25...30 сек., потім необхідно відвести державку від площини диска. Відведення деталі проводиться в зворотному порядку, тобто спочатку відводять кінчики зубів, а потім весь ніж (гребінку).

Якісно заточені ріжучі пари не повинні мати слідів (рисок) на робочій поверхні від руху ножа по гребінцю. Робоча поверхня повинна бути дзеркальною або злегка матовою (коли диск тільки проточено або шліфувальний порошок грубозернистий).

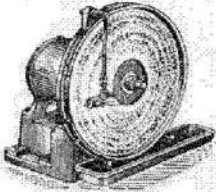
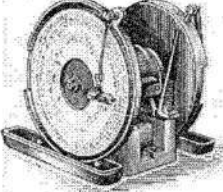
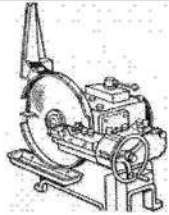
Для візуального контролю якості заточування ніж або гребінку беруть за край та підносять до джерела світла так, щоб світло відбивалося на краях зубів. Якщо заточка проведена не повністю, то на робочій кромці кожного зуба буде видно білу лінію відбитого світла товщиною у волосся. Якщо ніж або гребінка добре заточені, то цих ліній не видно. Потім деталь бажано поставити на підставку і притиснути на 1...1,5 секунди до центру робочої поверхні диска.

Для більш якісного заточування необхідно два точильних верстати. На першому проводиться заточення з грубозернистим порошком, а на другому – доведення (використовується дрібнозернистий порошок, до складу пасти додається більше гасу або олії) [17].

Поряд із вищенаведеними, що серійно випускалися (ТА-1, ТАД-350, ДАС-350), співробітниками провідних НДІ були розроблені нові способи заточки та точильні верстати. В їх конструкціях (мали свої недоліки, що полягали у тривалості процесу, неможливості заточування гребінки, низька продуктивність, неприпустимість потрапляння суспензії до робочих вузлів, складність у виготовленні, невиконання умови паралельності ножів та гребінок) були зроблені спроби виправити основний недолік існуючих – нерівномірність стирання ріжучих кромek зубів ножа і зубів гребінки (таблиця 1.3) [17-24].

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Засоби заточування різальних пар (серійне виробництво)

Модель	ТА-6	ТАД-350	ДАС-350
Вигляд загальний			
Недоліки	- зниження повного ресурсу різальної пари у наслідок нерівномірності стирання робочих поверхонь ножа і гребінки; - необхідність кваліфікації для ТО; - необхідність дотримання парності конкретного ножа та гребінки протягом всього терміну експлуатації		

Причиною цього недоліку є заточувальний елемент у вигляді диска, який при роботі має різні дотичні швидкості на різних значеннях радіуса (рисунок 1.4):

$$V = \omega \cdot R, \quad (1.1)$$

де V – лінійна швидкість точки на диску, м/с;

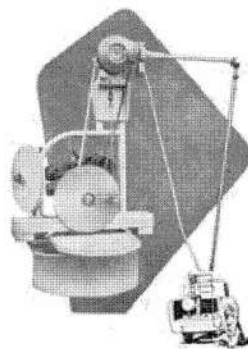
ω – кутова швидкість обертання диска, хв^{-1} ;

R – значення величини радіуса диска, мм.

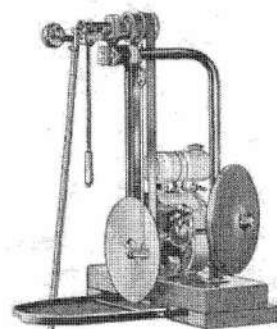
Нерівномірне стирання робочих поверхонь призводить до зменшення повного ресурсу ножа і гребінки за кількістю можливих заточувань.

Варто звернути увагу, що в закордонних точильних верстатах донині використовується заточний елемент у вигляді диска, хоча з моменту впровадження у виробництво їх конструкція зазнала деяких змін (рисунок 1.5).

Запропоновано спеціальний пристрій (рисунок 1.6), що забезпечує рівномірність стирання ножа і гребінки під час заточування за рахунок обертання відносно заточувального диска за допомогою стенду КИ-2205 [25].



“Buzzmaster”
Buzzacott, Австралія, 1955



“Utility”
Lister, Велика Британія, 1953

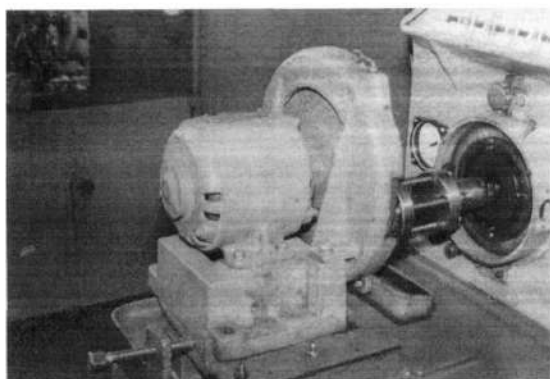


“KTS grinder”
Heiniger, Швейцарія, 2013

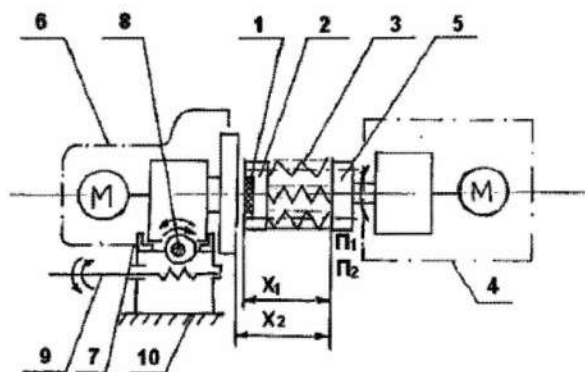


“368 Grinder”
Lister, Велика Британія, 2013

Рисунок 1.5 – Закордонні точильні верстати



а)



б)

Рисунок 1.6 – Установка для заточування різальних пар Салікової О.С.:

а – вигляд загальний; б – кінематична схема: 1 – магніт; 2 – патрон;
3 – державка, що підпружинена; 4 – стенд КИ-2205; 5 – напівмуфта;
6 – верстат ТА-1; 7 – регулятор; 8 – рукоятка; 9 – полозки; 10 – полозки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Такий спосіб вимагає додаткового устаткування і спеціальної державки, що підпружинена, для кріплення ножа і гребінки, унаслідок чого він не увійшов в серійне виробництво. Тим не менш, економічний ефект від збільшення ресурсу ріжучої пари свідчить про перспективність подальшої роботи в цьому напрямку.

Очевидним варіантом усунення нерівномірного зносу є зміна типу заточувального елемента і технологічної схеми заточування, що було реалізовано співробітниками ВНДІОК (рисунок 1.7) і «Лістер» [3, 4]. Ними було запропоновано використовувати технологію заточування за допомогою нескінченного плоского пасу, що забезпечує рівномірне знімання металу з робочих поверхонь ножа і гребінки.

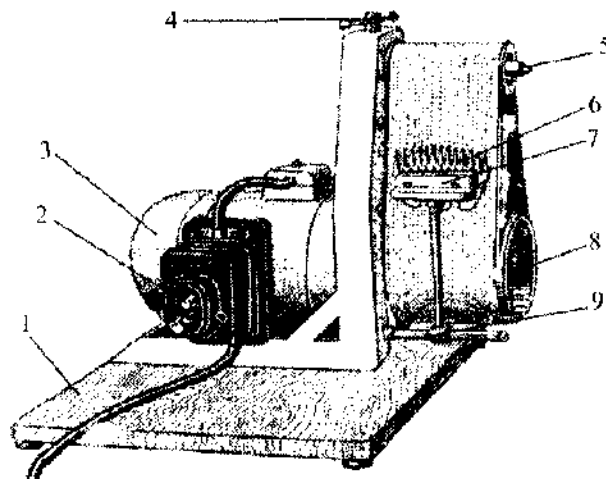


Рисунок 1.7 – Стрічковий точильний верстат:

- 1 – основа; 2 – вимикач; 3 – електродвигун; 4 – гвинт натяжного пристрою;
5 – натяжний ролик; 6 – гребінка, що заточується; 7 – державка;
8 – ведучий шків; 9 – поворотна втулка стійки державки

При заточуванні на такому верстаті швидкість руху абразивних зерен однакова по всій ширині контакту шліфувального ремня з ножем і гребінкою, що сприяє рівномірності зносу робочих поверхонь різальної пари по усій площі плями контакту.

Технологія не отримала поширення у зв'язку з невеликим ресурсом і завищеною вартістю заточувальних ремнів, однак промислові та наукові

досягнення в галузі стрічкового шліфування за останні 10 років дозволяють нам припустити можливість економічно і технічно ефективного використання нескінченних абразивних стрічок для заточування різальних пар.

1.3 Показники, що характеризують якість заточування

Процес заточування ножа і гребінки передбачає відновлення їх ріжучої здатності. При виборі раціонального і грамотного підходу до технології заточування будь-якого різального інструменту необхідно визначити його тип роботи, зрозуміти, які фізичні явища лежать в основі цього процесу.

У створення та розвиток теорії різання неоціненний внесок вніс академік В.П. Горячкін [26, 27]. Спираючись на результати його роботи, дослідники В.А. Зяблов, П.Л. Полозов і П.В. Гулянський розглядали процес роботи ріжучого апарату стригальної машинки відбувається за принципом ножиць [11]. Н.Є. Резнік, в свою чергу, класифікуючи ріжучі апарати, охарактеризував апарат стригальної машинки як зворотно-поступальний із похилим різанням [28, 29].

У дослідженнях П.К. Григорова [30] доведено залежність ріжучої здатності ножів і гребінок від радіуса заокруглення їх фасок (ріжучих кромek), який утворюється в процесі роботи. Очевидно, що оптимальні режими заточування повинні забезпечувати товщину знімання металу з робочих поверхонь ножа і гребінки, не перевищує значення лінійного зносу їх ріжучих кромek. Варто також звернути увагу, що значення радіуса округлення різальних кромek є різним по довжині зубів ножа і гребінки (рисунок 1.8-1.9).

В.І. Крісюк, спираючись на дослідження О.В. Перчіхіна і М.О. Васильєва, приходить до висновку, що в роботі ріжучого апарату стригальної машинки використовується принцип різання лезом (рисунок 1.10), що виникає на лінії перетину фасок ножа з фасками гребінки. Автор зазначає, що лезо складається з мікроскопічних зубчиків, що утворюються при заточуванні [3].

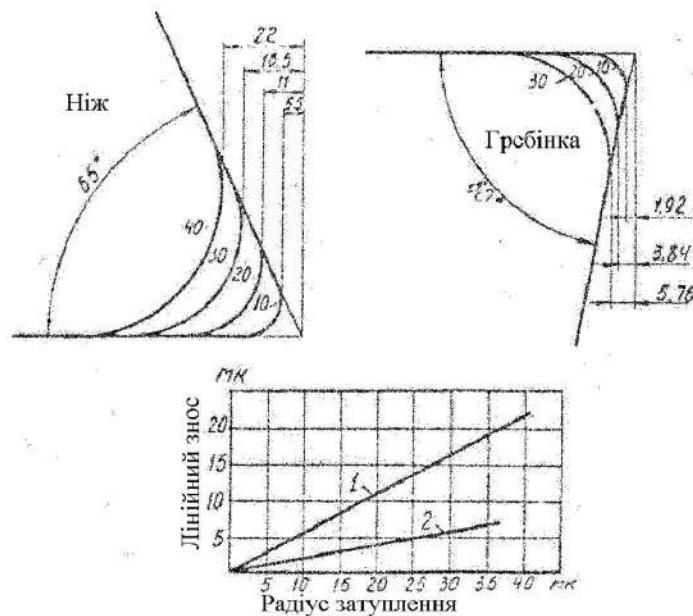


Рисунок 1.8 – Залежність між лінійним зносом та радіусом затуплення лез ножа 1 та гребінки 2 [30]

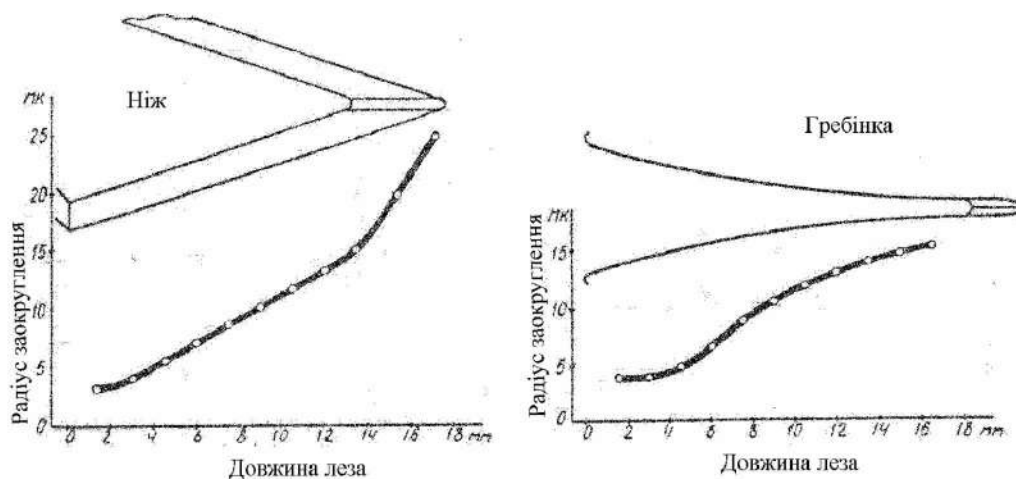


Рисунок 1.9 – Затуплення лез ножа і гребінки за довжиною [30]

Аналізуючи процес різання ножом коробчатої форми І.А. Шишина [31] прийшла до висновку, що в процесі роботи внутрішня кромка ножа, викликає зміщення вгору ножа над площиною різання (рисунок 1.11).

