



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Дослідження стійкості щіткових полімерно-абразивних інструментів

Студент Мердікова Юлія Русланівна

Спеціальність 131 Прикладна механіка група Мз-113м

Обсяг проекту (роботи) Повний

Кількість аркушів креслень

Кількість сторінок пояснювальної записки 120

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень У роботі проведено аналіз дослідження стійкості щіткових полімерно-абразивних інструментів

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню
Виконана робота повністю відповідає поставленому завданню

в) характеристика виконання кожного розділу магістерської роботи, рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи
Виконана робота на достатньому рівні відповідає останнім досягненням науки та техніки

г) негативні особливості виконання роботи
При перевірці виконаної роботи негативних особливостей не виявлено

д) позитивні особливості

Позитивною особливістю можна вважати визначення впливу різних факторів та параметрів на силу взаємодії дискових полімерно-абразивних щіток та дротів.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи) Презентація та пояснювальна записка виконані у відповідності до діючих стандартів.

є) висновок про роботу загалом

В цілому магістерська робота студентки групи Мз-131м Мердікової Юлії Русланівни відповідає вимогам вищої школи.

ж) інші зауваження

У якості зауважень можна привести наступне. З магістерської роботи не зрозуміло, що мається на увазі під терміном «Стійкість» полімерно-абразивного інструменту.

з) оцінка роботи

В цілому магістерська робота студентки групи Мз-113м Мердікової Юлії Русланівни заслуговує оцінку «відмінно».

Решення склав к.т.н., доцент кафедри ТМБ Логомінов В.О.

(підпис, місце роботи, прізвище, ім'я по батькові)

(підпис)

«12» 12 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

другий рівень, магістр

(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: «Дослідження стійкості щіткових полімерно-абразивних
інструментів»

Виконав: студент VI курсу, групи Мз-113м
спеціальності (напряму підготовки)

131 – Прикладна механіка

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Мерлікова Ю.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гончар Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Логомінов В.О.

(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 131 – Прикладна механіка
(код і назва)
 Напрямок підготовки _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТМБ
С.І. Дядя, к.т.н., доц.
 “ 10 ” 12 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мерлікова Юлія Русланівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження стійкості щіткових полімерно-абразивних інструментів

керівник проекту (роботи) Гончар Наталя Вікторівна. к.т.н., доц.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” 12 2018 року №372

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Дослідження стійкості щіткових полімерно-абразивних інструментів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз наукової літератури.

2. Визначення методики виконання досліджень

3. Визначення стійкості полімерно-абразивних щіток

4. Аналіз результатів дослідження.

5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація – 25 плакатів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 4 частина	Гончар Н.В. к.т.н., доцент		
5 частина	Шмирко В.І. к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Козлова О.Б. к.т.н., доцент		
Рецензія	Логомінов В.О. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 26.02.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Щітковий полімерно-абразивний інструмент як інструмент фінішної обробки	24.09.18-05.10.18	
2	Методика визначення стійкості щеточного ПАІ при обробці деталей	05.10.18-15.10.18	
3	Визначення стійкості полімерно-абразивних щіток	15.10.18-22.10.18	
4	Аналіз результатів дослідження	22.10.18-06.11.18	
5	Охорона праці	06.11.18-13.11.18	
6	Оформлення ПЗ та презентації	13.11.18-23.11.18	
7	Нормоконтроль та рецензія	23.11.18-05.12.18	
8	Захист магістерської роботи	13.12.18	

Студент _____
(підпис)

Мерлікова Ю.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Гончар Н.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 120 стор., 18 табл., 28 рис., 24 джерел, 2 додатків.

Об'єкт дослідження: полімерно-абразивні щітки.

Предмет дослідження: зношування полімерно-абразивних щіток під впливом різних факторів.

Методи дослідження: методи інженерної механіки - для досліджень процесу зношування; методи математичної статистики – для аналізу отриманих результатів випробувань.

Мета роботи: визначення вагового зношення полімерно-абразивної щітки, яке виникає під час обробки, а також подальше визначення та оцінювання факторів, що впливають інтенсивність зношення; визначення стійкості цих інструментів.

Задачі дослідження:

1. Визначити дослідницьким шляхом середнє зношення полімерно-абразивних щіток за 10^6 обертів (циклів) – вагове, питоме, на довжину волокна (діаметр щітки).
2. Порівняти ступінь зношення повної щітки та одиничного волокна.
3. Проаналізувати ступінь впливу фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, режимів різання та параметрів щітки на інтенсивність зношування полімерно-абразивних щіток.
4. Написати математичну модель для визначення зношення полімерно-абразивної щітки від натягу волокон та швидкості обробки.
5. Провести аналіз небезпек які можуть виникнути при роботі у лабораторії та за персональним комп'ютером (ПК); розробити план розміщення освітлення у заданому приміщенні.

ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНА ЩІТКА, ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНІ ВОЛОКНА, ЗРАЗОК, ЗНОШЕННЯ, ВЛАСТИВОСТІ, РЕЖИМИ ОБРОБКИ, КОРЕЛЯЦІЯ, ПОВНИЙ ФАКТОРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
Вступ	8
1 Щітковий полімерно-абразивний інструмент як інструмент для полірування	9
1.1 Особливості застосування щіткового ПАІ	9
1.2 Принцип дії ПАЩ	12
1.3 Особливості видів зношення щіткового ПАІ	12
1.4 Порівняння зношення щіткового ПАІ з металічною щіткою	14
1.5 Висновки	16
2 Методика визначення стійкості щіткових ПАІ при обробці деталей	17
2.1 Експериментальне обладнання та принцип його роботи	17
2.2 Зразки для експериментів	18
2.3 Методика проведення експериментів	19
2.4 План експерименту	20
2.5 Висновки	22
3 Визначення стійкості полімерно-абразивних щіток	23
3.1 Результати проведених експериментальних досліджень	23
3.2 Висновки	24
4 Аналіз результатів дослідження	25
4.1 Аналіз результатів дослідження стійкості щіткового ПАІ	25
4.2 Порівняння стійкості цілої щітки і одиничного волокна	35
4.3 Кореляційний аналіз	38
4.4 Повний факторний експеримент	46
4.5 Вплив різних факторів на стійкість щіткового ПАІ	52
4.6 Висновки	67
5 Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	68
5.1 Аналіз потенційних небезпек	68

5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	70
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	73
5.4 Заходи з пожежної безпеки	83
5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	85
5.6 Висновки	88
Висновки	89
Перелік посилань	91
Додаток А. Експериментальні результати	94
Додаток Б. Презентація	96

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ГОСТ	Державний стандарт
ДБН	Державні будівельні норми
ДСанПіН	Державні санітарні правила і норми
ДСТУ	Державний стандарт України
ЗНТУ	Запорізький національний технічний університет
ЗОТС	Змашувально-охолоджуючі технологічні середовища
НАПБ	Нормативні акти з пожежної безпеки
НПАОП	Нормативно-правові акти з охорони праці
ОП	Охорона праці
ПАВ	Полімерно-абразивні волокна
ПАІ	Полімерно-абразивний інструмент
ПАЩ	Полімерно-абразивні щітки
ПК	Персональний комп'ютер
СДОР	Сильнодіючі отруйні речовини
ССБТ	Система стандартів безпеки праці
ТП	Технологічний процес
ЧПК	Числове програмне керування

ВСТУП

У сучасній промисловості, на даний час, до виробляємих деталей, механізмів та машин пред'являють великі вимоги якості та точності розмірів. Досягнення потрібних характеристик можливе за рахунок використання нових методів та інструментів для обробки, на сам перед для фінішної обробки. Одними з таких інструментів є полімерно-абразивні інструменти.

Полімерно-абразивні інструменти використовують здебільш для полірування та слюсарної обробки крайок. Вони відкривають нові можливості у фінішній обробці виробів. Застосовуються для обробки деталей будь-якої конфігурації, через можливість придання цим щіткам необхідної форми профілю деталі.

На даному етапі вивчення полімерно-абразивних інструментів одним з важливих напрямків є вивчення зношення полімерно-абразивних волокон щіток. Полімерно-абразивні інструменти як і будь-який інший інструмент піддається зношенню під час обробки заготовок (деталей).

Полімерно-абразивні щітки під час роботи піддається зношуванню, який необхідно контролювати. Інтенсивний знос щіткового полімерно-абразивного інструменту, як і інших інструментів, може відбуватись через неправильні режими обробки, некоректний підбор типу інструмента, вібрації верстата, фізичні та механічні характеристики обробляймої деталі тощо. Тому для підвищення працездатності полімерно-абразивних інструментів і продуктивності обробки необхідно знати ступінь їх впливу та час воду корекції на інструмент під час різання.

Щоб отримати необхідні дані для мінімізації зношення та підвищення стійкості полімерно-абразивних щіток необхідно провести ряд дослідів використовуючи спеціальні пристрої та програмні забезпечення (таке як «Statistica»), і встановити зв'язок між ними.

1 ЩІТКОВИЙ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОЛІРУВАННЯ

У сучасній промисловості використовують різні методи обробки заготовок для придання їм необхідної якості поверхні готової деталі. Одним з таких методів є фінішна обробка. Від якості виконання поверхонь залежить багато що: строк служби деталі та, відповідно, механізму в цілому; експлуатаційні характеристики деталі; надійність конструкції виробу, у як встановлена деталь; вартості деталі та, як наслідок, усього виробу. У ході процесу виготовлення деталі фінішна обробка займає 5...15% від загального об'єму часу виготовлення деталей.

Фінішна обробка деталей може проводитись різними методами, для яких розроблені певні види інструментів. Одним з видів таких інструментів є щітковий полімерно-абразивний інструменти (ПАІ) [1], який використовують здебільш для полірування та слюсарної обробки крайок.

На цьому етапі розвитку виробництва полімерно-абразивні щітки (ПАЩ) (рис. 1.1) у порівнянні з іншими інструментами для фінішної обробки (наприклад такими, як: шліфувальні круги, абразивні стрічки, металеві щітки тощо) представляють один з найбільш перспективних інструментів, хоча й застосовуються значно рідше.

Дослідження ПАЩ проводиться у різних напрямках, проте, через те, що на ринку інструментів вони з'явилися відносно нещодавно, їх характеристики достатньо ще не вивчено. Актуальною задачею являється дослідження зношення ПАЩ, і як наслідок, їх забезпечують успішну експлуатацію цих інструментів.

1.1 Особливості застосування щіткового ПАІ

ПАЩ відкривають нові можливості у фінішній обробці виробів. Застосовуються для обробки деталей будь-якої конфігурації, через

можливість придання цим щіткам необхідної форми профілю деталі.

ПАЩ мають декілька відмінних особливостей, таких як:

- щітка складається з маточини та полімерних волокон діаметром 0.5...2 мм з розподіленими по об'єму волокон абразивними зернами (25...35%), певної зернистості [2];
- комбінування твердих та гострих кромek зерен с гнучкою основою волокон [1];
- стійкість до лугів та кислот;
- властивість самозагострення;
- самоочищення поверхні від наплаву полімера.

Щітковий ПАІ також має таку перевагу як зниження вимог до точності взаємного розташування оброблюваної деталі та інструменту. За рахунок цього зменшується складність руху щітки, що робить автоматизацію та механізацію таких операцій технологічно і економічно прийнятними, тому що знижується вартість автоматичних пристроїв і технологічного обслуговування [3].

Таким чином щітки з полімерно-абразивними волокнами (ПАВ) дозволяють досить продуктивно, якісно і рівномірно обробляти деталі та притупляти гострі кромки, видаляти задирки [1], зачищати поверхню від іржі, фарби та працювати з деталями, які мають складний профіль.

ПАВ складається з полімерної чи поліамідної (нейлонової) основи та абразивних зерен. Матеріалом абразивних зерен служить електрокорунд нормальний (14А) для обробки чорних металів або карбід кремнію (63С) для обробки кольорових металів. У волокнах ПАЩ використовується абразив зернистістю F90 – F320.

Недоліком ПАІ є обмеження температурного режиму при обробці через невисоку температуру плавлення полімерної основи волокон.

Щіткові ПАІ бувають різноманітної форми та конфігурації (рис. 1.1). За їх допомогою можливо не тільки видаляти задирки, притупляти гострі кромки, але також закругляти їх, доводити поверхню до потрібної

шорсткості, згладжувати різні вади, що виникли після механічної обробки. Застосування того чи іншого виду щіток обумовлюється формою та кривизною оброблюваної поверхні, а також властивостями поверхневого шару, які необхідно забезпечити [3].

ПАЩ широко застосовуються на універсальних поліруючих, шліфувальних та заточних станках. На станках з числовим програмним керуванням (ЧПК) щітковий ПАІ, оснащують стандартним хвостовиком для закріплення його у шпинделі станка.



Рисунок 1.1 – Основні види щіткового ПАІ.

Службове призначення ПАЩ визначається такою її комплексною характеристикою, як жорсткість волокон. Вона залежить від конструктивних параметрів, серед яких необхідно виділити діаметр та виліт волокна, а також густина волокон в щітці. Крім того, важливе значення має вид щітки та її розташування відносно оброблюємої поверхні [4].

1.2 Принцип дії ПАЩ

ПАЩ за рахунок гнучкості та пружності волокон має можливість досить легко обробляти деталі складного профілю.

Виходячи з заданих параметрів обробки деталі вибирають потрібний вид щітки та раціональні режими обробки. Проведеними раніше дослідженнями встановлено наступні характеристики роботи: швидкість $V=4...20$ м/с; подача $S=1$ м/хв; натяг $i=1...1,5$ мм [5]. Також можливо стверджувати, що ПАЩ може працювати як без використання змащувально-охолоджуючих технологічних середовищ (ЗОТС), так і з застосуванням ЗОТС.

За один прохід щіткового ПАІ в залежності від режимів та параметрів ПАЩ можна видалити від двох мікрометрів шару матеріалу, з якого виготовлено деталь.

В процесі обробки щітковим ПАІ абразивні зерна волокон щітки вступають в контакт з оброблюємою поверхнею деталі. При збільшенні натягу i зменшується кут нахилу волокон відносно поверхні, що обробляється. Це приводить до збільшення одиничної плями контакту волокна з поверхнею. Також пляма контакту змінюється при збільшенні чи зменшенні вильоту L [6].

1.3 Особливості видів зношення щіткового ПАІ

ПАЩ під час роботи піддається зношуванню, який необхідно контролювати. Інтенсивний знос щіткового ПАІ, як і інших інструментів,

може відбуватись через неправильні режими обробки, некоректний підбор типу інструмента, вібрації верстата тощо.

Розрізняють наступні види зношування щіткового ПАІ:

- викришування абразивних зерен;
- зміна форми та плавлення робочих кінців ПАВ;
- відрив частини або цілого волокна.

Одним з факторів, що впливають на усі види зносу інструмента, є температурний режим при обробці. Вірний температурний режим забезпечує високу працездатність та стійкість ПАЩ.

При перевищенні допустимої температури в місці закріплення ПАВ у маточину в процесі обробки деталі щітковим ПАІ теоретично можливий відрив цілого ПАВ. Даний процес можна спостерігати при використанні деяких ручних поліруючих установок, що нагрівають щітку в установчому згніді. Такі машинки застосовувати з ПАЩ не рекомендується. На практиці такий вид зношування ще не відбувався.

Проаналізувавши раніш проведені дослідження ПАЩ можна виділити три виду зношення робочої частини ПАВ, що контактує з поверхнею деталі. Перший вид зношення – відбувається у процесі обробки щітковим ПАІ деталі з використанням раціональних режимів обробки. Другий вид зношення – відбувається при перевищенні величини натягу i вище рекомендованого значення – на кінцях волокон відбувається «розпушування». Третій вид зношення – налипання полімерної речовини на поверхню оброблюваної деталі, яке відбувається при перевищенні температури у зоні контакту інструменту та заготовки вище температури плавлення полімеру, використовуюваного як основу ПАВ [7].

За попередніми дослідженнями експлуатації робочої частини ПАВ, можна сказати, що змінюючи параметри роботи ПАІ зношення волокон можна збільшити чи зменшити в 2...4 рази, у деяких випадках навіть у шість разів [8].

1.4 Порівняння зношення щіткового ПАІ з металічною щіткою

На даний час механічні щітки з металевим ворсом більш відомі та широко застосовуються для обробки, обробка ними має назву – крацування. Щітки інколи називають крацовочними. Вони давно досліджені та включені в монографії, підручники [9,10 та інші], а також у технологічні процеси (ТП) механічної обробки реально існуючих деталей.

ПАЩ, так само як щітки з металічним ворсом, відносно прості у використанні. ПАЩ складається з набору полімерно-абразивних волокон закріплених у маточину. В металічних щітках замість ПАВ – сталева проволока. Конструкція та назва аналогічні.

Обидва виду щіток мають ряд однакових параметрів, таких як: i – натяг; L – вильот; d – діаметр волокна; D – діаметр щітки.

Проведемо порівняльний аналіз зношування даних інструментів.

Для обох видів інструментів інтенсивність зношення, а значить, і стійкість, визначається структурними, геометричними, фізико-механічними характеристиками інструменту, умовами обробки (режими різання, ЗОТС, жорсткістю та вібростійкістю верстата та ін.) [6, 11, 12].

Аналізуємо наступні види зношення, характерні цим інструментам :

- абразивне зношення;
- адгезійне зношення;
- дифузійне зношення;
- комбіноване зношення;
- виривання волокон;
- крихке мікроруйнування;
- крихке об'ємне макроруйнування;
- вирив.

Абразивне зношення виникає через дряпання та зріз твердими включеннями оброблюваного матеріалу субмікроскопічних та мікроскопічних об'ємів поверхневого шару інструменту, так зване «стирання» На збільшення

абразивного зношення впливають перехідні процеси, умови входу та виходу інструменту та інше.

Адгезійне зношення інструмента, у межах приграничного шару одної з контактних поверхонь відбувається руйнування у точках утворення адгезійного (молекулярного) схоплення. Результатом цього зношення, що відбувається при температурі нижче 900°C , являються кратери на робочих поверхнях інструменту. Може виникати при роботі крацовочними щітками.

Дифузійне зношення інструменту відбувається при неприливному та направленому переносі основних елементів з граничного шару інструментального матеріалу в контактний шар оброблювального матеріалу. Як правило, це відбувається при порівняно завищених температурах. Проте особливістю ПАЩ є порівняно низькі температури під час обробки, не перевищуючі $200\ldots 250^{\circ}\text{C}$. Тому дифузійне зношення ПАЩ практично не відбувається. Металеві щітки переносять свій матеріал у поверхневий шар деталі.

Комбіноване зношення виникає, коли контакт поверхонь відбувається в корозійних середовищах. У процесі ковзання на робочій поверхні оксидні плівки руйнуються і корозійний вплив поширюється вглиб матеріалу інструмента. Цьому зносу піддаються впливу тільки металеві щітки, ПАЩ стійкі до розчинів лугів та кислот.

Виривання волокон може відбуватися як через перевищення температури під час обробки, так і при втомному руйнуванні. Відрив частини волокна відбувається переважно в металевих щітках. У ПАЩ такий вид зносу не спостерігається.

Крихке об'ємне макроруйнування (розколювання) абразивних зерен, в першу чергу не вигідно орієнтованих, дефектних, на кілька частин при значних силах різання. При використанні металевих щіток і ПАІ не виникає.

Крихке мікроруйнування (поверхнєве викришування) ріжучих крайок зерен, що призводить до утворення нових гострих ріжучих крайок. Виникає найчастіше в режимі самозагострення.

Виривання з основи цілих абразивних зерен або їх блоків за рахунок руйнування зв'язки. Спостерігається при використанні ПАІ.

1.5 Висновки

1. Проведено аналіз науково-літературних джерел стосовно використання ПАІ.
2. Визначено принци дії ПАЩ.
3. Проведено порівняльний аналіз зношення ПАЩ і металевої щітки.

2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ЩІТКОВИХ ПАІ ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ

2.1 Експериментальне обладнання та принцип його роботи

Дослідження в процесі виконання наукової роботи проводили в умовах лабораторій Запорізького національного технічного університету (ЗНТУ).

Експериментальна частина проекту виконувалась у лабораторії на плоскошліфувальному верстаті 3Б71М, в шпindel ь якого встановлювали щітковий полімерно-абразивний інструмент.

Перед початком експериментальних робіт проводиться перевірка роботи верстата і обладнання, та оснащення. Потім необхідно провести контроль частоти обертів шпинделя й перевірити установку, що складається з пірометра, промислового фена та мікротермопари.

Для визначення частоти обертів шпинделя використовували стандартний тахометр годинного типу - ТЧ-10Р (рис. 2.1) з похибкою вимірювань не більше 1%. Він безпосередньо приєднується до верстата. Для вимірювання частоти обертів ніжку тахометра встановлювали у центральний отвір шпинделя і знімали показання.



Рисунок 2.1 - Ескіз стандартного тахометра годинникового типу

Для визначення ступеня зносу щіток до і під час експерименту (після заданої кількості циклів) щітку зважують на лабораторних вагах виробництва

«Техноваги» ТВЕ-2,1-0,01 (рис. 2.2), II класу точності згідно з державного стандарту України (ДСТУ) EN 45501, межа зважування 2100 г, дискретність зважування - 0,01 г, точність зважування - 0,02 г. Для точного налаштування вагів використовували набір гир г-4-111.10 ГОСТ 7328-82.



Рисунок 2.2 - Лабораторні ваги

Під час експерименту щітки обертались фіксовану кількість циклів. Для її контролю використовували реверсний частомір Ф5007 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Реверсивний програмний лічильник-частомір

2.2 Зразки для експериментів

В ході проведення експериментів використовувались лабораторні зразки у вигляді пластин, виготовлених з різних матеріалів, таких як: сталь 20; латунь Л63; титан ВТ8-М1; алюміній АМГ3; нікель ЕП718; мідь М2 [8].

Зразки мали плоску робочу поверхню для декількох експериментів на одній стороні (рис. 2.4).

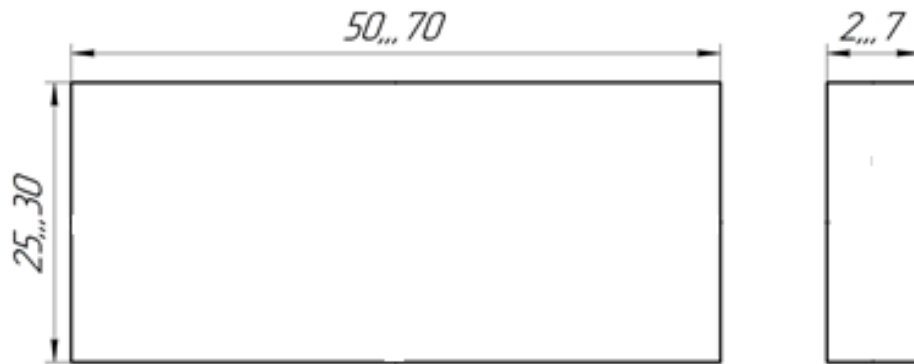


Рисунок 2.4 - Ескіз зразка для експериментів

Всі зразки мають твердість в межах 45...156 НВ і шорсткість $Ra=1,6$ мм. Для чистоти експериментів обробку проводили без використання ЗОТС.

Для проведення експерименту зразки закріплювали на магнітному столі верстата в спеціальні лещата, щоб забезпечити однакові умови відводу тепла із зони різання.

2.3 Методика проведення експериментів

Дослідження зношення ПАЩ має ряд складнощів, тому що існує кілька видів і форм інструменту, кожен з яких має свою геометрію, свої параметри обробки, а, отже, і ступінь зношення. У різних ПАЩ волокна мають різну довжину, розташовані на різній відстані від осі обертання, мають різну густину набивки і різну площу плями контакту. У процесі дослідження волокна зношуються по-різному, що впливає на точність дослідження, через це розраховують усереднене зношення. Також слід врахувати, що в щітці волокна працюють групами. Це впливає на зусилля притискання волокон до оброблюваної поверхні. Умови роботи одного ПАВ в групі дещо відрізняються від умов роботи раніше досліджених одиничних волокон [13]. У групі волокон є волокна, які виконують обробку в даний момент часу, сусідні волокна, які їх притискають до оброблюваної поверхні. Так само в «робочій» групі волокна, утримують одне одного в процесі обертання і не

дають додатково коливатись під час холостого ходу, що значно зменшує кількість вигинів всіх волокон, через мірна кількість може призвести до втомного руйнування.

Також необхідно враховувати, що на густину волокон в зоні обробки впливає і діаметр щітки. Чим менше діаметр щітки, тим більше відрізняється картина взаємодії волокон в зоні контакту. При зменшенні діаметра волокон або зменшенні їх вильоту збільшується жорсткість, і група не так тісно працює, як в щітці з менш жорсткими волокнами, тому що в «робочій групі» бере участь менша кількість волокон.

Зі зменшенням діаметра щітки збільшується кут між двома сусідніми волокнами, і, як наслідок, група волокон працює з меншим взаємозв'язком та більш значна частина реакції волокна на удар при вході в робочу зону досягає місця закріплення.

Збільшення площі плями контакту кожного волокна може відбуватися за рахунок збільшення натягу і зменшення кута нахилу волокна до оброблюваної поверхні. Також пляма контакту може змінюватись в залежності від вильоту волокна. Отже, в однієї і тієї ж щітці при збільшенні натягу або зменшенні вильоту буде збільшуватися зношення волокна.

В процесі експерименту використовували кілька дискових щіток.

Також ПАЩ зважували як до початку, так і під час проведення експерименту (через 10^6 циклів обертання, тобто контакту зі зразком) для визначення вагового зношення.

2.4 План експерименту

В зв'язку з тим, що мета роботи є визначення оптимальні умов обробки з точки зору мінімізації зношення ПАЩ для різних матеріалів з урахуванням їх властивостей, то для експериментів вибрали матеріали, які сильно відрізняються за своїми властивостями: сталь 20, алюмінієвий сплав АМГЗ, латунь Л63, мідь М2, титановий сплав ВТ8-М1, нікелевий сплав

ХН45МВТЮБР. Фізико-механічні властивості матеріалів наведено в таблиці 2.1. Більша частина властивостей матеріалів зразків біла виміряна в спеціальній лабораторії, інші – взято у відкритих інтернет-джерелах [8].

Для того, щоб впорядкувати проведення експериментів, а також визначити вплив режимів обробки на знос ПАЩ, був розроблений план експериментів. Експерименти поділили на шість серій по матеріалу зразків.

У таблиці 2.2 наведено план проведення експериментів однієї серії для одного матеріалу, для інших він аналогічний. Діаметр щітки у всіх експериментах дорівнює 150 мм, також не змінюється значення діаметра волокна 1.2 мм, ширина щітки 10 мм, а виліт волокна буде змінюватись від 20 мм до 8 мм.

Таблиця 2.1 - Фізико-механічні властивості матеріалів

Матеріал зразку	Марка матеріалу	Межа міцності $\sigma_{\text{в}}$, МПа	Коефіцієнт тертя, a_n	Межа плинності σ_m , МПа	Відносне видовження δ , %	Густина ρ , кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/мК	Твердість НВ, МПа	Модуль Юнга k , ГПа
Алюмінієвий сплав	АМГЗ	245	1,1	195	15	2660	230	45	70
Латунь	Л63	290	0,9	-	38	8440	110	70	95
Мідь	М2	350	1	200	32	8940	380	95	110
Титановий сплав	ВТ8-М1	980	0,8	300	10	4520	20	103	110
Нікелевий сплав	ЭП718	390	0,7	950	3	8000	75	117	210
Сталь	Ст. 20	425	0,16	225	26	7850	52	156	200

Таблиця 2.2 - План експериментального дослідження, для однієї серії експериментів

Номер експерименту	Натяг i , мм	Швидкість V , м/с
1	0,5	5,9
2	0,5	11,8
3	0,5	21,2
4	1	5,9
5	1	11,8
6	1	21,2
7	1,5	5,9
8	1,5	11,8
9	1,5	21,2
10	2	5,9
11	2	11,8
12	2	21,2

2.5 Висновки

1. Запропоновано обладнання та зразки для проведення експериментів.
2. Розроблено методику та план проведення експериментів для визначення стійкості ПАІ при обробці деталей.

3 ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИХ ЩІТОК

3.1 Результати проведених експериментальних досліджень

В процесі експериментів, для наукової роботи, було проведено дослідження впливу режимів обробки 6 різних матеріалів (табл. 2.1) і параметрів щітки на зношення щіткових ПАІ. Дослідження зношення ПАЩ проводились з метою визначення інтенсивності зношування інструменту, а також визначення часу, через який потрібно буде вводити корекцію траєкторії інструменту в ході обробки, через те, що зношення щітки без вчасно виконаної корекції призведе до зміни параметрів обробки деталі, зокрема натягу i .

Вплив параметрів ПАІ на стійкість при обробці заготовок з різних матеріалів, перевіряється з метою визначення раціональних характеристик щітки, необхідних для обробки виробів з конкретних матеріалів. Також перевіряються режими обробки для оптимізації роботи і в той же час отримання максимальної стійкості інструменту. Для проведення експериментальної частини роботи режими обробки підбиралися, виходячи з рекомендованої контактної температури при обробці.

За визначеним раніше планом наукової роботи при проведенні експериментів змінювалися такі параметри, як:

- натяг $i=0,5; 1; 1,5; 2$ мм;
- швидкість обробки $V=5,9; 11,8; 21,2$ м/с;
- обороти $n=750; 1500; 2700$ хв⁻¹.

Кожна серія експериментів по визначенню залежності стійкості ПАЩ визначалася при 10^6 циклів напрацювання.

Для оцінки впливу на зношення ПАЩ режимів обробки і властивостей матеріалу зразків було визначено вагове зношення щіткового ПАІ (табл. 3.1).

Для визначення міри впливу факторів, будь то режими обробки, параметри інструменту або ж фізичні і механічні властивості матеріалу, на .

стійкість і ступінь зношення щітки проводиться кореляційний аналіз.

Таблиця 3.1 - Результати експериментального дослідження зносу ПАЩ при 10^6 циклів напрацювання.

Натяг i , мм	Швидкість обробки V , м/с	Вагове зношення ПАЩ для різних матеріалів зразків Δ , г					
		АМГЗ	Сталь20	Л63	М2	ВТ8-М1	ХН45МВТЮБР
0,5	5,9	1,18	0,57	0,82	0,56	2,69	0,56
	11,8	2,95	0,87	0,88	1,13	4,77	0,83
	21,2	3,72	1,14	0,85	2,04	7,19	0,84
1	5,9	2,13	1,39	1,98	1,69	4,08	1,02
	11,8	3,50	1,40	1,95	2,87	9,09	1,72
	21,2	5,23	1,72	2,36	3,35	13,30	1,73
1,5	5,9	3,21	2,10	3,05	2,67	5,70	2,08
	11,8	6,93	2,06	3,39	3,72	11,66	2,35
	21,2	9,58	2,26	2,50	4,74	15,75	2,20
2	5,9	4,14	2,08	3,85	3,83	10,18	2,61
	11,8	10,02	2,88	4,15	5,69	15,63	2,53
	21,2	16,19	2,80	4,48	7,99	23,18	2,91

3.2 Висновки

1. Проведено експериментальне дослідження вагового зношення ПАЩ в залежності від різних режимів обробки, властивостей обробляємих матеріалів та параметрів щітки.

2. Отримано значення вагового зношення при обробці досліджуваних зразків.

4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Аналіз результатів дослідження стійкості щіткового ПАІ

В процесі експериментів вивчали вплив режимів обробки 6 видів матеріалів на зношення щіток ПАІ.

В результаті проведених експериментів залежності стійкості ПАЩ ($D=150$ мм, $B=10$ мм) при 10^6 циклів від режимів обробки і матеріалу зразка було визначено вагове зношення.

Під час виконання серій експериментів такі режими як натяг ($i=0,5; 1,0; 1,5; 2,0$ мм) і швидкість обробки ($V=5,9; 11,8; 21,2$ м/с) змінювались, а подача була постійною, тому що її зміна в межах $1...10$ м/хв практично не змінює інтенсивність зношення ПАЩ.

Проаналізувавши результати вимірювання вагового зношення ПАІ можна побачити, що зі збільшенням натягу від $0,5$ до 2 мм зношення стає більш інтенсивним у $2...3$ рази.

Дану залежність можна спостерігати на рисунках 4.1-4.9, де показано залежність вагового зношення ПАЩ окремо за кожним з шести матеріалів і в порівнянні відповідно.

Дана залежність може пояснюватись тим, що зі збільшенням натягу збільшується силовий вплив щітки на деталь під час обробки, що призводить до більшого зношення інструменту.

Зміна швидкості обробки від $5,9$ до $21,2$ м/с (рис. 4.10-4.15) викликає підвищення зношення ПАЩ в $2...3$ рази або ж практично не викликає зміни зношення в залежності від матеріалу зразка (рис. 4.16-4.19).

Ступінь зносу при таких умовах залежить від декількох факторів, таких як:

- фізичні та механічні властивості матеріалів зразків;
- підвищення силового впливу внаслідок підвищення швидкості обробки;

- зменшення часу холостого ходу за рахунок підвищення швидкості обробки.

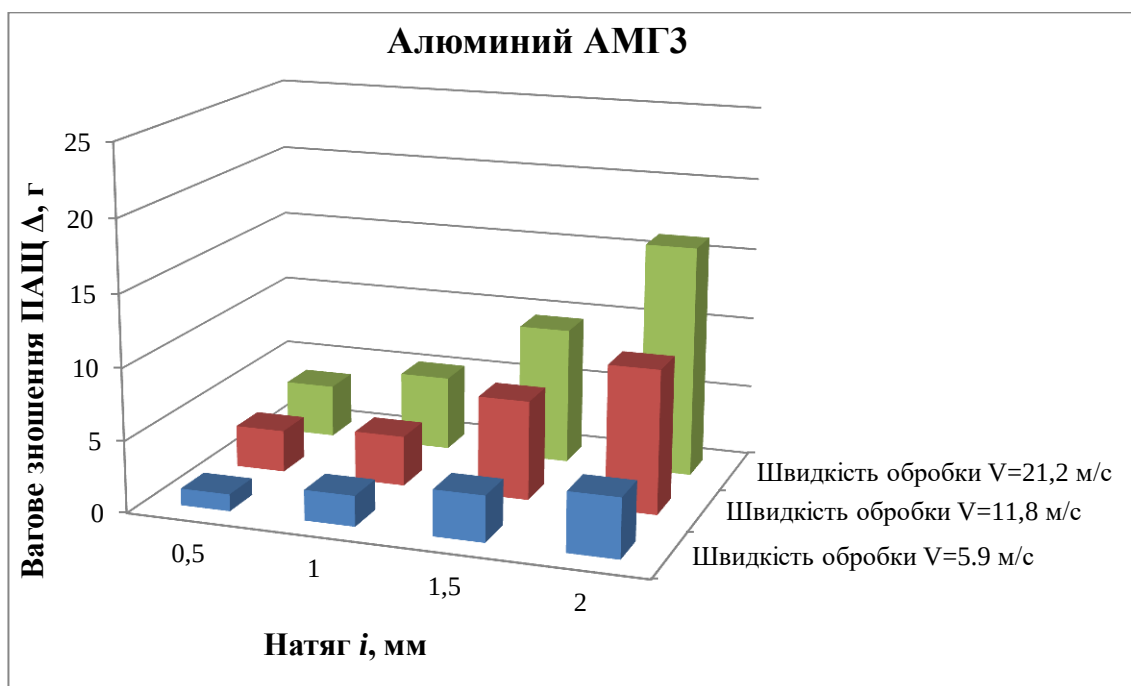


Рисунок 4.1 – Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і швидкості обробки; матеріал - алюміній АМГЗ

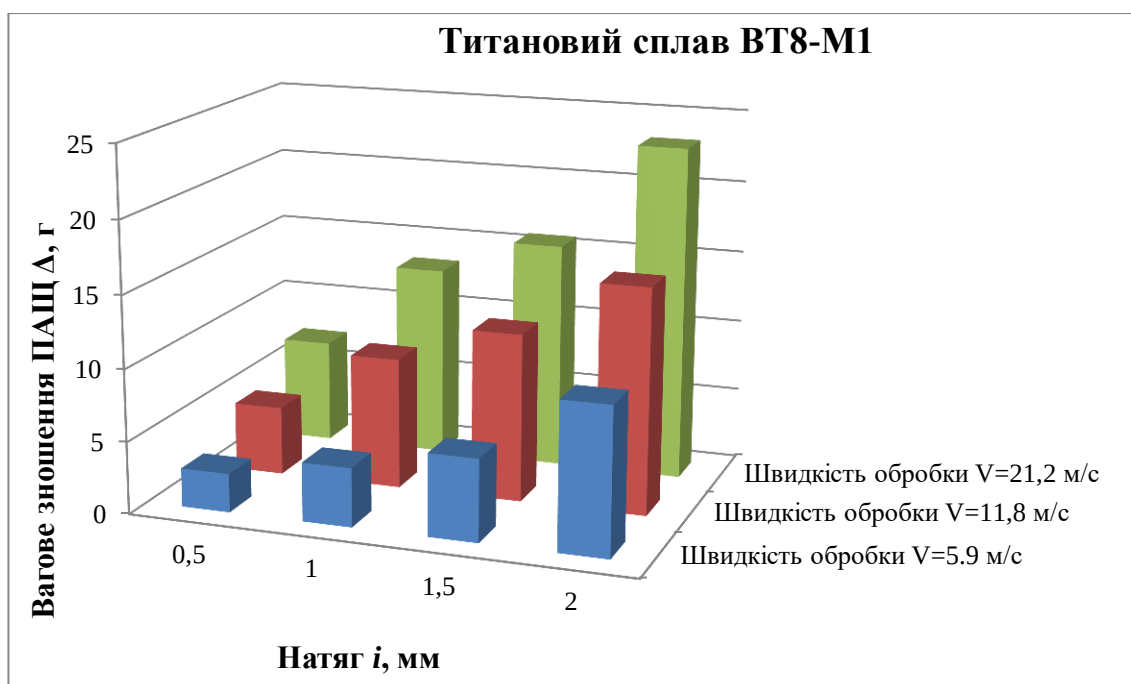


Рисунок 4.2 – Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і швидкості обробки; матеріал - титановий сплав ВТ8-М1

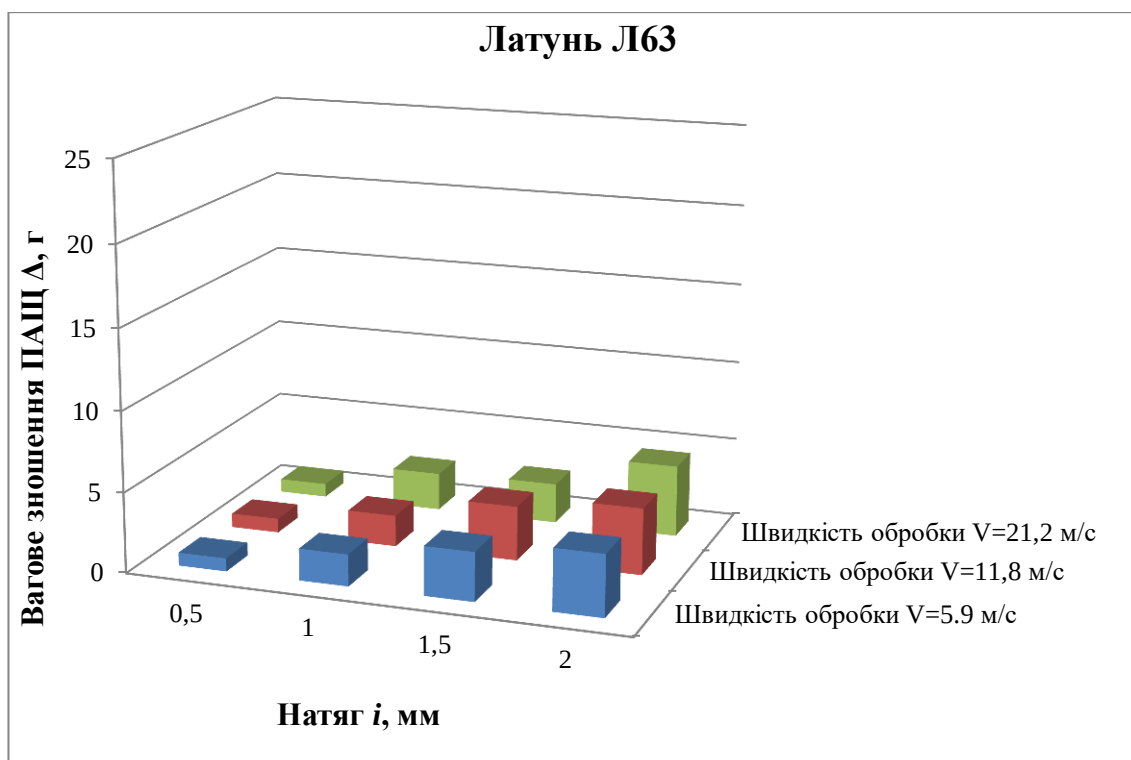


Рисунок 4.3 – Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і швидкості обробки; матеріал - латунь Л63

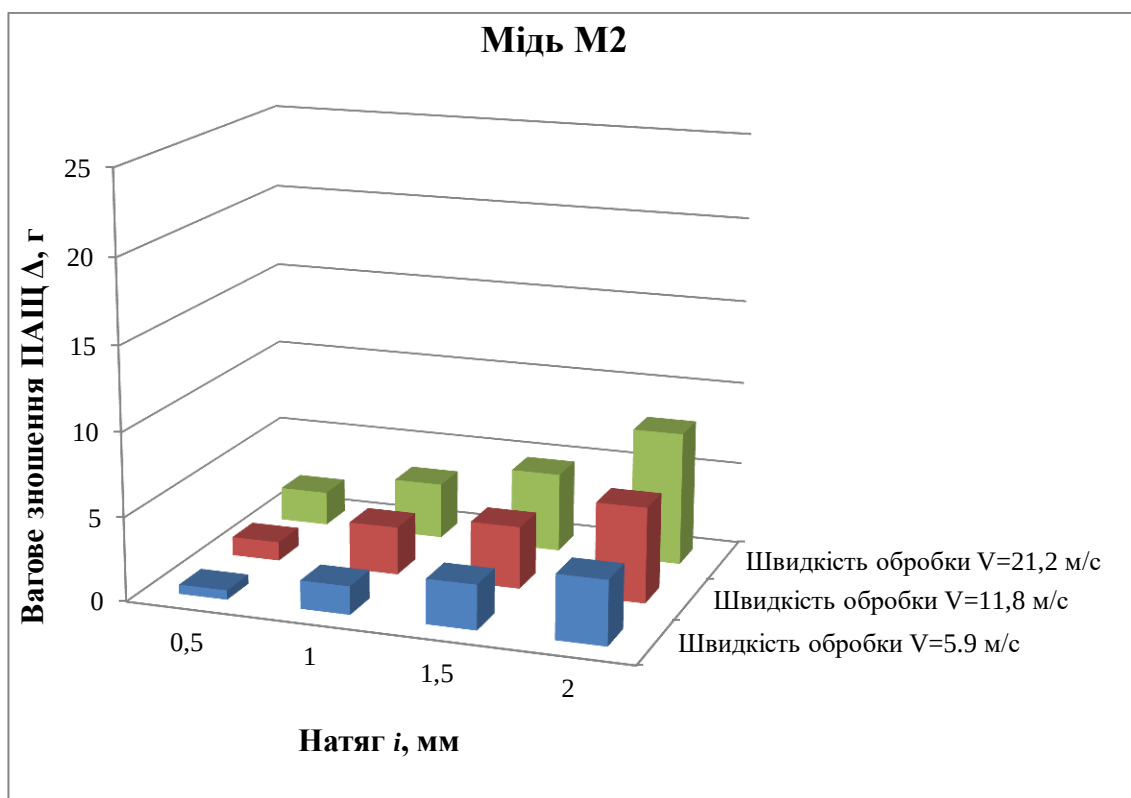


Рисунок 4.4 – Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і швидкості обробки; матеріал - мідь М2

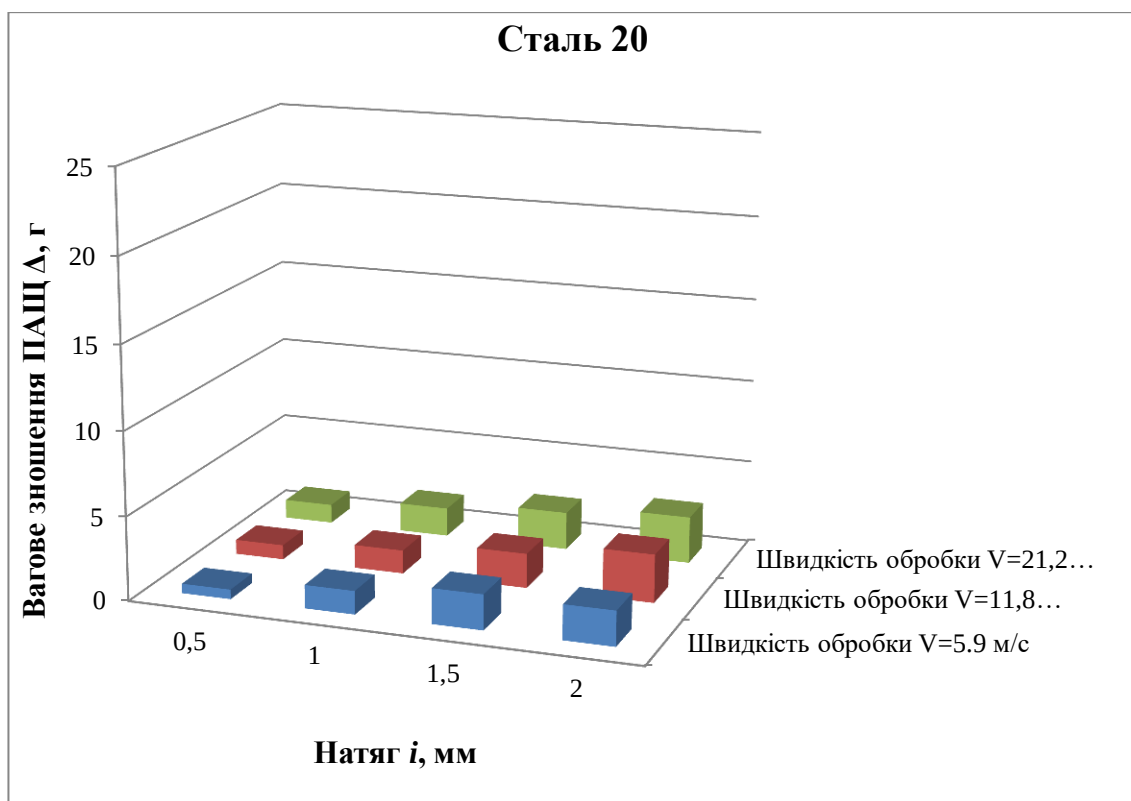


Рисунок 4.5 – Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і швидкості обробки; матеріал - сталь 20

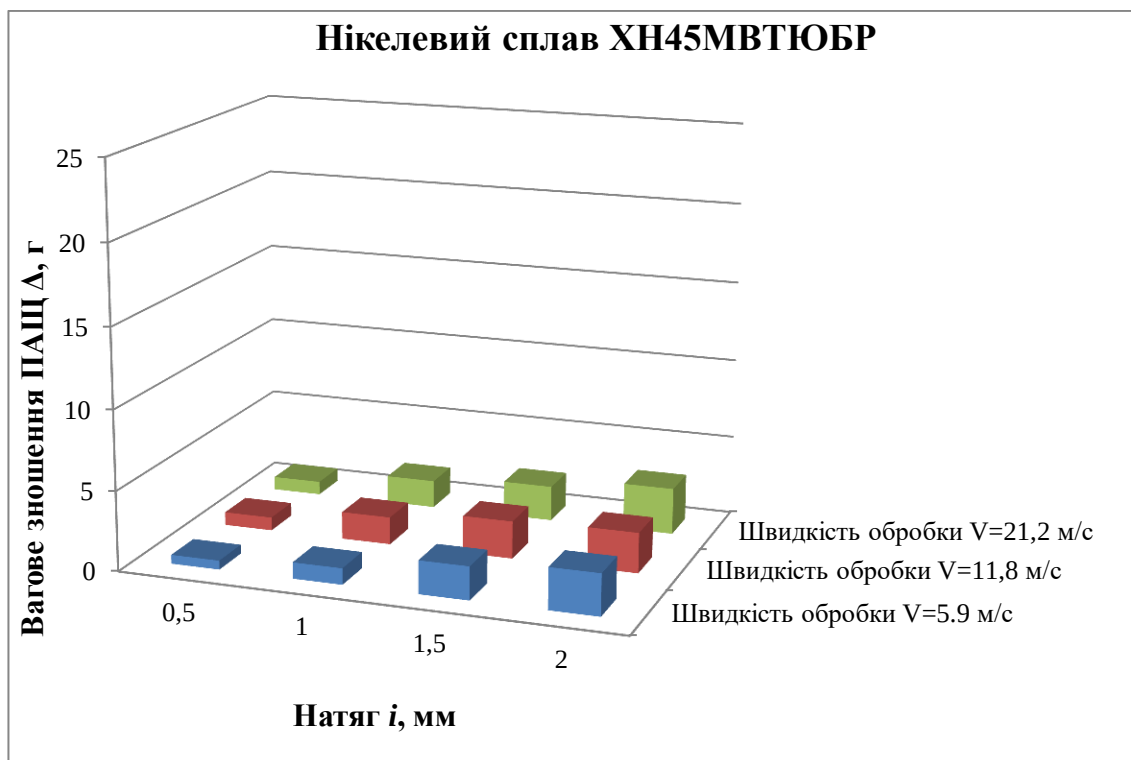


Рисунок 4.6 – Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і швидкості обробки; матеріал – нікелевий сплав ХН45МВТЮБР

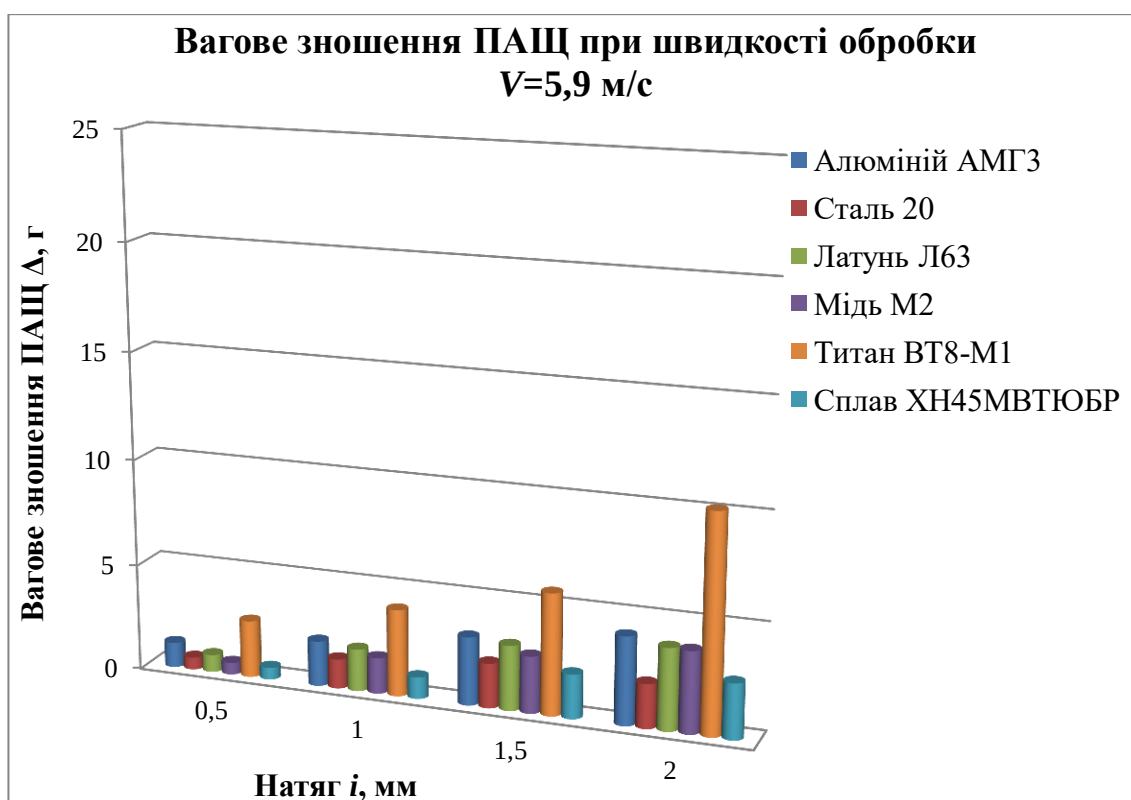


Рисунок 4.7 – Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і матеріалу заготовки; швидкість обробки – $V=5,9$ м/с

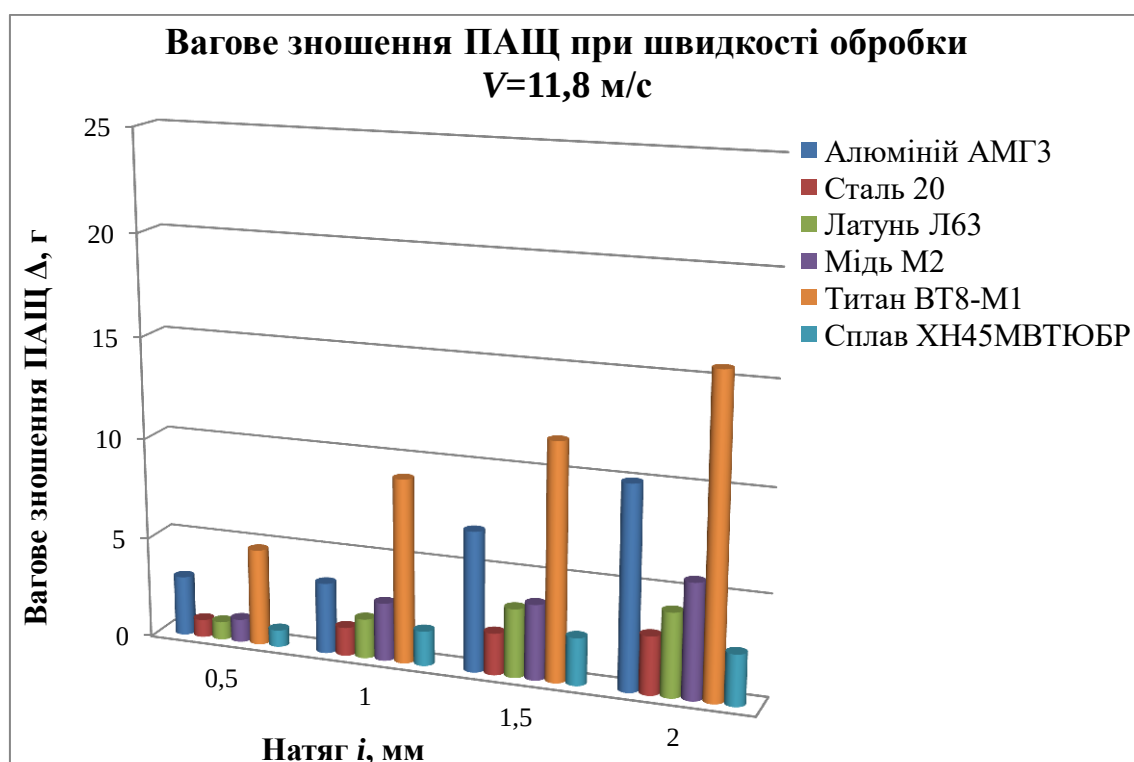


Рисунок 4.8 – Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і матеріалу заготовки; швидкість обробки – $V=11,8$ м/с