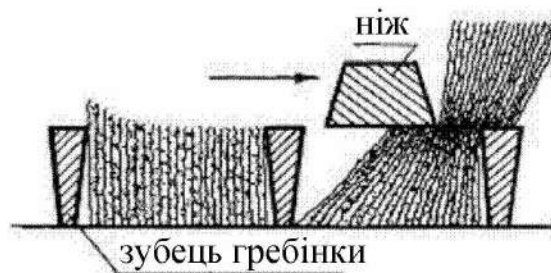


Рисунок 1.10 – Схема роботи ножа і гребінки [3]

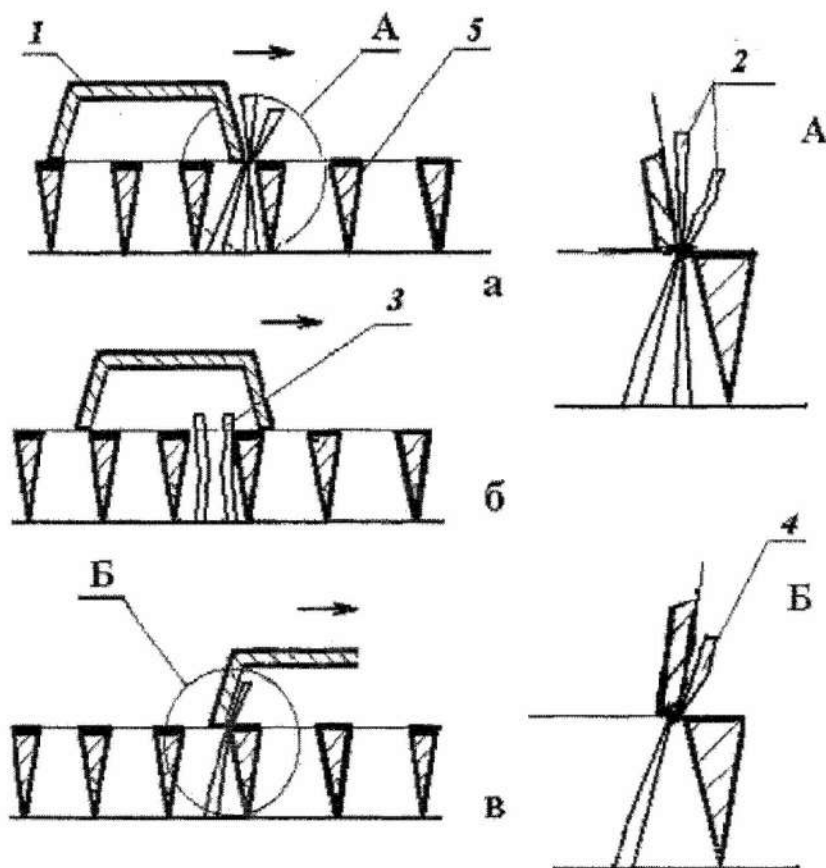


Рисунок 1.11 – Участь внутрішньої кромки коробчатого ножа при різанні [31]:
а – зріз передньою кромкою ножа; б – випрямлення матеріалу, що зрізається;
в – зріз внутрішньою кромкою ножа; 1 – ніж; 2 – оброблюваний матеріал; 3 –
зрізаний матеріал; 4 – повторний зріз; 5 – гребінка

На думку автора, це явище компенсується великим значенням зусилля притискання ножа до гребінки.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Беручи до уваги факт, що внаслідок малого діаметру волокон ніж і гребінка повинні працювати в притиснутому один до одного стані, погодимося з висновками дослідників **про першорядний вплив шорсткості робочих поверхонь ножа і гребінки на їх ріжучу здатність**. Сила щільності прилягання елементів різальної пари при цьому надає неоднозначний вплив: з одного боку, перешкоджає попаданню абразивних частинок на робочі поверхні ножа і гребінки, з іншого боку, при дуже великому значенні сприяє прискореному зносу. Як нами вже згадувалося, рекомендації дослідників щодо значення оптимальної щільності притискання ножа до гребінки розходяться.

Таким чином, особливості роботи ріжучого апарату дозволяють говорити про те, що для повноцінного відновлення ріжучої здатності ножа і гребінки їх робочі поверхні, крім видалення зношеної частини різальних кромek, потребують шліфування. Шліфування ж у широкому сенсі в першу чергу характеризується одержуваною чистотою обробленої поверхні, інакше кажучи, шорсткістю.

Дослідженнями В.І. Крісюка [3, 32] підтверджено положення про те, що для двох поверхонь, що труться існує оптимальна шорсткість, яка практично не змінюється в процесі роботи, знижуючи час припрацювання і інтенсивність зношування поверхонь. Автором встановлено, що мікрогеометрія заточуваних елементів знаходиться в прямій залежності від профілю поверхні робочого органу точильного верстата, від режиму заточування, від величини використовуваного абразиву. В роботі наводяться результати випробувань різних точильних верстатів та їх вплив на зносостійкість ножів і гребінок (таблиця 1.4). Примітно, що в ході випробувань стрічкового верстату, автор використовує стрічку з більш крупним абразивом, ніж на дискових ТА-1, ТАД-350, ДАС-350, що приводило до більш високих значень шорсткості робочих поверхонь і, як наслідок, низької довговічності ножів та гребінок.

Таблиця 1.4 – Результати досліджень заточувальних верстатів [32]

Найменування	Тип робочого органу	Абразивний матеріал	Зносостійкість робочого органу до відновлення, штук	
			ножів	гребінок
ВНДІОК	шкіряний пас	наждакове полотно №16	-	80
		наждакове полотно №25	40	-
ТАШ-2	сталевий диск (прямолінійна робоча поверхня)	наждакове полотно №16	-	200
		наждакове полотно №25	200	-
ТАД-350 ДАС-350 ТА-1	чавунний диск (плоска робоча поверхня із канавками)	паста з наждакового порошку №5, автолізу та гасу	400	400
	чавунний диск (плоска гладка робоча поверхня)		1600	1600
	чавунний диск (гладка сферична робоча поверхня)		3200	3200

1.4 Особливості процесу стрічкового шліфування

Шліфування знаходиться в числі прикінцевих технологічних операцій при виготовленні виробу. Метою шліфування, як правило, є доведення розмірів виробу

до номінальних (чорнове) та надання поверхні необхідної чистоти обробки (чистове). Традиційно в промисловому виробництві використовуються технології шліфування, в основі яких лежить використання шліфувального круга, що складається з великого числа спресованих абразивних зерен. Класифікація металорізального обладнання включає окрему групу шліфувальних верстатів, об'єднаних за ознакою використання в якості ріжучого інструменту абразивних кругів.

Впровадження і подальше поширення технології шліфування супроводжувалося розробкою більш продуктивних і спеціалізованих способів обробки виробів (високошвидкісне, глибинне, силове шліфування, хонінгування і т.д.). Стрічкове шліфування як окрема технологія обробки з'явилося відносно недавно і має цілий ряд особливостей в силу того, що стрічка являє собою гнучку основу, на якій за допомогою зв'язки закріплений шар ріжучих елементів – зерен [33]. Це відкриває широкий спектр можливостей при шліфуванні виробів, які мають складну геометрію робочої поверхні. Ефективне використання абразивних стрічок при шліфуванні сприяло стрімкому розвитку подібної технології обробки виробів. На сьогоднішній день існує безліч технологічних систем стрічкового шліфування, що дозволяють повністю виключити традиційне використання абразивних кругів (рисунок 1.12).

Застосування зазначених способів стрічкового шліфування пов'язане із використанням відповідного технологічного обладнання, що розрізняється конструкцією натяжного механізму стрічки, кінематикою руху зерен стрічки і геометрією контактної опори (у разі, якщо не використовується шліфування вільною гілкою абразивної стрічки).

Технологічні системи стрічкового шліфування



Рисунок 1.12 – Класифікація систем стрічкового шліфування

У роботах [34, 35] наведено основні переваги стрічкового шліфування перед шліфуванням абразивними кругами, в числі яких:

- 1) низька вартість стрічково-шліфувального обладнання порівняно з верстатами, в яких використовуються шліфувальні круги;
- 2) виготовлення стрічково-шліфувального верстата під силу майстерням господарств, які не мають багатої технічної бази;

3) верстати для стрічкового шліфування більш безпечні в експлуатації, так як розрив стрічки в ході експлуатації неможна порівняти за наслідками з розривом шліфувального круга;

4) економічно вигідніше використовувати шліфувальні стрічки в зв'язку з тим, що їхня ринкова вартість значно нижче, ніж вартість кругів з аналогічними характеристиками;

5) енерговитрати при стрічковому шліфуванні значно нижче, ніж при використанні плоскошліфувальних верстатів з шліфувальними кругами.

До недоліків стрічкового шліфування варто віднести неможливість правки робочої поверхні стрічки при її засалюванні, а також суттєве зменшення міцності стрічки при високому значенні температури в зоні контакту з оброблюваною поверхнею [33].

Інтенсивний розвиток промислового виробництва охоплює не тільки розробку технології способів впливу стрічки на оброблювану деталь, режимних параметрів цього процесу, але і розширення асортименту марок шліфувальних стрічок, що відрізняються на сьогоднішній день:

- різними типами зерен (електрокорундові, з карбїду кремнію, алмазні, ельборові, абразивні, з технічного скла та ін);
- типом основи (саржа, шифон, плащова тканина і ін);
- типом зв'язки (клейова, лакова, смолиста і ін);
- способом нанесення зерен на основу (механічних, електростатичним, суспензійним).

В основі реалізації зазначених на рисунку 1.13 способів обробки виробів абразивними стрічками лежать серйозні наукові дослідження. Питаннями виявлення і встановлення залежностей параметрів і вихідних показників процесу шліфування займалися багато дослідників (Г. Ельден, В.І. Островській, Є.М. Маслов, Є.П. Калінін, А.Ф. Бабошкін, В.С. Люкшин, Б.М. Хватов).

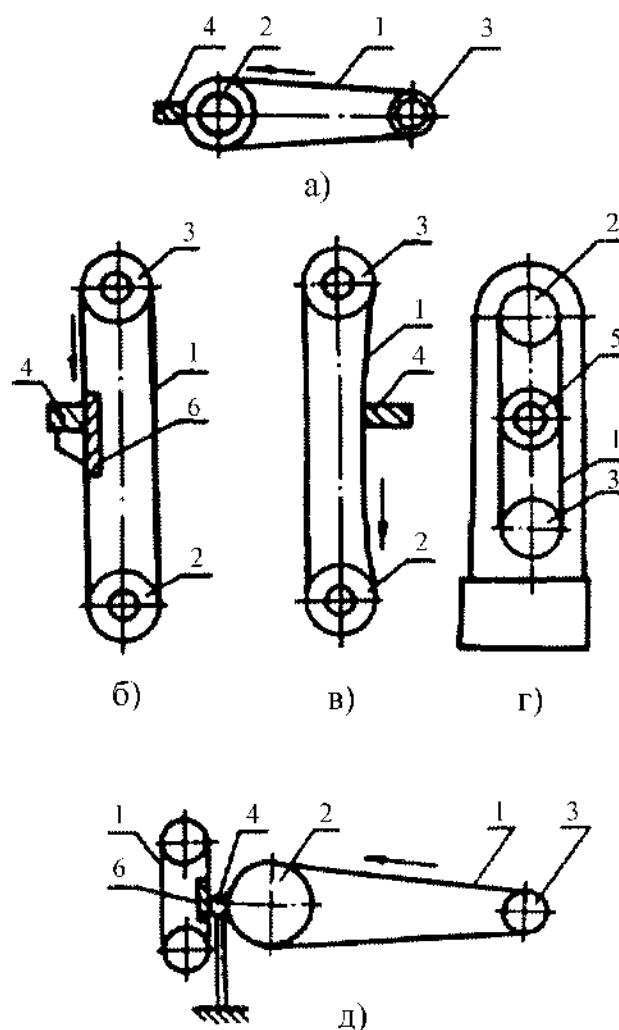


Рисунок 1.13 –Способи стрічкового шліфування:

а – контактна обробка; б – шліфування з опорною плитою; в – обробка вільною гілкою абразивної стрічки; г – фасонне шліфування; д – безцентрове шліфування;

1 – стрічка; 2 – привідний ролик; 3 – натяжний ролик; 4 – деталь, що оброблюється; 5 – опорний (контактний) ролик; 6 – опора

На думку Є.М. Маслова [36], основним рівнянням теорії шліфування є рівняння залежності товщини шару металу, зрізаного одним зерном, від інших параметрів процесу шліфування:

$$a_{z \max} = \frac{2V_s}{60 \cdot V} \cdot \sqrt{\frac{(d \pm D_{kp}) \cdot t_\psi}{d \cdot D_{kp}}} \cdot L, \quad (1.2)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де V_s – швидкість подачі заготовки, м/хв;

V – швидкість різання, м/с;

d – діаметр заготовки, мм;

$D_{кр}$ – діаметр шліфувального круга, мм;

t_{ϕ} – фактична глибина шліфування, мм;

L – відстань між зернами, що різуть, мм

Розглядаючи процес шліфування необхідно враховувати, що відстань між сусідніми ріжучими зернами L коливається в залежності від ступеня зносу ріжучих зерен. Знос відбувається постійно, і навіть при встановлених режимах не є рівномірним по часу в силу особливостей геометрії зерна. Великий вплив ступеня зношеності зерна на вихідні показники шліфування, викликає певні труднощі при встановленні адекватних залежностей, що описують процес стрічкового шліфування.

1.5 Визначення шорсткості обробленої поверхні при стрічковому шліфуванні

Якісне заточування ножа і гребінки ріжучого апарату машинки, що працює за принципом ножиців, передбачає не тільки видалення сегментів кромek лез, що затупилися. Крім видалення необхідного обсягу металу з робочих поверхонь різальної пари необхідно надати цим поверхням певну шорсткість.

Шорсткість як сукупність мікронерівностей поверхні деталі характеризує чистота обробки. Найбільш адекватним параметром відображення чистоти обробки поверхні деталі вважається шорсткість Ra – середньоарифметичне значення висоти мікронерівностей, взяте на певній базовій довжині поверхні і виражене у мікрометрах [37].

Закономірності утворення певної шорсткості поверхні в процесі обробки залежать від великої кількості зовнішніх параметрів, серед яких першочерговими за значимістю є сам вид обробки (точіння, стругання, шліфування тощо), а також

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовувана технологічна оснастка. Разом з режимом обробки і характеристиками оброблюваного матеріалу зазначені параметри визначають безліч можливих моделей утворення шорсткості з різними функціональними залежностями.

Варто відзначити, що більшість відомих залежностей одержуваної шорсткості поверхні від параметрів процесу стрічкового шліфування, є визначеними експериментально для конкретного матеріалу або способу шліфування [36, 38].

Відмінною особливістю процесу стрічкового шліфування є те, що абразивні зерна, що здійснюють процес масового мікрорізання, зношуються в процесі роботи, тобто їх геометрія постійно змінюється, що впливає на вихідні параметри процесу, такі як продуктивність шліфування, шорсткість обробленої поверхні, а також визначають величину робочого ресурсу стрічки.

У роботі Є.М. Маслова [36] наведено наступну залежність

$$Ra = \frac{C_{Ra} \cdot V_{\phi}^p \cdot t^z \cdot S^q \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{V_{кр}^{\omega} \cdot d^{\mu} \cdot H^{\eta}}, \quad (1.4)$$

де C_{Ra} – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості матеріалу;

V_{ϕ} – швидкість подачі заготовки, м/хв;

$V_{кр}$ – швидкість круга, м/с;

d – діаметр заготовки, мм;

t – фактична глибина шліфування, мм;

S – поперечна подача заготовки, мм/хв.;

H – висота залишкових поперечних шорсткостей, мкм;

k_1 – коефіцієнт зернистості шліфувального круга;

k_2 – коефіцієнт складу охолоджуючої рідини;

k_3 – коефіцієнт впливу зачисних ходів.

Значення коефіцієнтів k_1, k_2, k_3 і ступеневих показників z, q, ω, μ, η визначалися автором експериментально для досліджуваного ним процесу обробки заготовки із сталі 50Г кругом Е40СМІК (рисунок 1.14).

В.І. Островським [39] встановлено більш універсальну залежність:

$$R_z \approx \left(\frac{V_6}{V_{кр}} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{S_n}{H} \right)^{0,5} \cdot d_3^{0,5} \cdot \left(\frac{t}{D_{кр}} \right)^{0,25} \cdot R_b^{0,25}, \quad (1.5)$$

де V_6 – швидкість руху виробу, м/с;

$V_{кр}$ – швидкість круга, м/с;

$\frac{S_n}{H}$ – відношення, що характеризує поперечну подачу стола, мм/хв.;

$D_{кр}$ – діаметр круга, мм;

t – глибина шліфування, мм;

d_3 – середній діаметр абразивних зерен, мкм;

R_b – параметр, що характеризує геометричний профіль абразивного круга.

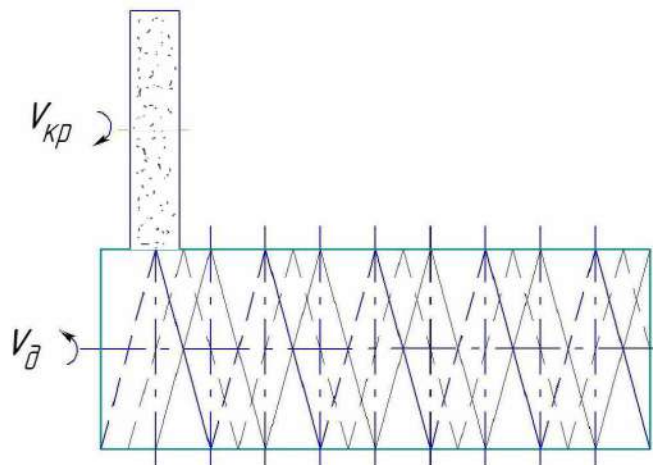


Рисунок 1.14 – Схема формування мікропрофілю оброблюваної поверхні 1 при шліфуванні абразивним кругом 2 [36]: $V_{кр}$ – дотична швидкість абразивного круга; $V_д$ – дотична швидкість деталі, що шліфується

Наведені вирази (1.4), (1.5) можуть бути використані при визначенні шорсткості в процесі шліфування деталей, що мають форму тіла обертання з використанням абразивного круга, без урахування зносу зерен у процесі роботи.

Більш близькими до процесу заточування стрічковим шліфуванням дослідженнями займалися фахівці [40], що працювали над визначенням оптимальних параметрів процесу стрічкового шліфування для отримання необхідної шорсткості поверхні оброблюваної деталі. Автором була встановлена наступна залежність:

$$R_a = C_R \cdot d_s^{\alpha_1} \cdot H_S^{\alpha_2} \cdot S^{\alpha_3}, \quad (1.6)$$

де C_R – коефіцієнт, що враховує сумарний вплив неврахованих факторів;

d_s – зернистість абразивної стрічки (відповідно до умовних позначень її номеру за ГОСТ 3647-80);

H_S – твердість опорного ролика в од. за Шором;

S – швидкість поздовжньої подачі виробу, мм/хв.;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – показники ступеня при змінних чинниках.

Під час проведення багатофакторного експерименту дослідником були отримані залежності та номограми режимів стрічкового шліфування, розраховані для забезпечення необхідної шорсткості поверхні при шліфуванні сталі 06X12H3Д:

$$R_a = 2,25 \cdot 10^{-4} \cdot d_s^{2,05 \cdot (1 - 0,38 \lg H_S)} \cdot H_S^{1,69} \cdot S^{0,13}. \quad (1.7)$$

При доведеній достовірності та очевидній значимості результатів досліджень, застосування цих напрацювань при заточуванні ріжучих пар небажано, тому що автором використовувалося металоємне габаритне обладнання (плоскошліфувальний верстат 3Г71).

Щодо досліджуваного нами процесу заточування різальних пар за допомогою стрічкового шліфування варто сказати, що, на думку авторів [34, 38], найбільш повно особливості взаємодії абразивної стрічки із оброблюваною поверхнею можуть бути описані за допомогою стандартної моделі поверхонь тертя, що представляє собою два тіла (рисунок 1.15). Одне з тіл, будучи абсолютно жорстким, рухається вздовж другого зі швидкістю V , відчуючи при цьому деякий тиск N , спрямований перпендикулярно поверхні їх взаємодії.

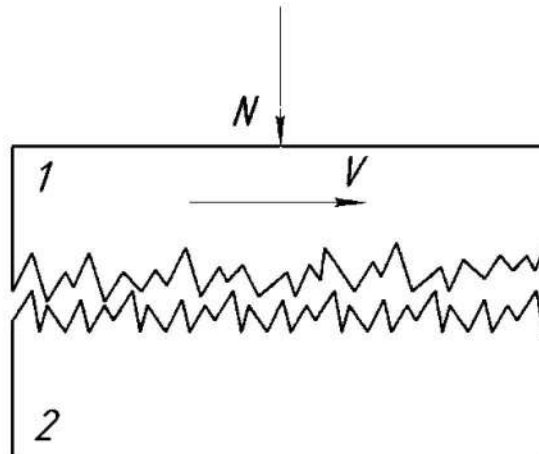


Рисунок 1.15 – Взаємодія поверхонь інструмента і деталі при стрічковому шліфуванні: 1 – абразивна стрічка; 2 – деталь

У процесі переміщення тіл відносно один одного, відбувається взаємодія їх нерівностей, а оскільки одна з них жорсткіше іншої, також відбувається поступове перенесення профілю поверхні тертя стрічки 1 на деталь 2 в перерізі, перпендикулярному напрямку руху.

Говорячи про досліджуваний процес більш предметно, можна зробити висновок, що зерна абразивної стрічки, вступаючи у взаємодію з оброблюваною поверхнею, визначають значення шорсткості поверхні, яка залишиться після обробки.

З вищевикладеного випливає необхідність більш детального дослідження питання застосування стрічкового шліфування для заточування різальних пар стригальних машинок.

Технологія стрічкового шліфування є не єдиним способом заточування для забезпечення рівномірності товщини шару металу, що знімається із оброблюваної деталі. Однак, абразивна стрічка являє собою гнучкий заточувальний елемент, що дає можливість використовувати у якості опорного профілю поверхні різної геометрії. У силу впорядкованого розташування ріжучих зерен на основі, абразивна стрічка володіє кращою ріжучою здатністю в порівнянні з суспензією, що застосовується на верстатах ТА-1 і ДАС-350. Застосування технології стрічкового шліфування з опорною плитою для заточування різальних пар дозволить:

- виключити необхідність використання габаритного, металоємного і дорогого устаткування (плоскошліфувальні верстати, установки для електрохімічного шліфування та ін);
- підвищити надійність ріжучих пар без зниження довговічності їх роботи і збільшення трудомісткості процесу заточування.

Отже, **мета дослідження** – підвищення надійності ріжучих пар стригальної машинки під час заточування стрічковим шліфуванням. **Об'єктом** розробки є процес відновлення ріжучих властивостей стригальної машинки, а **предметом** – оптимальні режимні параметри стрічкового шліфування ножа та гребінки.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

- 1) провести аналіз технологій і технічних засобів заточування ріжучих пар;
- 2) запропонувати методику реалізації багатофакторного експерименту із визначення функціональної залежності шорсткості оброблених поверхонь стригальної пари від технологічних параметрів;
- 3) запропонувати конструкцію верстату для відновлення робочих властивостей ріжучих пар стрічковим шліфуванням;
- 4) провести лабораторні дослідження процесу заточування ріжучих пар на розробленому верстаті та дати рекомендації щодо його оптимального режиму роботи;
- 5) відзначити основні положення практичної реалізації розробки.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

При заточуванні ріжучих пар стрічковим шліфуванням з опорною плитою параметрами, що впливають на шорсткість обробленої поверхні, є:

- зернистість абразивної стрічки;
- швидкість руху стрічки;
- зусилля притискання ножа і гребінки до стрічки;
- тривалість контакту деталі зі стрічкою;
- ступінь зношеності стрічки.

Прийнято рішення про проведення експерименту наступним чином: визначити значення швидкості руху стрічки, зусилля притискання ножа і гребінки до стрічки, часу їх контакту зі стрічкою, які забезпечать шорсткість у межах 9 класу.

Для встановлення ступеня впливу керованих режимних параметрів процесу шліфування на якість заточування ріжучої пари та визначення їх оптимальних значень, скористаємося методикою проведення багатофакторного експерименту, викладеною в роботах [41, 42].

Для цього залежність параметра шорсткості обробленої поверхні від керованих параметрів процесу шліфування представимо у вигляді рівняння лінійної регресії, яке для 3-факторного експерименту має вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (2.1)$$

де $y = \lg Ra$ – логарифмічний вираз параметру шорсткості Ra (відгук моделі);

x_1, x_2, x_3 – змінні фактори у закодованому вигляді, що відповідають швидкості стрічки V , часу заточування T та зусиллю притискання P_y відповідно;

b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти регресії при змінних факторах, що є оцінками їх значущості;

$b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ – коефіцієнти регресії, що враховують значущість взаємного впливу змінних факторів на процес шліфування.

Кодування факторів x_1, x_2, x_3 у рівнянні регресії (2.1) здійснюється за наступними залежностями:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{2(\lg V - \lg V_{\max})}{\lg V_{\max} - \lg V_{\min}} + 1; \\ x_2 &= \frac{2(\lg T - \lg T_{\max})}{\lg T_{\max} - \lg T_{\min}} + 1; \\ x_3 &= \frac{2(\lg P_y - \lg P_{y \max})}{\lg P_{y \max} - \lg P_{y \min}} + 1. \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Розрахунок коефіцієнтів регресії b_0, b_1, b_2, b_3 у рівнянні (2.1) здійснюється з урахуванням знаку ($\pm$) при змінних факторах за залежностями:

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{Y}_i; \\ b_j &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} \bar{Y}_i, \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

де $\bar{Y}_i$ – середнє значення логарифму шорсткості за трьома паралельними дослідями.