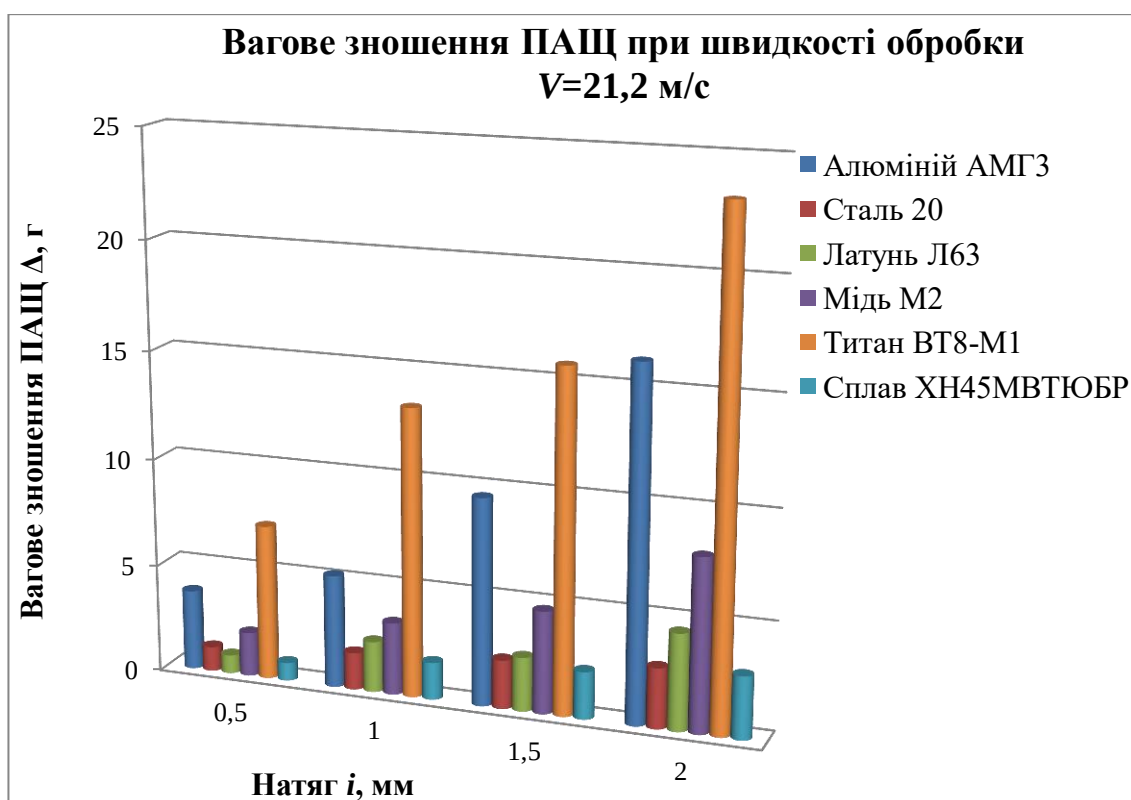


Рисунок 4.9 – Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і матеріалу заготовки; швидкість обробки – $V=21,2$ м/с

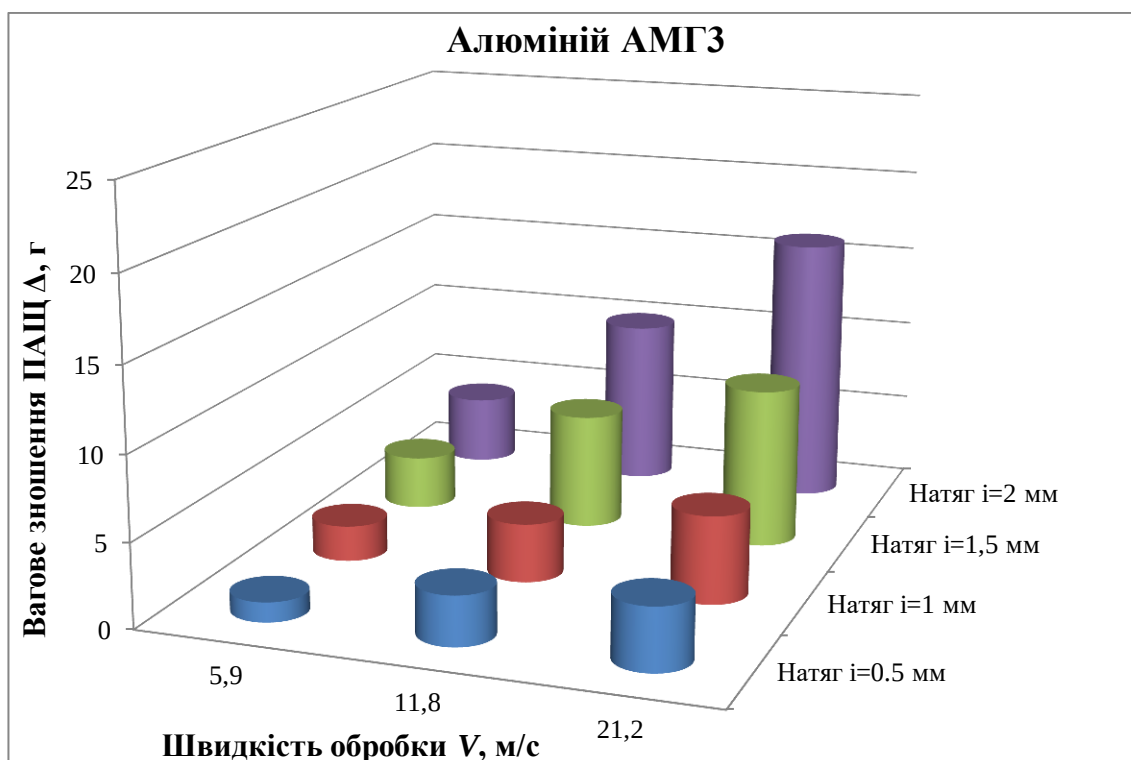


Рисунок 4.10 – Залежність вагового зношення ПАЩ від швидкості обробки і натягу; матеріал - алюміній АМГЗ

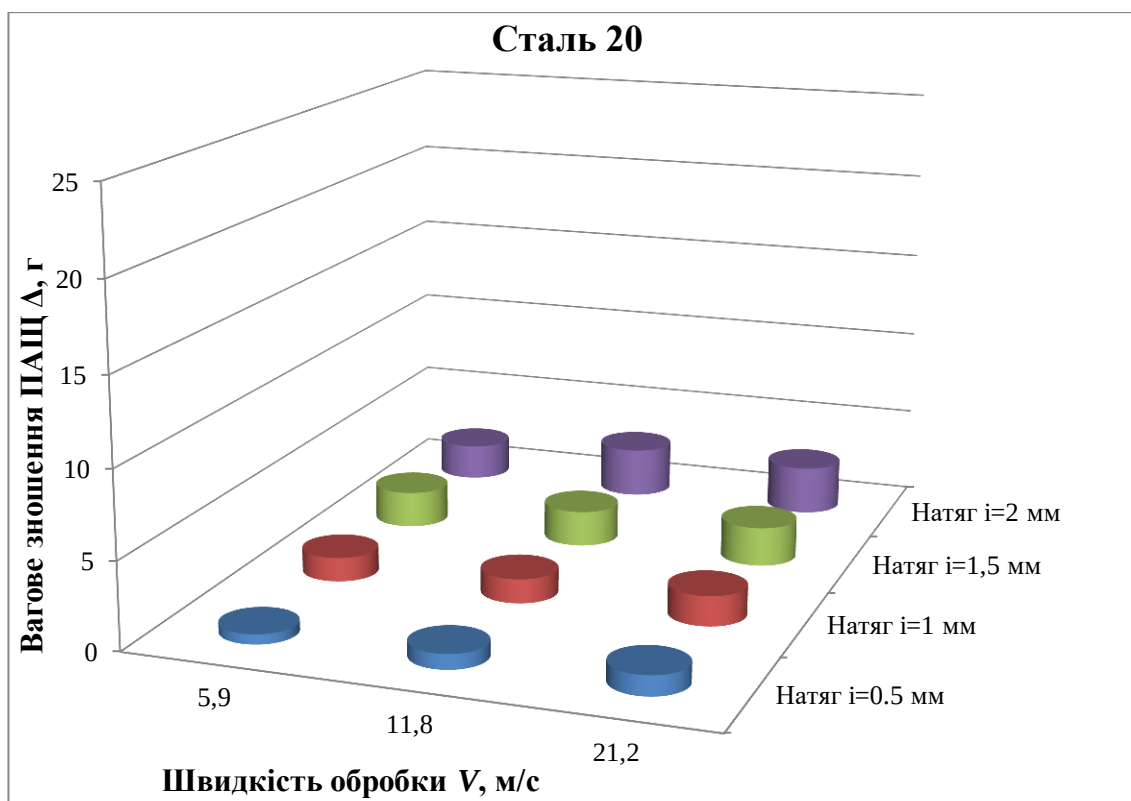


Рисунок 4.11 – Залежність вагового зношення ПАЩ від швидкості обробки і натягу; матеріал - сталь 20

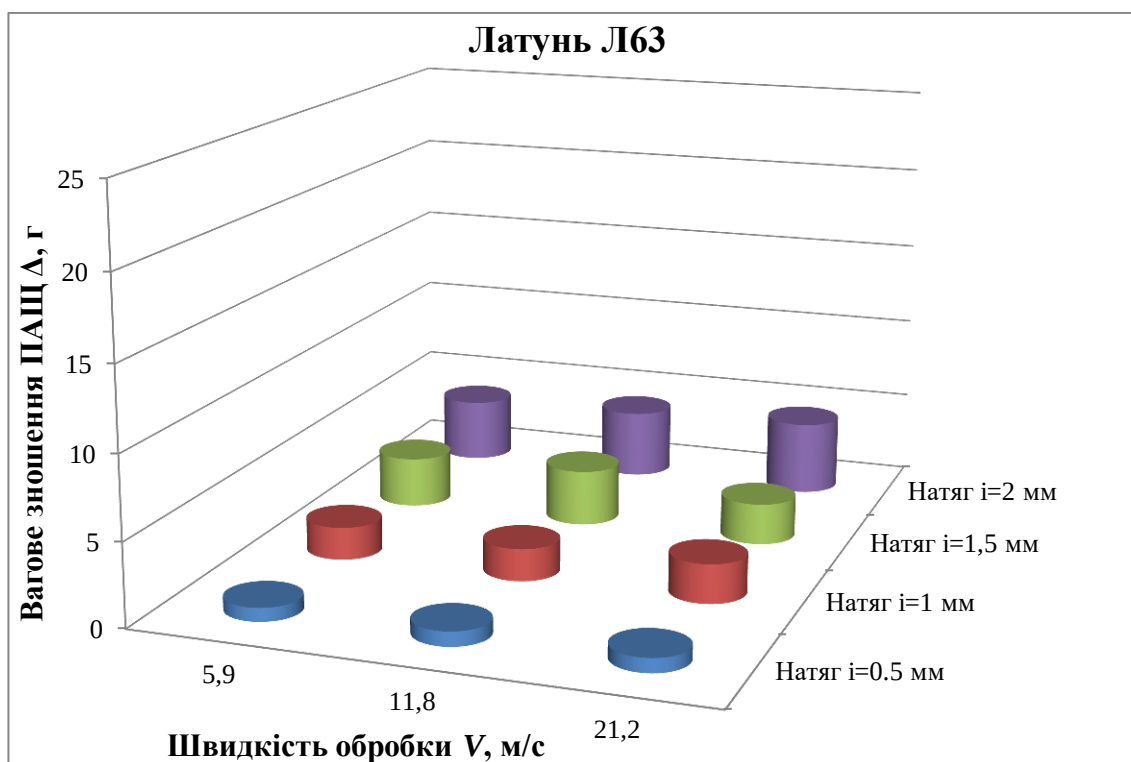


Рисунок 4.12 – Залежність вагового зношення ПАЩ від швидкості обробки і натягу; матеріал - латунь Л63

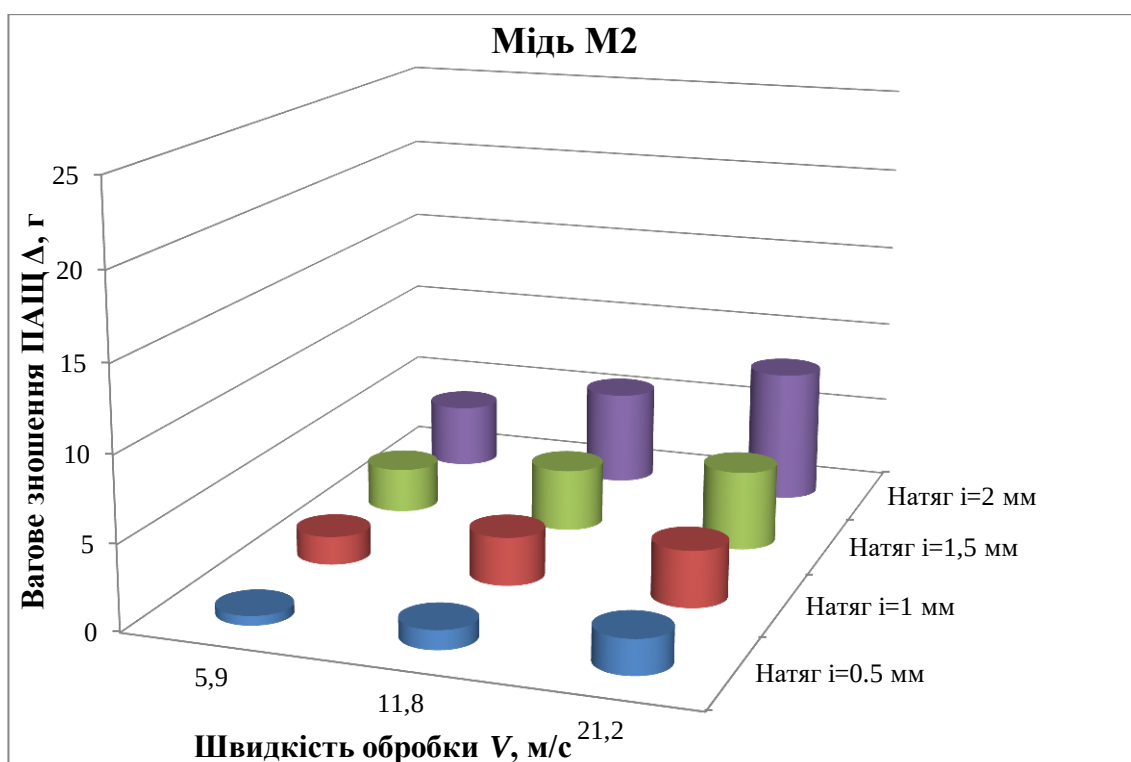


Рисунок 4.13 – Залежність вагового зношення ПАЩ від швидкості обробки і натягу; матеріал - мідь М2

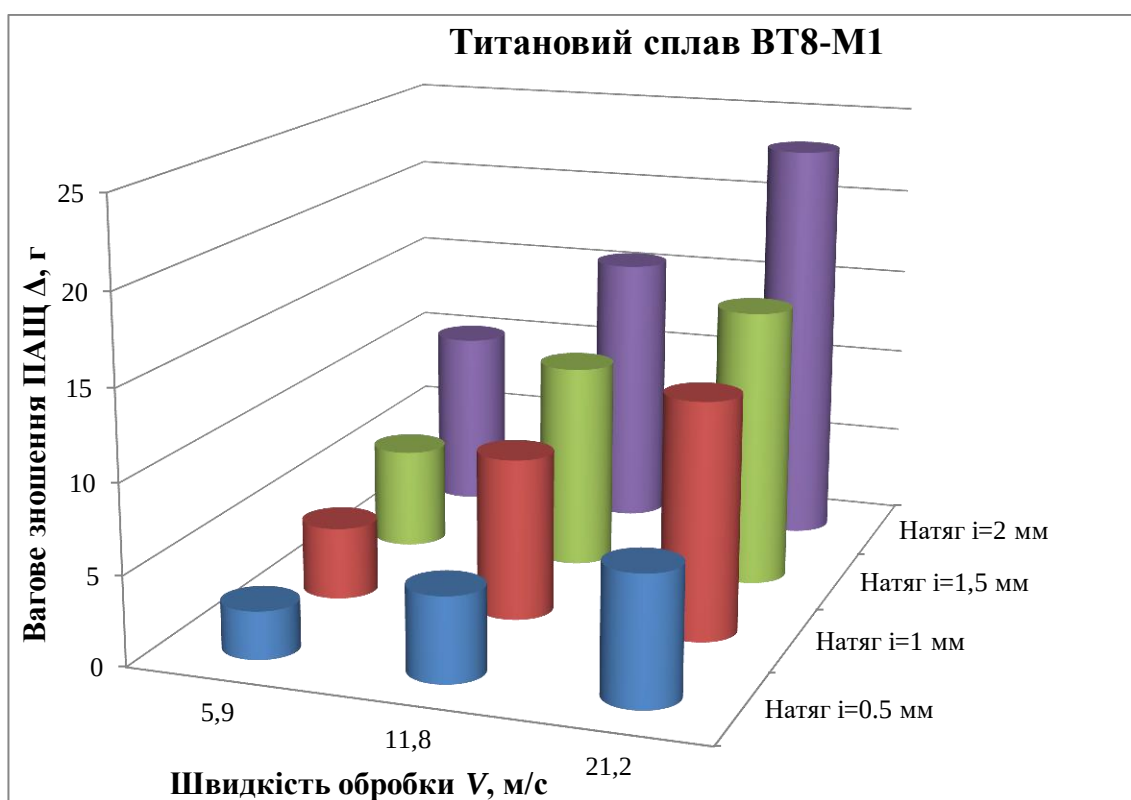


Рисунок 4.14 – Залежність вагового зношення ПАЩ від швидкості обробки і натягу; матеріал - титановий сплав ВТ8-М1

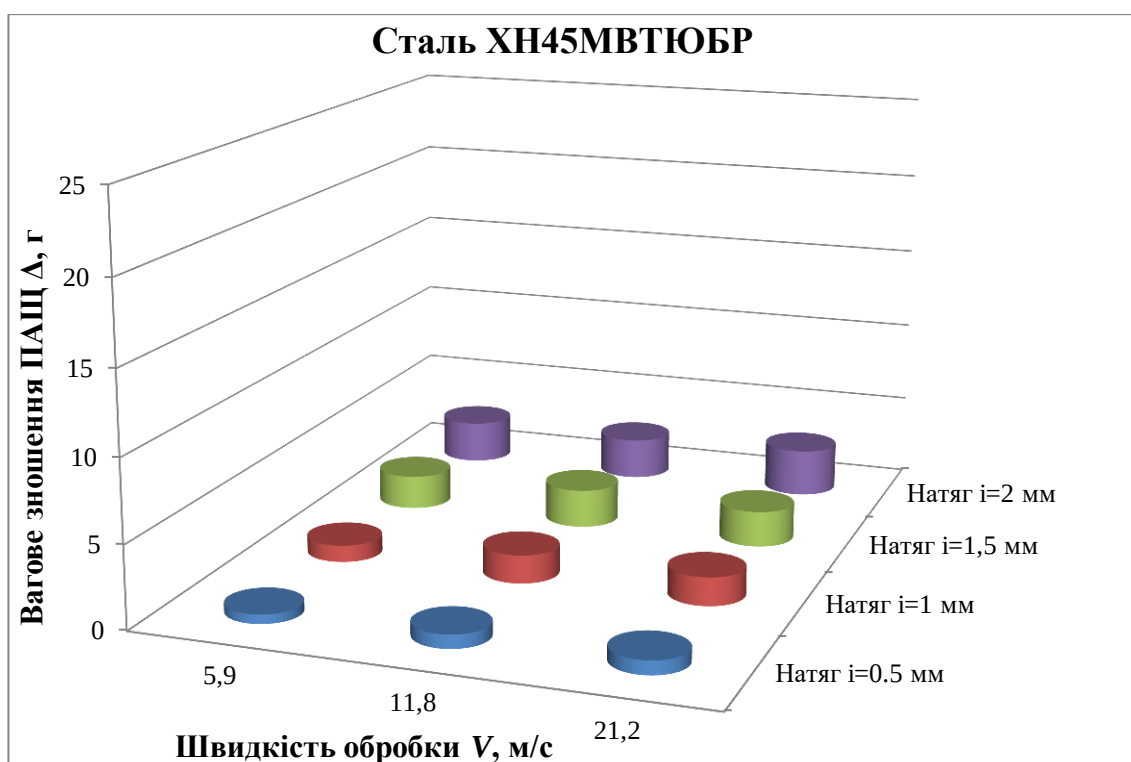


Рисунок 4.15 – Залежність вагового зношення ПАЩ від швидкості обробки і натягу; матеріал - сталь ХН45МВТЮБР

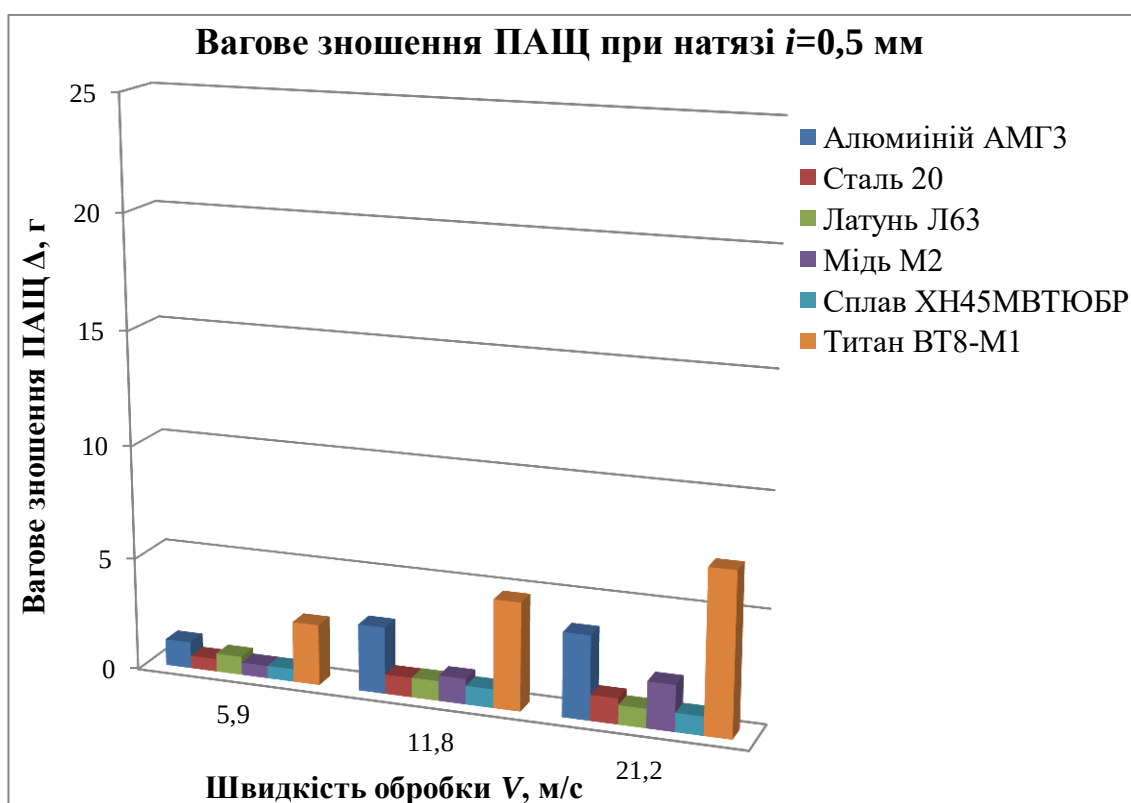


Рисунок 4.16 – Залежність масового зносу ПАЩ від швидкості, для натягу $i=0,5$ мм і різних матеріалів

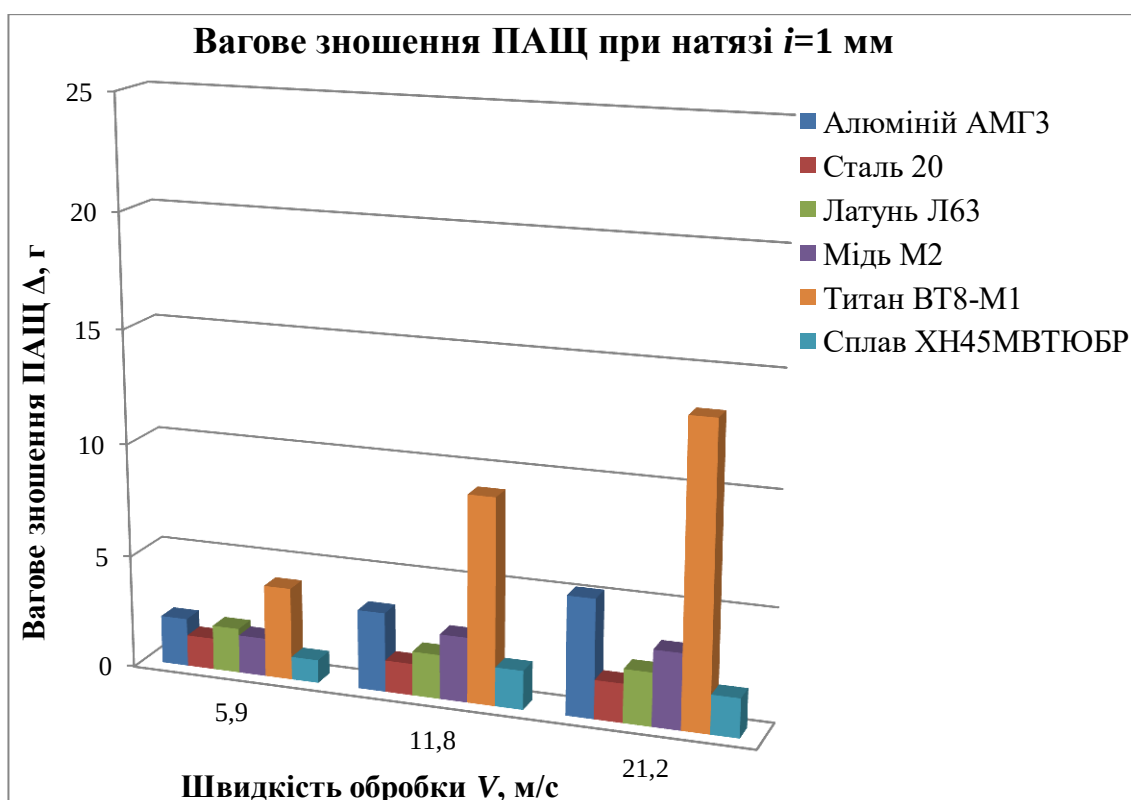


Рисунок 4.17 – Залежність масового зносу ПАЩ від швидкості, для натягу $i=1$ мм і різних матеріалів