Оцінка значущості коефіцієнтів регресії здійснюється за допомогою t-критерію Стюдента. Коефіцієнт регресії b_j статично значимий, якщо виконується умова:

$$b_j \geq \pm t_{T(p, f_y)} S_{b_j}, \quad (2.4)$$

де $t_{T(p, f_y)}$ – табличне значення критерію Стюдента;

S_{b_j} – середньоквадратичне відхилення коефіцієнтів регресії.

При рівні довірчої ймовірності $p = 0,95$ і числі ступенів вільності дисперсії адекватності $f_y = N(k-1) = 8(3-1) = 16$ табличне значення критерію Стюдента становить $t_{T(0,95;16)} = 2,12$ (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Значення критерію Стюдента при $p = 0,95$

f_y	$t_{T(p, f_y)}$	f_y	$t_{T(p, f_y)}$	f_y	$t_{T(p, f_y)}$	f_y	$t_{T(p, f_y)}$	f_y	$t_{T(p, f_y)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	12,71	7	2,37	13	2,16	19	2,09	25	2,06
2	4,30	8	2,30	14	2,14	20	2,09	26	2,06
3	3,18	9	2,26	15	2,13	21	2,08	27	2,05
4	2,78	10	2,23	16	2,12	22	2,07	28	2,05
5	2,57	11	2,20	17	2,11	23	2,07	29	2,05
6	2,45	12	2,18	18	2,10	24	2,06	30	2,04

Середньоквадратичне відхилення коефіцієнтів регресії визначається:

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{S_{y_i}^2}{N}}, \quad (2.5)$$

де $S_{y_i}^2$ – оцінка середнього значення дисперсії відтворюваності паралельних дослідів:

$$S_{y_i}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2, \quad (2.6)$$

де S_i^2 – дисперсія відтворюваності паралельних дослідів.

Визначимося з рівнями варіювання параметрів (таблиця 2.2).

Виходячи з норм часу заточування ножа і гребінки (15...20 і 25...40 с відповідно) прийемо крайні значення часу заточування від 10 до 16 с для ножа і від 15 до 25 с для гребінки, з метою скоротити трудомісткість заточування порівняно з дисковими точильними верстатами. Зерна абразивної стрічки володіють кращою ріжучою здатністю порівняно з суспензією, використовуваної при заточуванні на дискових верстатах. Це пов'язано з впорядкованістю розташування зерен і пружністю основи. При установці нижніх значень рівня варіювання часу заточування також закладалася умова видалення з ріжучих кромок ножа і гребінки майданчиків затуплення.

Таблиця 2.2 – Рівні варіювання режимних параметрів при заточуванні

Рівень варіювання	Швидкість стрічки		Тривалість заточування			Зусилля притискання	
			T, с		x_2	P_y , Н	x_3
	V, м/с	x_1	ніж	греб.			
Основний	1,5	0	13	20	0	15	0
Верхній	2,0	+1	16	25	+1	20	+1
Нижній	1,0	-1	10	15	-1	10	-1

Швидкість стрічки вибиралася нами виходячи із середньої колової швидкості обертання диска точильного верстату, також з урахуванням кращої ріжучої здатності стрічки. Прийняті крайні значення швидкості стрічки 1...2 м/с.

Рівні варіювання зусилля притискання ножа і гребінки до поверхні стрічки виходячи із забезпечення мінімально можливого навантаження на руку слюсаря-заточувальника – 10...20 Н.

У ході проведення експериментів нами враховувалася різниця в площі робочих поверхонь ножа і гребінки, а також те, що для заточування ножа згідно з дослідженнями П.К. Григорова [30], потрібно більше знімання металу в порівнянні

з гребінкою. Досліди для ножів і гребінок проводилися окремо, але на однакових значеннях параметрів швидкості стрічки і зусилля притискання. Це робилося з метою пошуку значень режимних параметрів, придатних і для ножа, і для гребінки, що має в майбутньому полегшити експлуатацію запропонованого верстату.

Згідно із методикою проведення повного факторного експерименту з трьома змінними на двох рівнях, нам потрібно провести вісім незалежних дослідів ($N = 2^3$) [5]. Кожен з дослідів при цьому повинен відповідати граничній точці експериментування.

У таблиці 2.3 наведена матриця плану проведення експерименту, в якій рядки відповідають проведеним дослідом, а стовпці X_j – параметрам незалежного і взаємного впливу. Знаку (+) відповідає максимальне значення параметра в експерименті, знаку (-) мінімальне значення.

Таблиця 2.3 – Матриця плану експерименту $N = 2^3$

№ досліду, N	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$
1	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	-	+	+	-	-	+	-
3	+	+	-	+	-	+	-	-
4	+	-	-	+	+	-	-	+
5	+	+	+	-	+	-	-	-
6	+	-	+	-	-	+	-	+
7	+	+	-	-	-	-	+	+
8	+	-	-	-	+	+	+	-

Для достовірності отриманого результату по кожному незалежному досліді рекомендується проводити не менше 3 паралельних дослідів із визначенням кожен раз параметра шорсткості і обчисленням його середнього арифметичного значення. При побудові рівняння регресії в логарифмічних координатах, слід представляти

отримані експериментально значення шорсткості Ra як логарифм їх значень з символом y_{ik} , а середнє значення логарифмів як $\overline{y}_i$.

Оцінка відтворюваності паралельних дослідів у логарифмічному виразі здійснюється за G -критерієм Кохрену, згідно з яким гіпотеза відтворюваності дослідів приймається, якщо розрахункове значення G_p -критерію буде менше його табличного значення:

$$G_p \leq G_T(p, N, f_i), \quad (2.7)$$

де p – рівень довірчої ймовірності, прийнятої в експерименті;

N – число дослідів;

f_i – число ступенів свободи кожного з них.

Для прийнятих в експерименті умов дослідів: $p = 0,95$; $N = 8$; $f_i = k - 1 = 3 - 1 = 2$. Табличне значення критерію Кохрена становить (таблиця 2.4): $G_T(0,95; 8; 2) = 0,516$.

Таблиця 2.4 – Значення критерію Кохрену при $p = 0,95$

N	$f = k - 1$			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
2	0,999	0,998	0,939	0,906
3	0,967	0,871	0,798	0,746
4	0,907	0,768	0,684	0,628
5	0,841	0,684	0,598	0,544
6	0,781	0,616	0,532	0,480

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5
7	0,727	0,561	0,480	0,431
8	0,680	0,516	0,438	0,391
9	0,639	0,478	0,403	0,358
10	0,602	0,445	0,373	0,331
12	0,541	0,392	0,326	0,288
15	0,471	0,335	0,276	0,242
20	0,389	0,271	0,221	0,191

Розрахункове значення G_p - критерію Кохрену визначається за формулою [5]:

$$G_p = \frac{S_{i \max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}, \quad (2.8)$$

де S_i^2 – дисперсія відтворюваності i -го незалежного дослідів;

$S_{i \max}^2$ – максимальне значення дисперсії відтворюваності з усіх дослідів;

N – число незалежних дослідів.

Дисперсія відтворюваності по кожному дослідів визначається як:

$$S_i^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{k=1}^k (y_{ik} - \bar{y}_i)^2, \quad (2.9)$$

де $k = 3$ – число паралельних дослідів.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для реалізації програми експерименту розроблено дослідний зразок верстату для заточування ріжучих пар, що дозволяє варіювати режимними параметрами процесу шліфування, а саме:

- швидкістю стрічки;
- зусиллям притискання ножа і гребінки до стрічки;
- тривалістю заточування.

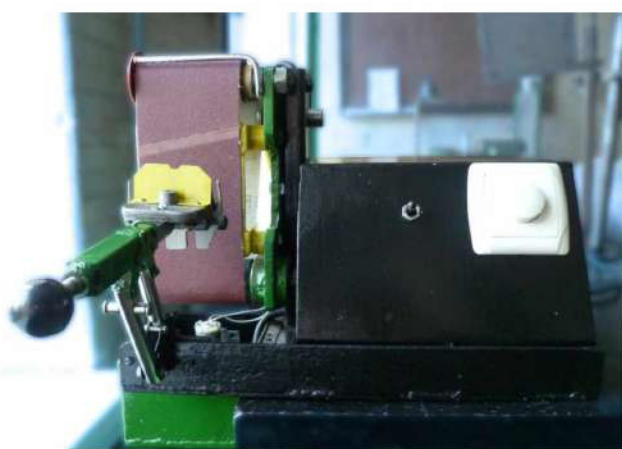
Реалізована в запропонованому верстаті технологія стрічкового шліфування з опорною плитою дозволяє виключити нерівномірність зносу робочих поверхонь ножа і гребінки по ширині в процесі заточування (рисунок 3.1, а, б). Технічний результат досягається за рахунок того, що в запропонованому верстаті використовують:

- державку з можливістю регулювання зусилля притискання деталі, що заточується, до стрічки із підведенням охолоджуючої рідини в робочу зону;
- систему електричного керування з датчиком контролю положення деталі, що заточується, (ніж, гребінка) відносно стрічки;
- датчик зусилля притискання деталі до стрічки;
- датчик температури в зоні контакту деталі з стрічкою;
- для здійснення доведення гребінок верстат оснащений реостатним перемикачем числа обертів електродвигуна;
- можливість зміни зусилля притискання до гребінки поверхні стрічки за рахунок зміни ступеня стиску пружини в державці.

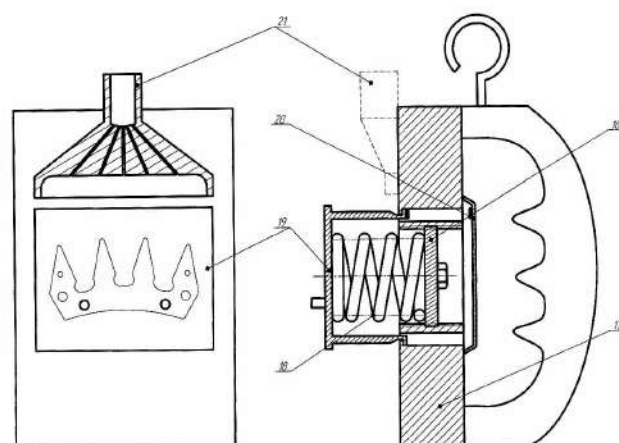
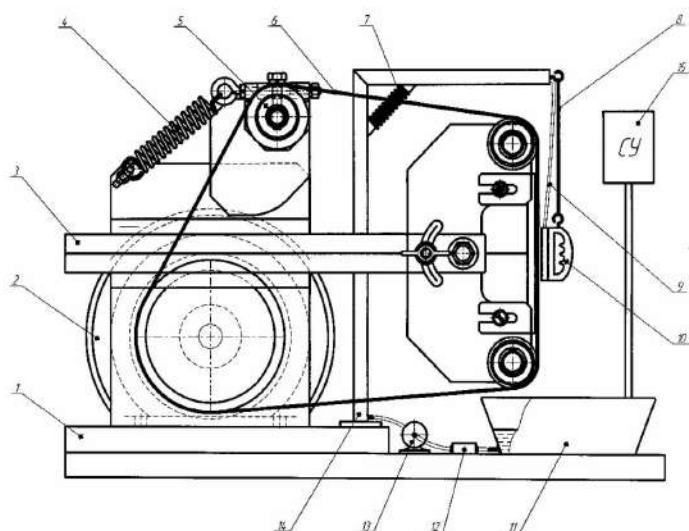
Внаслідок високої температури в зоні контакту деталі, що заточується, зі стрічкою у деталі можлива поява припалів і підвищення крихкості, що негативно позначається на експлуатаційних якостях ріжучої пари, а саме знижує її довговічність. Для усунення зазначеного негативного ефекту на запропонованому верстаті встановлена система охолодження з підведенням змащувально-охолоджуючої рідини в робочу зону.

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пропонований точно-доводочний верстат (рисунок 3.1, а, б) включає у себе основу 1, електродвигун 2, станину 3, механізм натягу стрічки 4, натяжний ролик 5, стрічку 6, демпфуючу пружину 7, підвіс 8, нагнітальний патрубок 9, державку 10, ємність для збору суспензії 11, фільтруючий елемент 12, насос 13, стійку 14. Верстат забезпечений системою електричного управління 15 з панеллю виведення інформації від датчиків контролю стану деталі, що заточується (ніж, гребінка) відносно стрічки, зусилля притискання і температури в зоні контакту деталі з стрічкою.



а)



б)

Рисунок 3.1 – Дослідний зразок верстату для заточування різальних пар:

а – вигляд загальний; б – конструктивна схема

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Державка 10 має можливість регулювання зусилля притискання деталі, що заточується, до стрічки. Гайка 16, переміщуючись в корпусі державки 17, змінює ступінь стискання пружини 18. У момент притискання деталі до стрічки контакт панелі 19 замикається з контактом кришки 20, включаючи в роботу насос, що подає змащувально-охолоджуючу рідину через розтруб 21.

Елемент ріжучої пари закріплюють в державці 10, верстат вмикається, електродвигун 2 приводить в рух стрічку 6. Одночасно з притисканням деталі до стрічки, за допомогою насоса 13 починається подача змащувально-охолоджувальної рідини до державки. Відпрацьована суспензія збирається в ємність 11, звідки після очищення фільтром 12 повертається до розтрубу 21 державки 10.

Для розширення функціональних можливостей в точильно-доводочному верстаті передбачений вбудований в панель системи електричного управління реостатний перемикач числа обертів електродвигуна, що дозволить за допомогою зміни швидкості обертання стрічки здійснювати доведення гребінок. При цьому необхідно змінити (зменшити) ступінь стискання пружини в державці за допомогою викручування гайки.

Застосування пропонованої конструкції дозволяє повністю відмовитися від традиційною заточування різальних пар на верстатах типу ТА-1, ДАС-350, де використовуються автотракторні масла і періодично виникає необхідність проточувати і нарізати заточувальні диски.

Для визначення шорсткості оброблених робочих поверхонь ножів і гребінок використовувався профілограф-профілометри моделі БВ-7669М (рисунок 3.2). Виміри проводилися за поверхнями ріжучих пар до і після їх заточування на стрічковому точильному верстаті.

Для вимірювання відхилень мікротвердості робочих поверхонь ріжучих пар від номінальних значень, характерних для сталі У9, використовувався твердомір 5006 ТР-0,2 (рисунок 3.3, а). Вимірювання проводилися до і після заточування, за

шкалою HRA з відповідним набором вантажів. Твердість замірялася біля основи і на кінцях зубців (рисунок 3.3, б).



Рисунок 3.2 – Вимірювання шорсткості робочої поверхні гребінки



а)

Рисунок 3.3 – Вимірювання твердості робочих поверхонь
ножа і гребінки, аркуш 1: а – твердомір 5006 ТР-0,2;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ

Аркуш

46



б)

Рисунок 3.3 – Вимірювання твердості робочих поверхонь
ножа і гребінки, аркуш 2: б – ділянки вимірювання твердості

Основною характеристикою абразивних стрічок є їх зернистість. Цей параметр більшою мірою визначає чистоту обробленої поверхні, оскільки саме від розміру основної фракції зерен у зв'язці стрічки залежить висота мікронерівностей, що залишаються ними на поверхні деталі у процесі шліфування.

В ході аналізу літературних джерел було встановлено, що найбільша стійкість різальних пар досягається при їх заточуванні із використанням абразивного порошку №5 (ГОСТ 3647-80). Була визначена марка стрічки, що має аналогічний розмір основної фракції зерен. Це стрічка марки Р 240 із середнім розміром абразивних частинок 60 мкм.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1 Аналіз утворення шорсткості обробленої поверхні

При пошуку оптимальних значень режиму заточування ріжучих пар стрічковим шліфуванням необхідно визначитися зі значенням вихідного показника, що буде відповідати необхідним експлуатаційним характеристикам досліджуваного процесу.

Із практичної точки зору, краще при цьому отримати тривимірні графіки залежностей вихідного параметра від режимних параметрів стрічкового шліфування, щоб їх вибір в сукупності забезпечував необхідний рівень шорсткості поверхні при обробці.

Побудова подібних графіків можлива за наявності математичної залежності (моделі) шорсткості поверхні від наведених факторів, поверхню відгуку якої можна представити як геометричне місце точок значень режимних параметрів досліджуваного процесу.

Спираючись на результати досліджень [3] ми прийняли значення шорсткості 0,2 мкм, що є кращим у ряді значень за 9 класом. Досягнення цього значення буде вважатися необхідним для призначення режиму шліфування, якому відповідають цілі експерименту.

Результати виміру шорсткості робочих поверхонь гребінки, отримані в ході експерименту, представлені у таблиці 4.1.

Досліди проводилися згідно зі складеним планом експерименту. За трьома паралельними дослідом розраховувалось середнє значення шорсткості $\overline{Ra_i}$.

Спираючись на результати проведеного експерименту, розрахуємо значення коефіцієнтів регресії для наступної підстановки їх у рівняння (2.1). Розрахунок коефіцієнтів проводився за формулою (2.2).

Таблиця 4.1 – Результати експерименту щодо заточування гребінки та їх обробка

№ досліду	$\overline{Ra}_l$	$\overline{y}_l$	$\overline{y}_l$	$(\overline{y}_l - \overline{y}_l)^2 \cdot 10^{-4}$	$S_l^2 \cdot 10^{-4}$
1	0,15	-0,8239	-0,8212	0,0729	33,51
2	0,48	-0,3187	-0,319	0,0009	26,14
3	0,35	-0,4559	-0,4534	0,0625	11,08
4	0,62	-0,2076	-0,208	0,0016	8,06
5	0,29	-0,5376	-0,538	0,0016	15,56
6	0,40	-0,3979	-0,3955	0,0576	6,48
7	0,51	-0,2924	-0,2918	0,0036	9,01
8	0,70	-0,1549	-0,155	0,0001	22,23

Середньоквадратичне відхилення коефіцієнтів регресії визначалося виходячи з оцінки середнього значення дисперсії відтворюваності дослідів за формулами (2.4), (2.5), (2.8):

Середнє значення дисперсії відтворюваності:

$$S_{y_l}^2 = \frac{1}{8} (33,51 + 26,14 + 11,08 + 8,06 + 15,56 + 6,48 + 9,01 + 22,23) \cdot 10^{-4} = 16,51 \cdot 10^{-4}.$$

Середньоквадратичне відхилення коефіцієнтів регресії:

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{16,51 \cdot 10^{-4}}{8}} = 1,1436 \cdot 10^{-2}.$$

Статистично значущі коефіцієнти регресії повинні задовольняти умові $b_j \geq \pm 2,12 \cdot 1,1436 \cdot 10^{-2} = \pm 0,0304$.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку коефіцієнтів регресії

b_0	b_1	b_2	b_3	b_1b_2	b_1b_3	b_2b_3	$b_1b_2b_3$
0,3987	-0,1287	-0,121	-0,053	0,0325	-0,0595	0,0317	-0,0013

Як ми бачимо, статистично значущими є усі коефіцієнти, окрім $b_1b_2b_3$.

З урахуванням оцінки значимості коефіцієнтів рівняння регресії (2.1) прийме вигляд:

$$y = 0,3987 - 0,1287x_1 - 0,121x_2 - 0,053x_3 + 0,0325x_1x_2 - 0,0595x_1x_3 + 0,0317x_2x_3. \quad (4.1)$$

Перевірка адекватності отриманої залежності (4.1) експериментально отриманим значенням шорсткості поверхні при стрічковому шліфуванні здійснюється за F-критерієм Фішера, розрахункове значення якого повинно бути більше (дорівнювати) його табличного значення при прийнятих умовах експерименту, тобто

$$F_p \geq F_T(p; f_{ad}; f_y). \quad (4.2)$$

При прийнятих в експерименті відомих $p = 0,95$, $f_y = 16$ і новій умові – числі ступенів вільності дисперсії адекватності, визначається, як $f_{ad} = N - (k + 1) = 8 - (3 + 1) = 4$, табличне значення критерію Фішера становить: $F(0,95; 4; 16) = 3,01$ (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Значення критерію Фішера при $p = 0,95$

f_{ad}											
f_y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	236,77	238,88	240,54	241,88	245,95

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,43
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,70
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,86
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,62
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	3,94
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,51
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,22
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,01
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,85
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,72
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,62
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,53
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,46
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,40
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,35
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,31
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,27
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,23
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,20

Розрахункове значення критерію Фішера визначається з порівняння оцінок дисперсій [41]:

$$F_p = \frac{S_y^2}{S_{ad}^2}, \quad (4.3)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

S_y^2 – середнє значення дисперсії відтворюваності дослідів.

Дисперсія адекватності розраховується за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{f_{ad}} \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \bar{y}_i)^2, \quad (4.4)$$

де $\bar{y}_i$ – експериментально отримане середнє арифметичне значення параметру шорсткості поверхні в і-му незалежному досліді;

$\bar{y}_i$ – розраховане за рівнянням (4.1) значення параметра шорсткості у цьому ж досліді;

$f_{ad} = N - (k + 1)$ – число ступенів свободи дисперсії адекватності.

Сума невзяток досліду $\sum_{i=1}^8 (\bar{y}_i - \bar{y}_i)^2 = 0,2008$.

Дисперсія адекватності становитиме:

$$S_{ad}^2 = \frac{0,2008 \cdot 10^{-4}}{4} = 0,0502 \cdot 10^{-4}.$$

У цьому випадку розрахункове значення F-критерію Фішера дорівнює:

$$F_p = \frac{16,51 \cdot 10^{-4}}{0,0502 \cdot 10^{-4}} = 328,9.$$

Розрахункове значення F-критерію Фішера більше його табличного $F(0,95; 4; 16) = 3,01$, що свідчить про адекватність моделі (4.1) і слугує підставою для її прийняття у якості робочої при описі залежності параметра шорсткості в досліджуваному факторному просторі.

Як зазначалося раніше, значення змінних факторів x_1 , x_2 та x_3 у рівнянні регресії (4.1) знаходяться у закодованому вигляді за виразами (2.2).

Підставляючи у вираз (2.2) для x_1 , x_2 та x_3 максимальне і мінімальне значення відповідних їм параметрів V , T , і P_y , отримаємо наступні вирази в декодованому вигляді:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= 6,44 \cdot \lg V; \\ x_2 &= 9,0171 \cdot \lg T - 6,3025; \\ x_3 &= 6,644 \cdot \lg P_y - 4,322. \end{aligned} \right\} \quad (4.5)$$

Після підстановки їх у рівняння (4.1) і проведення проміжних обчислень, одержимо наступний вираз рівняння регресії в декодованому вигляді:

$$\begin{aligned} Y_e &= 1,12 - 0,02 \cdot V - 0,0365 \cdot T - 0,003 \cdot P_y + \\ &+ 0,001 \cdot V \cdot T - 0,015 \cdot V \cdot P_y + 0,0009 \cdot T \cdot P_y \end{aligned} \quad (4.6)$$

При підстановці в рівняння (4.6) значень факторів за основним рівнем варіювання $V = 1,5$ м/с, $T = 20$ с і $P_y = 15$ Н одержимо розрахункове значення шорсткості поверхні рівне 0,277 мкм. Експериментальне значення при цих значеннях факторів склало 0,29 мкм, що лежить у межах 5% помилки експерименту.

Аналогічним чином були проведені розрахунки рівняння регресії для ножа та відповідні експерименти (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Результати експерименту щодо заточування ножа та їх обробка

№ досліду	$\overline{Ra}_l$	$\overline{y}_l$	$\overline{y}_l$	$(\overline{y}_l - \overline{y}_l)^2 \cdot 10^{-4}$	$S_i^2 \cdot 10^{-4}$
1	2	3	4	5	6
1	0,17	-0,7269	-0,7212	0,0623	35,48
2	0,45	-0,2878	-0,2738	0,0009	23,11

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4	5	6
3	0,30	-0,4019	-0,4022	0,0625	9,88
4	0,58	-0,2371	-0,2386	0,0016	9,76
5	0,32	-0,4879	-0,4843	0,0016	14,31
6	0,44	-0,3979	-0,3955	0,0576	8,68
7	0,51	-0,2924	-0,2918	0,0036	10,27
8	0,82	-0,1451	-0,1435	0,0001	25,44

$$Y_n = 2,036 - 0,3558 \cdot V - 0,0971 \cdot T - 0,0385 \cdot P_y + \\ + 0,015 \cdot V \cdot T - 0,0065 \cdot V \cdot P_y + 0,00258 \cdot T \cdot P_y.$$

За результатами експериментів були побудовані поверхні відгуку, що відображають залежність шорсткості робочих поверхонь ножа і гребінки від швидкості руху стрічки, зусилля притискання ножа і гребінки до стрічки і тривалості заточування (рисунки 4.1-4.3).