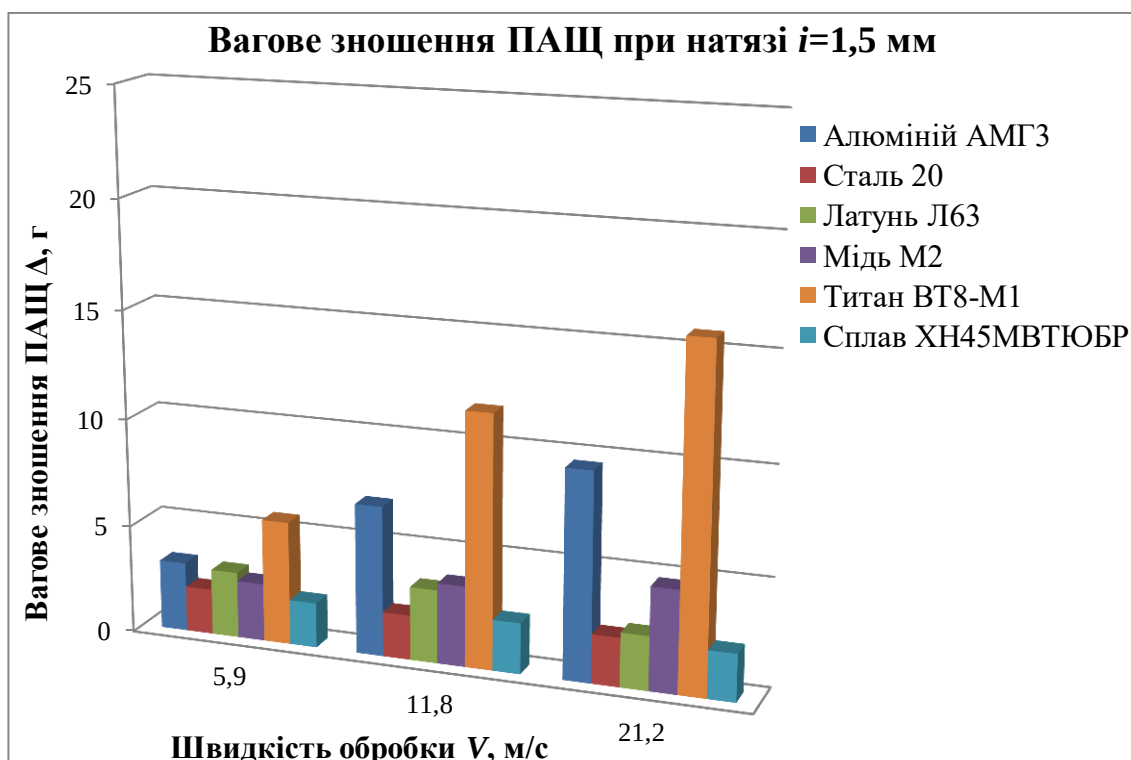


Рисунок 4.18 – Залежність масового зносу ПАЩ від швидкості, для натягу $i=1,5$ мм і різних матеріалів

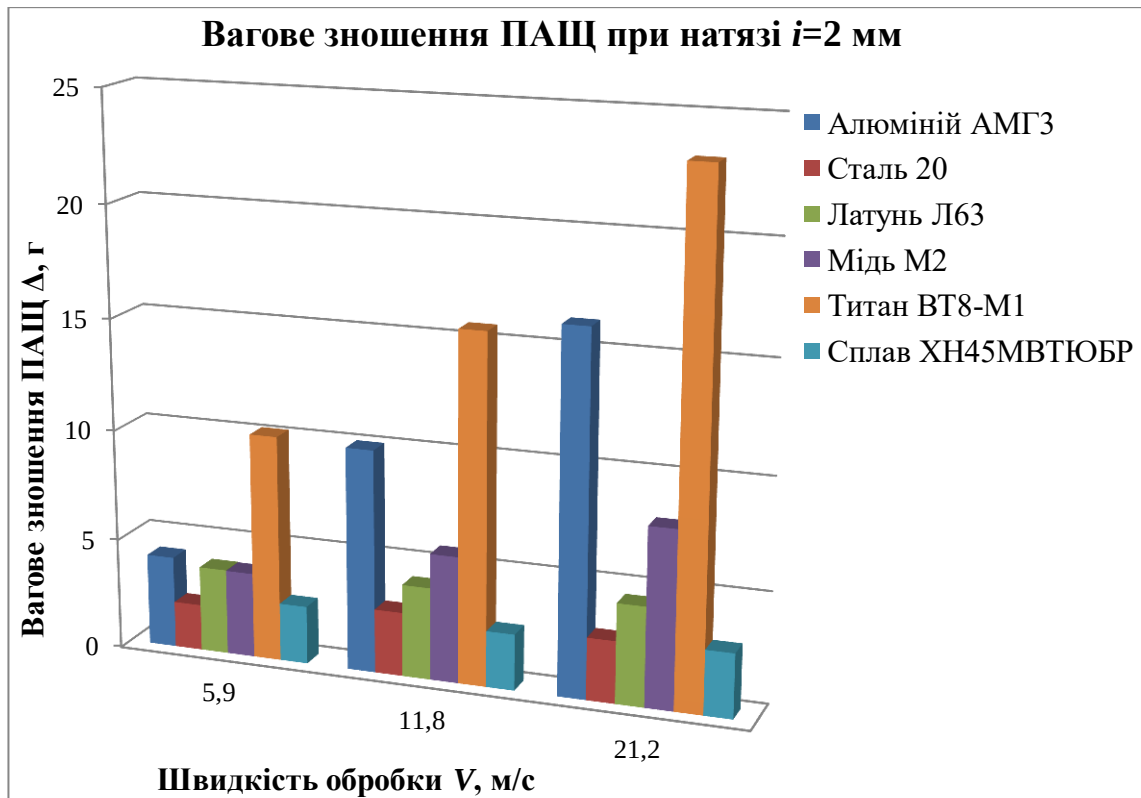


Рисунок 4.19 – Залежність масового зносу ПАЩ від швидкості, для натягу $i=2$ мм і різних матеріалів

Також провівши аналіз отриманих результатів досліджень можна зробити висновок, що при обробці більш «твердих» матеріалів збільшення швидкості обробки не призводить до зміни зношення, а для «м'яких» зі збільшенням швидкості обробки знос збільшується в 2...3 рази.

Дослідження показали, що описані вище тенденції впливу натягу волокон в ПАЩ зношення щіток ПАІ в відповідних серіях експериментів зберігаються для всіх матеріалів.

4.2 Порівняння стійкості цілої щітки і одиничного волокна

Зразки з різних матеріалів обробляли на раніше визначених раціональних режимах, які забезпечують високу якість обробки, продуктивність, сприятливі властивості поверхневого шару обробленої поверхні. Обробку проводили без ЗОТС.

У ході експериментів було встановлено, що при даних режимах обробки розплавлення ПАІ не спостерігалось, працездатність його не падала, температура в зоні контакту не досягала температури розм'якшення волокон.

Величина сили тертя, яку доводиться долати при переміщенні волокон ПАЩ по металу зразка, залежить від їх здатності прилипати або «схоплюватися», тому вельми важливо розглядати явища тертя і зношення в сукупності.

Механізм зношення щіток при обробці зразків складний і включає в себе кілька видів зношення, таких як, абразивне, адгезійне і дифузне зношення. Питомий вплив кожного з них залежить від властивостей матеріалу і умов обробки (перш за все швидкості і натягу). Абразивне знос (стирання) є основною причиною зношення волокна.

Так само не менш важливий вплив на стійкість ПАЩ надає адгезійне зношення волокон, яке відбувається в результаті схоплювання або прилипання при терті, і подальшого відриву дрібних частинок матеріалу полімеру і абразивних зерен.

В результаті експериментів величина зношення в залежності від матеріалу зразків розподілилася в наступному порядку зменшення: титановий сплав ВТ8-М1, алюміній АМГЗ, мідь М2, латунь Л63, сталь 20, нікелевий сплав ХН45МВТЮБР.

У таблиці 4.1 наведено порівняльний аналіз результатів експериментального дослідження зношення ПАВ (дослідження зношення одиничного ПАВ, проведено Кудрічкою І.О. в магістерській роботі) і повної ПАЩ на зразках з різних матеріалів при швидкостях обробки $V=5,9; 11,8, 21,2$ м/с. У таблиці наведено дані напрацювання при 1000000 циклів.

Провівши аналіз отриманих даних можна спостерігати практично стабільну залежність між зношення цілої ПАЩ і одиничного ПАВ, коефіцієнт відповідності дорівнює 1.1...1.3.

Таблиця 4.1 – Порівняльний аналіз результатів експериментального дослідження вагового зношення ПАВ і ПАЦ на зразках з різних матеріалів

Марка матеріалу		Швидкість обробки V , м/с											
		$V=5,9$ м/с				$V=11,8$ м/с				$V=21,2$ м/с			
		Натяг i , мм											
		0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0, 5	1	1,5	2
Алюміній АМГЗ	Зношення ПАЩ, г	1,18	2,13	3,21	4,14	2,95	3,5	6,93	10,02	3,72	5,23	9,58	16,19
	Зношення ПАВ, г	0,92	1,64	2,52	3,20	2,32	2,76	5,52	8,48	2,96	4,12	8,00	13,32
	Відношення	1,28	1,30	1,27	1,29	1,27	1,27	1,26	1,18	1,26	1,27	1,20	1,22
Сталь 20	Зношення ПАЩ, г	0,57	1,39	2,10	2,61	0,87	1,40	2,06	2,88	1,14	1,72	2,26	2,80
	Зношення ПАВ, г	0,48	1,12	1,60	2,08	0,68	1,12	1,60	2,28	0,92	1,36	1,84	2,28
	Відношення	1,19	1,24	1,31	1,25	1,28	1,25	1,29	1,26	1,24	1,26	1,23	1,23
Латунь Л63	Зношення ПАЩ, г	0,82	1,98	3,05	3,85	0,88	1,95	3,39	4,15	0,85	2,36	3,33	4,48
	Зношення ПАВ, г	0,68	1,60	2,52	3,20	0,68	1,60	2,76	3,44	0,68	1,84	2,76	3,68
	Відношення	1,21	1,24	1,21	1,20	1,29	1,22	1,23	1,21	1,25	1,28	1,21	1,22
Мідь М2	Зношення ПАЩ, г	0,56	1,69	2,67	3,83	1,13	2,87	3,72	5,69	2,04	3,35	4,74	7,99
	Зношення ПАВ, г	0,44	1,36	2,08	3,24	0,92	2,32	3,00	4,60	1,60	2,76	3,88	6,64
	Відношення	1,27	1,24	1,28	1,18	1,23	1,24	1,24	1,24	1,28	1,21	1,22	1,20
Титановий сплав BT8-M1	Зношення ПАЩ, г	2,69	4,08	5,70	10,18	4,77	9,09	11,66	15,63	7,19	13,30	15,75	23,18
	Зношення ПАВ, г	2,08	3,24	4,64	8,28	4,12	7,60	9,40	12,88	6,64	10,32	13,32	19,08
	Відношення	1,29	1,26	1,23	1,23	1,16	1,20	1,24	1,21	1,08	1,29	1,18	1,21
Нікелевий сплав ХН45МВТЮБР	Зношення ПАЩ, г	0,56	1,39	2,08	2,61	0,83	1,72	2,35	2,53	0,84	1,73	2,20	2,91
	Зношення ПАВ, г	0,44	1,12	1,60	2,04	0,68	1,40	1,84	2,08	0,68	1,36	1,84	2,28
	Відношення	1,27	1,24	1,30	1,28	1,22	1,23	1,28	1,22	1,24	1,27	1,20	1,28

4.3 Кореляційний аналіз

Щоб визначити фактори, які більше впливають на рівень зношення ПАЩ, а також для визначення взаємозв'язків даних факторів між собою застосовують кореляційний аналіз.

Кореляція - зв'язок між двома змінними. Розрахунки подібних двовимірних критеріїв взаємозв'язку ґрунтуються на формуванні парних значень, які утворюються з розглянутих залежних вибірок [14].

Кореляційний аналіз - метод обробки статистичних даних, що полягає у вивченні коефіцієнтів (кореляції). Його застосування можливе в разі наявності достатньої кількості спостережень більш ніж однієї змінної. При цьому порівнюються коефіцієнти кореляції між однією парою або великою кількістю пар ознак, для встановлення між ними статистичних взаємозв'язків [16].

Статистика говорить про кореляції між двома змінними і вказує силу зв'язку за допомогою деякого критерія взаємозв'язку, який отримав назву коефіцієнта кореляції. Цей коефіцієнт, завжди позначається латинською буквою r , може приймати значення між -1 і $+1$, до того ж, якщо значення знаходиться ближче до 1 , то це означає наявність сильного зв'язку, якщо ближче до 0 , то слабкою, а якщо близьке до -1 , то зв'язок зворотній (зі зростанням однієї змінної зменшується друга змінна) [14].

Якщо коефіцієнт кореляції негативний, це означає наявність протилежного зв'язку: чим вище значення однієї змінної, тим нижче значення іншої. Сила зв'язку характеризується також і абсолютною величиною коефіцієнта кореляції. Для опису величини коефіцієнта кореляції використовують такі градації:

- до $0,2$ - дуже слабка кореляція;
- до $0,5$ - слабка кореляція;
- до $0,7$ - середня кореляція;
- до $0,9$ - висока кореляція;

- понад 0,9 - дуже висока кореляція.

Метод обчислення коефіцієнта кореляції залежить від виду шкали, до якої відносяться змінні (табл. 4.2):

1) змінні з інтервальною або з пропорційною шкалою - коефіцієнт кореляції Пірсона;

2) щонайменше, одна з двох змінних має порядкову шкалу, або з інтервальною шкалою, але не нормально розподіленою - рангова кореляція по Спірману або Кендалу;

3) одна з двох змінних є дихотомічною - точкова дворядна кореляція. Застосовується розрахунок рангової кореляції по Спірману;

4) обидві змінні є дихотомічними - даний вид кореляції розраховується на підставі визначення заходів відстані та подібності.

Розрахунок коефіцієнта кореляції між двома не дихотомічними змінними, не позбавлений сенсу тільки тоді, коли зв'язок між ними лінійний (односпрямований). Якщо зв'язок, наприклад, U-подібний (неоднозначний), то коефіцієнт кореляції непридатний для використання у якості міри сили зв'язку: його значення наближується до нуля.

До недоліків кореляційного аналізу відноситься апріорне припущення про лінійну залежність змінних, за якими спостерігають [15].

Кореляційний аналіз можна проводити декількома способами. Перший за допомогою спеціальних програмних пакетів і другий спосіб - розрахунок за математичними формулами.

Так коефіцієнт кореляції Пірсона розраховується за формулою [17]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1) \cdot (x_{2i} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{2i} - \bar{x}_2)^2}} \quad (4.1)$$

де x_1, x_2 – числове значення розглянутих змінних;

n – число проведених дослідів;

i – номер експерименту;

$\bar{x}_1, \bar{x}_2$ – середнє арифметичне значення досліджуваних параметрів.

Таблиця 4.2 - Змінні в шкалі кореляції

Типи шкал		Міра зв'язку
Змінна X	Змінна Y	
Інтервальна (або відносин)	Інтервальна (або відносин)	Коефіцієнт Пірсона
Рангова, інтервальна (або відносин)	Рангова, інтервальна (або відносин)	Коефіцієнт Спірмена
Рангова	Рангова	Коефіцієнт Кендала
Дихотомічна	Дихотомічна	Коефіцієнт ϕ , чотирьохпольова кореляція
Дихотомічна	Рангова	Рангово-бісеріальний коефіцієнт

Кореляційні зв'язки допоможуть визначити існування зв'язків між деякими факторами, які мають певний вплив на стійкість і зношення щіткового ПАІ.

Проводимо кореляційний аналіз взаємозв'язків фізико-механічних властивостей матеріалів, режимів роботи і зношення матеріалу. Для аналізу складемо загальну таблицю з вихідними даними (додаток А).

Порівняння проводимо за такими вихідними параметрами:

1) режими обробки (див. табл. 3.1): i – натяг волокна, мм; V – швидкість обробки, м/с;

2) механічні властивості матеріалів (див. табл. 2.1): σ_{θ} – межа міцності, МПа; σ_T – межа плинності, МПа; a_n – коефіцієнт тертя; HB – твердість, МПа; δ – відносне видовження, %;

3) фізичні властивості матеріалів (див. табл. 2.1): k – модуль Юнга, ГПа; λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/мК; ρ – густина, кг/м³;

4) досліджений параметр (див. табл. 3.1): Δ – вагове зношення.

Так в таблиці 4.3 приведено матрицю парних кореляційних зв'язків між всіма вихідними параметрами.

Таблиця 4.3 - Матриця парних кореляцій між вихідними параметрами

	σ_e	a_n	σ_m	δ	ρ	λ	HB	k	V	i	Δ
σ_e	-	-0,17	0,10	-0,41	-0,27	-0,52	0,30	0,04	0,00	0,00	0,55
a_n	-0,17	-	-0,18	0,03	-0,34	0,60	-0,91	-0,80	0,00	0,00	0,25
σ_m	0,10	-0,18	-	-0,79	0,10	-0,27	0,35	0,69	0,00	0,00	-0,13
δ	-0,41	0,03	-0,79	-	0,49	0,40	-0,12	-0,34	0,00	0,00	-0,26
ρ	-0,27	-0,34	0,10	0,49	-	0,11	0,49	0,49	0,00	0,00	-0,51
λ	-0,52	0,60	-0,27	0,40	0,11	-	-0,44	-0,46	0,00	0,00	-0,12
HB	0,30	-0,91	0,35	-0,12	0,49	-0,44	-	0,87	0,00	0,00	-0,21
k	0,04	-0,80	0,69	-0,34	0,49	-0,46	0,87	-	0,00	0,00	-0,37
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,29
i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,43
Δ	0,55	0,25	-0,13	-0,26	-0,51	-0,12	-0,21	-0,37	0,29	0,43	-

Примітка. Жирним шрифтом виділені значення кореляційних зв'язків для ймовірності 95%.

Провівши аналіз отриманих даних, з матриці парних кореляцій між вихідними параметрами, можна зробити висновок, що залежність між змінними виділеними жирним шрифтом являються більш значущими ніж інші. Критичний коефіцієнт кореляції для даного дослідження становить $r=0,5$.

Проаналізувавши взаємозв'язок між заданими параметрами і зносом ПАЩ, можна сказати, що найбільш тісним є взаємозв'язок між зношенням щітки і межею міцності ($r=0,55$), та між зношенням і густиною матеріалу ($r=-0,51$), тільки на відміну від межі міцності, чим вище густина матеріалу, тим менше буде знос ПАІ. Водночас з тих самих даних видно, що більша

частина фізичних та механічних факторів. Як і режими обробки практично не впливають на величину зношення. Високий коефіцієнт кореляції спостерігається між коефіцієнтом тертя та твердістю $r=0,91$, у всіх випадках. Але вплив даних факторів на зношення не є значним. При розгляді усіх параметрів, деякі параметри мають незначний вплив на зношення ПАЩ. Деякі вихідні параметри корелюють між собою.

Для більш точного визначення ступень впливу властивостей матеріалу, з якого виготовлено зразок, виключимо режими різання і параметри інструменту наступним чином. А у таблицях 4.4-4.7 наведено приватні випадки, для раціональних режимів обробки, при яких зношення буде середнім, мінімальним і максимальним відповідно.

У таблицях 4.5-4.6 наведено результати кореляції факторів при обробці з раціональними режимами обробки і параметрами щітки.

Таблиця 4.4 - Матриця парних кореляцій для режимів $i=1$ мм, $V=11,8$ м/с

	σ_ϵ	a_n	σ_m	δ	ρ	λ	HB	k	Δ
σ_ϵ	-	-0,17	0,10	-0,41	-0,27	-0,52	0,30	0,04	0,88
a_n	-0,17	-	-0,18	0,03	-0,34	0,60	-0,91	-0,80	0,26
σ_m	0,10	-0,18	-	-0,79	0,10	-0,27	0,35	0,69	-0,10
δ	-0,41	0,03	-0,79	-	0,49	0,40	-0,12	-0,34	-0,38
ρ	-0,27	-0,34	0,10	0,49	-	0,11	0,49	0,49	-0,57
λ	-0,52	0,60	-0,27	0,40	0,11	-	-0,44	-0,46	-0,24
HB	0,30	-0,91	0,35	-0,12	0,49	-0,44	-	0,87	-0,15
k	0,04	-0,80	0,69	-0,34	0,49	-0,46	0,87	-	-0,40
Δ	0,88	0,26	-0,10	-0,38	-0,57	-0,24	-0,15	-0,40	-

Примітка. Жирним шрифтом виділені значення кореляційних зв'язків для ймовірності 95%.

Так при параметрах $i=1$ мм, $V=11,8$ м/с найбільш тісним є зв'язок між зношенням щітки і такими параметрами, як: межа міцності ($r=0,88$), густини матеріалу ($r=-0,57$). Так пряма залежність значення зношення спостерігається від межі міцності, а обернена від густини матеріалу.

Таблиця 4.5 - Матриця парних кореляцій для режимів $i=1,5$ мм, $V=11,8$ м/с

	σ_{ϵ}	a_n	σ_m	δ	ρ	λ	HB	k	Δ
σ_{ϵ}	-	-0,17	0,10	-0,41	-0,27	-0,52	0,30	0,04	0,75
a_n	-0,17	-	-0,18	0,03	-0,34	0,60	-0,91	-0,80	0,38
σ_m	0,10	-0,18	-	-0,79	0,10	-0,27	0,35	0,69	-0,18
δ	-0,41	0,03	-0,79	-	0,49	0,40	-0,12	-0,34	-0,37
ρ	-0,27	-0,34	0,10	0,49	-	0,11	0,49	0,49	-0,75
λ	-0,52	0,60	-0,27	0,40	0,11	-	-0,44	-0,46	-0,18
HB	0,30	-0,91	0,35	-0,12	0,49	-0,44	-	0,87	-0,34
k	0,04	-0,80	0,69	-0,34	0,49	-0,46	0,87	-	-0,55
Δ	0,75	0,38	-0,18	-0,37	-0,75	-0,18	-0,34	-0,55	-

Примітка. Жирним шрифтом виділені значення кореляційних зв'язків для ймовірності 95%.

При параметрах $i=1,5$ мм, $V=11,8$ м/с найбільш тісним є зв'язок між зношенням щітки і такими параметрами, як межа міцності ($r=0,75$), густина матеріалу ($r=-0,75$) і модуль Юнга ($r=-0,55$). Так само як при кореляційному аналізі всіх вихідних даних, чим вище буде межа міцності матеріалу, тим

більше буде зношення волокон ПАЩ, в той же час, чим більше у матеріалу густина і модуль Юнга, тим його знос буде меншим. Так пряма залежність значення зношення спостерігається від межі міцності, а обернена від густини матеріалу та модуля Юнга.

У таблиці 4.6 наведено результати кореляції окремого випадку з «м'якими» режимами обробки і параметрами щітки, які призведуть до мінімального зношення. Найбільш тісним є взаємозв'язок між зносом щітки і такими параметрами, як: межа міцності ($r=0,86$), густина матеріалу ($r=-0,64$). Так пряма залежність значення зношення спостерігається від межі міцності, а обернена від густини матеріалу.

Таблиця 4.6 - Матриця парних кореляцій для режимів $i=0,5$ мм, $V=5,9$ м/с

	σ_{ϵ}	a_n	σ_m	δ	ρ	λ	HB	k	Δ
σ_{ϵ}	-	-0,17	0,10	-0,41	-0,27	-0,52	0,30	0,04	0,86
a_n	-0,17	-	-0,18	0,03	-0,34	0,60	-0,91	-0,80	0,20
σ_m	0,10	-0,18	-	-0,79	0,10	-0,27	0,35	0,69	-0,13
δ	-0,41	0,03	-0,79	-	0,49	0,40	-0,12	-0,34	-0,38
ρ	-0,27	-0,34	0,10	0,49	-	0,11	0,49	0,49	-0,64
λ	-0,52	0,60	-0,27	0,40	0,11	-	-0,44	-0,46	-0,39
HB	0,30	-0,91	0,35	-0,12	0,49	-0,44	-	0,87	-0,17
k	0,04	-0,80	0,69	-0,34	0,49	-0,46	0,87	-	-0,40
Δ	0,86	0,20	-0,13	-0,38	-0,64	-0,39	-0,17	-0,40	-

Примітка. Жирним шрифтом виділені значення кореляційних зв'язків для ймовірності 95%.

Таблиця 4.7 - Матриця парних кореляцій для режимів $i=2$ мм,
 $V=21,2$ м/с

	σ_ϵ	a_n	σ_m	δ	ρ	λ	HB	k	Δ
σ_ϵ	-	-0,17	0,10	-0,41	-0,27	-0,52	0,30	0,04	0,66
a_n	-0,17	-	-0,18	0,03	-0,34	0,60	-0,91	-0,80	0,44
σ_m	0,10	-0,18	-	-0,79	0,10	-0,27	0,35	0,69	-0,21
δ	-0,41	0,03	-0,79	-	0,49	0,40	-0,12	-0,34	-0,37
ρ	-0,27	-0,34	0,10	0,49	-	0,11	0,49	0,49	-0,81
λ	-0,52	0,60	-0,27	0,40	0,11	-	-0,44	-0,46	-0,04
HB	0,30	-0,91	0,35	-0,12	0,49	-0,44	-	0,87	-0,41
k	0,04	-0,80	0,69	-0,34	0,49	-0,46	0,87	-	-0,61
Δ	0,66	0,44	-0,21	-0,37	-0,81	-0,04	-0,41	-0,61	-

Примітка. Жирним шрифтом виділені значення кореляційних зв'язків для ймовірності 95%.

У таблиці 4.7 наведено результати кореляції окремого випадку з «жорсткими» режимами обробки і параметрами щітки, які призведуть до максимального зношення. Найбільш тісним є взаємозв'язок між зношенням щітки і такими параметрами, як: межа міцності ($r=0,66$), густина матеріалу ($r=-0,81$) і модуль Юнга ($r=-0,61$). Так пряма залежність значення зношення спостерігається від межі міцності, а обернена від густини матеріалу та модуля Юнга.

Проаналізувавши всі отримані дані можна сказати, що при досліджених діапазонах режимів обробки на зношення ПАЩ найбільше

впливають одні й ті ж фізико-механічні властивості матеріалів, такі як межа міцності ($r=0,5...0,9$), густина ($r=-0,55...-0,85$) і модуль Юнга ($r=-0,35...-0,65$).

4.4 Повний факторний експеримент

Для визначення ступеня впливу режимів обробки на інтенсивність зношення ПАЩ [8] треба застосовувати повний факторний експеримент (ПФЕ).

ПФЕ реалізує усі можливі неповторювані комбінації рівнів факторів або незалежних змінних, причому кожен фактор примусово варіюється на заздалегідь обраній кількості рівнів. Такий експеримент виконується відповідно до заздалегідь підготовленим планом [8].

ПФЕ може бути двофакторний 2^k , трифакторний 3^k та багатофакторний p^k .

Загальновідомо, що застосування повного факторного експерименту 2^k значно зменшує кількість необхідних дослідів. Однак високі коефіцієнти кореляції забезпечуються при близькому до лінійного характеру зміні досліджуваних факторів. При наявності проміжних оптимумів коефіцієнт кореляції буде невиправдано низький. І тоді необхідно застосовувати повний факторний експеримент 3^k , а іноді стандартний однофакторний експерименти, що не завжди вигідно або навіть можливо. Для таких випадків треба застосувати так званий центральний композиційний аналіз, який за допомогою декількох додаткових реплік в центральній точці і «зіркових» точок за межами крайніх значень факторів дає можливість отримання шуканих оптимумів [17].

У раніше проведених дослідях проводили трифакторний експеримент для даних матеріалів, для поліпшення формули цільової функції $\Delta = f(i, V)$ та отримання меншої погрішності при розрахунках проводили двофакторний експеримент.

У якості вихідних параметрів були вибрані натяг ($i=0,5, 2$ мм) та

швидкість обробки ($V=5.9, 21.2$ м/с). Величина подачі у експерименті не враховувалась, через те, що суттєво не впливає на зношення волокон щітки. У якості цільової функції було прийнято вагове зношення ПАЩ (Δ).

У таблиці 4.8 приведені вихідні данні для повного факторного експерименту за рівнями (верхній рівень +1; нижній рівень -1).

Таблиця 4.8 – Вихідні данні

	Фактор 1		Фактор 2	
	Натяг i , мм	X1	Швидкість обробки V , м/с	X2
Значення коефіцієнту	0,5	-1	5,9	-1
	2	+1	21,2	+1

За вихідними даними (табл.. 4.8) був розроблений план проведення класичного повного двухрівневого експерименту та записаний у таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – План проведення експерименту.

Марка матеріалу	Натяг i , мм	Швидкість обробки V , м/с	Вагове зношення Δ , г
1	2	3	4
АМГЗ	0,5	5,9	1,18
	0,5	21,2	3,72
	2	5,9	4,14
	2	21,2	16,19
Сталь 20	0,5	5,9	0,57
	0,5	21,2	1,14
	2	5,9	2,08
	2	21,2	2,8
Л63	0,5	5,9	0,82

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4
Л63	0,5	21,2	0,85
	2	5,9	3,85
	2	21,2	4,48
М2	0,5	5,9	0,56
	0,5	21,2	2,04
	2	5,9	3,83
	2	21,2	7,99
ВТ8-М1	0,5	5,9	2,69
	0,5	21,2	7,19
	2	5,9	10,18
	2	21,2	23,18
ХН45МВТЮБР	0,5	5,9	0,56
	0,5	21,2	0,84
	2	5,9	2,61
	2	21,2	2,91

Припускаючи, що залежність цільової функції майже лінійна від кожного параметру, враховували декілька взаємозв'язків та отримали формулу цільової функції:

$$\Delta = a_1 + a_2 \cdot i + a_3 \cdot V + a_4 \cdot i \cdot V \quad (4.2)$$

де a_1, a_2, a_3, a_4 – знайдені коефіцієнти.

Для громіздкості моделі під час розрахунків проводимо математичне скруглення отриманих даних, через це коефіцієнт кореляції становить $R=0,98\dots0,99$, до округлення вона становила $R=1$.

Для проведення аналізу використовуємо спеціальну програму «Statistica» [8].

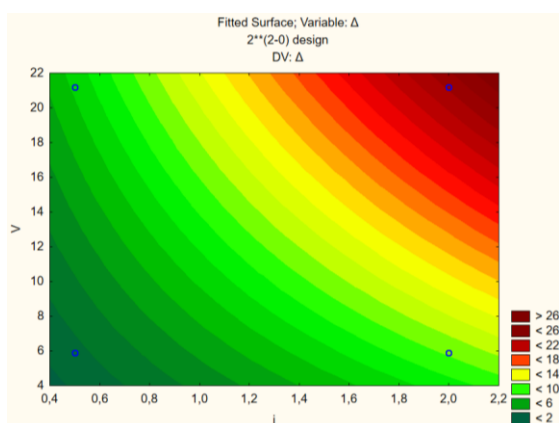
Провівши аналіз отримаємо данні для математичної моделі приведені на рисунку 4.20 та отримуємо математичну модель згідно з функцією (4.2), для матеріалу – титановий сплав ВТ8-М1.

Regr. Coefficients; Var.: Δ ; R-sqr=1, (Design: 2**(2-0) design (Spreadsheet18) in Workbook1)	
2**(2-0) design	
DV: Δ	
Factor	Regressn Coeff.
Mean/Interc.	-0,449368
(1)i	2,808148
(2)V	0,108932
1 by 2	0,370370

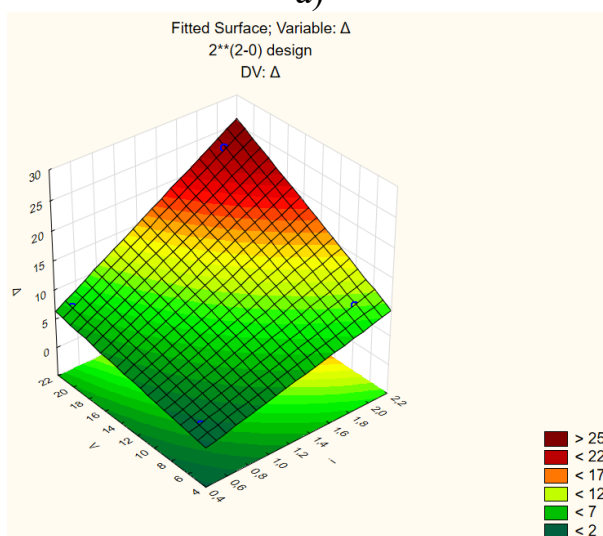
Рисунок 4.20 – Данні для математичної моделі

$$\Delta_p = -0,45 + 2,808 \cdot i + 0,109 \cdot V + 0,37 \cdot i \cdot V$$

На рисунку 4.21 показана поверхня відгуку за данню математичною моделлю.



а)



б)

а – у плоскій проекції; б – у трьохмірній проекції

Рисунок 4.21 – Поверхня відгуку

Необхідно визначити похибку проведення розрахунків математичної моделі за формулою:

$$\delta = \frac{[\Delta - \Delta_p]}{\Delta} \cdot 100\% \quad (4.3)$$

Розрахунки не записуємо, а результати для зразків виготовлених із титанового сплаву BT8-M1 заносимо у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 - Результати розрахунків для зразків виготовлених із титанового сплаву BT8-M1

Натяг i , мм	Швидкість обробки V , м/с	Вагове зношення Δ , г	Розрахункове зношення Δ_p , г	Похибка δ , %
0,5	5,9	2,69	2,696	0,20
0,5	21,2	7,19	7,209	0,26
2	5,9	10,18	10,182	0,02
2	21,2	23,18	23,187	0,03

Для інших матеріалів, які розглядаються у даній роботі, дані для математичної моделі наведені у таблиці 4.11, а результати у таблиці 4.12.

Таблиця 4.11 – Значення коефіцієнтів для математичної моделі функції (4.9)

Матеріал	Коефіцієнти			
	a_1	a_2	a_3	a_4
Алюміній АМГ3	0,436275	-0,471503	-0,041176	0,414379
Сталь 20	-0,133856	0,968105	0,033987	0,006536
Латунь Л63	-0,124444	1,865752	-0,011111	0,026144
Мідь М2	-0,756231	1,491024	0,038344	0,116776
Титановий сплав BT8-M1	-0,449368	2,808148	0,108932	0,370370
Нікелевий сплав ХН45МВТЮБР	-0,228736	1,361525	0,017865	0,000871

Таблиця 4.12 – Результати розрахунків для усіх матеріалів

Матеріал	Натяг i , мм	Швидкість обробки V , м/с	Вагове зношення Δ , г	Розрахункове зношення Δ_p , г	Похибка δ , %
Алюміній АМГЗ	0,5	5,9	1,18	1,179	0,13
	0,5	21,2	3,72	3,703	0,46
	2	5,9	4,14	4,102	0,92
	2	21,2	16,19	16,036	0,95
Сталь 20	0,5	5,9	0,57	0,570	0,04
	0,5	21,2	1,14	1,140	0,03
	2	5,9	2,08	2,079	0,03
	2	21,2	2,8	2,798	0,06
Латунь Л63	0,5	5,9	0,82	0,821	0,10
	0,5	21,2	0,85	0,851	0,16
	2	5,9	3,85	3,850	0,00
	2	21,2	4,48	4,477	0,06
Мідь М2	0,5	5,9	0,56	0,559	0,21
	0,5	21,2	2,04	2,035	0,23
	2	5,9	3,83	3,831	0,02
	2	21,2	7,99	7,992	0,03
Титановий сплав BT8-M1	0,5	5,9	2,69	2,696	0,20
	0,5	21,2	7,19	7,209	0,26
	2	5,9	10,18	10,182	0,02
	2	21,2	23,18	23,187	0,03
Нікелевий сплав ХН45МВТЮБР	0,5	5,9	0,56	0,561	0,21
	0,5	21,2	0,84	0,844	0,50
	2	5,9	2,61	2,613	0,11
	2	21,2	2,91	2,919	0,31

У результаті проведених досліджень була визначена залежність інтенсивності зношення від режимів обробки та параметрів ПАЩ. Встановлено, що більший вплив має швидкість обробки. Так встановлено, що при зростанні швидкості обробки зношення волокон щітки зростає у 3...4 разів, при незмінному натязі, також при зростанні натягу і постійній швидкості обробки зношення ПАЩ зростає у 1,5...2 рази.

Середня погрішність між даними отриманими експериментальним шляхом та розрахованими значеннями вагового зношення становить менше

1%. Була проведена перевірка для усіх параметрів обробки і загальна середня похибка не перевищила 8,5%.

4.5 Вплив різних факторів на стійкість щіткового ПАІ

Ступінь працездатності щіткових ПАІ в першу чергу залежить від їх стійкості. У свою чергу стійкість ПАЩ завжди визначається в залежності від режимів обробки, параметрів щітки і фізико-механічних властивостей оброблюваних матеріалів.

Під час проведення експериментів було досліджено вагове зношення ПАЩ при обробці різних зразків.

Для коригування щітки під час обробки необхідно знати об'ємне зношення щітки, при використанні її на різних режимах і при обробці всіх матеріалів.

Зношення щітки призводить в першу чергу до поступового зменшення довжини волокна щітки, що в свою чергу впливає на зменшення натяга і виліта самих волокон. У зв'язку з цим без корекції щітка буде працювати менш інтенсивно і не давати потрібного ефекту при обробці.

Для визначення через який період і на яке значення необхідно робити корекцію траєкторії для інструмента, необхідно розрахувати об'ємне зношення і період стійкості.

Об'ємне зношення розраховується за формулою:

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho_v}, \text{мм}^3 \quad (4.4)$$

де Δm - середні значення вагового зношення, мг;

ρ_v – середня густина волокон, мг/мм³.

Середня густина волокон визначається за формулою [18]:

$$\rho_v = \rho_{\pi} \cdot c_{\pi} + \rho_{абр} \cdot c_{абр}, \text{ мг/мм}^2 \quad (4.5)$$

де ρ_{π} - густина поліаміду, мг/мм³;

c_{π} – концентрація поліаміду;

$\rho_{абр}$ – густина абразиву, мг/мм³;

$c_{абр}$ – концентрація абразиву.

Виконаємо розрахунок середньої густини волокон ПАЩ за формулою (4.5):

$$\rho_v = 0,7 \cdot 1,14 + 0,3 \cdot 3,75 = 1,923 \text{ мг/мм}^2$$

Виконаємо розрахунок об'ємного зношення волокон ПАЩ за формулою (4.4):

1) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - АМГЗ:

$$\Delta V = \frac{1,18}{1,923} = 0,61 \text{ мм}^3$$

2) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - сталь 20:

$$\Delta V = \frac{0,57}{1,923} = 0,3 \text{ мм}^3$$

3) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - Л63:

$$\Delta V = \frac{0,82}{1,923} = 0,43 \text{ мм}^3$$

4) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - М2:

$$\Delta V = \frac{0,56}{1,923} = 0,29 \text{ мм}^3$$

5) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - ВТ8-М1

$$\Delta V = \frac{2,69}{1,923} = 1,4 \text{ мм}^3$$

6) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - ХН45МВТЮБР:

$$\Delta V = \frac{0,56}{1,923} = 0,29 \text{ мм}^3$$

Решту розрахунків проводимо аналогічно, і результати розрахунків вносимо в таблицю 4.13.

Також необхідно розрахувати питоме зношення ПАЩ за певний період часу, тобто за годину роботи у відповідних умовах експлуатації, за формулою:

$$\Delta l_{\Gamma} = \frac{\Delta l_{\Pi} \cdot 60 \cdot n}{N}, \text{ мм/годину} \quad (4.6)$$

де Δl_{Π} – зміна довжини волокон щітки через зношення при N циклів, мм;

n – частота обертів, об/хв;

N – контрольна кількість циклів або обертів ($N=10^6$ циклів).

Зміна довжини волокна за 10^6 циклів (обертів) розраховується за формулою:

$$\Delta l_{\pi} = \frac{4 \cdot \Delta V}{\pi \cdot d_B^2}, \text{ мм} \quad (4.7)$$

де d_B – діаметр волокна, мм ($d_B=1,2$ мм).

Виконаємо розрахунок зміни довжини волокна ПАЩ через зношування за формулою (4.7):

1) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - АМГЗ:

$$\Delta l_{\pi} = \frac{4 \cdot 0,61}{3,14 \cdot 1,2^2} = 0,54 \text{ мм}$$

2) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал – сталь 20:

$$\Delta l_{\pi} = \frac{4 \cdot 0,3}{3,14 \cdot 1,2^2} = 0,26 \text{ мм}$$

3) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - Л63:

$$\Delta l_{\pi} = \frac{4 \cdot 0,43}{3,14 \cdot 1,2^2} = 0,38 \text{ мм}$$

4) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - М2:

$$\Delta l_{\pi} = \frac{4 \cdot 0,29}{3,14 \cdot 1,2^2} = 0,26 \text{ мм}$$

5) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - ВТ8-М1:

$$\Delta l_{\pi} = \frac{4 \cdot 1,4}{3,14 \cdot 1,2^2} = 1,24 \text{ мм}$$

б) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - ХН45МВТЮБР:

$$\Delta l_{\Pi} = \frac{4 \cdot 0,29}{3,14 \cdot 1,2^2} = 0,26 \text{ мм}$$

Решту розрахунків проводимо аналогічно, і результати розрахунків вносимо в таблицю 4.13.

Виконаємо розрахунок питомого зношення ПАЩ за формулою (4.6):

1) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, частота обертів $n=750$ мм/об, матеріал - АМГЗ:

$$\Delta l_{\Gamma} = \frac{0,54 \cdot 60 \cdot 750}{10^6} = 0,024 \text{ мм/час}$$

2) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, частота обертів $n=750$ мм/об, матеріал – сталь 20:

$$\Delta l_{\Gamma} = \frac{0,26 \cdot 60 \cdot 750}{10^6} = 0,012 \text{ мм/час}$$

3) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, частота обертів $n=750$ мм/об, матеріал - Л63:

$$\Delta l_{\Gamma} = \frac{0,38 \cdot 60 \cdot 750}{10^6} = 0,017 \text{ мм/час}$$

4) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, частота обертів $n=750$ мм/об, матеріал - М2:

$$\Delta l_{\Gamma} = \frac{0,26 \cdot 60 \cdot 750}{10^6} = 0,012 \text{ мм/час}$$

5) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, частота обертів $n=750$ мм/об, матеріал - ВТ8-М1:

$$\Delta l_{\Gamma} = \frac{1,24 \cdot 60 \cdot 750}{10^6} = 0,056 \text{ мм/час}$$

6) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, частота обертів $n=750$ мм/об, матеріал - ХН45МВТЮБР:

$$\Delta l_{\Gamma} = \frac{0,26 \cdot 60 \cdot 750}{10^6} = 0,012 \text{ мм/час}$$

Решту розрахунків проводимо аналогічно, і результати розрахунків вносимо в таблицю 4.13.

Для визначення на скільки зміниться діаметр і радіус щітки необхідно перевести зношення волокна в змінення діаметру і радіусу за формулами:

$$\Delta D = \frac{\Delta l_{\Pi}}{c}, \text{ мм} \quad (4.8)$$

$$\Delta R = \frac{\Delta D}{2}, \text{ мм} \quad (4.9)$$

де ΔD – зношення діаметра щітки при N циклів, мм;

ΔR – зношення радіусу щітки при N циклів, мм;

c – кількість волокон в щітці, $c=2300$ волокон.

Виконаємо розрахунок змінення діаметру і радіусу ПАЩ за формулами (4.8) і (4.9):

1) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - АМГЗ:

$$\Delta D = \frac{0,54}{2300} = 0,00024 \text{ мм}$$

$$\Delta R = \frac{0,00024}{2} = 0,00012 \text{ мм}$$

2) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал – сталь 20:

$$\Delta D = \frac{0,26}{2300} = 0,00011 \text{ мм}$$

$$\Delta R = \frac{0,00011}{2} = 0,000055 \text{ мм}$$

3) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - Л63:

$$\Delta D = \frac{0,38}{2300} = 0,00016 \text{ мм}$$

$$\Delta R = \frac{0,00016}{2} = 0,00008 \text{ мм}$$

4) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - М2:

$$\Delta D = \frac{0,26}{2300} = 0,00011 \text{ мм}$$

$$\Delta R = \frac{0,00011}{2} = 0,000055 \text{ мм}$$

5) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - ВТ8-М1:

$$\Delta D = \frac{1,24}{2300} = 0,00054 \text{ мм}$$

$$\Delta R = \frac{0,00054}{2} = 0,00027 \text{ мм}$$

б) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - ХН45МВТЮБР:

$$\Delta D = \frac{0,26}{2300} = 0,00011 \text{ мм}$$

$$\Delta R = \frac{0,00011}{2} = 0,000055 \text{ мм}$$

Решту розрахунків проводимо аналогічно, і результати розрахунків вносимо в таблицю 4.13.

Визначення стійкості ПАЩ необхідно переводити питомого зношення (за 10^6 циклів) в знос за часом (мм/год).

Виходячи з раніше проведених розрахунків проводимо визначення періоду стійкості ПАЩ за формулою:

$$T = \frac{L}{\Delta l_r}, \text{ час} \quad (4.10)$$

Виконаємо розрахунок межі стійкості ПАЩ за формулою (4.10):

1) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - АМГЗ:

$$T = \frac{30}{0,024} = 1250 \text{ годин}$$

2) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал – сталь 20:

$$T = \frac{30}{0,012} = 2500 \text{ годин}$$

Таблиця 4.13 – Значення зношення ПАЩ при 10^6 циклів

Швидкість обробок V , м/с $V=5.9$ м/с Частота обертів, об/хв $n=750$ об/хв		3	Марка матеріалу																
			АМГЗ		ст. 20		Л63		М2		ВТ8-М1		ХН45МВТЮБР						
			Натяг i , мм																
			0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	
			4	5			6			7			8			9			
1	2		1,18	0,61	0,54	0,024	0,00024	0,00012	0,012	0,026	0,38	0,43	0,82	0,012	0,026	1,24	1,40	2,69	0,56
		Вагове зношення ПАЩ, г	2,13	1,11	0,98	0,044	0,00043	0,00028	0,029	0,64	0,91	1,03	1,98	0,035	0,78	1,88	2,12	4,08	
		Об'ємне зношення ПАЩ, мм ³	3,21	1,67	1,48	0,066	0,00064	0,00042	0,043	0,97	1,4	1,59	3,05	0,055	1,23	2,62	2,96	5,7	
		Зміна довжини волокна ПАЩ, мм	4,14	2,15	1,9	0,086	0,00083	0,00052	0,054	1,2	1,77	2,00	3,85	0,079	1,76	4,68	5,29	10,18	
		Питоме зношення ПАЩ, мм/час																	
		Змінення діаметру ПАЩ, мм																	
		Змінення радіусу ПАЩ, мм	0,00012	0,000213	0,000321	0,000414	0,000055	0,000139	0,000210	0,000261	0,000008	0,000198	0,000305	0,000385	0,000055	0,000169	0,000267	0,000383	0,000027

Продовження таблиці 4.13.

Швидкість обробок V , м/с		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
$V=21,2$ м/с	$V=11,8$ м/с	Частота обертів, об/хв		$n=1500$ об/хв		Змінення радіусу ПАЩ, мм	Змінення діаметру ПАЩ, мм	Питоме зношення ПАЩ, мм/час	Зміна довжини волокна ПАЩ, мм	Об'ємне зношення ПАЩ, мм ³	Вагове зношення ПАЩ, г								
$n=2700$ об/хв		Об'ємне зношення ПАЩ, мм ³	Вагове зношення ПАЩ, г																
1,93	3,72					0,000295	0,00059	0,122	1,36	1,53	2,95								
2,72	5,23					0,000350	0,00070	0,145	1,61	1,82	3,5								
4,98	9,58					0,000693	0,00139	0,287	3,19	3,60	6,93								
4,98	9,58					0,001002	0,00200	0,415	4,61	5,21	10,02								
0,59	1,14					0,000087	0,00017	0,036	0,40	0,45	0,87								
0,89	1,72					0,000140	0,00028	0,058	0,64	0,73	1,4								
1,18	2,26					0,000206	0,00041	0,085	0,95	1,07	2,06								
1,46	2,8					0,000288	0,00058	0,119	1,32	1,50	2,88								
0,44	0,85					0,000088	0,00018	0,036	0,40	0,46	0,88								
1,23	2,36					0,000195	0,00039	0,081	0,90	1,01	1,95								
1,73	3,33					0,000339	0,00068	0,140	1,56	1,76	3,39								
2,33	4,48					0,000415	0,00083	0,172	1,91	2,16	4,15								
1,06	2,04					0,000113	0,00023	0,047	0,52	0,59	1,13								
1,74	3,35					0,000287	0,00057	0,119	1,32	1,49	2,87								
2,46	4,74					0,000372	0,00074	0,154	1,71	1,93	3,72								
4,15	7,99					0,000569	0,00114	0,236	2,62	2,96	5,69								
3,74	7,19					0,000477	0,00095	0,197	2,19	2,48	4,77								
6,92	13,3					0,000909	0,00182	0,376	4,18	4,73	9,09								
8,19	15,75					0,001166	0,00233	0,483	5,36	6,06	11,66								
12,05	23,18					0,001563	0,00313	0,647	7,19	8,13	15,63								
0,44	0,84					0,000083	0,00017	0,034	0,38	0,43	0,83								
0,90	1,73					0,000172	0,00034	0,071	0,79	0,89	1,72								
1,14	2,2					0,000235	0,00047	0,097	1,08	1,22	2,35								
1,51	2,91					0,000253	0,00051	0,105	1,16	1,32	2,53								

Продовження таблиці 4.13

1	
Швидкість обробок V, м/с	
V=21,2 м/с	
2	
Частота обертів, об/хв	
n=2700 об/хв	
3	
Зміна довжини волокна ПАЩ, мм	Питоме зношення ПАЩ, мм/час
Змінення діаметру ПАЩ, мм	Змінення радіусу ПАЩ, мм
0,000372	0,00074
0,000523	0,00105
0,000958	0,00192
0,000958	0,00192
0,000114	0,00023
0,000172	0,00034
0,000226	0,00045
0,000280	0,00056
0,000085	0,00017
0,000236	0,00047
0,000333	0,00067
0,000448	0,00090
0,000204	0,00041
0,000335	0,00067
0,000474	0,00095
0,000799	0,00160
0,000719	0,00144
0,001330	0,00266
0,001575	0,00315
0,002318	0,00464
0,000084	0,00017
0,000173	0,00035
0,000220	0,00044
0,000291	0,00058

3) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - Л63:

$$T = \frac{30}{0,017} = 1764,71 \text{ годин}$$

4) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - М2:

$$T = \frac{30}{0,012} = 2500 \text{ годин}$$

5) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - ВТ8-М1:

$$T = \frac{30}{0,056} = 535,71 \text{ годин}$$

6) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - ХН45МВТЮБР:

$$T = \frac{30}{0,012} = 2500 \text{ годин}$$

Решту розрахунків проводимо аналогічно, і результати розрахунків вносимо в таблицю 4.14.

Корекція на інструмент проводиться після зношення волокон ПАЩ $[\Delta l]=0,15$ мм. Період введення корекції на інструмент розраховуємо за формулою:

$$q = \frac{[\Delta l]}{\Delta l_r} \quad (4.11)$$

Виконаємо розрахунок періоду корекції на інструмент за формулою (4.11):

1) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - АМГЗ:

$$q = \frac{0,15}{0,024} = 6,25$$

2) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - сталь 20:

$$q = \frac{0,15}{0,012} = 12,5$$

3) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - Л63:

$$q = \frac{0,15}{0,017} = 8,82$$

4) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - М2:

$$q = \frac{0,15}{0,012} = 12,5$$

5) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал - ВТ8-М1:

$$q = \frac{0,15}{0,056} = 2,68$$

6) швидкість обробки $V=5,9$ м/с, натяг $i=0,5$ мм, матеріал – ХН45МВТЮБР:

$$q = \frac{0,15}{0,012} = 12,5$$

Таблиця 4.14 – Період стійкості і корекції на інструмент

Швидкість обробок V, м/с			1		2		Марка матеріалу																							
							АМГЗ				ст. 20				Л63				М2				ВТ8-М1				ХН45МВТЮБР			
							Натяг i, мм																							
							0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
V=11,8 м/с		V=5,9 м/с		Період під настройки, год.	Межа стійкості, год.	Питоме зношення ПАЩ, мм/год	3				4				5				6				7				8			
Період під настройки, год.	Межа стійкості, год.	Питоме зношення ПАЩ, мм/год	1,23				245,9	0,122	0,024	0,012	0,017	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012				
							1,03	206,9	0,145	0,044	0,029	0,041	1034,48	0,041	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035					
							0,52	104,53	0,287	0,066	0,043	0,027	697,67	0,063	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055					
							0,36	72,29	0,415	0,086	0,054	0,017	555,56	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079					
							4,17	833,33	0,036	0,012	0,012	0,012	2500	0,017	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012					
							2,59	517,24	0,058	0,029	0,029	0,029	1034,48	0,041	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035					
							1,76	352,94	0,085	0,043	0,043	0,043	697,67	0,063	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055					
							1,26	252,1	0,119	0,054	0,054	0,054	555,56	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079					
							4,17	833,33	0,036	0,012	0,012	0,012	1764,71	0,017	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012					
							1,85	370,37	0,081	0,041	0,041	0,041	731,71	0,041	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035					
							1,07	214,29	0,140	0,063	0,063	0,063	476,19	0,063	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055					
							0,87	174,42	0,172	0,080	0,080	0,080	375,00	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079					
							3,19	638,3	0,047	0,012	0,012	0,012	2500	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012					
							1,26	252,1	0,119	0,035	0,035	0,035	857,14	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035					
							0,97	194,81	0,154	0,055	0,055	0,055	545,45	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055					
							0,64	127,12	0,236	0,079	0,079	0,079	379,75	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079					
							0,76	152,28	0,197	0,056	0,056	0,056	535,71	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056					
							0,4	79,79	0,376	0,084	0,084	0,084	357,14	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084					
							0,31	62,11	0,483	0,118	0,118	0,118	254,24	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118					
							0,23	46,37	0,647	0,211	0,211	0,211	142,18	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211					
							4,41	882,35	0,034	0,012	0,012	0,012	2500	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012					
							2,11	422,54	0,071	0,029	0,029	0,029	1034,48	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029					
							1,55	309,28	0,097	0,043	0,043	0,043	697,67	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043					
							1,43	285,71	0,105	0,054	0,054	0,054	555,56	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054					

Продовження таблиці 4.14.