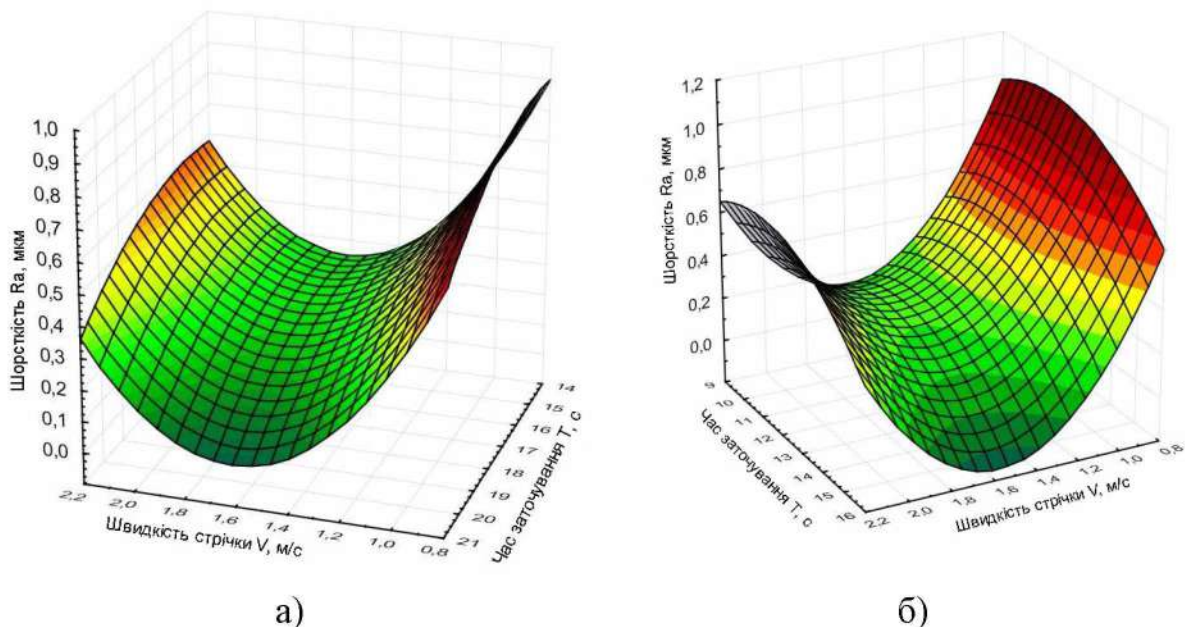


Рисунок 4.1 – Графіки залежності шорсткості робочої поверхні від швидкості стрічки та тривалості заточування $Ra = f(V, T)$: а – гребінка; б – ніж

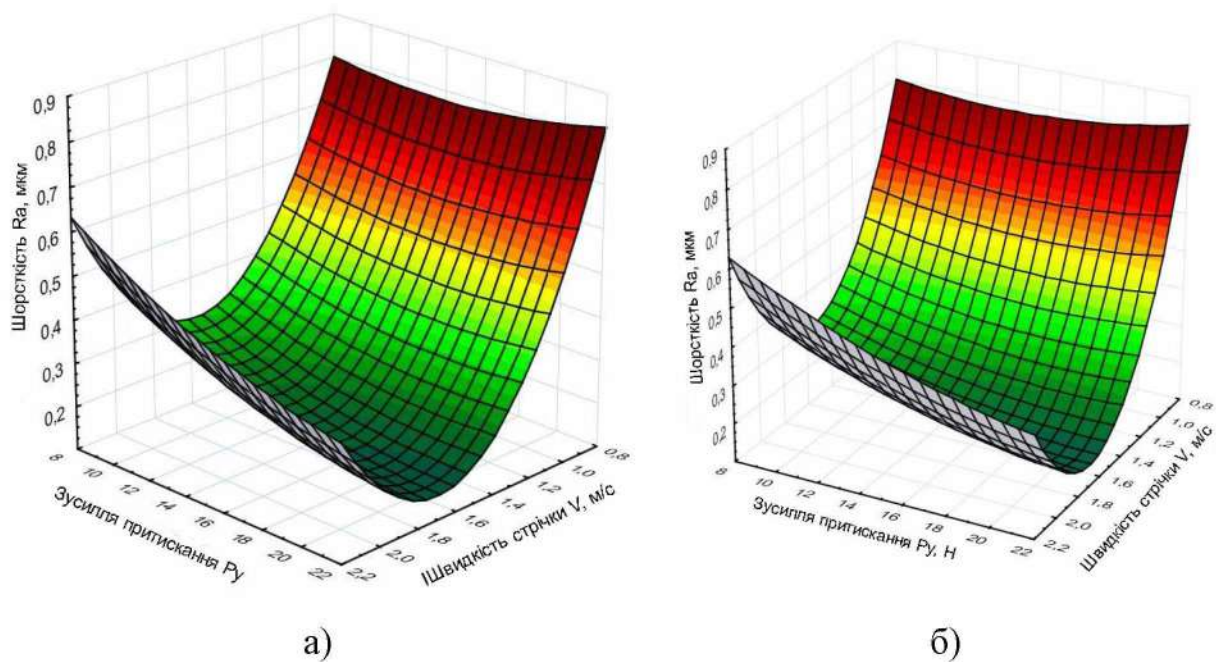
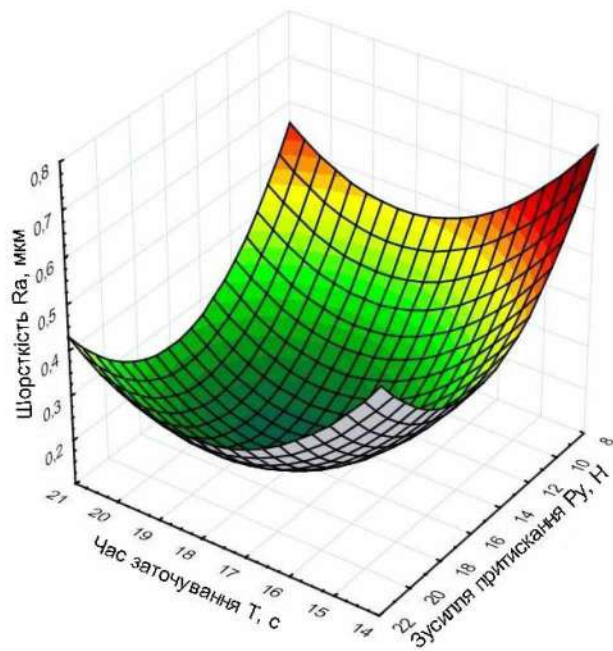


Рисунок 4.2 – Графіки залежності шорсткості робочої поверхні від швидкості стрічки за зусилля притискання $Ra = f(V, P_y)$: а – гребінка; б – ніж

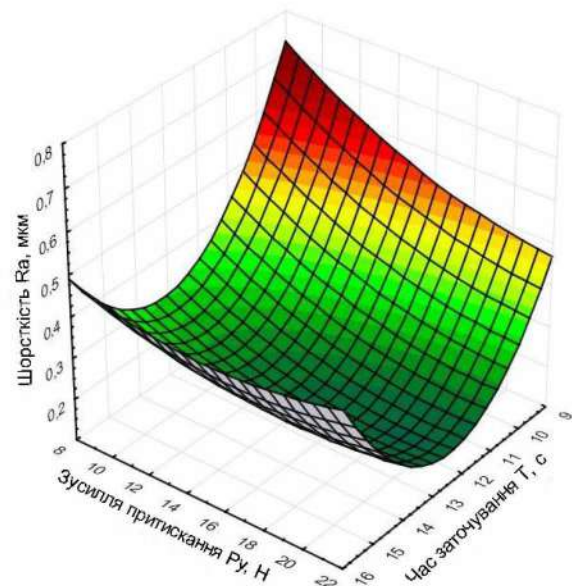
В ході проведеного аналізу поверхонь відгуку були визначені наступні оптимальні режимні параметри заточування різальних пар на розробленому верстаті: швидкість стрічки 1,7 м/с; зусилля притискання ножа і гребінки до стрічки 18 Н; тривалість заточування гребінки 19, ножа 12 с.

При визначенні рекомендованих значень ставилося за мету знизити тривалість заточування настільки, наскільки можливо при встановлених рівнях варіювання режимних параметрів процесу. В наявності зниження трудомісткості відновлення справного стану ріжучої пари порівняно із заточуванням на дисковому верстаті [43].

На наведених поверхнях видно, що шорсткість робочих поверхонь різальної пари знижується при збільшенні значення зусилля притискання ножа і гребінки до поверхні стрічки при забезпеченні необхідного значення швидкості стрічки. Це пояснюється тим, що зерна стрічки під дією нормальної сили притискання P_y відчувають підвищений знос. Діаметр площадки зносу, що утворилася, сприяє зниженню шорсткості поверхні.



а)



б)

Рисунок 4.3 – Графіки залежності шорсткості робочої поверхні від тривалості заточування та зусилля притискання $Ra = f(T, P_y)$: а – гребінка; б – ніж

Проведені виміри мікротвердості на обраних точках поверхні зубів ножа і гребінки показали, що в межах режимів шліфування, реалізованих у ході експерименту, мікротвердість робочих поверхонь ріжучих пар не змінюється, що свідчить про відсутність припалів відпускання унаслідок високої температури у зоні контакту деталі зі стрічкою при шліфуванні. Застосування змащення на встановлених режимах роботи не потрібно. У подальшому необхідно переконатися у тому, що встановлені значення параметрів режиму шліфування не призводять до зайвого знімання металу з поверхні ножа і гребінки.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.2 Рекомендації щодо ефективної експлуатації верстату для заточування різальних пар

При правильній установці режимних параметрів верстату, заточування може проводитися самим робітником по мірі затуплення ріжучої пари. Оберти двигуна повинні забезпечувати швидкість руху абразивної стрічки 1,7 м/с, державка має бути налаштована на зусилля в 18 Н.

Заточка нової ріжучої пари проводиться наступним чином. Після попереднього очищення ножа гребінки, елемент ріжучої пари кріпиться в державці, вмикається електродвигун. Державка із закріпленою на ній гребінкою підводиться до стрічки і проводиться попереднє шліфування для надання робочій поверхні шорсткості за основним значенням 9 класу чистоти. Нову гребінку необхідно шліфувати протягом 35...40 с, потім промити від залишків абразиву в розчині каустичної соди. Новий ніж рекомендується шліфувати протягом 15...20 с, після чого промити.

Затуплені під час роботи ножі і гребінки також необхідно промивати і очищати перед заточуванням.

При заточуванні ніж або гребінка вводиться у контакт із поверхнею стрічки, після закінчення часу з 12 с для ножа і 19 с для гребінки, державка відводиться, елемент ріжучої пари знімається і проводиться візуальна перевірка якості заточування.

У разі, якщо на кромках ножа і гребінки видно сліди зносу, перевіряється правильність установки маховика реостата і положення притискного гвинта державки, після чого операція повторюється.

Абразивну стрічку Р 240 з типорозміром 100×630 мм рекомендується використовувати для заточування 10 ріжучих пар, після чого стрічка замінюється на нову. У разі, коли шов стрічки не передбачає однобічного спрямування робочого ходу стрічки, після заточки 5 ріжучих пар рекомендується зняти стрічку і перевернути її на 180°, змінивши тим самим робочий хід.

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім стрічки Р 240 допускається використання стрічки марки Р 220, а також електрокорундових абразивних стрічок з розміром основної фракції зерен 60 ± 5 мкм. При використанні стрічок на гумовій основі можливе застосування передбаченої у верстаті системи подачі МОР (водного розчину, емульсії, мінеральної) в якості засобу від засалювання через 2...3 заточування.

При досягненні товщини ножа значення вибракування (від 12 заточок), ніж може бути замінений на новий без заміни гребінки.

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

5.1 Техніка безпеки при експлуатації верстатів, що використовуються у технологічному процесі

При відновленні різальної кромки застосовується стрічковий шліфувальний верстат. Розглянемо організацію роботи на ньому.

Крім пристроїв, загальних для всіх металорізальних верстатів (огородження приводних і передавальних механізмів, засобів електробезпеки, місцевого освітлення і т. д.), верстати шліфувальної групи повинні забезпечуватися спеціальними пристроями для забезпечення безпеки праці. До цих пристроїв відносяться: огороження шліфувального круга, що виконується в залежності від специфічних особливостей верстата та інструменту; огорожа столу верстата, особливо при використанні електромагнітного способу закріплення оброблюваної деталі; підручника для опори оброблюваної деталі (заточування) на заточувальних верстатах; прозорий екран для захисту очей робітника від поранень відлітають частинками при роботі на обдирних і заточувальних верстатах з ручною подачею деталі на інструмент; пристрої, відсмоктувальні абразивний і металевий пил при роботі без МОР.

Конструкція огороження шліфувального круга визначається головним чином формою і розмірами круга і оброблюваної деталі, способом використання кола і конструкцією верстата. Залежно від конкретних умов роботи огорожею може бути або постійний захисний кожух, або постійний запобіжний пояс (патрон), або пристрій, періодично закриває круг, яке застосовується, наприклад, для внутрішньошліфувальних верстатів.

Для заточувальних, плоско- та круглошліфувальних, маятникових та інших верстатів, призначених для обробки зовнішніх поверхонь деталей шліфувальним кругом, слід застосовувати постійні захисні кожухи. Кожух повинен охоплювати круг з усіх боків, залишаючи відкритою тільки ту його частину, на якій протікає

процес обробки. Очевидно, що чим менша частина круга відкрита під час роботи, тим менше небезпека у разі його розірвання.

Усюди, де дозволяють умови роботи, слід прагнути до зменшення кута розкриття кожуха. Це особливо важливо тому, що в міру спрацювання круга кут його відкриття фактично збільшується і можливість вильоту з кожуха осколків зростає. У ряді випадків (наприклад, на обдирних, заточувальних та деяких інших верстатах) регулювання кута розкриття кожуха легко здійснюється шляхом влаштування на захисному кожусі пересувного козирка, який може закріплюватися в різних положеннях.

Конструкція кожуха повинна передбачати можливість легкої зміни спрацьованого круга. Це досягається тим, що одна з торцевих частин кожуха робиться знімною або відкривається.