1	2		3		4		5		6		7		8	
	Швидкість обробки V, м/с V=21,2 м/с		Питоме зношення ПАЩ, мм/год		Межа стійкості, год.		Період під настройки, год.							
	0,54	108,3	0,277	0,390	0,21	42,02	0,714	0,714	1,76	352,94	0,085	0,128	0,168	0,209
	0,38	76,92	0,277	0,390	0,21	42,02	0,714	0,714	1,17	234,38	0,085	0,128	0,168	0,209
	0,21	42,02	0,277	0,390	0,21	42,02	0,714	0,714	0,89	178,57	0,085	0,128	0,168	0,209
	0,21	42,02	0,277	0,390	0,21	42,02	0,714	0,714	0,72	143,54	0,085	0,128	0,168	0,209
	2,38	476,19	0,063	0,176	2,38	476,19	0,063	0,176	0,85	170,45	0,063	0,176	0,248	0,334
	0,6	120	0,250	0,353	0,25	50,42	0,595	0,595	0,99	197,37	0,152	0,250	0,353	0,595
	0,42	84,99	0,353	0,595	0,25	50,42	0,595	0,595	0,28	55,97	0,536	0,991	1,174	1,727
	0,25	50,42	0,595	0,595	0,25	50,42	0,595	0,595	0,15	30,27	0,991	1,174	1,727	1,727
	0,28	55,97	0,536	0,991	0,13	25,55	1,174	1,727	0,09	17,37	1,727	1,727	1,727	1,727
	2,38	476,19	0,063	0,129	2,38	476,19	0,063	0,129	1,16	232,56	0,129	0,164	0,217	0,217
	0,91	182,93	0,164	0,217	0,91	182,93	0,164	0,217	0,69	138,25	0,217	0,217	0,217	0,217

Решту розрахунків проводимо аналогічно, і результати розрахунків вносимо в таблицю 4.14.

Дані розрахунки мають особливо важливе значення при використанні ПАЩ для обробки на верстатах з програмним числовим управлінням (ЧПУ) і обробних центрах. Для забезпечення безперервної обробки необхідно ввести корекцію на інструмент через певний проміжок часу, так як через певний період часу від початку обробки довжина волокон ПАЩ зменшується. Через зміну довжини ПАВ також змінюються такі параметри як виліт волокна і його натяг, що призводить до змін умов обробки деталі. Для запобігання зміни умов обробки і проводиться корекція розташування інструменту щодо оброблюваної деталі, через певний проміжок часу.

4.6 Висновки

1. Проведено аналіз отриманих даних під час проведення досліджень. Та отримано залежність зношення ПАЩ від ступеня впливу різних факторів.
2. Виконано визначено математичним шляхом зношення об'ємне, питоме, діаметру та радіусу повної щітки.
3. Проведено кореляційний аналіз для визначення залежності зношення від фізико-механічних властивостей матеріалі, режимів обробки та параметрів щітки.
4. Визначено залежність інтенсивності зношення від режимів обробки та параметрів ПАЩ за допомогою факторного експерименту. Виведена цільова функція, за якою можливо знаючи натяг i та швидкість обробки V ступінь зношення ПАЩ.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Для досягнення безпечних умов праці, попередження виникнення травматизму на робочих місцях та професіональних захворювань потрібно дотримуватися усіх норм охорони праці (ОП).

Усі норми з ОП приймаються як на законодавчому рівні так і безпосередньо на підприємствах. Виконання даних актів контролюється дуже жорстко, а за їх порушення чи невиконання загрожує від штрафу до терміну у в'язниці.

Під час виконання магістерської роботи була розроблена методика дослідження стійкості щіткових ПАІ. Дослідження проводилися у лабораторіях ЗНТУ, на плоскошліфувальному верстаті моделі 3Б71М та персональному комп'ютері (ПК).

У даному розділі магістерської роботи приводиться аналіз потенційно небезпечних факторів які можуть виникнути під час роботи. У ньому будуть розглянуті такі питання, як: аналіз потенційних небезпек; заходи по забезпеченню техніки безпеки; заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці; заходи по пожежній безпеці; заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Також розглянуто питання про дії робітників, службовців і населення при аварії з викидом (розливом) сильнодіючих отруйних речовин.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Для виконання магістерської роботи необхідно працювати на верстаті та ПК. Для безпечної праці на них необхідно дотримуватись правил експлуатації та ОП.

Під час виконання робіт на верстаті можливо зіткнутися з такими потенційними небезпеками фізичного характеру: механічне травмування робітника, може виникнути з неправильної експлуатації верстата,

неправильне закріплення інструменту або деталі, вильот стружки або частини інструменту з незакритої зони обробки, можуть привести до отримання травм; ураження струмом, яке можливе при перевантаженні мережі чи не коректній роботі на верстаті, може привести до отримання опіків.

Потенційні небезпеки фізичного характеру під час роботи за ПК діляться на такі пункти: травмування робочого через людський фактор; перевищений вплив електромагнітних та іонізуючих випромінень, виникає через неправильне використання комп'ютерного обладнання чи його застарілу модель, приводить до хвороб які визиває перевищене опромінення; травмування відкритих ділянок шкіри через неухажне поводження з обладнанням, можуть привести до порізів, подряпин.

Такі потенційні небезпеки психофізіологічного характеру можуть виникнути: перенавантаження м'язів рук, спини та шиї, виникає через неправильне сидіння та перенавантаження м'язів; підвищена нервозність та часті головні болі, можуть виникнути через постійні розумові перенавантаження, обробку великої кількості даних, що знижує працездатність, деколи взагалі відбиває бажання працювати далі; емоційне перенавантаження, через необхідність постійного виконання однієї й тієї ж роботи; погіршення зору, через довгу роботу без перерв, неправильне освітлення приміщення, використання застарілих моніторів.

Небезпеки санітарно-гігієнічного характеру включають у себе: підвищений вміст пилу у лабораторії чи кабінеті, виникає через погане провітрювання приміщення та відсутність або виведення з ладу вентиляції чи кондиціонування, що призводить до виникнення у працівників проблем з легенями; підвищений вміст шуму у робочій зоні через відсутність захисних засобів, що може привести до погіршення слуху у робочих; погане освітлення, виникає у наслідок поганого планування розміщення ламп та їх недостатню потужність, відсутність вікон у приміщенні.

Через порушення правил пожежної безпеки можуть виникнути такі потенційні небезпеки, як: займання обладнання може виникнути через

коротке замикання у проводці, несправність обладнання, призводить до опіків; порушення правил експлуатації електронного обладнання, що може привести до короткого замкнення та початку пожежі; несправність системи протипожежної безпеки, затримка в тушінні вогню, що в свою чергу приведе до розповсюдження пожежі, знищення матеріальної бази лабораторії та отримання ушкоджень робітниками.

5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

На усіх підприємствах зобов'язані дотримуватися нормативно-правових актів з техніки безпеки України. Для уникнення отримання травм під час виконання магістерської роботи необхідно дотримуватись положень нормативно-правового акта з охорони праці (НПАОП) 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Проведення дослідів відбувається на металорізальному верстаті моделі 3Б71М, тому необхідно дотримуватись певних положень.

У державному стандарті (ГОСТ) 12.2.003-91 «Система стандартів безпеки труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности» наведені правила користування органами управління верстатів, безпечним поводженням з ними, органи управління верстата повинні бути закриті захисним кожухом.

У ГОСТ 12.2.062-81. «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные» і ГОСТ 12.2.009-80 «ССБТ. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности» описані вимоги безпеки при роботі на металорізальних верстатах. Перед початком робіт верстат повинен проходити обов'язкову перевірку та перевірятися надійність закріплення ріжучого інструменту та заготовки. Усі рухомі органи верстата, робоча зона та ріжучий інструмент повинні бути огорожені захисною огорожею. Також на верстаті повинні бути присутні запобіжні та блокуючі

пристрої, для використання їх в надзвичайних ситуаціях.

При обробці деталей різанням, на верстатах, робітники повинні дотримуватися НПАОП 0.00-1.68-13 «Правила охраны труда при холодной обработки металлов». Відповідальним за безпеку праці є керівник групи. Рівень шуму та вібрації повинні вдовольняти вимогам ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» і ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»

У ГОСТ 12.4.034-2017 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка», ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия», ГОСТ 12.4.001-80 «ССБТ Очки защитные. Термины и определяя», ГОСТ 12.4.002-97 «ССБТ. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний» та НПАОП 0.00-4.01-08 «Положение о порядке обеспечения работников специальной одеждой, специальной обув'ю и другими средствами индивидуальной защиты» приведені вимоги до індивідуального захисту робітників. Для безпечного переміщення деталей необхідно використовувати спеціалізовані рукавиці. Також необхідно використовувати спеціалізований одяг щоб уникнути більш серйозних травм. Для захисту очей, слуху, органів дихання необхідно використовувати під час роботі захисні окуляри, респіратори та навушники. Данні засоби захисту застосовують при роботі на відкритих верстатах, при перевищенні рівня шуму допустимого значення.

Також важливу роль грає правильне розміщення обладнання у приміщенні згідно ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования». Робоче місце не повинне бути перенавантаженим чи зашарашеним, проходи між обладнання (робочими місцями) повинні бути досить великі, щоб можна було проходити не зачіпаючи обладнання і уникнення нещасних випадків.

Користуючись електрообладнанням та електроустаткуванням треба за такими стандартами: державний нормативно-правовий акти про охорону

праці (ДНАОП) 1.1.10-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок», ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» та ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности». Згідно цих актів опір захисного заземлення не перевищує 40 Ом. Усі устаткування, що виробляють магнітне поле повинні бути оснащені захисними екранами, аби обмежити дію даного поля на робочих.

Згідно ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» існують декілька класів електричної безпеки: 0, 0I, I, II, III. Згідно цього лабораторія у якій проводились досліді належить до III класу електричної безпеки, а кабінет з ПК до II класу.

У ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» і державному стандарті України (ДСТУ) 7950:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги». наведені норми будівництва промислових та службових приміщень, а також розміщення приладдя.

Для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійних захворювань та підтримки працездатності слід дотримуватись державних санітарних правил і норм (ДСанПіН) 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», а також Згідно Плану імплементації Директиви Ради 90/270/ЕЕС від 29 травня 1990 року про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями, треба підбирати монітори з відповідною контрастністю та яскравістю.

Перерви на відпочинок тривалістю 15...20 хвилин треба робити кожну годину. Тривалість безперервної роботи не повинна перевищувати чотирьох годин, а з перервами не більше восьми годин.

Працюючі з персональними електронно-обчислювальними машинами (ПЕОМ) підлягають обов'язковим медичним оглядам. Періодичні огляди

мають проводитися раз на два роки. Основними критеріями оцінки стану придатності до роботи є стан органів зору, при цьому необхідно враховувати також стан організму в цілому.

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Норми санітарії та гігієни обов'язкові для виконання нормативно-правові акти центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я, що встановлюють медичні вимоги безпеки щодо середовища життєдіяльності та окремих його факторів, недотримання яких створює загрозу здоров'ю і життю людини та майбутніх поколінь, а також загрозу виникнення і розповсюдження інфекційних хвороб та масових неінфекційних захворювань (отруєнь) серед населення [19].

Мікрокліматичні умови у робочому приміщенні та їх забезпечення аргументується у ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», державних санітарних нормах (ДСН) 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» та державні будівельні норми (ДБН) В.2.5-67-2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Мікрокліматичні умови повинні відповідати таким умовам як температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення, температура поверхні. Мікрокліматичні умови можуть бути оптимальні чи допустимі. Так оптимальні умови мікроклімату встановлюються для постійних робочих місць, допустимі встановлюються у випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальні величини мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною недосяжністю та економічно обгрунтованою недоцільністю [20].

В лабораторіях температура повинна у холодну пору року повинна становити 18-20 °С, а у теплу 21-23 °С, з відотною вологістю повітря 40-60%.

В ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та ГОСТ 12.4.021-75 «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования» можливо визначити вимоги для систем вентиляції, кондиціонування та опалення. Данні системи повинні у різну пору року забезпечувати відповідній мікроклімат у робочому примушенні. Система вентиляції повинна забезпечувати повну очистку повітря від зайвих домішок, подача повітря відбувається постійно, без перебоїв, вміст пилу повинен не перевищувати 30%.

Норми освітлення робочої зони та її забезпечення приведені у ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Робочі приміщення повинні використовувати комбіноване освітлення, якщо даного світла не вистачає, можливо використовувати додаткове місцеве освітлення. Відсоток природнього освітлення повинен становити не менше ніж 1,5%. Якщо природне освітлення повністю відсутнє у приміщенні то треба використовувати лампи денного світла. Освітленість робочого місця повинно бути від 300 лк до 500 лк.

Для лабораторії, з розміщеними у ній верстатами, розрахуємо освітлення згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Так знаючи розміри приміщення (довжина $A=30$ м, ширина $B=18$ м, висота стелі $H=4,5$ м) і рівень нормування освітленості ($E_n=350$ лк) визначаємо:

- характер зорової роботи – середньої точності;
- розряд зорової роботи (РЗР) з підрозрядом – IVв;
- контраст об'єкта з фотом та її характеристика – середня.

Виходячи з того, що висота стели у приміщенні 4,5 м, доцільніше усього використовувати люмінесцентні лампи з білим спектром світла (ЛБ) і потужністю 80 Вт, світловим потоком 5400 лм та її довжиною 1,5 м. Для

використання даних ламп підбираємо світильник типу – ЛПП, з коефіцієнтом світильника $L/h = 1,4$ і типом кривої світла – косинусна.

Згідно ГОСТ 14254-96 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)» визначаємо конструктивне виконання світильників – IP=65. Частка світлового потоку світильника, яка спрямована в нижню півсферу, становить 40-60%.

Визначаємо необхідні коефіцієнти освітлення:

- коефіцієнт запасу освітленості – $k_3=1.6$;
- коефіцієнт нерівномірності освітленості – $z=1,1$;
- коефіцієнт відбиття стелі – $\rho_c=50\%$;
- коефіцієнт відбиття стін – $\rho_n=30\%$;
- коефіцієнт відбиття підлоги – $\rho_{cm}=70\%$.

Виходячи з того, що у світильнику встановлено дві лампи загальна потужність світильника визначається по формулі:

$$P' = n \cdot P_{\text{л}}, \text{Вт} \quad (5.1)$$

де n – кількість ламп у світильнику, шт.;

$P_{\text{л}}$ – потужність однієї лампи у світильнику, Вт.

Виконуємо розрахунок загальної потужності світильників за формулою (5.1)

$$P' = 2 \cdot 40 = 80 \text{ Вт}$$

Значення індексу приміщення розраховується за рівнянням:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \quad (5.2)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

Висота розміщення світильників над робочою поверхнею розраховується по формулі:

$$h = H - h_p - h_3, \text{ м} \quad (5.3)$$

де H – висота приміщення, м;

$h_p = 0,8$ м – висота робочої поверхні над підлогою, м;

h_3 – висота звисання світильника від стелі, м.

Так як висота розміщення світильників над робочою поверхнею і висота звисання світильника від стелі не відомі, то розрахунок звисання розв'язується за формулою:

$$h_3 = H - h_p - h, \text{ м} \quad (5.4)$$

Висоту підвісу світильника визначаємо по формулі:

$$h = \frac{L_{max}}{[L/h]}, \text{ м} \quad (5.5)$$

де L_{max} – максимально припустима відстань між рядами світильників, м;

L/h - числове значення коефіцієнтів світильника.

Максимально припустима відстань між рядами світильників визначається з рівняння:

$$L_{max} = \frac{B}{N_p}, \text{ м} \quad (5.6)$$

де N_p – кількість рядів світильників у приміщення, шт..

Кількість рядів світильників у приміщення визначається за формулою:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]}, \text{ряди} \quad (5.7)$$

Виконуємо розрахунок загальної кількості рядів світильників по рівнянню (5.7):

$$N_p = \frac{18}{(4,5 - 0,8) \cdot 1,4} = 3,47$$

Так, як кількість рядів не може бути не цілою, то округлюємо значення кількості рядів і приймаємо: $N_p = 4$ ряди.

Виконуємо розрахунок максимально припустиму відстань між рядами світильників по рівнянню (5.6):

$$L_{max} = \frac{18}{4} = 4,5 \text{ м}$$

Виконуємо розрахунок висоти підвісу світильників по рівнянню (5.5):

$$h = \frac{4,5}{1,4} = 3,2 \text{ м}$$

Виконуємо розрахунок висоти звисання світильника від стелі по рівнянню (5.4):

$$h_3 = 4,5 - 0,8 - 3,2 = 0,5 \text{ м}$$

Виконуємо розрахунок індексу приміщення по рівнянню (5.2):

$$i = \frac{30 \cdot 18}{3,2 \cdot (30 + 18)} = 3,5$$

Виходячи з розрахованого вище індексу приміщення та коефіцієнта використання світового потоку ($\eta = 69\%$) визначаємо сумарний світловий потік освітлюваної установки за формулою:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_H \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\eta}, \text{ лм} \quad (5.8)$$

де S – площа світлової поверхні, м^2 ;

Площа світлової поверхні розраховується за формулою:

$$S = A \cdot B, \text{ м}^2 \quad (5.9)$$

Виконуємо розрахунок площі приміщення по рівнянню (5.9):

$$S = 30 \cdot 18 = 540 \text{ м}^2$$

Виконуємо розрахунок сумарного світлового потоку освітлюваної установки по рівнянню (5.8):

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{350 \cdot 540 \cdot 1,6 \cdot 1,1}{0,69} = 482087 \text{ лм}$$

Визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні з рівняння:

$$N^* = \frac{A \cdot B}{L_{max}^2} \quad (5.10)$$

Виконуємо розрахунок умовну загальну кількість світильників по рівнянню (5.10):

$$N^* = \frac{30 \cdot 18}{4,5^2} = 26,7$$

Розраховуємо світловий потік умовного джерела за формулою:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}}, \text{ лм} \quad (5.11)$$

де $N_{\text{л}}$ - загальна кількість ламп у приміщенні, шт.

Розраховуємо загальну кількість ламп у приміщенні за формулою:

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot n \quad (5.12)$$

Виконуємо розрахунок загальної кількості ламп у приміщенні по рівнянню (5.12):

$$N_{\text{л}} = 26,7 \cdot 2 = 53,4$$

Приймаємо загальну кількість ламп $N_{\text{л}} = 54$ шт.

Виконуємо розрахунок світлового потоку умовного джерела по рівнянню (5.11):

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{482087}{54} = 8927,5 \text{ лм}$$

Співвідношення між розрахунковим і фактичним світловим потоком розраховуємо по формулі:

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}} \quad (5.13)$$

Виконуємо розрахунок співвідношення між розрахунковим і фактичним світловим потоком по рівнянню (5.13):

$$m = \frac{8927,5}{5400} = 1,65$$

Оптимальна кількість світильників у приміщенні розраховуємо за формулою:

$$N = N^* \cdot m, \text{ ряд} \quad (5.14)$$

Виконуємо розрахунок оптимальної кількості світильників у приміщенні по рівнянню (5.14):

$$N = 26,7 \cdot 1,65 = 44,6$$

Приймаємо оптимальну кількість світильників: $N = 48$ світильників.

Виходячи з проведених розрахунків приймаємо, що у приміщенні буде чотири ряди світильників, по дві лампи у світильнику, визначаємо фактичне значення кількості ламп за формулою:

$$N_{\text{д}} = N \cdot n, \text{ шт} \quad (5.15)$$

Виконуємо розрахунок фактичної кількості ламп по формулі (5.15):

$$N_{\text{д}} = 48 \cdot 2 = 96 \text{ шт}$$

Визначити загальну розрахункову освітленість у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп можна по формулі:

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N_{\text{д}} \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}, \text{ лк} \quad (5.16)$$

Виконуємо розрахунок загальної освітленості у приміщенні по формулі (5.16):

$$E_p = \frac{5400 \cdot 96 \cdot 0,69}{540 \cdot 1,6 \cdot 1,1} = 376,4 \text{ лк}$$

Якщо вибрані данні та проведені розрахунки вірні, то повинна виконуватись умова:

$$E_p = (-10\% \dots + 20\%) \cdot E_{\text{н}}, \text{ лк} \quad (5.17)$$

Перевіряємо чи виконується умова (5.17):

$$376,4 = 315 \dots 420 \text{ лк}$$

Умова виконується, а отже параметри лампи та світильника вибрані вірно.

Необхідно розрахувати потужність освітлюваної установки за формулою:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{д}} \cdot P_{\text{д}}, \text{ Вт} \quad (5.18)$$

Виконуємо розрахунок потужності освітлюваної установки по формулі (5.18):

$$P_{\Sigma} = 96 \cdot 40 = 3840 \text{ Вт}$$

Опираючись на отримані данні з розрахунків виконуємо ескізи розміщення світильників у виробничому приміщенні (рис. 5.1) і над робочою поверхнею (рис. 5.2)

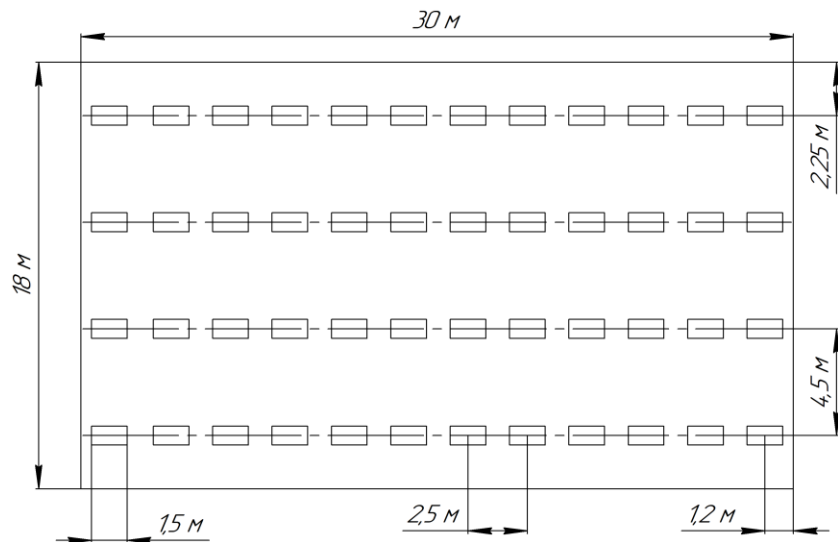


Рисунок 5.1 – Схема розміщення світильників у виробничому приміщенні

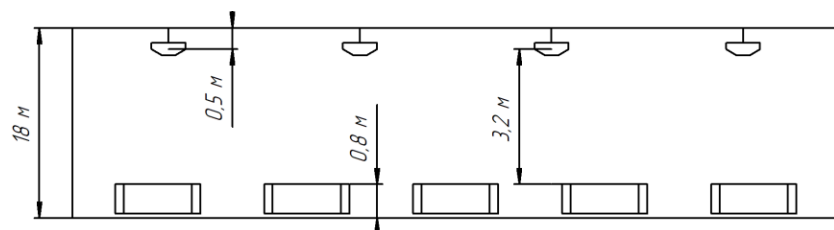


Рисунок 5.2– Схема розміщення світильників над робочою поверхнею

Рівень шуму у робочій зоні регламентується за ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», ГОСТ 12.2.107-85 ССБТ. «Шум. Станки металлорежущие. Допустимые шумовые характеристики» та ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». Данні норми встановлюють методи оцінки виробничого шуму; параметри, які нормуються, та їх допустимі величини. Так рівень

шуму у лабораторії не повинні перевищувати 80 дБ, при перевищенні час роботи скорочується, в залежності від рівня перевищення шуму. Треба використовувати прилади та верстати з шумоізоляційними корпусами. Також необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту.

Оцінку впливу рівня вібрацій проводять за ДСТУ ISO 2631-1:2004 «Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину» та ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій».

Під час виконання робіт, що супроводжуються вібраціями необхідно робити перерви кожні 10-15 хвилин. Щоб знизити негативний вплив від вібрацій треба вчасно проходити огляди у лікаря та профілактичне лікування, вживати вітаміни. Також необхідно робити розслабляючий масаж у спеціальній установці за допомогою сухого теплого повітря.

Приміщення у яких розташовуються робочі місця з ПК повинні бути спроектовані відповідно до НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» і ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислюваних машин» на одне таке робоче місце повинно приходити не менше 6,0 м² площі та об'єму не менше 20 м³. Робочі місця повинні розташовуватись не ближче 1 м від вікон і з проходами між рядами також не менше 1 м, а відстань між стінками столів не менше 1.2 м [21].

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи по забезпеченню протипожежної безпеки приведені у нормативному акті з пожежної безпеки (НАПБ) А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». У них встановлено загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, споруд різного призначення та прилеглих до них територій, іншого нерухомого майна, обладнання, устаткування, що

експлуатуються. Особи, відповідальні за забезпечення пожежної безпеки на підприємствах та об'єктах, їх права та обов'язки визначаються відповідно до законодавства [22].

ДСТУ EN 2:2014 «Классификация пожаров (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT)» описані п'ять існуючих класів можливих пожеж:

- А - що супроводжуються горінням твердих матеріалів, зазвичай органічного походження, під час горіння яких, як правило, утворюються тліючі вуглини;

- В - що супроводжуються горінням рідин або твердих речовин, які переходять у рідкий стан;

- С - що супроводжуються горінням газів;

- D - що супроводжуються горінням металів;

- F - що супроводжуються горінням речовин, які використовують для приготування їжі (рослинних і тваринних олій та жирів) і містяться в кухонних приладах [23].

З огляду на СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания. С изменениями» та ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» існують такі категорії виробництва з пожежної небезпеки:

- А та Б – вибухопожежонебезпечна;

- В – пожежонебезпечна;

- Г – помірно пожежонебезпечна;

- Д – знижено пожежонебезпечна [21].

Згідно ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги.» вогнегасники поділяються на газові, водні та водопінні, порошкові.

Проаналізувавши дані норми можливо сказати, що лабораторія з верстатами відноситься до категорії виробництва з пожежної небезпеки «Д» та класу можливої пожежі «D», а кабінет з ПК до класу пожежної небезпеки

«Д» і класу можливої пожежі «А». У даних приміщеннях необхідно використовувати вогнегасник порошкові.

Однією з причин виникнення пожежі може бути проблеми з електричною проводкою. У НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок».

5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Дії робітників, службовців і населення при аварії з викидом (розливом) сильнодіючих отруйних речовин [24].

Робітники та службовці, почувши сигнал оповіщення, негайно використовують засоби індивідуального захисту – ізолюючі та промислові протигази, потім виконують заходи, передбачені на цей випадок спеціальною інструкцією підприємства (цеху), укриваються в підготовлених сховищах чи виходять із зони зараження. При оголошені безпосереднім керівником робіт рішення про евакуацію зобов'язані прибути на збірні евакуаційні пункти об'єкту.