Під час роботи круга знімна частина кожуха повинна бути надійно закріплена на його корпусі, так як при розриві можливий непередбачений напрямок польоту осколків круга, причому дуже вірогідні удари в торцеву частину кожуха. Для попередження замотування одягу робочого і можливих ударів його кінцем шпинделя з кріпильною гайкою ці деталі в процесі роботи круга повинні бути захищені спеціальним ковпачком, яким забезпечена знімна (відкривається) частина захисного кожуха.

Між кругом і стінками захисного кожуха повинні бути передбачені зазори, що виключають зіткнення обертового круга або його деталей з внутрішніми стінками кожуха. Надмірно великі зазори збільшують небезпеку вильоту уламків круга у разі його розірвання і погіршують умови відсмоктування абразивного пилу.

Захисний кожух необхідно робити міцним, щоб у разі розриву круга він міг не тільки утримати уламки від розлітання по робочому місцю, але й не зруйнуватися.

На рисунку 5.1 показана схема запобіжних пристроїв для шліфувальних верстатів.

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

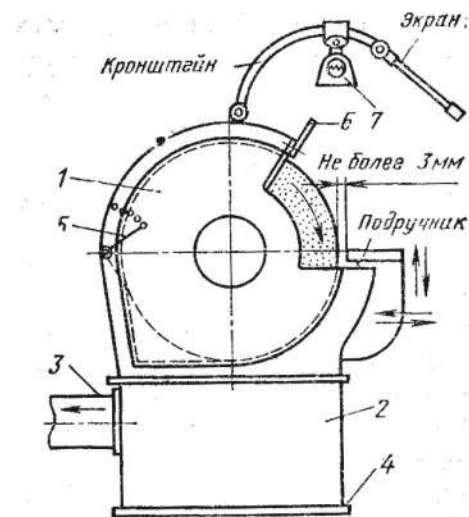


Рисунок 5.1 – Схема взаємозв'язку засобів безпеки шліфувальних верстатів

Як видно на рисунку 5.1, абразивний круг огорожений кожухом 1, який за допомогою пилозбірника 2, патрубку 5 і повітроводів приєднаний до вентиляційного відсмоктування. Запорошене повітря надходить від місця обробки в пилозбірник – уловлювач великої пилу, потім через патрубок 3 прямує в димарі і після очищення викидається назовні. Пилозбірник 2 періодично очищається від пилу, для чого призначений шибєр 4. У кожусі передбачена внутрішня регульована зовні заслінка 5, яка перешкоджає викиду пилу з верхньої частини кожуха, який затягується кругом, що швидко обертається. Заслінка 5 перекриває зазор між кожухом і кругом і переміщається по мірі зношування кола. Для забезпечення мінімального зазору між верхньою частиною кожуха і кругом служить заслінка 6. Вона повинна бути дуже міцною, так як в разі розриву круга на неї припадуть найчастіше удари його частин.

Підручник, слугує опорою деталі, повинен мати механізм регулювання у двох взаємно перпендикулярних напрямках і надійне кріплення у встановленому положенні. Регулювання необхідне для суворого дотримання зазору між підручником і кругом і встановлення оброблюваної деталі в певному положенні по відношенню до горизонтальної осі круга. Зазор між підручником і кругом не повинен перевищувати 3 мм. Якщо цей розмір буде перевищено, то в процесі

роботи оброблювана деталь заклинюється між підручником і кругом, що пов'язано з небезпекою розриву круга.

Підручник повинен бути встановлений так, щоб оброблювана поверхня деталі стикалася з кругом за його горизонтальної осі або піднімалася трохи вище осі кола. Неправильна установка підручника призводить до затягування оброблюваної деталі у зазор між підручником і кругом.

Для захисту очей від травмування частками, що відлітають, використовується регульований прозорий екран. В якості матеріалу для оглядового вікна екрану застосовується тришарове або плоске загартоване скло.

Важливе значення для забезпечення гарної видимості через вікно захисного екрана має відповідне розташування світильника 7. Його слід розташовувати під екраном. Кронштейн зі світильником доцільно зміцнювати на корпусі верстата.

Компонування необхідних засобів безпеки в одну систему, органічний їх взаємозв'язок з конструкцією верстата є найбільш ефективним шляхом вирішення завдань безпеки виробничого обладнання.

5.2 Вплив землетрусів на довкілля

Землетрус серед стихійних лих посідає перше місце за кількістю людських жертв, а також завданих збитків. Під поняттям землетрус розуміють підземні поштовхи, коливання земної поверхні, утворені внаслідок зміщення та розриву в земній корі. Ці рухи переносяться у вигляді пружних коливань на значні території.

Місце, в земній корі, з якого розповсюджуються сейсмічні хвилі, називають гіпоцентром землетрусу. Область на поверхні землі над гіпоцентром землетрусу із найменшою відстанню називають епіцентром. Залежно від глибини вогнища, виділеної енергії та місця розташування епіцентру масштаби землетрусів різняться.

У результаті підземних поштовхів відбувається коливання землі, утворення тріщин, обвали, зсуви. Зазвичай, підземні поштовхи посилюються після 10-20

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

секунд від початку. В результаті чого відбувається руйнація будівельних конструкцій та споруд. Середня тривалість землетрусу 5-20 секунд. Чим довше у часі відбуваються поштовхи, тим більші руйнації.

Поради, що допоможуть у підготовці до землетрусу.

Потрібно завчасно продумати план дій під час землетрусу, коли перебуваєте вдома, чи у кіно, в транспорті, на вулиці. Поясніть членам родини, що вони повинні робити під час землетрусу. Навчіть їх надавати першу медичну допомогу.

Тримайте в зручному місці документи, кошти, кишеньковий ліхтарик та додатковий комплект батарейок. Вдома має бути запас питної води та їжі у розрахунку на декілька днів. Слід прибрати ліжко від вікон та зовнішніх стін. У квартирі закріпити шафи, полиці, зняти з них важкі предмети. Безпечні речовини (отрутохімікати, легкозаймисті рідини) слід зберігати у надійному, ізольованому місці. Усі мешканці мають знати, де можна вимкнути подачу електроенергії, газу та води в разі потреби.

Під час землетрусу радимо дотримуватись наступних порад. Землетрус зазвичай відбувається раптово. Тому населення, перш ніж почує сигнал сирени чи отримає інформацію з інших джерел, відчує навіть слабкі коливання всередині будівлі (коливання, скрип підлоги, стін, посуду тощо). За перших ознак землетрусу намагайтесь не панікувати (є 15-20 секунд). Швидко необхідно залишити будівлю, взявши документи, кошти та предмети першої необхідності. Виконувати вказівки та рекомендації місцевих органів у справах громадянської оборони. Необхідно бути уважним до повідомлень та суворо виконувати їх. Залишаючи приміщення, не використовувати ліфт, спускатися сходами. На вулиці необхідно знайти відкритий простір. Не перебувати поблизу будівель, ліній електропередач, стовпів, трубопроводів. Зберігати спокій, намагатися заспокоїти інших.

Якщо вимушено залишилися у приміщенні, то необхідно залишитися у безпечному місці, наприклад, біля внутрішньої стіни, у кутку, в отворах внутрішніх капітальних стін або біля опори. Якщо можливо, заховатися під стіл, ліжко чи інший міцний і стійкий предмет. Це захистить від предметів, що падають,

					KPM.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

уламків. Якщо поруч діти, то їх необхідно накрити собою. Не використовувати свічки, сірники, запальнички. При витоку газу можлива пожежа. Можливе обвалення скла, цегли, арматури.

Необхідно триматися осторонь від навислих балконів, карнизів, остерігатися обірваних дротів. Якщо землетрус застав в автомобілі, то необхідно залишитися на відкритій місцевості. Можливо відкрити двері, але не потрібно залишати автомобіль. Необхідно зачекати закінчення поштовхів.

Природно-техногенні наслідки землетрусів відбиваються на довкіллі. Відбувається руйнування штучно створених споруд чи об'єктів. Сюди відносять:

- 1) пожежі на об'єктах антропогенного середовища, що призводять до екологічних наслідків;
- 2) прорив водосховищ із утворенням водяного валу нижче дамб;
- 3) розриви нафто-, газо-, водопроводів, розливання нафтопродуктів, витоки газу і води;
- 4) викиди шкідливих хімічних та радіоактивних речовин у навколишнє середовище, внаслідок пошкодження виробничих об'єктів, комунікацій, сховищ;
- 5) порушення надійності та безпечного функціонування військово-промислових та військово-оборонних систем, спровоковані вибухи боєприпасів.

5.3 Економічна ефективність

Для оцінки ефективності використання верстата стрічкового шліфування для заточування різальних пар нам необхідно порівняти його основні експлуатаційні показники з показниками дискового точильного верстату. В якості зразка такого пристрою приймемо ТА-1, як найбільш доступний і широко поширений варіант, який використовується на тваринницьких господарствах України (Агрофірма імені М.О.Посмітного, Одеська область, Березівський район, с.Розквіт; агрофірма „Серпнева”, Житомирська область, Бердичівський район, с.Радянське; ДП

„Деркульський кінний завод №63”, Луганська область, Біловодський район, с. Новодеркул).

При порівнянні варіантів застосування технологій і технічних засобів розраховується сумарний річний економічний ефект E_p , що визначається різницею приведених витрат для базового і пропонованого варіантів, з урахуванням ефекту від скорочення тривалості виконання робіт:

$$E_p = \Pi_{\text{баз}} - \Pi_{\text{пр}} + E_a, \quad (5.1)$$

де $\Pi_{\text{баз}}, \Pi_{\text{пр}}$ – приведені витрати за варіантами;

E_a – економія або збиток від зміни якості річного обсягу продукції при використанні нової техніки.

Сума приведених затрат Π_i з урахуванням спряжених капітальних вкладень для кожного з варіантів становитиме:

$$\Pi_i = A_i (C_i + E_c M_i m + E_n K_n), \quad (5.2)$$

де C_i – вартість одиниці заточування;

E_c – нормативний коефіцієнт ефективності, $E_c = 0,12$ [61];

M_i – вартість обладнання, що бере участь у процесі;

m – коефіцієнт, що враховує приведення витрат до більшого терміну служби;

E_n – коефіцієнт приведення:

$$E_n = (1 + E_{nn}) \tau, \quad (5.3)$$

де E_{nn} – норматив приведення, $E_{nn} = 0,1$;

τ – кількість років, що відділяє конкретний наведений рік від розрахункового року.

K_n – питомі спряжені капітальні вкладення, віднесені до одиниці механізованого процесу.

В ході проведення випробувань встановлено, що при використанні ріжучих пар, заточених на дисковому верстаті ТА-1, до затуплення ножа і гребінки оброблюється 5 голів. При роботі ріжучими парами, заточеними на стрічковому точильному верстаті число голів, стрижених між заточками, становить 8.

Визначимо собівартість заточування ріжучої пари, попередньо розрахувавши експлуатаційні витрати:

$$B = A_e + Z + T + A_e, \quad (5.4)$$

де A_e – амортизаційні відрахування на застосовуване устаткування, грн.;

Z – відрахування на заробітну плату обслуговуючого персоналу, грн.;

T – відрахування на поточний ремонт, грн.;

A_e – річні витрати на електроенергію, грн.

Амортизаційні відрахування, що припадають на застосовуване обладнання:

$$A_e = B \cdot a, \quad (5.5)$$

де B – балансова вартість верстата для заточування, грн.;

a – коефіцієнт відрахування на амортизацію, $a = 0,1$.

Балансова вартість:

$$B = C \cdot \eta, \quad (5.6)$$

де C – ціна точильного верстата за каталогом, грн.;

η – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку і монтаж; $\eta = 1,2$.

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вартість ТА-1 відповідно до каталогу заводу-виробника становить 12000 грн.

Витрати на виготовлення пропонованого верстата:

$$Ц = C_m + C_d + C_{з.п.} + C_{н.в.}, \quad (5.7)$$

де C_m – вартість матеріалів, грн.;

C_d – вартість покупних деталей та вузлів, грн.;

$C_{з.п.}$ – заробітна плата із відрахуваннями виробникам, що зайняті виготовленням та складанням верстата, грн.;

$C_{н.в.}$ – загальновиробничі накладні витрати, грн.

Вартість основних матеріалів здійснюється за виразом:

$$C_m = \sum M_i \cdot P_i, \quad (5.8)$$

де M_i – маса витраченого матеріалу i -го виду, грн.;

P_i – ціна матеріалу i -го виду, грн.

Маса матеріалу M (за видами) визначається за формулою:

$$M = A \cdot M_{\varepsilon}^n, \quad (5.9)$$

де M_{ε} – маса готової деталі, кг;

A, n – постійні, що залежать від матеріалу деталі, способів і методів її виготовлення, механічної обробки тощо.

Ціни приймаються згідно з фактичними витратами на придбання та доставку матеріалів.