Особи, які входять до складу невоєнізованих формувань цивільної оборони, прибувають на пункт збору формування і беруть участь у локалізації та ліквідації вогнища хімічного зараження. Особи, які одержали незначні ураження, звертаються в медичні установи для визначення ступеня ураження і проведення профілактичних заходів. В усіх випадках вхід у виробничі будівлі, підвали й інші приміщення дозволяється тільки після контрольної перевірки вмісту сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) за рішенням безпосереднього керівника робіт з ліквідації наслідків аварій.

Почувши повідомлення про аварію, населення, яке попадає в небезпечну зону, повинне швидко застосувати найпростіші засоби індивідуального захисту органів дихання і шкіри.

Перебуваючи у квартирі чи службовому приміщенні, потрібно негайно

зачинити вікна, кватирки, двері, вимкнути газ та інші нагрівальні прилади, загасити вогонь у печах. Для прослуховування звертання, інформації і вказівок необхідно ввімкнути місцеві програми радіомовлення і телебачення (не забути вимкнути перед виходом із приміщенням). Якщо є можливість, повідомити про небезпеку сусідів.

Потрібно пам'ятати, що час підходу хмари зараженого повітря до місця вашого перебування на момент аварії вкрай обмежений. Він залежить від відстані до вогнища аварії і швидкості вітру.

У таблиці 5.1 наведено орієнтований час підходу первинної хмари зараженого повітря на відстані 1-20 км від місця викиду СДОР при швидкості вітру 1-7 м/с.

Таблиця 5.1 – Час підходу повітря в залежності від відстані та швидкості

Відстань від, місця викиду СДОР, км	Час підходу повітря, хв. при швидкості вітру						
	1м/с	2м/с	3м/с	4м/с	5м/с	6м/с	7м/с
1	2	3	4	5	6	7	8
1	17	8	6	4	3	3	2
2	33	17	11	9	7	6	5
3	50	25	17	13	10	8	7
4	67	33	23	17	13	11	9
5	83	42	28	21	17	14	12
6	100	50	34	25	20	17	14
7	117	58	3	29	23	19	17
8	13	67	45	33	26	22	19
9	150	75	5	38	30	25	21
10	167	83	56	42	33	28	24

При цьому необхідно враховувати, ще що кілька хвилин може бути витрачено на оголошення сигналу «Увага всім» і мовного звертання.

Слід також знати, що вражаючий вплив конкретного СДОР на людину в основному залежить від його концентрації в повітрі і тривалості

його впливу. Тому, якщо немає можливості залишити небезпечну зону до підходу первинної хмари, не піддавайтеся паніці і продовжуйте вживати заходи захисту.

Перебуваючи на вулиці, не слід торкатися будь-яких предметів.

Для захисту органів дихання на вулиці й у приміщенні можна використовувати вироби з тканини(маски), які змочені водою, хутрянні або ватяні частини одягу. При закритті ними органів дихання знижується концентрація шкідливих домішок у вдихуваному повітрі в результаті їхнього адсорбції на волокнах фільтруючого матеріалу сухої пов'язки або їх поглинання водою, що зменшить тяжкість ураження. Для захисту шкіри можливе застосування шапок, рукавичок, штанів и т.д.

При недоцільності чи неможливості термінової евакуації, відсутності сховищ або інших герметичних укриттів можна тимчасово, хоча б на період проходження первинної хмари, залишатися в житлових чи службових приміщеннях, уживши заходи щодо їх герметизації.

Знаючи тип СДОР і його властивості, зокрема вагу парів відносно повітря, можна зорієнтуватися, в яких приміщеннях доцільно укритися. Якщо пари СДОР важчі за повітря потрібно, укритися на верхніх поверхах будинків і навпаки, якщо пари СДОР легші за повітря, доцільніше укриватися на нижніх поверхах багатоповерхових будинків.

У ряді випадків передбачається можливість тимчасового укриття людей у сховищах, обладнаних фільтровентиляційними установками. Однак після проходження первинної хмари при несприятливій обстановці організується евакуація. При укритті населення у сховищах, укриттях, розташованого, як правило, у підвалах будинків, слід пам'ятати, що багато СДОР, важчі за повітря, можуть накопичуватися в низьких місцях і потрапляти у підвали. Крім того, ряд СДОР не затримуються фільтрами. У таких випадках сховища використовуються в режимі повної ізоляції.

Збір людей у містах проводиться по будинках і під'їздах. Напрямок виходу населення з небезпечної зони вказується представником органів

цивільної оборони чи поліції. Якщо їх поблизу не виявиться, то потрібно виходити у бік, перпендикулярний напрямку вітру, по можливості на підняту і добре провітрювану ділянку місцевості. Якщо вдома є транзистор, не забудьте захопити його із собою і налаштувати на місцеве радіомовлення.

5.6 Висновки

1. Проведено аналіз потенційних небезпек, які можуть виникнути при проведенні дослідів у лабораторії при роботі за плоскошліфувальним верстатом і ПК. Під час виконання робіт на людину можуть впливати багато шкідливих факторів, які створюють небезпеку та можуть призвести до негативних наслідків у разі недотримання правил и вимог техніки безпеки.

2. Для мінімізації або повного уникнення впливу потенційних небезпек було проведено ряд заходів з забезпечення техніки безпеки, виробничої санітарії та гігієни праці, а також електричної та пожежної безпеки з урахуванням вимог нормативних документів та стандартів

3. Було розраховано освітлення робочого приміщення з заданими параметрами, та схему розміщення світильників у даному приміщенні.

4. Проаналізовано дії робітників, службовців і населення при аварії з викидом (розливом) сильнодіючих отруйних речовин.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз літературних джерел стосовно роботи ПАЩ.
2. Визначено обладнання потрібне для проведення експериментальної частини наукової роботи.
3. Визначено параметри та матеріали зразків для експериментів.
4. Розроблено методику та план проведення досліджень.
5. Проведено експериментальне дослідження для встановленого вагового зношення ПАЩ та проаналізовано отримані результати. Збільшення натягу та швидкості визиває підвищення інтенсивності зношення.
6. Проведено порівняння масового зношення повної щітки та одиничного волокна.
7. Визначено залежність зношення щітки від різних параметрів за допомогою кореляційного аналізу. Установлено, що при досліджених діапазонах режимів обробки на зношення ПАЩ найбільше впливають такі фізичні та механічні властивості матеріалів, як межа міцності ($r=0,5...0,9$), густина ($r=-0,55...-0,85$) і модуль Юнга ($r=-0,35...-0,65$).
8. Проведено повний факторний експеримент та встановлено математичну модуль для розрахунку ступеня зношення в залежності від досліджуваних параметрів, для матеріалів, досліджених у роботі. Встановлено, що більший вплив має швидкість обробки; при зростанні швидкості обробки зношення волокон щітки зростає у 3...4 рази, при незмінному натязі. Також при зростанні натягу і постійній швидкості обробки зношення ПАЩ зростає у 1,5...2 рази.
9. Розраховано об'ємне, питоме зношення. Також було розраховано зношення радіусу та від'ємне прирощення діаметру цілої щітки.
10. Визначено період стійкості та міжнастройковий період ПАЩ.
11. Запропоновано рекомендації щодо використання та корекції ПАЩ під час обробки у зв'язку зі зношенням її волокон.

12. Проаналізовано ряд небезпек, які можуть виникнути при роботі в дослідницькій лабораторії і їх вплив на безпеку життя та здоров'я. Було запропоновано заходи техніки безпеки, виробничої санітарії та гігієни праці, безпеки у надзвичайних ситуаціях та під час пожежі; розроблено план розміщення освітлення у робочому приміщенні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. «Техника и технологии машиностроения» Материалы V Международной студенческой научно-практической конференции. Омский государственный технический университет, 04-10 апреля 2016 г. - С. 251-256.
2. Внуков Ю.М. Температурні обмеження при використанні щіткових інструментів на основі полімерно-абразивних волокон / Ю.М. Внуков, Д.М. Степанов // Запорізький національний технічний університет. – 2015 – С.29-30.
3. Степанов Д.Н. Финишная обработка тонкостенных и сложнопрофильных деталей. Сообщение 2. Щеточные инструменты на основе полимерно-абразивных волокон / Д. Н. Степанов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. - 2015. - № 1. – С. 126-129. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nmt_2015_1_27
4. Кургузов Ю.И., Анализ контактного взаимодействия вращающейся щетки с обрабатываемой поверхностью / Ю. И. Кургузов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. Т. 13. - № 3-4. – С. 794-798.
5. Внуков Ю.М. Исследование температуры размягчения и плавления волокон различных инструментов / Ю.М. Внуков, Н. В. Гончар, Д. Н. Степанов // Международный научно-технический сборник. – 2015. – Вып. 85 – С.42-47.
6. Износ и стойкость абразивных инструментов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://hon1.ru/?p=1559>
7. Гончар Н. В. Особенности износа волокон щеточного полимерно-абразивного инструмента / Н. В. Гончар, Д. Н. Степанов // Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – 2014. – С.91–93.
8. «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво» Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції, 01-03 листопада 2017 р. – Суми, СумДУ, С.171-173.

9. Кулаков Ю. М. Отделочно-зачистная обработка деталей / Ю. М. Кулаков, В. А. Хрульков. – М. : Машиностроение, 1979. – 216 с.
10. Середряницкий П. П. Обработка деталей механическими щетками / П. П. Серебряницкий. – Ленинград : Ленизда, 1967. -152 с.
11. Шлифовка и полировка. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://metallcheckiy-portal.ru/articles/obrabotka/shlifovka i polirovka](http://metallcheckiy-portal.ru/articles/obrabotka/shlifovka_i_polirovka)
12. Судник, Л.В. Алмазосодержащие абразивные наноккомпозиты / Л. В. Судник, П. А. Витязь, А. Ф. Ильющенко. – Минск: Беларусь, наука, 2012. – 319 с.
13. Кудрицкая И.А. Силовые исследования при обработке полимерно-абразивными щетками в различных тепловых условиях [Текст] / Н.В. Гончар, П.Р. Тришин, И.А. Кудрицкая // Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво» 01-03 листопада 2017 р., м. Чернігів: ЧНТУ. – С.173-174.
14. Глава 15. Корреляционный анализ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.datuapstrade.lv/rus/spss/section_15/
15. Корреляционный анализ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ru.math.wikia.com/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7
16. Лекция 12. Корреляционный анализ. Коэффициент корреляции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://chemstat.com.ru/node/12>
17. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 10-12 травня 2018 р.): у 2-х т. / Чернігів: ЧНТУ, 2018. – Т. 1. – С. 160-162.
18. Тезисы докладов XI Международных молодежных научно-технических чтений им. А.Ф. Можайского (г. Запорожье, 14-17 мая 2018 г.) / Запорожье: АО «Мотор Сич», -, 2018. – С176-178.

19. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/4004-12>.

20. ДНАОП [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://dnaop.com>.

21. ДСП 173-96 Государственные санитарные правила планирования и застройки населенных пунктов. С изменениями. – Взамен СН 245-71 (ДНАОП 0.03-3.01-71); введен 1996-06-19. – М. Изд-во стандартов, 2009. – 13 с.

22. БУДСТАНДАРТ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://online.budstandart.com/ua>

23. Правила эксплуатации огнетушителей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://хсс.ua/index.php/themeum/19-joomla/196-nova-klasifikatsiya-pozhezh.html>

24. Шоботов В. М. Цивільна оборона: навч. посібник / В. М. Шоботов. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 439 с.

ДОДАТОК А

Експериментальні результати

Таблиця А.1 – Зведена таблиця вихідних та досліджуваних параметрів

№ досліду	Марка матеріалу	Межа міцності σ_b , МПа	Коефіцієнт тертя a_n	Межа плинності σ_m , МПа	Відносне видовження δ , %	Густина ρ , кг/м ³	Коефіцієнт тепло- провідності λ , Вт/мК	Твердість HB , МПа	Модуль Юнга k , ГПа	Швидкість обробки V м/с	Натяг i , мм	Вагове зношення Δ , г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	АМГЗ	245	1,1	195	15	2660	230	45	70	5,9	0,5	1,18
2		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	11,8	0,5	2,95
3		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	21,2	0,5	3,72
4		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	5,9	1	2,13
5		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	11,8	1	3,5
6		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	21,2	1	5,23
7		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	5,9	1,5	3,21
8		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	11,8	1,5	6,93
9		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	21,2	1,5	9,58
10		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	5,9	2	4,14
11		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	11,8	2	10,02
12		245	1,1	195	15	2660	230	45	70	21,2	2	16,19
13	Сталь 20	425	0,16	225	26	7850	52	156	200	5,9	0,5	0,57
14		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	11,8	0,5	0,87
15		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	21,2	0,5	1,14
16		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	5,9	1	1,39
17		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	11,8	1	1,4
18		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	21,2	1	1,72
19		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	5,9	1,5	2,1
20		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	11,8	1,5	2,06
21		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	21,2	1,5	2,26
22		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	5,9	2	2,08
23		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	11,8	2	2,88
24		425	0,16	225	26	7850	52	156	200	21,2	2	2,8
25	ЛІ63	290	0,9	-	38	8440	110	70	95	5,9	0,5	0,82
26		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	11,8	0,5	0,88
27		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	21,2	0,5	0,85
28		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	5,9	1	1,98
29		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	11,8	1	1,95
30		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	21,2	1	2,36
31		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	5,9	1,5	3,05
32		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	11,8	1,5	3,39
33		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	21,2	1,5	2,5

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
34	Л63	290	0,9	-	38	8440	110	70	95	5,9	2	3,85
35		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	11,8	2	4,15
36		290	0,9	-	38	8440	110	70	95	21,2	2	4,48
37	М2	350	1	200	32	8940	380	95	110	5,9	0,5	0,56
38		350	1	200	32	8940	380	95	110	11,8	0,5	1,13
39		350	1	200	32	8940	380	95	110	21,2	0,5	2,04
40		350	1	200	32	8940	380	95	110	5,9	1	1,69
41		350	1	200	32	8940	380	95	110	11,8	1	2,87
42		350	1	200	32	8940	380	95	110	21,2	1	3,35
43		350	1	200	32	8940	380	95	110	5,9	1,5	2,67
44		350	1	200	32	8940	380	95	110	11,8	1,5	3,72
45		350	1	200	32	8940	380	95	110	21,2	1,5	4,74
46		350	1	200	32	8940	380	95	110	5,9	2	3,83
47		350	1	200	32	8940	380	95	110	11,8	2	5,69
48		350	1	200	32	8940	380	95	110	21,2	2	7,99
49	ВТ8-М1	980	0,8	300	10	4520	20	103	110	5,9	0,5	2,69
50		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	11,8	0,5	4,77
51		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	21,2	0,5	7,19
52		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	5,9	1	4,08
53		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	11,8	1	9,09
54		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	21,2	1	13,3
55		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	5,9	1,5	5,7
56		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	11,8	1,5	11,66
57		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	21,2	1,5	15,75
58		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	5,9	2	10,18
59		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	11,8	2	15,63
60		980	0,8	300	10	4520	20	103	110	21,2	2	23,18
61	ХН45МВТЮБР	390	0,7	950	3	8000	75	117	210	5,9	0,5	0,56
62		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	11,8	0,5	0,83
63		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	21,2	0,5	0,84
64		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	5,9	1	1,02
65		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	11,8	1	1,72
66		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	21,2	1	1,73
67		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	5,9	1,5	2,08
68		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	11,8	1,5	2,35
69		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	21,2	1,5	2,2
70		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	5,9	2	2,61
71		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	11,8	2	2,53
72		390	0,7	950	3	8000	75	117	210	21,2	2	2,91

ДОДАТОК Б

Презентація



Запорізький національний технічний університет
Кафедра «Технології машинобудування»



Дослідження стійкості щіткових полімерно-абразивних інструментів

Мерлікова Ю.Р.

Робота виконана під керівництвом к.т.н., доц. Гончар Н.В.

Мета та задачі дослідження

Мета роботи: визначення вагового зношення полімерно-абразивної щітки, яке виникає під час обробки, а також подальше визначення та оцінювання факторів, що впливають інтенсивність зношення; визначення стійкості цих інструментів.

Задачі дослідження:

1. Визначити дослідницьким шляхом середнє зношення полімерно-абразивних щіток за 10^6 обертів (циклів) – вагове, питоме, на радіус і діаметр щітки.
2. Порівняти ступінь зношення повної щітки та одиничного волокна.
3. Проаналізувати ступінь впливу фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, режимів різання та параметрів щітки на ступінь зношування полімерно-абразивних щіток.
4. Написати математичну модель для визначення зношення полімерно-абразивної щітки від натягу волокон та швидкості обробки.
5. Провести аналіз безпеки, які можуть виникнути при роботі у лабораторії та за персональним комп'ютером (ПК); розробити план розміщення освітлення у заданому приміщенні.

Види ПАЩ



а) дискова



б) йоршикова



в) циліндрична



г) торцева



е) чашкова



ж) кінцева

Відмінні особливості полімерно-абразивних щіток та їх недолік

ПАЩ мають декілька відмінних особливостей, таких як:

- щітка складається з маточини та полімерних волокон діаметром 0.5...2 мм з розподіленими по об'єму волокон абразивними зернами (25-35%), певної зернистості;
- комбінування твердих та гострих кромок зерен з гнучкою основою волокон;
- стійкість до лугів та кислот;
- властивість самозагострення;
- самоочищення поверхні від наплавів полімера;
- зниження вимог до точності взаємного розташування оброблюваної деталі та інструменту.

Недоліком ПАЩ є обмеження температурного режиму при обробці через невисоку температуру плавлення полімерної основи волокон

Полімерно-абразивні щітки

5



ПАЩ складається з:

- полімерно-абразивні волокна (ПАВ);
- маточина.

ПАВ складається з:

- полімерна основа;
- абразивні зерна з зернистістю F90 - F320:
 - електрорунд нормальний - 14А;
 - карбід кремнію - 63С.



Особливості зношення ПАЩ

Види зношування щіткового ПАІ:

- викришування абразивних зерен;
- зміна форми та плавлення робочих кінців ПАВ;
- відрив частини або цілого волокна.

Порівняння зношення щіткового ПАІ з металічною щіткою

Види зношення, характерні цим інструментам :

- абразивне зношення;
- адгезійне зношення;
- дифузійне зношення;
- комбіноване зношення;
- виривання волокон;
- крихке мікроруйнування;
- крихке об'ємне макроруйнування;
- вирив.

Експериментальне обладнання

7



Тахометр годинного типу ТЧ-10Р - для перевірки частоти обертання шпинделя.

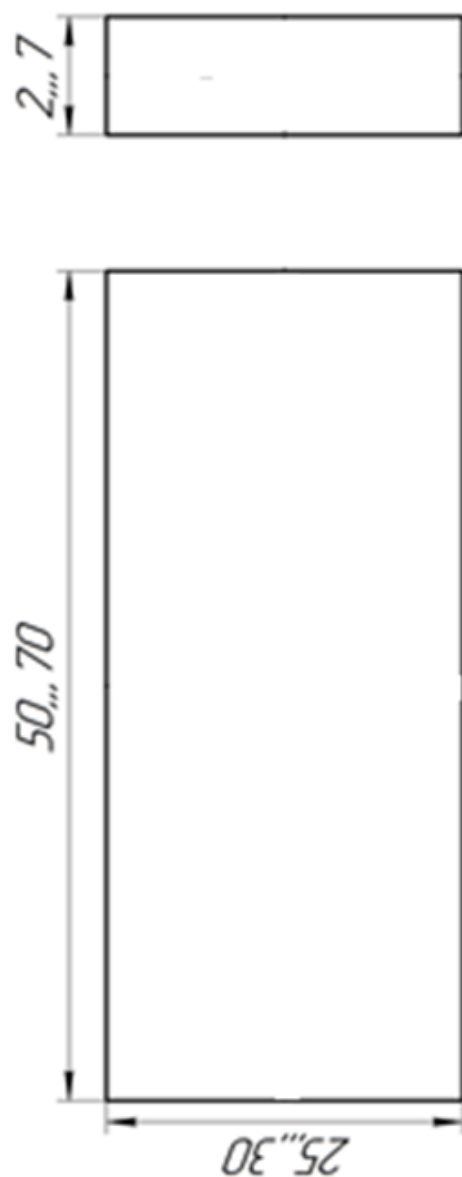


Лабораторні ваги – для зваження щітки.



Реверсивний програмний лічильник-частотомір – для фіксації кількості циклів під час обробки.

Зразки для експериментів



Марка матеріалів зразків:

- сталь 20;
- латунь Л63;
- мідь М2;
- алюмінієвий сплав АМГ3;
- нікелевий сплав ХН45МВТЮБР;
- титановий сплав ВТ8-М1.

Твердість зразків - 45...600 НВ, вихідна шорсткість Ra1,6 мм. Обробку проводили без ЗОТС

План експерименту

При проведенні експериментів змінювалися такі параметри, як:

- натяг $i=0,5; 1; 1,5; 2$ мм;
- швидкість обробки $V=5,9; 11,8; 21,2$ м/с;
- обороти $n=750; 1500; 2700$ хв⁻¹;
- виліт волокна $L=30$ мм.

Кожна серія експериментів по визначенню залежності стійкості ПАЩ визначалась при 10^6 циклів напрацювання.

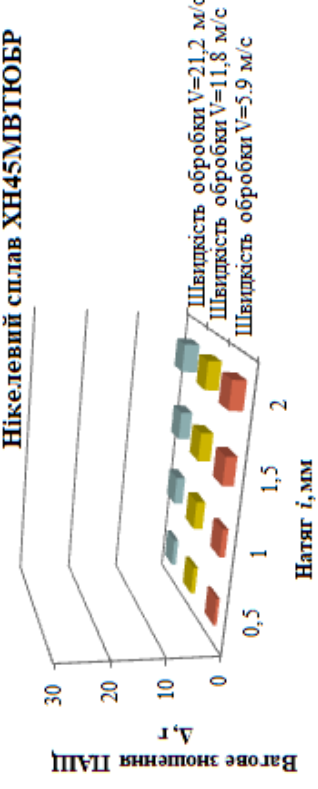
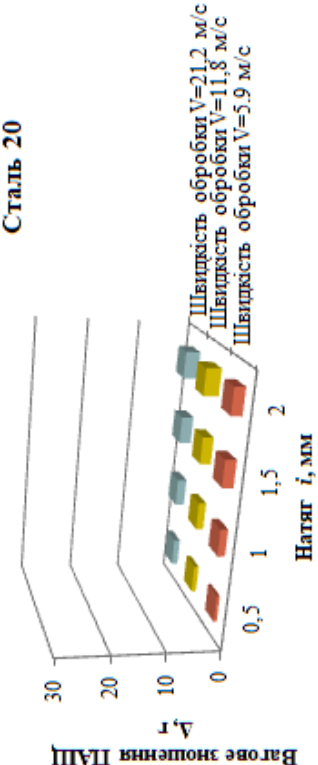
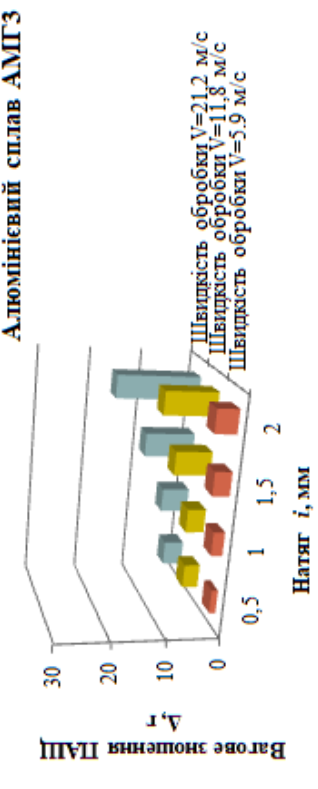
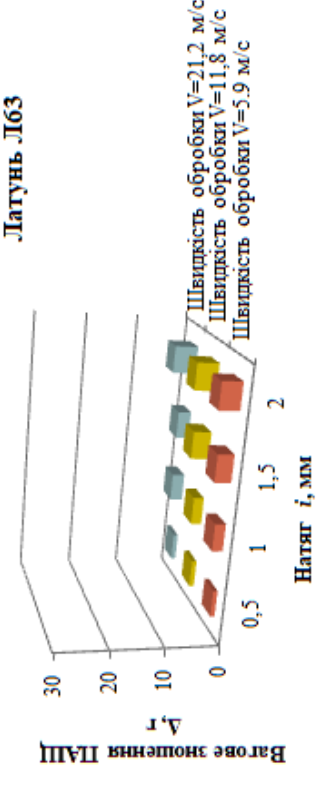
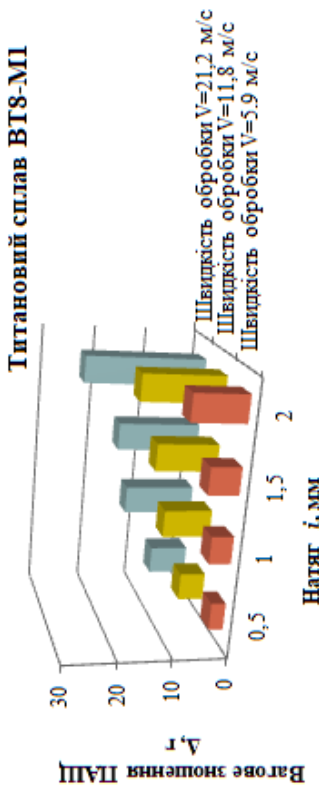
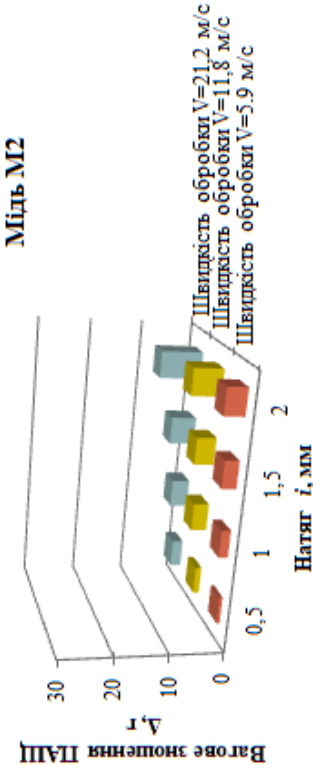
План експериментального дослідження, для однієї серії експериментів

Номер експерименту	Натяг i , мм	Швидкість V , м/с
1	0,5	5,9
2	0,5	11,8
3	0,5	21,2
4	1	5,9
5	1	11,8
6	1	21,2
7	1,5	5,9
8	1,5	11,8
9	1,5	21,2
10	2	5,9
11	2	11,8
12	2	21,2