M_1 – маса станини, кг; M_2 – маса ролика, кг; M_3 – маса каркасної плити, кг;
 M_4 – маса опорної плити, кг; M_5 – маса натяжної важеля, кг; M_6 – маса державки,
 кг; M_7 – маса кожуха, кг.

$$M_1 = 1,68 \cdot 4,5^{0,94} = 6,91 \text{ кг.}$$

$$M_2 = 1,68 \cdot 0,35^{0,94} = 0,63 \text{ кг.}$$

$$M_3 = 1,68 \cdot 1,8^{0,94} = 2,92 \text{ кг.}$$

$$M_4 = 1,58 \cdot 0,23^{0,98} = 0,37 \text{ кг.}$$

$$M_5 = 1,58 \cdot 0,2^{0,98} = 0,33 \text{ кг.}$$

$$M_6 = 2,26 \cdot 0,47^{0,98} = 1,09 \text{ кг.}$$

$$M_7 = 1,29 \cdot 0,53^{0,98} = 0,69 \text{ кг.}$$

$$\sum M_i = M_1 + 3 \cdot M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 \quad (5.10)$$

$$\sum M_i = 6,91 + 3 \cdot 0,63 + 2,92 + 0,37 + 0,33 + 1,09 + 0,69 = 14,2 \text{ кг.}$$

Усі деталі конструкції виготовлені зі звичайної сталі, вартість якої 15000 грн./т.

$$C_{\text{м}} = 14,2 \cdot 15 = 213 \text{ грн.}$$

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня вартість реостату (димер) на 5А, 600 Вт становить 300 грн.

Вартість електродвигуна АІР 63В2 220/380В 0,55 кВт, 3000 об/хв. – 3000 грн.

Вартість кріпильних елементів (болти, гайки), гумових патрубків (на ролики), пружин (державка і на натяжний механізм) близько 400 грн. Тоді $C_0 = 3700$ грн.

Заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції і виготовленні деталей до неї ($C_{з.п.}$), розраховується за формулою:

$$C_{з.п.} = C_{о.з.п.} + C_{д.з.п.} + C_{соц.}, \quad (5.11)$$

де $C_{о.з.п.}$ – основна заробітна плата, грн.;

$C_{д.з.п.}$ – додаткова заробітна плата, грн.;

$C_{соц.}$ – відрахування на соціальні потреби, грн.

Основна заробітна плата визначається:

$$C_{о.з.п.} = (T_{виг} + T_{ск}) \cdot C_ч, \quad (5.12)$$

де $T_{виг}$ – трудомісткість виготовлення деталей і вузлів верстата, чол.-год.;

$T_{ск}$ – трудомісткість складання верстата, чол.-год.;

$C_ч$ – годинна тарифна ставка верстатника, обчислюється за середнім розрядом, $C_ч = 14,90$ грн./год. Трудомісткість виготовлення елементів виробу визначається на основі поопераційних розрахунків. $T_{виг} = 18,94$ год.

Трудомісткість складання конструкції ($T_{ск}$) визначається за виразом:

$$T_{ск} = K_c \cdot \sum t_{ск}, \quad (5.13)$$

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K_c – коефіцієнт, що враховує співвідношення між повною і оперативною тривалістю складання (приймаємо рівним 1,08):

t_{ck} – трудомісткість складання окремих елементів конструкції.

$$\sum t_{ck} = 6t_1 + 8t_2 + t_3 + 3t_4, \quad (5.14)$$

де t_1 – трудомісткість кріплення за допомогою болта і гайкою, люд.-год.;

t_2 – трудомісткість свердління отвору, люд.-год.;

t_3 – трудомісткість нарізання різьби, люд.-год.;

t_4 – трудомісткість запресовування ролика, люд.-год.

$$\sum t_{ck} = 6 \cdot 0,01 + 8 \cdot 0,025 + 0,033 + 3 \cdot 0,03 = 0,383 \text{ люд.-год.}$$

$$T_{ck} = 1,08 \cdot 0,383 = 0,414 \text{ люд.-год.}$$

$$C_{o.z.n.} = (0,414 + 18,94) \cdot 14,90 = 288,4 \text{ грн.}$$

Розмір додаткової заробітної плати становить 5...12% від основної

$$C_{d.z.n.} = (0,05 \dots 0,12) C_{o.z.n.} \quad (5.15)$$

$$C_{d.z.n.} = 0,09 \cdot 288,4 = 26 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби

$$C_{соц} = K_6 (C_{o.z.n.} + C_{d.z.n.}), \quad (5.16)$$

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K_e – коефіцієнт відрахувань, $K_e = 0,395$.

$$C_{соц} = 0,395 \cdot (288,4 + 26) = 124,2 \text{ грн.}$$

$$C_{з.п.} = 26 + 288,4 + 124,2 = 438,6 \text{ грн.}$$

Загальнозаводські витрати:

$$C_{о.п.} = k_{о.п.} \cdot C_{з.п.}, \quad (5.17)$$

де $k_{о.п.}$ – коефіцієнт загальнозаводських витрат, $k_{о.п.} = 0,044$.

$$C_{о.п.} = 0,044 \cdot 288,4 = 12,7 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на виготовлення стрічкового точильного верстата:

$$Ц_{вир} = 3700 + 213 + 438,6 + 12,7 = 4364,3 \text{ грн.}$$

Таким чином, балансова вартість і амортизаційні відрахування:

$$B_{баз} = 14400 \text{ грн.}$$

$$B_{пр} = 5237 \text{ грн.}$$

$$A_{баз} = 1440 \text{ грн.}$$

$$A_{пр} = 524 \text{ грн.}$$

Відрахування на заробітну плату розраховуємо виходячи із розміру тарифної ставки робітника

$$З = C_m \cdot t, \quad (5.18)$$

де C_m – тарифна ставка робітника, грн./год., $C_m = 11,13$ грн. для 1 розряду;

t – час роботи верстата, год./рік.

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розрахункові заробітної плати будемо вважати, що заточуванням займається слюсар-заточувальник, зайнятий протягом усього робочого періоду. При одночасній роботі двох стригалів середньої кваліфікації в умовах 8 годинного робочого дня, стрижка займе 30 днів. Прийmemo значення місячної заробітної плати слюсаря-заточувальника, як для слюсаря-інструментальника, за 1 розрядом, $З = 2500$ грн.

Питомі витрати на ТО і поточний ремонт точильного верстата, що застосовується, визначаються:

$$T = \frac{B \cdot R}{100}, \quad (5.19)$$

де R – відрахування на ремонт, $R = 3\%$.

$$B_{\text{баз}} = 14400 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{пр}} = 5237 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{баз}} = 432 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{пр}} = 157 \text{ грн.}$$

Річні витрати на електроенергію:

$$A_e = C \cdot N \cdot t, \quad (5.20)$$

де C – тариф на електроенергію, $C = 30,84$ грн./(кВт·год);

N – потужність електродвигуна, кВт;

t – час роботи установки, год./рік.

Потужність електродвигуна ТА-1 відповідно до характеристик 400 Вт, а розробленого верстату – 550 Вт.

Час роботи кожного верстата розраховували виходячи із часу, необхідного на заточування ножа та гребінки

$$t = T \cdot N_s, \quad (5.21)$$

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де N_z – число заточувань ріжучих пар

$$N_z = \frac{m}{n}, \quad (5.22)$$

де m – загальна чисельність тварин, 500 голів;

n – кількість оброблених тварин між переточуваннями, відповідно 5 і 8 голів;

$$N_{з\text{ баз}} = \frac{500}{5} = 100;$$

$$N_{з\text{ пр}} = \frac{500}{8} = 62.$$

$$t_{\text{баз}} = \frac{(20 + 40)}{3600} \cdot 100 = 1,7 \text{ год./рік};$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{(12 + 19)}{3600} \cdot 62 = 0,5 \text{ год./рік}.$$

$$A_{e\text{ баз}} = 30,84 \cdot 0,4 \cdot 1,7 = 21 \text{ грн.};$$

$$A_{e\text{ пр}} = 30,84 \cdot 0,55 \cdot 0,5 = 8,5 \text{ грн.}$$

Таким чином експлуатаційні витрати за формулою (5.4) становлять

$$B_{\text{баз}} = 1440 + 2500 + 432 + 21 = 4393 \text{ грн.};$$

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{np} = 524 + 2500 + 157 + 8,5 = 3190 \text{ грн.}$$

Собівартість виконаної одиниці роботи

$$C_i = \frac{B}{N_s} \quad (5.23)$$

$$C_{i \text{ баз}} = \frac{4393}{100} = 44 \text{ грн.};$$

$$C_{i \text{ np}} = \frac{3190}{62} = 51,5 \text{ грн.}$$

При розрахунку собівартості заточування ріжучої пари у грн. на одну голову використовуємо формулу

$$C_s = \frac{B}{m} \quad (5.24)$$

$$C_{s \text{ баз}} = \frac{4393}{500} = 8,8 \text{ грн.};$$

$$C_{s \text{ np}} = \frac{3190}{500} = 6,4 \text{ грн.}$$

При розрахунку спряжених капіталовкладень врахуємо вартість набору абразивних стрічок. Кількість стрічок, необхідних на рік, виходячи з їх зносостійкості, дорівнює 28. Вартість однієї стрічки становить 9-12 грн.

Сума приведених затрат Π_i становитиме: $\Pi_{\text{баз}} = 18793$ грн. і $\Pi_{\text{np}} = 8707$ грн.

Необхідна кількість ріжучих пар:

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{p.n} = \frac{N_3}{\mu}, \quad (5.25)$$

де μ – ресурс ножа за числом заточувань до вибраковування, шт.

$$N_{p.n.}^{баз} = \frac{100}{12} = 9;$$

$$N_{p.n.}^{np} = \frac{62}{15} = 5.$$

Витрати на ріжучі пари:

$$З = N_{p.n.} \cdot \varepsilon, \quad (5.26)$$

де ε – ринкова вартість ріжучих пар, $\varepsilon = 340$ грн.

$$З_{баз} = 9 \cdot 340 = 3060 \text{ грн.};$$

$$З_{np} = 5 \cdot 340 = 1700 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від підвищення довговічності роботи ріжучих пар між заточуваннями становить:

$$E_{\kappa} = З_{баз} - З_{np}. \quad (5.27)$$

$$E_{\kappa} = 3060 - 1700 = 1360 \text{ грн.}$$

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річний економічний ефект:

$$E_p = 18793 - 8707 + 1360 = 11446 \text{ грн.}$$

Окупність приведених витрат:

$$Q = \frac{P}{E_p}. \quad (5.28)$$

$$Q = \frac{8707}{11446} = 0,76.$$

Показник зменшення експлуатаційних витрат:

$$C_e = \frac{B_{\text{баз}} - B_{\text{пр}}}{B_{\text{баз}}} \cdot 100\%. \quad (5.29)$$

$$C_e = \frac{4393 - 3190}{4393} \cdot 100\% = 27,4\%.$$

Скорочення тривалості заточування та підвищення довговічності роботи ріжучої пари сприяло зниженню собівартості заточування останньої з 8,8 до 6,4 грн./гол.

Річний економічний ефект від використання пропонованого верстату замість дискового ТА-1 (з урахуванням підвищення ресурсу за кількістю заточувань ріжучої пари) склав 11446 грн.

Результати розрахунку показників економічної ефективності заточування ріжучих пар машинок на розробленому верстаті представлені у таблиці 5.1.

					КРМ.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Показники економічної ефективності заточування ріжучих пар
ножа і гребінки

Показники	Дисковий верстат ТА-1	Верстат, що пропонується
1	2	3
Робота до затуплення (кількість голів)	4...6	7...9
Тривалість заточування, с:		
- ніж;	15...20	12
- гребінка	30...45	19
Собівартість заточування, грн./гол.	8,8	6,4
Приведені витрати, грн.	18793	8707
Ресурс за числом заточувань, шт.:		
- ніж	12	15
- гребінка	15	20
Необхідна кількість ріжучих пар	9	5
Річний економічний ефект, грн.	-	11446
Термін окупності, років	-	0,76

ВИСНОВКИ

Отже, відповідно до отриманого завдання на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти та за результатами її виконання зроблено наступні висновки.

1 Заточування ріжучих пар стригальних машинок на дискових верстатах призводить до зменшення ресурсу ножа і гребінки за кількістю можливих переточувань внаслідок нерівномірного зносу їх робочих поверхонь по ширині. Усунути зазначений недолік можна за допомогою шліфування робочих поверхонь ріжучої пари нескінченною абразивною стрічкою із використанням опорної плити для забезпечення рівномірного зносу.

2 Запропоновано методику реалізації трифакторного експерименту із визначення функціональної залежності шорсткості оброблених поверхонь стригальної пари від технологічних параметрів, а саме швидкості стрічки, зусилля притискання ножа і гребінки до стрічки, тривалості заточування.

3 Запропоновано конструкцію верстату стрічкового шліфування для заточування ріжучих пар, що забезпечує рівномірність стирання їх робочих поверхонь.

4 Під час експериментальних досліджень встановлено значення параметрів заточування ріжучих пар на запропонованому верстаті, що відповідають оптимальному режиму роботи: швидкість стрічки 1,7 м/с; зусилля притискання ножа і гребінки до стрічки 18 Н; тривалість заточування гребінки 19 с, ножа 12 с. Під оптимальним розуміється режим роботи, що забезпечує: значення шорсткості R_a робочих поверхонь ножа і гребінки в межах 9 класу чистоти обробки (0,16...0,32 мкм); тривалість заточування, що не перевищує нормованого значення 20 с для ножа і 40 с для гребінки; збереження твердості робочих поверхонь ножа і гребінки у межа HRA 84, як показника відсутності припалювань.

5 Відзначено основні положення практичної реалізації розробки.

					KPM.133ГМмд_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		