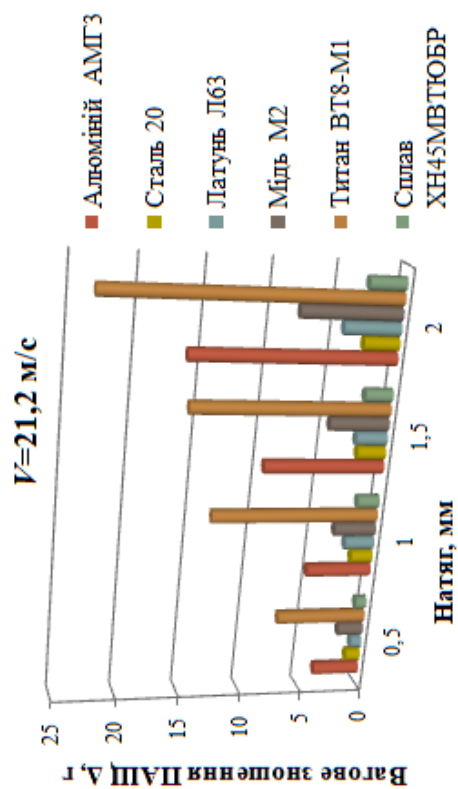
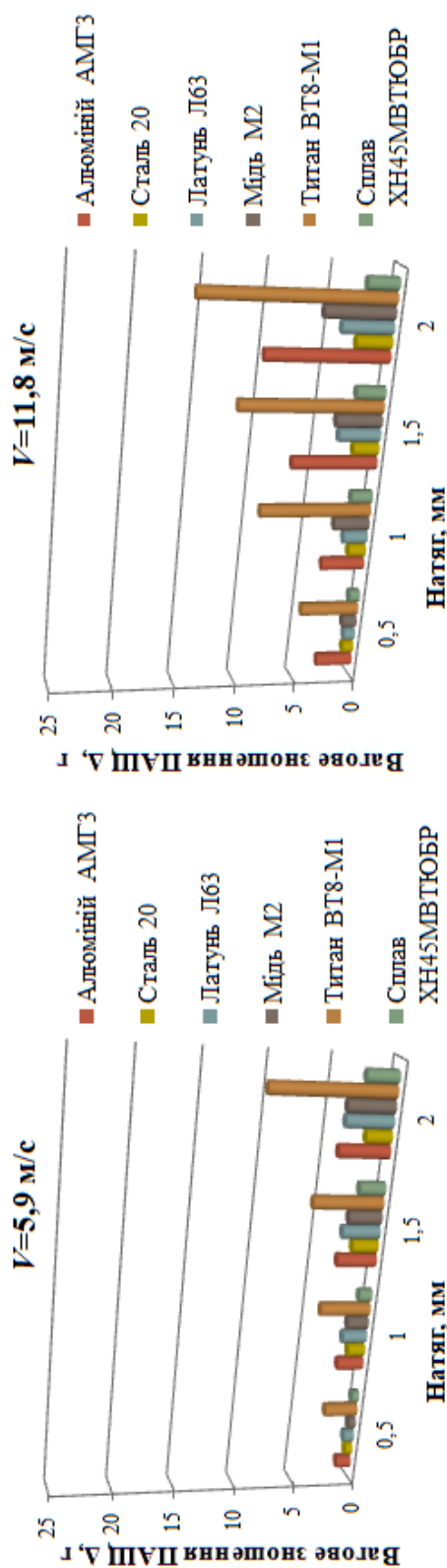
10 Результати експериментального дослідження зносу ПАЩ при 10⁶ циклів напруцювання

Натяг <i>i</i> , мм	Швидкість обробки <i>V</i> , м/с	Вагове зношення ПАЩ для різних матеріалів зразків Δ , г					
		АМГ3	Сталь20	Л63	М2	ВТ8-М1	ХН45МВТЮБР
0,5	5,9	1,18	0,57	0,82	0,56	2,69	0,56
	11,8	2,95	0,87	0,88	1,13	4,77	0,83
	21,2	3,72	1,14	0,85	2,04	7,19	0,84
1	5,9	2,13	1,39	1,98	1,69	4,08	1,02
	11,8	3,50	1,40	1,95	2,87	9,09	1,72
	21,2	5,23	1,72	2,36	3,35	13,30	1,73
1,5	5,9	3,21	2,10	3,05	2,67	5,70	2,08
	11,8	6,93	2,06	3,39	3,72	11,66	2,35
	21,2	9,58	2,26	2,50	4,74	15,75	2,20
2	5,9	4,14	2,08	3,85	3,83	10,18	2,61
	11,8	10,02	2,88	4,15	5,69	15,63	2,53
	21,2	16,19	2,80	4,48	7,99	23,18	2,91

Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу і швидкості обробки



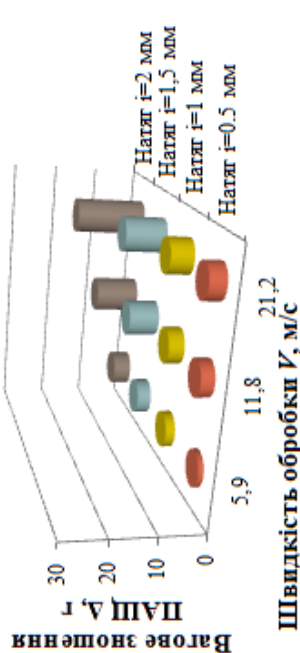
Залежність вагового зношення ПАЩ від натягу 12 і матеріалу заготовки



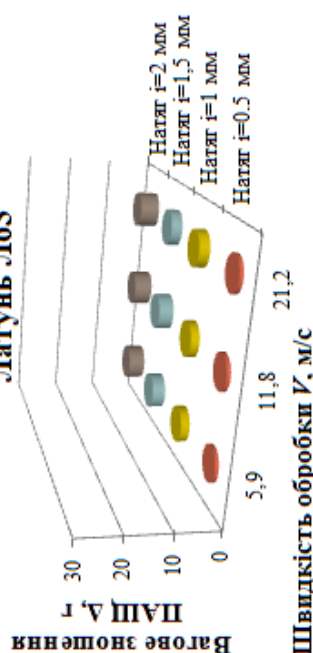
Залежність вагового зношення ПАЩ від швидкості обробки і натягу

13

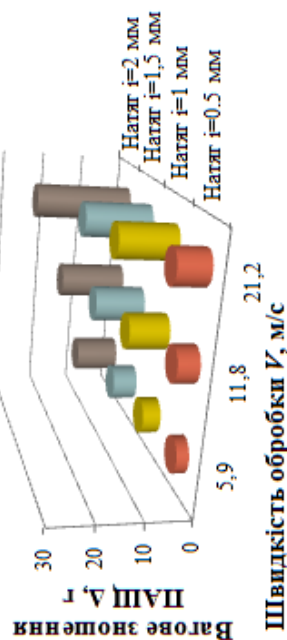
Алюмінієвий сплав АМГ3

Швидкість обробки V , м/с

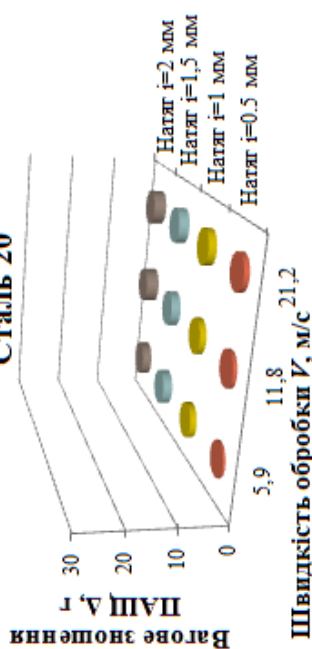
Латунь Л63

Швидкість обробки V , м/с

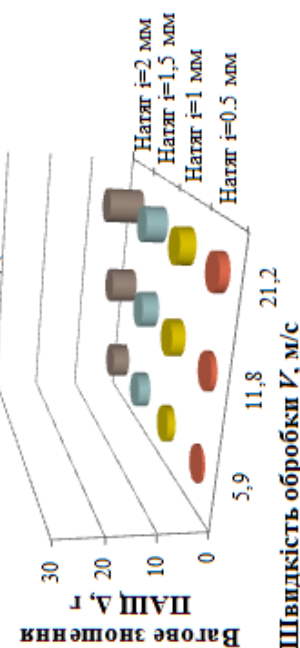
Титановий сплав BT8-M1

Швидкість обробки V , м/с

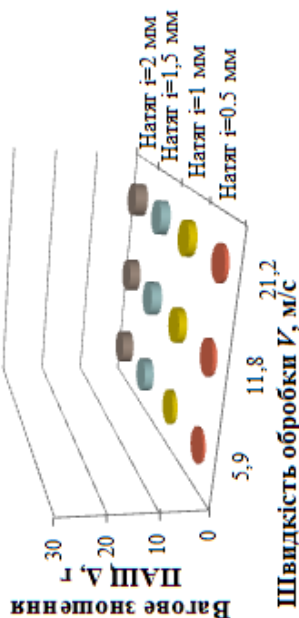
Сталь 20

Швидкість обробки V , м/с

Мідь М2

Швидкість обробки V , м/с

Нікелевий сплав ХН45МВТЮБР

Швидкість обробки V , м/с

Загальна матриця парних кореляцій

15

	σ_e	a_n	σ_m	δ	ρ	λ	HB	k	V	i	Δ
σ_e	-	-0,17	0,10	-0,41	-0,27	-0,52	0,30	0,04	0,00	0,00	0,55
a_n	-0,17	-	-0,18	0,03	-0,34	0,60	-0,91	-0,80	0,00	0,00	0,25
σ_m	0,10	-0,18	-	-0,79	0,10	-0,27	0,35	0,69	0,00	0,00	-0,13
δ	-0,41	0,03	-0,79	-	0,49	0,40	-0,12	-0,34	0,00	0,00	-0,26
ρ	-0,27	-0,34	0,10	0,49	-	0,11	0,49	0,49	0,00	0,00	-0,51
λ	-0,52	0,60	-0,27	0,40	0,11	-	-0,44	-0,46	0,00	0,00	-0,12
HB	0,30	-0,91	0,35	-0,12	0,49	-0,44	-	0,87	0,00	0,00	-0,21
k	0,04	-0,80	0,69	-0,34	0,49	-0,46	0,87	-	0,00	0,00	-0,37
v	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,29
i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,43
Δ	0,55	0,25	-0,13	-0,26	-0,51	-0,12	-0,21	-0,37	0,29	0,43	-

Матриця парних кореляцій для режимів і параметрів $i=1$ мм, $V=11,8$ м/с

	σ_ε	a_n	σ_m	δ	ρ	λ	HB	k	Δ
σ_ε	-	-0,17	0,10	-0,41	-0,27	-0,52	0,30	0,04	0,88
a_n	-0,17	-	-0,18	0,03	-0,34	0,60	-0,91	-0,80	0,26
σ_m	0,10	-0,18	-	-0,79	0,10	-0,27	0,35	0,69	-0,10
δ	-0,41	0,03	-0,79	-	0,49	0,40	-0,12	-0,34	-0,38
ρ	-0,27	-0,34	0,10	0,49	-	0,11	0,49	0,49	-0,57
λ	-0,52	0,60	-0,27	0,40	0,11	-	-0,44	-0,46	-0,24
HB	0,30	-0,91	0,35	-0,12	0,49	-0,44	-	0,87	-0,15
k	0,04	-0,80	0,69	-0,34	0,49	-0,46	0,87	-	-0,40
Δ	0,88	0,26	-0,10	-0,38	-0,57	-0,24	-0,15	-0,40	-

Матриця парних кореляцій для режимів і параметрів $i=1,5$ мм, $V=11,8$ м/с

17

	σ_g	a_n	σ_m	δ	ρ	λ	HB	k	Δ
σ_g	-	-0,17	0,10	-0,41	-0,27	-0,52	0,30	0,04	0,75
a_n	-0,17	-	-0,18	0,03	-0,34	0,60	-0,91	-0,80	0,38
σ_m	0,10	-0,18	-	-0,79	0,10	-0,27	0,35	0,69	-0,18
δ	-0,41	0,03	-0,79	-	0,49	0,40	-0,12	-0,34	-0,37
ρ	-0,27	-0,34	0,10	0,49	-	0,11	0,49	0,49	-0,75
λ	-0,52	0,60	-0,27	0,40	0,11	-	-0,44	-0,46	-0,18
HB	0,30	-0,91	0,35	-0,12	0,49	-0,44	-	0,87	-0,34
k	0,04	-0,80	0,69	-0,34	0,49	-0,46	0,87	-	-0,55
Δ	0,75	0,38	-0,18	-0,37	-0,75	-0,18	-0,34	-0,55	-

Вихідні данні

План проведення експерименту

Фактор	Натяг i , мм		Швидкість обробки V , м/с	
	X1		X2	
Рівень	-1	+1	-1	+1
Значення коефіцієнту	0,5	3,0	5,9	21,2

Формула цільової функції має загальний вигляд $\Delta P = f(i, V)$:

$$\Delta = a_1 + a_2 \cdot i + a_3 \cdot V + a_4 \cdot i \cdot V$$

де a_1, a_2, a_3, a_4 — знайдені коефіцієнти.

Похибка поведених розрахунків

$$\delta = \frac{|\Delta - \Delta_p|}{\Delta} \cdot 100, \%$$

Марка матеріалу	Натяг i , мм	Швидкість обробки V , м/с	Вагове зношення Δ , г
АМГ3	0,5	5,9	1,18
	0,5	21,2	3,72
	2	5,9	4,14
	2	21,2	16,19
Сталь 20	0,5	5,9	0,57
	0,5	21,2	1,14
	2	5,9	2,08
	2	21,2	2,8
Л63	0,5	5,9	0,82
	0,5	21,2	0,85
	2	5,9	3,85
	2	21,2	4,48
М2	0,5	5,9	0,56
	0,5	21,2	2,04
	2	5,9	3,83
	2	21,2	7,99
ВТ8-М1	0,5	5,9	2,69
	0,5	21,2	7,19
	2	5,9	10,18
	2	21,2	23,18
ХН45МВТЮБР	0,5	5,9	0,56
	0,5	21,2	0,84
	2	5,9	2,61
	2	21,2	2,91

Формула цільової функції має загальний вигляд $\Delta P = f(i, V)$:

$$\Delta = a_1 + a_2 \cdot i + a_3 \cdot V + a_4 \cdot i \cdot V$$

де a_1, a_2, a_3, a_4 — знайдені коефіцієнти.

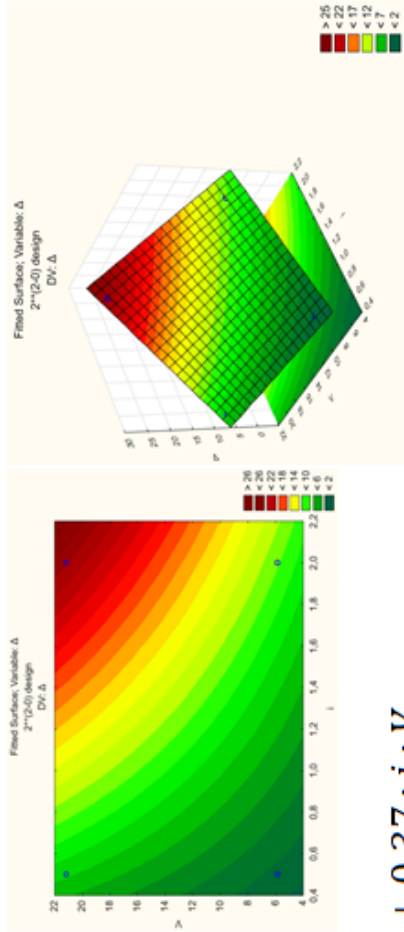
Похибка поведених розрахунків

$$\delta = \frac{|\Delta - \Delta_p|}{\Delta} \cdot 100, \%$$

Коефіцієнти математичної моделі

Regr. Coefficients, Var. Δ, R-sq=1, (Design: 2 ⁿ (2-0) design (Spreadsheet18) in Workbook1)		
Factor	Mean	Intercept
(1)	2.808148	-0.419353
(2)V	0.108532	0.370370
1 by 2		

Отримана поверхня



Математична модель

$$\Delta_p = -0,45 + 2,808 \cdot i + 0,109 \cdot V + 0,37 \cdot i \cdot V$$

Коефіцієнт кореляції моделей становить $R=0,98 \dots 0,99$.

Результати розрахунків

Натяг i , мм	Швидкість обробки V , м/с	Вагове зношення Δ , Γ	Розрахункове зношення Δ_p , Γ	Похибка δ , %
0,5	5,9	2,69	2,696	0,20
0,5	21,2	7,19	7,209	0,26
2	5,9	10,18	10,182	0,02
2	21,2	23,18	23,187	0,03

Значення коефіцієнтів для математичної моделі

Матеріал	Коефіцієнти			
	a_1	a_2	a_3	a_4
Алюмінієвий сплав АМГ3	0,436275	-0,471503	-0,041176	0,414379
Сталь 20	-0,133856	0,968105	0,033987	0,006536
Латунь Л63	-0,124444	1,865752	-0,011111	0,026144
Мідь М2	-0,756231	1,491024	0,038344	0,116776
Титановий сплав ВТ8-М1	-0,449368	2,808148	0,108932	0,370370
Нікелевий сплав ХН45МВТЮБР	-0,228736	1,361525	0,017865	0,000871

Результати розрахунків для усіх матеріалів

21

Матеріал	Натяг i , мм	Швидкість обробки V , м/с	Вагове зношення Δ , г	Розрахункове зношення Δ_p , г	Похибка δ , %
Алюмінієвий сплав АМГ 3	0,5	5,9	1,18	1,179	0,13
	0,5	21,2	3,72	3,703	0,46
	2	5,9	4,14	4,102	0,92
	2	21,2	16,19	16,036	0,95
Сталь 20	0,5	5,9	0,57	0,570	0,04
	0,5	21,2	1,14	1,140	0,03
	2	5,9	2,08	2,079	0,03
	2	21,2	2,8	2,798	0,06
Латунь Л63	0,5	5,9	0,82	0,821	0,10
	0,5	21,2	0,85	0,851	0,16
	2	5,9	3,85	3,850	0,00
	2	21,2	4,48	4,477	0,06
Мідь М2	0,5	5,9	0,56	0,559	0,21
	0,5	21,2	2,04	2,035	0,23
	2	5,9	3,83	3,831	0,02
	2	21,2	7,99	7,992	0,03
Титановий сплав BT8-M1	0,5	5,9	2,69	2,696	0,20
	0,5	21,2	7,19	7,209	0,26
	2	5,9	10,18	10,182	0,02
	2	21,2	23,18	23,187	0,03
Нікелевий сплав ХН45МВТЮБР	0,5	5,9	0,56	0,561	0,21
	0,5	21,2	0,84	0,844	0,50
	2	5,9	2,61	2,613	0,11
	2	21,2	2,91	2,919	0,31

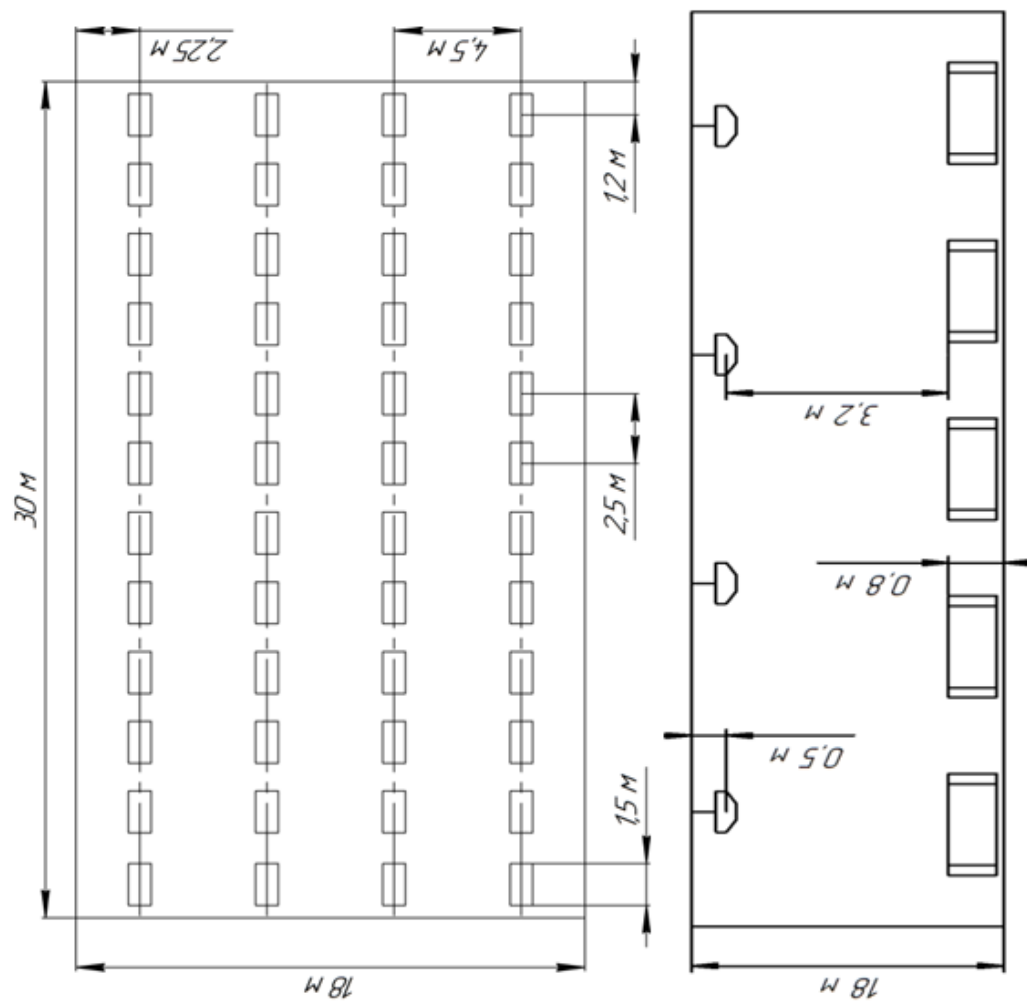
Коефіцієнт кореляції моделей становить $R=0,98 \dots 0,99$.

Період стійкості і корекції на інструмент

22

Марка матеріалу																	
АМГЗ			сталь 20			Л63			М2			ВТ8-М1			ХН45МВТЮБР		
Натяг i , мм																	
Питома зношення ПАЩ, мм/год	0,54	0,38	0,21	0,21	0,27	1,03	206,9	0,145	3,41	681,82	0,044	1	1,5	2	0,024		
	108,3	76,92	42,02	42,02	42,02	0,714	0,390	1,03	206,9	0,145	3,41	681,82	0,044	1	0,024		
	0,277	0,390	0,714	0,714	0,714	0,36	0,390	1,03	206,9	0,145	3,41	681,82	0,044	1	0,024		
Питома зношення ПАЩ, мм/год	0,21	0,21	0,21	0,21	0,27	1,03	206,9	0,145	3,41	681,82	0,044	1	1,5	2	0,024		
	108,3	76,92	42,02	42,02	42,02	0,714	0,390	1,03	206,9	0,145	3,41	681,82	0,044	1	0,024		
	0,277	0,390	0,714	0,714	0,714	0,36	0,390	1,03	206,9	0,145	3,41	681,82	0,044	1	0,024		
Межа стійкості, год.	1,76	352,94	0,085	4,17	833,33	0,036	12,5	2500	0,012	0,5	0,029	1	1,5	2	0,024		
	1,17	234,38	0,128	2,59	517,24	0,058	5,17	1034,48	0,029	1	0,043	1,5	2	0,024	0,024		
	0,89	178,57	0,168	1,76	352,94	0,085	3,49	697,67	0,043	1,5	0,054	2	0,054	2	0,054		
Період під настройки, год.	0,72	143,54	0,209	1,26	252,1	0,119	2,78	555,56	0,054	2	0,017	0,5	1,5	2	0,054		
	2,38	476,19	0,063	4,17	833,33	0,036	8,82	1764,71	0,017	0,5	0,041	1	1,5	2	0,054		
	0,85	170,45	0,176	1,85	370,37	0,081	3,66	731,71	0,041	1	0,063	1,5	2	0,054	0,054		
Питома зношення ПАЩ, мм/год	0,45	89,82	0,334	0,87	174,42	0,172	1,88	375,00	0,080	2	0,012	0,5	1,5	2	0,054		
	0,99	197,37	0,152	3,19	638,3	0,047	12,5	2500	0,012	0,5	0,035	1	1,5	2	0,054		
	0,42	84,99	0,353	0,97	194,81	0,154	2,73	545,45	0,055	1,5	0,079	2	0,079	2	0,079		
Межа стійкості, год.	0,25	50,42	0,595	0,64	127,12	0,236	1,9	379,75	0,079	2	0,056	0,5	1,5	2	0,056		
	0,28	55,97	0,536	0,76	152,28	0,197	2,68	535,71	0,056	0,5	0,084	1	1,5	2	0,056		
	0,15	30,27	0,991	0,4	79,79	0,376	1,79	357,14	0,084	1	0,118	1,5	2	0,118	0,118		
Період під настройки, год.	0,09	17,37	1,727	0,23	46,37	0,647	0,71	142,18	0,211	2	0,012	0,5	1,5	2	0,012		
	2,38	476,19	0,063	4,41	882,35	0,034	12,5	2500	0,012	0,5	0,029	1	1,5	2	0,029		
	0,91	182,93	0,164	1,55	309,28	0,097	3,49	697,67	0,043	1,5	0,054	2	0,054	2	0,054		
Питома зношення ПАЩ, мм/год	0,69	138,25	0,217	1,43	285,71	0,105	2,78	555,56	0,054	2	0,017	0,5	1,5	2	0,017		
	0,91	182,93	0,164	1,55	309,28	0,097	3,49	697,67	0,043	1,5	0,054	2	0,054	2	0,054		
	1,16	232,56	0,129	2,11	422,54	0,071	5,17	1034,48	0,029	1	0,043	1,5	2	0,043	0,043		

План розміщення освітлення у приміщенні



Висновки

24

1. Проведено аналіз літературних джерел стосовно роботи ПАІ.
2. Визначено обладнання потрібне для проведення експериментальної частини нзужової роботи.
3. Визначено параметри та матеріали зразків на яких будуть проводитись експерименти.
4. Розроблено методику та план проведення досліджень.
5. Проведено експериментальне дослідження для встановленого вагового зношення ПАЩ та проаналізовано отримані результати. Збільшення натягу та швидкості визиває підвищення інтенсивності зношення.
6. Проведено порівняння масового зношення повної шітки та одиничного волокна.
7. Визначено залежність зношення шітки від різних параметрів за допомогою кореляційного аналізу. Можливо сказати, що при досліджених діапазонах режимів обробки на зношення ПАЩ найбільше впливають одні й ті ж фізико-механічні властивості матеріалів, такі як межа міцності ($\sigma=0,5...0,9$), густина ($\rho=-0,55...-0,85$) і модуль Юнга ($E=-0,35...-0,65$).
8. Проведено повний факторний експеримент та встановлено математичну функцію для розрахунку ступеня зношення в залежності від досліджуваних параметрів, для матеріалів досліджених у роботі. Встановлено, що більший вплив має швидкість обробки. Так встановлено, що при зростанні швидкості обробки зношення волокон шітки зростає у 3...4 разів, при незмінному натязі, також при зростанні натягу і постійній швидкості обробки зношення ПАЩ зростає у 1,5...2 рази.
9. Розраховано об'ємне, питоме зношення. Також було розраховано зношення радіусу та діаметру цілої шітки.
10. Визначено період стійкості та міжнастройковий період ПАЩ.
11. Запропоновано рекомендації щодо використання та корекції ПАЩ під час обробки у зв'язку зі зношенням волокон ПАІ.
12. Проаналізовано ряд небезпек, які можуть виникнути при роботі в дослідницькій лабораторії і їх вплив на безпеку життя та здоров'я. Було запропоновано заходи техніки безпеки, виробничої сантарії та гігієни праці, безпеки у надзвичайних ситуаціях та під час пожежі; розроблено план розміщення освітлення у робочому приміщенні.

ДЯКУЮ
ЗА
УВАГУ